

ESPECULACIONES Y CONTROVERSIAS EN LA COSMOLOGÍA FÍSICA CONTEMPORÁNEA: EL PROBLEMA DE LA CREACIÓN EN LA HIPÓTESIS DEL MULTIVERSO, UN ANÁLISIS HISTÓRICO^{1,2}

SPECULATIONS AND CONTROVERSIES IN CONTEMPORARY PHYSICAL COSMOLOGY: THE PROBLEM OF CREATION IN THE MULTIVERSE HYPOTHESIS, A HISTORICAL ANALYSIS

David Mayo Sánchez^{3,4}

RESUMEN

La historia ha demostrado que la ciencia, en este caso la cosmología física, al encontrarse con el problema de los orígenes del Universo se ha visto envuelta en una serie de especulaciones y controversias, ingresando en ámbitos no precisamente científicos. Los científicos se han dado a la tarea de elaborar hipótesis y teorías en las que han incluido el concepto no-científico de creación, y debido a esto tales hipótesis han terminado con varios problemas epistemológicos y ontológicos. Este es el caso de la hipótesis cosmológica del multiverso, la cual es considerada por una gran parte de la comunidad de físicos y cosmólogos como una teoría científica que podría describir y explicar la creación del Universo y dar razón de sus leyes y constantes, pero al mismo tiempo otra parte de la comunidad científica considera que el multiverso no es ciencia. El presente estudio se centra en mostrar y analizar críticamente, desde la perspectiva histórica, este contexto científico-filosófico de la cosmología física contemporánea y sus significativas implicaciones.

Palabras clave: cosmología especulativa, multiverso inflacionario, multiverso brana-cíclico, metafísica, demarcación científica.

ABSTRACT

History has shown that science, in this case physical cosmology, in its encounter with the problem of the origins of the Universe, has engaged in a series of controversies and speculations, entering in non-scientific areas. Scientists have developed hypotheses and theories including the non-scientific concept of creation and for that reason such

1 Recibido: 23 de julio de 2015. Aceptado: 27 de noviembre de 2015.

2 Este artículo se debe citar así: Mayo, David. "Especulaciones y controversias en la cosmología física contemporánea: el problema de la creación en la hipótesis del multiverso, un análisis histórico". *Rev. Colomb. Filos. Cienc.* 16.33 (2016): 213-250.

3 Máster en Filosofía por la Universidad de Salamanca. Máster en Historia de la Ciencia por la Universidad Autónoma de Barcelona. Actualmente estudiante de posgrado en la Universidad de Salamanca. Correo electrónico: damayo1@usal.es

4 Barcelona (España).

hypotheses have remained with several epistemological and ontological problems. Such is the case of the multiverse cosmological hypothesis, which is considered by a large part of the community of physicists and cosmologists as a scientific theory that could describe and explain the creation of the Universe and give an account of its laws and constants, but at the same time another part of the community believes that the multiverse is not science. This study aims to expose and analyze critically, from a historical perspective, this scientific and philosophical context of contemporary physical cosmology and its significant implications.

Key words: speculative cosmology, inflationary multiverse, brane-cyclical multiverse, metaphysics, scientific demarcation.

Para el físico de línea dura, el multiverso puede no ser del todo respetable, pero por lo menos es preferible a la invocación de un Creador.

Bernard Carr, *Universe or multiverse?*

1. INTRODUCCIÓN

Con el nacimiento de la cosmología física en los inicios del siglo xx, se afirma que asistimos a una revolución científica que ha dado lugar a grandes avances cognoscitivos y tecnológicos, proporcionando una imagen amplia del Universo, con conocimientos detallados y muy relevantes para la humanidad. Tales conocimientos se constituyen como fundamentales debido a sus contenidos altamente significativos para la construcción de un mundo humano convenientemente racional. Así, nociones como la de origen, estructura y posible condición futura del Universo se vuelven accesibles y, con ello, toman lugar cambios paradigmáticos en las diferentes cosmovisiones o interpretaciones de la realidad. De ahí el esfuerzo actual de los nuevos cosmólogos por ampliar el alcance de su comprensión de la realidad global, proponiendo -desde la ciencia- con sus elaboraciones teórico-hipotéticas una inteligibilidad completa y última del Universo. Según Abrahams y Primack (2001 1769), “La revolución en la cosmología científica actual posiblemente abra la puerta a una imagen creíble de la extensa realidad, en la cual nuestro mundo, nuestras vidas, y nuestras culturas están incrustadas”.

Dentro de esos cambios paradigmáticos está principalmente la ruptura con “la tradición científica y filosófica antigua y un paradigma inquebrantable, [los cuales] atribuían al Universo el estatismo y la invariabilidad como sus propiedades inherentes más importantes” (Heller; Chernín 2005 13). Es gracias a nuevas interpretaciones teóricas de fenómenos fundamentales de la naturaleza,

con sus respectivos constructos físico-cosmológicos y por los nuevos descubrimientos astronómicos, que la concepción de un Universo eterno, increado y estático, es desafiada y, seguidamente, desechada; dando como resultado, el inicio de la configuración del modelo estándar del cosmos. Es así como la ciencia, siendo un saber bien constituido metodológica y estructuralmente, se ve confrontada con una problemática que por siglos había sido un tema propio del pensamiento mitológico y de la creencia religiosa, a saber, la creación u origen del cosmos a partir de la acción de la divinidad.

Desde su nacimiento la cosmología física se enfrenta con el problema de la creación, y es cuando inicia el desafío cognoscitivo para el saber científico en tanto delimitado por una estructura específica. Es a partir de la teoría de la relatividad general de Albert Einstein que el cosmos toma un carácter objetual, al mismo tiempo que podía ser comprendido en su conjunto con un lenguaje matemático. Con las formulaciones y las ecuaciones de Einstein el Universo quedó constituido como un todo debido al establecimiento de la gravitación como consecuencia de la estructura geométrica del espacio-tiempo, la cual, a su vez, fue relacionada con el contenido de la materia y energía; esto en condiciones de isotropía y homogeneidad a gran escala. Esta teoría científica llevó a que el Universo como un todo adquiriera un carácter dinámico y evolutivo, lo que abrió la puerta a una posible singularidad inicial y, posteriormente, a la noción de creación.

A partir de aquí, la historia de la cosmología del siglo xx ha manifestado contrastes en las actitudes de los científicos ante tal problemática; posturas de rechazo, de indiferencia, pero también de apropiación ante la necesidad de comprender y explicar el evidente problema del origen del Universo. La postura predominante en los primeros años fue de rechazo, esto por motivo de que el problema de la creación era “un concepto que podría parecer extraño a la ciencia y más apropiado para discursos filosóficos y teológicos” (Kragh 2008 385). Pero enseguida, la actitud a nivel general sufrió un cambio importante a causa del establecimiento de la cosmología *Big Bang* como el modelo estándar, ya consolidado para la década de los años setenta del siglo pasado. Esta situación provocó que los nuevos cosmólogos trataran de explicar cómo el Universo había llegado a ser a partir de la Gran Explosión.

Durante buena parte del siglo xx se han ofrecido respuestas desde la ciencia para explicar algo que evidentemente tiene implicaciones no científicas o que están más allá de los alcances de la metodología científica. Estas explicaciones han estado situadas mayormente en un ámbito naturalista o materialista, es decir, sin la invocación a nociones o entidades inmateriales, espirituales o metafísicas, que sería lo propio del proceder científico. Sin embargo, a partir

de la década de 1980 se inició una nueva etapa en la cosmología física, que incluso algunos han catalogado de revolucionaria o paradigmática. Nace una nueva teoría cosmológica encaminada a explicar los primeros instantes del Universo, la cual daría lugar a una nueva forma de hacer ciencia y a una nueva perspectiva de abordar el problema de la creación.

Desde este contexto se originó la hipótesis cosmológica del multiverso; un modelo cosmológico producido desde la ciencia cuyo alcance ha ido más allá de lo que comúnmente ha hecho la empresa científica moderna. El multiverso ha representado para algunos una nueva forma de hacer ciencia, pero para otros no alcanza los estándares de la ciencia natural. La hipótesis del multiverso ha tenido importantes vínculos con el problema de la creación; incluso algunos han señalado que es por esta razón que realmente ha surgido dicha hipótesis. Este ensayo pretende mostrar y analizar las posibles razones que ratifican la validez y veracidad de esta última postura y, juntamente, las implicaciones filosóficas que esto conlleva.

2. INICIOS Y DESARROLLOS DE LA HIPÓTESIS DEL MULTIVERSO

2.1. El multiverso inflacionario

Propiamente, la cosmología del multiverso⁵ surge en los inicios de la década de 1980 bajo el contexto de la cosmología del *Big Bang* y su interacción con la física de partículas, como resultado de los problemas que esta cosmología no lograba solucionar. El modelo cosmológico del *Big Bang* caliente, ya asumido desde la segunda mitad de la década de 1960⁶ por la mayoría de la comunidad científica como el modelo estándar, ofrecía la explicación de un origen denso y caliente para el universo. “De hecho, solo a partir de esta época emergió la cosmología como una disciplina científica y apareció cosmólogo como un nombre para los profesionales practicantes de una ciencia” (Kragh 2008 323). De esta manera los cosmólogos se dieron a la tarea de buscar una nueva teoría cosmológica que respondiera a los problemas pendientes.

5 Brian Green, clasifica las diferentes versiones del multiverso de la siguiente manera: multiverso mosaico, inflacionario, brana-cíclico, paisaje, cuántico, holográfico, simulado y final. En (Green 2011 407-408). Por su parte, George Gale los clasifica en tres tipos: multiversos espaciales, multiversos temporales y multiversos de otras dimensiones; en (Leslie 1998 195-212). En este estudio analizamos el multiverso inflacionario y el multiverso brana-cíclico, que son las versiones de multiverso que más claramente manifiestan una propuesta metafísica.

6 Esto principalmente por causa del descubrimiento astronómico de la *radiación de fondo cósmico de microondas* (o también, *radiación cósmica de fondo*) en 1965 por Arno Penzias y Robert Wilson.

Así surge la figura de Alan Guth, un físico de partículas estadounidense que propuso para el año 1981 la formulación oficial de la teoría inflacionaria. En la naciente teoría, Guth planteaba un escenario de los primeros instantes del universo -lo cual suponía, ciertamente, la existencia de una singularidad- en el que se podría explicar el ajuste preciso de las condiciones iniciales, para así resolver el problema de los monopolos magnéticos, del horizonte y de la planitud⁷. Guth sugería que en los primeros instantes de su existencia el universo sufrió una expansión exponencial transitoria que aumentó sus dimensiones en muchos órdenes de magnitud, lo que daría respuesta a las condiciones homogéneas, isotrópicas y cuasiplanas que presenta actualmente. Esta expansión estaba impulsada por una fuerza negativa, una especie de gravedad repulsiva; en palabras de Guth: “El universo se está expandiendo exponencialmente en un estado de falso vacío (...) la presión negativa es también la fuerza impulsora detrás de la expansión exponencial” (Guth 1981 348-351)⁸.

Antes de que ocurriera la fase inflacionaria en el Universo primitivo se establecieron las condiciones iniciales de ajuste fino a partir del influjo causal que estableció el equilibrio térmico entre las regiones microscópicas; seguidamente, la expansión exponencial llevó al universo a las dimensiones actuales con su densidad de materia Ω muy cercana al valor crítico y la temperatura uniforme en la mayor parte del espacio cósmico. La inflación explicaba porque

7 El problema cosmológico del *horizonte* hace referencia a la uniformidad a gran escala o a la comunicación entre las diferentes regiones del universo observable. Concretamente, afirma que diferentes regiones del cielo cósmico (p.e. los bordes del universo conocido) que no han podido tener contacto causal, presentan una temperatura común de 2,725 K; y solamente la materia y la radiación que se encuentren dentro del horizonte de partículas o en contacto causal puede hallarse en equilibrio térmico. Por tanto, surge el problema de cómo explicar el surgimiento de tal nivel de isotropía a partir de magnitudes tan grandes. Por su parte, el problema de la *planitud* o del ajuste fino de la densidad, corresponde a la densidad de la materia que posee el universo actualmente, la cual se estima en un valor muy cercano al crítico, esto es, $\Omega=1$ o en un rango de $0.5 \leq \Omega \leq 1.5$. Estos parámetros significan que el universo está muy cerca de poseer una geometría euclídea (plana) o una curvatura muy cercana a cero. Esto supone que en épocas primitivas del universo, la diferencia entre Ω y la unidad alcanzaba valores de magnitud exorbitantemente pequeños (). El problema consiste en explicar cómo y por qué se dieron semejantes condiciones iniciales para permitir la evolución del universo y los valores de los parámetros actuales. Y los *monopolos magnéticos* son entidades magnéticas hipotéticas predichas como una inevitable consecuencia de los modelos de unificación de las fuerzas fundamentales (GUT), producidos abundantemente y muy pesados (con masas del orden de GeV) en etapas muy tempranas del universo. El problema está en que el universo no está dominado por monopolos magnéticos; por tanto, las teorías que los predicen son incompatibles con el modelo estándar del *Big Bang* caliente. Véase (Liddle 2003 99-109; Sazhin 2005 98-116; Cepa 2007 299-307). Asimismo, se denomina *singularidad espacio-temporal* al instante en que el factor de escala del universo fue igual a cero; y en tales condiciones, la densidad, la presión y la temperatura eran infinitamente grandes. La singularidad es también tomada como el origen del tiempo.

8 El cosmólogo ruso M. V. Sazhin señala que el artículo de Guth “sentó las bases de la cosmología moderna del universo temprano y, que al parecer, es uno de los trabajos en física y astronomía más citados del siglo xx”. En (Sazhin 2005 83).

las condiciones iniciales tan precisas llegaron a ser tan similares a las actuales condiciones del universo. En un posterior artículo publicado en 1984 junto a su colaborador Paul Steinhardt, así describía Guth la esencia de la nueva cosmología inflacionaria:

Este periodo de expansión acelerada se denomina la era inflacionaria, y es el elemento clave del modelo inflacionario del universo. Según el modelo, la era de inflación continuó durante segundos o más largo, y durante este período el diámetro del universo aumentó por un factor de o más. (...) Esta pequeña región homogénea es luego inflada para ser lo suficientemente grande como para abarcar el universo observado. (...) La rápida expansión hace que el espacio llegue a ser más plano tal como la superficie de un globo se hace más plana cuando se infla. El valor de Ω hoy debe ser con una precisión muy cercana al 1 (Guth & Steinhardt 1984 122-123)⁹.

Asimismo, la presión negativa que impulsaba la expansión era causada por un campo escalar de energía ϕ -que posteriormente fue llamado inflatón¹⁰- el cual estaba sujeto a fluctuaciones cuánticas aleatorias. Guth precisaba, al año siguiente de la publicación de su artículo pionero, que: “el universo se expande exponencialmente a medida que el campo Higgs ϕ "rueda" lentamente por el potencial y la energía entonces es termalizada rápidamente cuando ϕ empieza a oscilar alrededor de su mínimo” (Guth & Pi 1982 1110). Aquí, la función de las fluctuaciones cuánticas representa un papel muy importante, debido a que son ellas las que provocan que la energía potencial del campo escalar alcance un valor lo bastante elevado para provocar la inflación cósmica¹¹. Además, las fluctuaciones cuánticas propician la formación de “burbujas”¹², estas son,

9 Cabe señalar que la cosmología inflacionaria ha sido criticada por ser altamente especulativa. Véase por ejemplo, (Earman & Mosterín 1999 1-49; Barrow & Liddle 1997 1501-1508).

10 En el primer modelo inflacionario propuesto por Guth el campo que provoca la inflación es el de Higgs. Véase (Cepa 2007 307-320). El campo inflatón es un campo puramente hipotético que proporciona una base teórica para la cosmología inflacionaria; el término fue utilizado por primera vez por D.V. Nanopoulos, K.A. Olive y M. Srednicki en (Nanopoulos, Olive y Srednicki 1983 30-34). Los *campos escalares* representan campos físicos en los que predominó una ecuación de estado de la materia (nuevo) de tipo falso vacío; este es un objeto físico, que es un mínimo local de energía pero no un estado de energía mínima absoluto del sistema en su totalidad. El valor de la energía que posee es de tipo potencial; el campo se representa por ϕ y la energía por tener un valor dado $V(\phi)$.

11 Brian Green en su obra *La Realidad Oculta* advierte que el comportamiento cuántico como base de la presión negativa que impulsa la inflación es crucial para la posterior elaboración de los universos paralelos. En (Green 2011 70).

12 Las burbujas son regiones que han sufrido la inflación, y estas se forman a partir del proceso de nucleación por el decaimiento del falso vacío (estado de energía que no es el mínimo absoluto) al verdadero vacío (estado de energía mínima). Por su parte, hay diferentes maneras de explicar la descomposición del falso vacío, de acuerdo al modelo de campo escalar que se proponga, pero de cualquier manera las fluctuaciones cuánticas son fundamentales para que dicho proceso se realice.

estados del campo escalar que ocupan rápidamente todo el espacio del falso vacío, y son las que dan lugar a la transición de fase, y con esta, a la finalización de la inflación. “Este modelo tenía una gran desventaja: al llenar el espacio, las paredes de las burbujas chocaban, generando un gran contraste de densidad. Precisamente para evitar las grandes fluctuaciones de densidad es que se creó el nuevo universo inflacionario” (Sazhin 2005 131-132)¹³.

De esta forma surgen los nuevos modelos del universo inflacionario¹⁴, a raíz de este y otros problemas que dejaba la versión original inaugurada por Guth, y que el mismo Guth señaló en su artículo de 1981. Este aspecto y otros de la cosmología inflacionaria fueron refinados y desarrollados por los aportes de los cosmólogos de origen ruso Andrei Linde y Alexander Vilenkin y por los norteamericanos Andreas Albrecht y Paul Steinhardt¹⁵. Ya para 1982, estos científicos ofrecían versiones mejoradas que tomadas en su conjunto fueron denominadas “la nueva inflación”. En esta nueva inflación se afirmaba que habían otras maneras de concebir y llegar a la inflación, lo que implicaba nuevos marcos teóricos que sugerían otros modelos de campos escalares¹⁶.

Dentro de esas nuevas versiones aparece una en particular de la cual saldría la primera propuesta cosmológica del multiverso. Esta es la *inflación caótica o eterna*¹⁷, propuesta originalmente por Andrei Linde, quien en julio de 1982 afirmaba en un artículo pre-impreso en la Universidad de Cambridge, que el objetivo de su escrito era el de dar una solución al problema de la singularidad cosmológica -algo que el viejo modelo inflacionario no ofrecía-, esto es, una explicación de por qué ocurrió el origen mismo del Universo, y para ello preguntaba: “la parte más importante de este problema [la singularidad] es solo la cuestión de cómo podría ser que en algún momento nuestro espacio y

13 Las grandes irregularidades y variaciones de densidad y de ritmo de expansión producto del encuentro entre burbujas hubiesen evitado la formación de estructuras a gran escala del universo, como galaxias, estrellas, etc.

14 Utilizo el concepto *universo inflacionario* (con sus implicaciones) como sinónimo de multiverso; esto para diferenciarlo del concepto Universo (con mayúscula), con el cual hago referencia a nuestro Universo observable.

15 Helge Kragh remarca que “entre 1981 y el verano de 1996 se publicaron unos 3100 artículos que se referían a diversos aspectos de la cosmología inflacionaria. En (Kragh 2008 364).

16 Otras modelos interpretativos de la inflación son, por ejemplo: la inflación extendida, inflación doble, triple, la sobrenatural, la hiperextendida; además algunas versiones de inflación no son eternas, como en los casos de la inflación híbrida, la híbrida mutada o la híbrida inclinada; también hay modelos de inflación con teoría de cuerdas: inflación brana, *racetrack*, entre otros. Alan Guth señalaba en 1997 que para ese entonces existían cerca de cincuenta diferentes modelos de inflación, y eso indicaba que la inflación era (y continúa siendo) una teoría aún no terminada. Véase (Guth 1997 277-287; Linde 2005; Brandenberger 2001).

17 Los términos *caótica* y *eterna* se suelen utilizar como sinónimos (la inflación caótica da como resultado la eterna); sin embargo, Alexander Vilenkin afirma en su libro *Muchos mundos en uno* que ambos hacen referencia a cosas muy distintas, asegurando que fue él quien introdujo el concepto eterna en relación a la cosmología inflacionaria; en (Vilenkin 2009 122).

tiempo no han existido” (Linde 1982 5). Linde se preguntaba por una causa que diera cuenta de la singularidad que, a su vez, hacía posible la inflación misma, y para ello el propio marco teórico de la cosmología inflacionaria le servía de base. En esta primera propuesta Linde planteaba un nuevo modelo de campo escalar en el que este rueda muy despacio por el potencial, propiciando de esta manera que el ritmo de formación de las burbujas fuese lo suficientemente lento -evitando así que las paredes de las burbujas se fusionaran- como para que la transición de fase nunca se completara en todo el Universo; esto daba lugar a una especie de Universo en estado estacionario que se auto-reproduce eternamente (de momento, solo hacia el futuro), creando mini-universos burbuja allá donde el valor de la energía del campo escalar $V(\phi)$ es lo suficientemente alto. Así articulaba su preliminar hipótesis:

Pero dado que el universo puede vivir siempre en este estado estacionario de auto-reproducción, podemos dejar ahora nuestra suposición habitual de que el universo inicialmente estaba caliente, y asumimos que el universo en su conjunto siempre estuvo en este estado de regeneración. (...) por lo tanto, que en el escenario sugerido anteriormente el universo contiene un número infinito de *mini-universos* (burbujas) de diferentes tamaños, y en cada uno de estos universos las masas de partículas, las constantes de acoplamiento, etc., pueden ser diferentes debido a la posibilidad de diferentes patrones de ruptura de la simetría dentro de las diferentes burbujas. (...) El escenario de la regeneración no-singular del universo inflacionario en realidad se puede realizar solo en las teorías en las que la formación de burbujas está lo suficientemente reprimida (Linde 1982 5-6).

Una idea similar era desarrollada por el también ruso Alexander Vilenkin, quien en un artículo -igualmente pionero- publicado en 1983 hacía una aclaración similar a la de Linde en cuanto al objetivo de su escrito, pero expresándolo de una manera más perentoria con las siguientes palabras: “El propósito de este artículo es sugerir una nueva versión del escenario inflacionario en el cual el Universo es espontáneamente creado de la *nada*” (Vilenkin 1983 2848, cursiva del autor). Con ello, Vilenkin buscaba ofrecer una explicación al problema pendiente de la causa que hizo posible las condiciones iniciales, que eran las que permitían la elaboración de la propia cosmología inflacionaria. Su propuesta para la creación del universo inflacionario, que ya había sido sugerida un año antes¹⁸, decía que el Universo pudo haber nacido de la nada por un efecto túnel cuántico, debido a que “sabemos que, en la mecánica cuántica, las partículas pueden atravesar barreras de potencial por

18 (Vilenkin, 1983, 25-28).

efecto túnel” (Vilenkin 1983 2851). Así que, una vez con una explicación para el origen del universo inflacionario, el cosmólogo ruso se proponía, de igual forma, plantear el escenario de una inflación eterna, misma que daba lugar a la proliferación de los “universos isla” (como posteriormente les llamará). Para ello, el valor del campo escalar puede, a partir de las fluctuaciones, crecer o decrecer con igualdad de probabilidades, haciendo que al crecer conduzca a las regiones del falso vacío a una inflación que nunca termina, ya que todas esas regiones del Universo estarán permanentemente atrapadas en la fase inflacionaria¹⁹. En consecuencia, la hipótesis de Vilenkin había ofrecido un modelo de universo inflacionario creado pero que en seguida evoluciona eternamente produciendo -según los principios inflacionarios- otros universos como el nuestro. Vilenkin escribió: “En este modelo cosmológico el Universo tiene un principio pero no tiene fin. Partes del Universo recolapsan y desarrollan singularidades, mientras que otras partes se encuentran todavía en la fase inflacionaria” (Vilenkin 1983 2854).

Tanto Linde como Vilenkin fueron elaborando y precisando más sus hipótesis en cuanto a la generación y reproducción eterna de los universos burbuja. Como resultado, el mecanismo de las fluctuaciones cuánticas de la nueva cosmología inflacionaria se volvería clave para la fundamentación teórica de los desarrollos de la hipótesis del multiverso inflacionario. En un artículo de 1986 Linde concluía que las fluctuaciones cuánticas del campo escalar ϕ son lo suficientemente fuertes para transferir el potencial efectivo (lo suficientemente elevado) a las regiones de falso vacío, las cuales han sido extendidas como dominios por toda la *estructura global* del espacio, y de esta manera se generan los mini-universos burbuja (Figura 1). Conjuntamente, esta generación de mini-universos corresponde a una auto-reproducción infinita del universo global, que para ello se deben, insiste Linde, “generar fluctuaciones de onda larga en el campo ϕ ” (Linde 1986 399). Este modelo de universo inflacionario, continúa Linde, contiene un número exponencialmente largo (o infinito) de mini-universos, los cuales no tienen fin y quizás no tengan principio. De la misma manera, Vilenkin asegura que son las fluctuaciones cuánticas las responsables de producir la inflación no como un evento único sino también en un sinnúmero de regiones remotas, y una vez que el mecanismo inicia no tiene fin. Pero al igual que Linde, su postura ante el origen del universo inflacionario no está muy clara ni definida; así se pronuncia:

¹⁹ Vilenkin sostiene que en el conjunto del universo inflacionario hay algunas partes que están llenas de falso vacío, el cual se multiplica mucho más rápido de lo que se descompone (debido a que la “colina” de energía del campo escalar es bastante plana); asimismo, en nuestro universo isla también pueden nacer constantemente regiones de falso vacío, lo que implica que “la inflación nunca termina y el volumen de las regiones inflacionarias ¡sigue aumentando sin límite!” Véase (Vilenkin 2009 109-122).

Si se tiene en cuenta que las fluctuaciones cuánticas del campo escalar son las responsables de la inflación (...) una vez que la inflación ha comenzado, nunca termina completamente (...) El volumen total de las regiones de inflación crece exponencialmente con el tiempo (...) por lo tanto, el universo no tiene fin. Por otro lado, parece que el universo debe tener un principio (Vilenkin 1988 896).

La cuestión acerca de la generación o creación del multiverso inflacionario ocupó una parte importante en la producción intelectual-especulativa entre los cosmólogos inflacionarios, esto ya para la década de los años noventa del siglo xx. Esta situación se debió, principalmente, a la publicación en el año 1994 de un artículo titulado: *Eternal Inflation and the Initial Singularity*, co-escrito por Vilenkin y el físico y cosmólogo de origen hindú Arvind Borde. En este artículo los autores se preguntaban si un modelo en el que la fase inflacionaria no tiene fin y en el que se producen continuamente universos isla puede ser extendido hacia un pasado infinito y evitar así la singularidad inicial; esta fue la respuesta: “este hecho no es posible en espacio-tiempos inflacionarios de futuro eterno, en tanto que obedezcan ciertas condiciones físicas razonables [p.e. la incompletitud geodésica]: tales modelos han de poseer necesariamente singularidades iniciales” (Vilenkin & Borde 1994 3305)²⁰. Esto significa que un espacio-tiempo debe tener una singularidad debido a que el volumen de los diferentes puntos del pasado en la trayectoria de una geodésica nula es finito, es decir, no puede extenderse a valores infinitos. Lo que implica que no solamente los universos burbuja tendrían una singularidad inicial, sino también, y fundamentalmente, el multiverso inflacionario como estructura global exigiría un inicio absoluto del espacio-tiempo. Por su parte, Linde, en un artículo publicado en el mismo año y posterior al de Vilenkin y Borde, hace notar -con cierta irresolución- que la opción de una creación para el Universo y todas las regiones inflacionarias es la más probable; esta era su posición: “Existe la posibilidad de que todas las partes del Universo fueron creadas al mismo tiempo en una singularidad inicial *Big Bang*” (Linde 1994 54).

²⁰ Este aspecto fue confirmado posteriormente por los mismos autores ahora junto a Alan Guth en varios artículos publicados entre los años 2001-2003: (Borde, Guth y Vilenkin 2001; Borde, Guth y Vilenkin 2003).

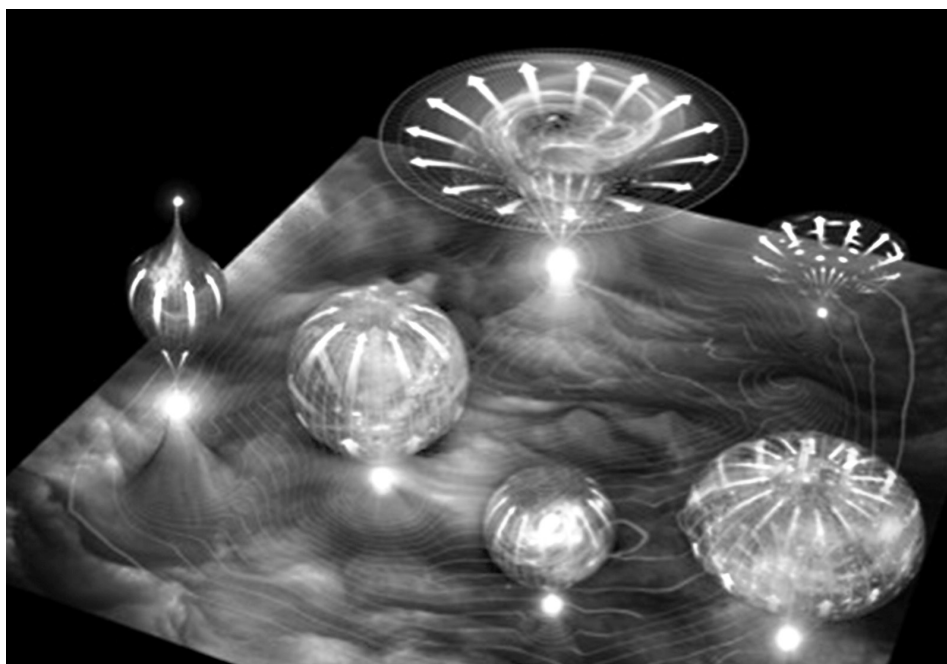


Figura 1. En la ilustración se muestra como sería la generación de mini-universos burbuja desde la estructura global a partir de las fluctuaciones cuánticas. (Fuente: news.nationalgeographic.com/news/2014/03/140318-multiverse-inflation-big-bang-science-space/)

Ante esto, los proponentes del multiverso hacían las preguntas que naturalmente surgen, planteadas en sus propios escritos: “¿Qué fue antes? Si el espacio-tiempo no existía entonces, ¿cómo podría todo aparecer de la nada?” (Linde 1994 48); “(...) uno tiene que enfrentarse con la cuestión de qué hubo antes, si acaso hubo algo” (Vilenkin & Borde 1994 3307). Más aún, ya para el año 2001, como consecuencia del problema de la singularidad inicial para el que la cosmología del multiverso inflacionario no tenía una explicación, Guth, Vilenkin y Borde sentenciaban que debido a la posibilidad real de la frontera espacio-temporal, “es claro que la inflación por sí sola no es suficiente para proporcionar una descripción completa del Universo, y una nueva física es necesaria para determinar las condiciones adecuadas en el límite” (Borde, Guth y Vilenkin 2001 4). Junto a esto, los tres científicos propusieron en el año 2003 un teorema (BGV) el cual mostraba que las geodésicas nulas y de tipo tiempo son, en general, incompletas hacia el pasado en todos los modelos inflacionarios, tanto si las condiciones de energía se mantienen o no; esto basado en el requisito de que la condición de expansión (el pará-

metro H Hubble) se mantenga a lo largo de las geodésicas dirigidas hacia el pasado²¹. De esta forma la cosmología especulativa del multiverso inflacionario se enfrentaba con límites teóricos a la hora de tratar de explicar el origen de la estructura global del multiverso mismo, es decir, afrontaba las dificultades que conlleva el problema de la creación; problema que los proponentes no habían logrado evadir en sus escritos y que les era necesario superar para completar sus hipótesis.

Por lo que a esto respecta, Andrei Linde escribió una serie de artículos entre los años de 1998 y 2004, en los cuales aceptaba un pasado finito para el multiverso inflacionario, y para explicar su origen tomaba como fundamento teórico el modelo de creación por fluctuación de onda cuántica propuesto por Vilenkin a inicios de la década de los ochenta. No obstante, tal posición cambió a partir del año 2005 con un artículo (que fue publicado oficialmente en el 2006) en el que hacía referencia a los 25 años de existencia de la cosmología inflacionaria, la cual -según Linde-, llegó a convertirse en el *paradigma*²² de la cosmología estándar. Su cambio de postura se sustentaba -y tomando como base el teorema (BGV)- en el principio de que en cada región inflacionaria del multiverso el tiempo transcurrido en la línea geodésica sería finito, pero, según Linde, la inflación eterna implica que todas las geodésicas calculadas en conjunto no tienen un límite máximo para el tiempo transcurrido. De manera que cada parte del multiverso tendría un pasado finito, esto es, un inicio temporal, pero el multiverso como un todo tendría un pasado eterno. Así articulaba su nueva postura:

Si este límite máximo [para el multiverso] no existe, entonces la inflación eterna es eterna, no solo en el futuro sino también en el pasado. (...) no tenemos ninguna razón para creer que hubo un principio en la evolución de todo el Universo en un momento $t = 0$, que ha sido tradicionalmente asociado con el Big Bang (Linde 2006 13).

Esta idea fue también desarrollada pocos años antes por los defensores del multiverso Anthony Aguirre y Steven Gratton, para ese entonces investiga-

21 El Teorema BGV afirma que en cualquier modelo de cosmología de expansión (incluso los modelos oscilatorios y cíclicos) el espacio-tiempo debe ser incompleto en el pasado. Concretamente, "Considerando espacio-tiempos para los cuales la región del pasado obedece a una condición de expansión promedio, por el cual queremos decir que la tasa de expansión promedio en el pasado es mayor que cero: > 0 ". La construcción del parámetro Hubble depende solo del movimiento relativo del observador (las geodésicas nulas o de tipo tiempo), y del *test de partículas*. Con una definición adecuada del parámetro Hubble como: H y la región sobre la cual el promedio debe tomarse: la condición de expansión promedio implica un pasado incompleto a lo largo de cualquier geodésica nula o comóvil de tipo tiempo. En (Borde, Guth y Vilenkin 2003).

22 Helge Kragh afirma que "hablar de un paradigma [inflacionario] no es una exageración, y de hecho los físicos utilizaron el término"; en (Kragh 2008 364).

dores de la Universidad de Princeton, quienes argumentaban que es posible “evitar una singularidad cosmológica, un inicio del tiempo, o una creación -de la nada-”, esto por cuanto el mecanismo inflacionario puede duplicar regiones y con ello sería posible “constituir una cosmología inflacionaria geodésicamente completa” (Aguirre & Gratton 2003 14). Del mismo modo, el físico teórico Sean Carroll junto a su colaboradora Jennifer Chen, defendían un pasado infinito para el universo inflacionario, apoyando la noción de que las fluctuaciones cuánticas aleatorias en un vacío de energía habían dado origen a este Universo observable, y por ello, “el *Big Bang* en nuestro pasado no es un momento único en la historia del Universo; es simplemente una de las muchas veces que la inflación de forma espontánea comenzó” (Carroll & Chen 2004 29).

Todo esto fue propiciando la concepción de un carácter necesario para el multiverso; este, afirman sus defensores, se constituye como una realidad inevitable una vez aceptada la teoría inflacionaria. Ya en el año 2007, se publicó una obra colectiva titulada *Universe or Multiverse?* en la que se reunió a renombrados científicos y filósofos -defensores y opositores del multiverso- para tratar las implicaciones de la ahora muy popular hipótesis. Vilenkin fue uno de los contribuyentes, que ante las críticas hechas contra el multiverso por ser altamente especulativo y dudosamente científico, afirmaba que ellos como proponentes tenían una teoría del multiverso, la inflación, y, que “por lo tanto, la cosmología inflacionaria da una realización específica al conjunto multiverso y lo hace esencialmente inevitable” (Carr 2007 163). Alan Guth en su popular libro *The Inflationary Universe* escrito varios años antes, ya sostenía la inevitabilidad del multiverso como resultado de la reproducción necesaria de la inflación eterna (Figura 2). Así lo explicaba:

Si las ideas de la inflación eterna son correctas, entonces el *Big Bang* no fue un acto singular de creación, sino que fue más como el proceso biológico de división celular (...) Dada la plausibilidad de la inflación eterna, yo creo que tan pronto como cualquier teoría no lleve a la eterna reproducción de universos será considerada inimaginable a manera de una especie de bacteria que no se reproduce (Guth 1997 251-252).

Otro científico que apoyó esta idea es el astrónomo y cosmólogo británico Martin Rees, quien, siendo partidario del razonamiento antrópico, cree que la mejor manera de explicar el ajuste fino de las leyes y constantes y la aparición de la vida misma es recurriendo al multiverso. Según Rees, el multiverso se constituye en la única explicación científica para resolver tal problemática cosmológica; así argumenta: “Si así fuera [que la inflación no termina] nuestro *Big Bang* no fue el único, sino que incluso puede ser parte de un cosmos

que se reproduce eternamente. (...) este concepto se sigue de varias teorías diferentes (aunque todas especulativas)” (Rees 2002 149, 155)²³. Este ha sido el principal enfoque de los defensores del multiverso en la primera década del siglo XXI: intentar mostrar que la hipótesis del multiverso inflacionario es más que eso, y que como recurso teórico se posiciona como un nuevo paradigma cosmológico.

Las discusiones y las producciones en artículos y libros han girado en torno al estatus científico que tiene o no la hipótesis. Al respecto, el historiador de la ciencia Helge Kragh ha señalado que la creciente proliferación y popularidad del multiverso se debe al intenso debate llevado a cabo en la comunidad de los físicos y cosmólogos, y concluye diciendo: “La cuestión general es si la cosmología del multiverso es ciencia o no” (Kragh 2011 275).

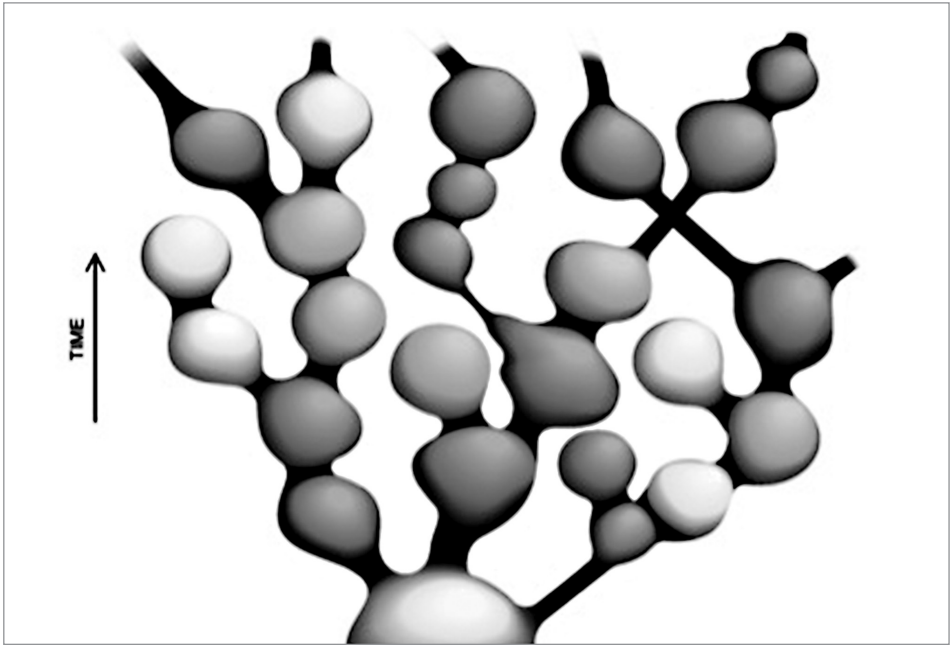


Figura 2. La imagen ilustra la auto-reproducción eterna y necesaria del multiverso inflacionario. “Las propiedades del espacio en cada burbuja no dependen del tiempo de formación de la burbuja. En este sentido, el universo en su conjunto puede ser estacionario, a pesar de que el interior de cada burbuja es descrito por la teoría del Big Bang”. (Fuente: Linde, A., “The Self-Reproducing Inflationary”, *Scientific America*, 271, (1994): 48-55).

23 Versión original: (Rees 2001).

Muchos de los físicos y cosmólogos defensores del multiverso creen que se puede obtener evidencia empírica a favor de su existencia. Laura Mersini-Houghton, física teórica de origen albanés, afirma que es necesario extender las teorías científicas al marco del multiverso “a fin de obtener una comprensión más profunda de la naturaleza” (Mersini-Houghton 2008a 3). En razón de esto, Mersini-Houghton defiende la idea de que una prueba del multiverso puede ser una especie de interacción gravitacional entre universos, lo cual -forzosamente- tendría que provocar un impacto en nuestro Universo. Por tal motivo, ahora en colaboración con el físico Richard Holman de la Universidad Carnegie Mellon, ha propuesto en un artículo publicado en 2008, que el descubrimiento realizado recientemente con respecto a un *cúmulo* de galaxias que se mueven en una misma dirección conocido como el “flujo oscuro”, puede ser tomado como el efecto gravitacional de otro universo sobre el nuestro. Este fenómeno, escriben, “está determinado por el simple hecho de que nuestro dominio Hubble está incrustado en un entorno mucho más grande, el multiverso” (Mersini-Houghton & Holman 2008b 5)²⁴.

Desde entonces, los más recientes desarrollos realizados por los defensores del multiverso inflacionario se han visto reflejados en el intento por demostrar su capacidad explicativa y predictiva. De ahí que proponentes y defensores han tratado de vincular -sumado al problema de la creación- la problemática asociada al ajuste fino de las leyes y constantes de la naturaleza con la opción del multiverso como una posible solución. Esto ha sido un esfuerzo por vindicar a la hipótesis en atención a las críticas realizadas desde la misma comunidad científica; críticas que han surgido, notoriamente, en vista de las importantes divergencias entre los propios defensores y a su carácter puramente especulativo ante la falta de evidencia observacional. Esto lo analizaremos en las secciones 3 y 4.

2.2. Multiverso brana-cíclico

Veinte años después de la publicación del artículo que diera inicio a la cosmología inflacionaria de la mano de Alan Guth, se publicaría otro artículo que daría inicio oficialmente a otra hipótesis cosmológica del multiverso conocido como brana-cíclico.

Uno de los principales artífices y proponentes del nuevo modelo estuvo muy vinculado al ámbito inflacionario y con el científico que propició el surgi-

²⁴ Con respecto a esto han surgido las críticas que advierten acerca de errores de estimación en las medidas realizadas para asegurar la efectividad del “flujo oscuro” como un fenómeno físico. Véase (Keisler 2013; Atrio-Barandela 2013).

miento de la hipótesis del multiverso, ya que fue co-autor junto a Guth del artículo *The Inflationary Universe* del año 1984, el reconocido físico teórico Paul Steinhardt. Steinhardt junto a Andreas Albrecht contribuyeron en la elaboración de los primeros modelos de la nueva inflación, e incluso fue uno de los contribuyentes pioneros en el desarrollo de la inflación eterna, pero a pesar de eso se mantuvo distante de la posterior idea del multiverso. Es sabido que Steinhardt ha realizado algunas críticas a la teoría inflacionaria, pero principalmente al multiverso como hipótesis científica, señalando deficiencias en cuanto a su poder explicativo y predictivo (En: Steinhardt & Turok 2007 221-253; Steinhardt 2011 38-43). En compensación, ha ofrecido -junto a otros- una alternativa a la cosmología inflacionaria como una mejor opción para explicar los problemas concernientes a los orígenes y estructura global del cosmos. Y por esa razón llega a decir que “la hipótesis cíclica conduce a una visión mucho más optimista para la ciencia fundamental” (Steinhardt & Turok 2007 221).

De ahí que el multiverso brana-cíclico²⁵ hunde sus raíces en la cosmología inflacionaria, al menos como referente temático, por lo que abordará e intentará superar los problemas pendientes del multiverso inflacionario, y al mismo tiempo ofrecerá una visión radicalmente distinta y ahora desde otro marco teórico.

La cosmología brana-cíclica tiene sus antecedentes en la segunda mitad de la década de los años noventa del siglo xx, como resultado de algunos cambios y desarrollos producto de los esfuerzos teóricos por alcanzar la gran unificación (GUT) o una teoría del todo (TOE), tal es el caso de la *teoría de las supercuerdas* (o simplemente cuerdas). El intento por unificar las dos grandes teorías científicas del siglo xx que explican y predicen el macro y el microcosmos como lo son la relatividad general y la mecánica cuántica, ha dado lugar al intento por establecer una teoría cuántica de la gravedad; esta era la teoría de cuerdas, “la candidata más popular del fin del siglo xx para una teoría unificada completa” (Kragh 2007 405). Esto ha significado un gran trabajo teórico-matemático y también especulativo a causa de las limitaciones en la controlabilidad experimental y empírica que sufre la teoría. La gravedad cuántica, al ser considerada en relación a singularidades (*Big Bang*, agujeros negros), hace que las magnitudes en las que sería posible unificar gravedad con mecánica cuántica sean dominios que no se pueden explorar experimentalmente, propiamente a escala de la longitud de Planck m. Este programa

²⁵ Es importante señalar que los proponentes del multiverso brana-cíclico, no utilizan el término “multiverso” para referirse a su hipótesis, en su lugar utilizan nombres como modelo, universo, hipótesis, principalmente.

teórico sumamente especulativo ha dado como resultado la inclusión de nuevos campos y partículas, como es el caso de unos minúsculos filamentos vibrantes, las cuerdas. Según la teoría, dichas cuerdas poseen variadas pautas de vibración con las que producen las diferentes propiedades de las partículas elementales. Además, otro aspecto relevante de las cuerdas es que -como indica John Schwarz, uno de los fundadores de la teoría- “tienen una escala de longitud característica, que puede ser estimada por análisis dimensional” (Schwarz 2000 5). Es decir, que las cuerdas requieren de un universo con más de tres dimensiones espaciales, por ejemplo, uno con diez dimensiones espaciales y una temporal, con las que “las ecuaciones de la teoría de cuerdas quedaban libres de problemas” (Green 2011 116).

Uno de los avances en la teoría de cuerdas estuvo en la superación de las complicaciones que presentaba el hecho de que había cinco tipos de teoría de cuerdas²⁶. Esta superación llegó en 1995 cuando el físico teórico Edward Witten logró unificar los cinco tipos en una teoría global de once dimensiones que recibió el nombre de *teoría-M*. “Supercuerdas y supergravedad de once dimensiones todas aparentemente se vinculan”, escribía Witten (Witten 1995 52). Esta unificación propició la introducción de otro componente fundamental no solamente para la teoría de cuerdas sino también para el multiverso brana-cíclico. Leonard Susskind -otro de los fundadores de la teoría de cuerdas- lo relata de la siguiente manera: “Pero dicha teoría [la teoría-M] tenía un serio problema: necesitaba nuevos objetos, objetos que la teoría de cuerdas no había predicho con anterioridad. (...) pero la naturaleza de los nuevos objetos y su lugar matemático en la teoría era un completo misterio (...) lo eran hasta que Joe Polchinski descubrió sus branas” (Susskind 2007 314-315). Las branas (o también llamadas membranas) fueron el significativo aporte que Polchinski realizó a la teoría para provocar un importante avance²⁷. De acuerdo con la teoría, estas branas son objetos físicos fundamentales, dinámicos, como una especie de láminas bidimensionales (dos-brana) que hacen de superficie para las cuerdas, proveyendo -entre otras cosas- el lugar donde los puntos extremos de segmentos de cuerda pueden terminar. Y lo que es más significativo para nuestro estudio, es que algunas de las branas descubiertas por Polchinski resultaron ser tridimensionales (tres-brana), y esto fue clave para la propuesta del multiverso brana-cíclico.

26 Cinco teorías de cuerdas en diez dimensiones: Tipo I, Tipo IIA, Tipo IIB, Heterótica-O y Heterótica-E.

27 Las branas fueron introducidas con el fin de relacionar o interconectar por dualidades a los cinco tipos de teoría de cuerdas, esto es, que las diferentes teorías de cuerdas son equivalentes entre sí a partir, por ejemplo, de la modificación del radio de compactificación de las dimensiones extra; y de esta manera son unificadas en la teoría-M. Polchinsky descubrió que tal dualidad entre las diferentes teorías no era posible sin las branas. Véase (Blumenhagen, Lüst y Theisen 2013 688-722; Susskind 2007 311-324; Smolin 2007 201).

En el mencionado artículo de 2001 titulado *The Ekpyrotic Universe: Colliding Branes and the Origin of the Hot Big Bang*, Paul Steinhardt de la Universidad de Princeton junto al físico teórico de origen sudafricano Neil Turok de la Universidad de Cambridge, y en colaboración con Burt Ovrut y Justin Khoury, ofrecieron la primera versión del nuevo multiverso nombrado universo Ekpirótico²⁸. Según esta hipótesis, nuestro Universo visible es una brana tridimensional existiendo en un espacio mayor de cinco dimensiones junto a otra brana (y a otros posibles pares de branas) también tridimensional ubicada paralelamente a nuestro Universo brana. Las branas están separadas por una pequeña brecha dimensional, y por esa razón, el otro universo brana no es visible desde nuestro Universo (Figura 3). Estando paralelas en la quinta dimensión (global), una fuerza (gravitacional) atrae a las branas entre sí provocando una colisión, que fue la que dio origen a nuestro Universo tridimensional. Estas son sus palabras: “El momento decisivo es la creación del Universo *Big Bang* caliente por la colisión de la brana mayor (...) con nuestra brana visible. Aunque el Universo puede existir por un tiempo indefinido antes de la colisión, el tiempo cósmico como normalmente está definido comienza en el impacto” (Khoury, Ovrut, Steinhardt y Turok 2001 3).

A raíz de la colisión se libera energía cinética que se convierte en partículas elementales y en radiación caliente iniciando con ello la expansión de nuestro Universo. Esto, afirman los autores, evita una singularidad como la descrita por la cosmología inflacionaria, ya que “el caliente universo en expansión en nuestro escenario comienza su evolución cósmica a una temperatura finita” (Khoury, Ovrut, Steinhardt y Turok 2001 3). Esto significa que el origen cósmico por choque de branas no contiene magnitudes infinitas de temperatura y densidad, puesto que en este modelo cosmológico no existiría gran parte del Universo primordial. Y, justamente, este era uno de los propósitos principales de Steinhardt y sus colaboradores, a saber, solucionar el problema del origen de las condiciones iniciales, problema que en el modelo Ekpirótico no existe dado que el Big Bang no es el principio absoluto del espacio-tiempo. De esta forma, la cosmología brana proponía un escenario *pre-big bang*²⁹ que intentaba explicar el porqué del origen y la expansión del Universo. Aquí, el choque de branas homogéneas se constituye como la causa de nuestro *Big Bang* y del inicio de la expansión -produciendo además un Universo homo-

28 El término ekpirótico proviene del griego ἐκπύρωσις (ekpyrosis) que significa literalmente quemar, incendiar, conflagración. De la creencia estoica que consideraba que el cosmos era destruido periódicamente por una gran conflagración cada Gran Año.

29 El escenario *pre-big bang* fue inspirado en ciertos aspectos de los trabajos de Gabriele Veneziano como los propios autores señalan en el artículo. (Veneziano 1991 287-294; Gasperini & Veneziano 1993 317-339).

géneo, plano, sin monopolos magnéticos y con anisotropía en la radiación cósmica de fondo-, y sugiriendo con ello, una estructura cosmológica eterna. Así afirmaban Steinhardt y Turok en un artículo publicado en el año 2002, haciendo referencia a las implicaciones del nuevo mecanismo cosmológico: “(...) puede ser continuado hacia el futuro infinito, así como hacia el pasado infinito. Por lo tanto, el Universo es eterno” (Steinhardt & Turok 2002a 17). Esta es una de las diferencias esenciales con respecto a la inflación, y que los autores destacan como “una filosofía diferente” del origen del Universo.

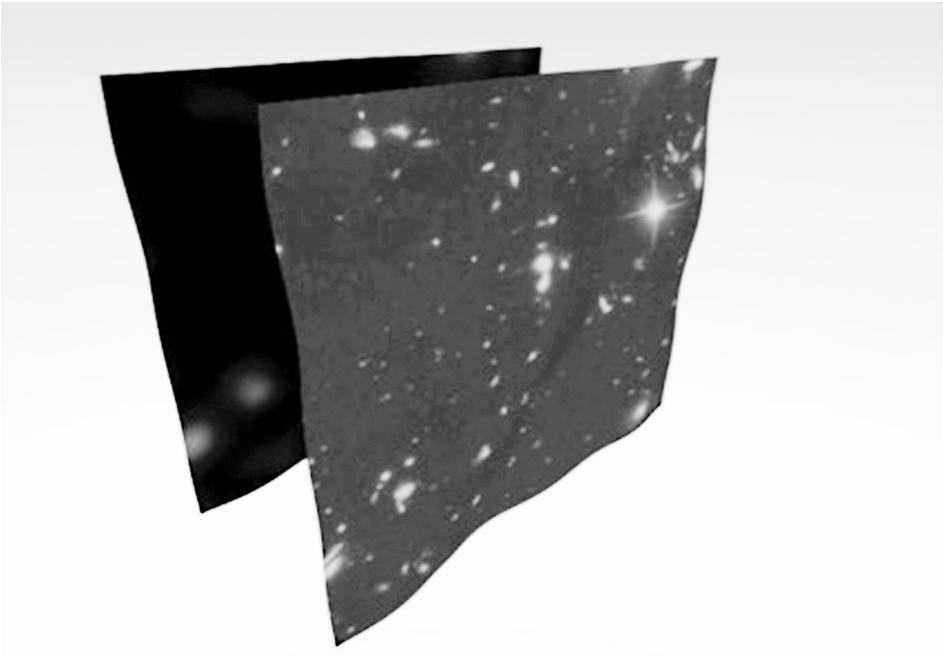


Figura 3. En la ilustración se muestra a los dos universos brana tridimensionales existiendo paralelamente en un espacio mayor en una quinta dimensión. (Fuente: <http://www.astrobio.net/topic/exploration/missions/the-astrobiology-universe/>).

El modelo Ekpirótico fue evolucionando rápidamente y ya para el año 2002 Steinhardt y Turok presentaban el nuevo modelo llamado universo *cíclico*. De entre sus ideas fundamentales se encuentra la característica de que el multiverso brana se halla inmerso en una interminable secuencia cósmica que inician con una explosión (*big bang*) y terminan en un colapso (*big crunch*). Cada ciclo incluye un periodo de acelerada expansión seguido por una contracción a causa de que cuando las branas colisionan y, seguidamente, rebotan, se genera la expansión que se mantiene hasta alcanzar su valor máximo (Figura 4). Este

mecanismo de colisión-rebote, expansión-contracción es causado *por lo que Steinhardt y Turok han denominado* fuerza o potencia interbrana, que es una especie de fuerza gravitacional que puede variar de valores negativos a positivos, significado esto la repulsión y atracción. La exposición del mecanismo cíclico queda condensada como sigue:

La transición de la expansión a la contracción es causada por la introducción de energía potencial negativa [potencia interbrana], en lugar de la curvatura espacial. Por otra parte, el comportamiento cíclico depende de manera esencial en tener un periodo de expansión acelerada después de las fases dominadas por la radiación y la materia. Durante la fase de expansión acelerada, el Universo se acerca a un estado cuasi-vacío, en el que se restauran las condiciones locales a un estado casi idéntico al que existía en el ciclo anterior antes de la fase de contracción (Steinhardt & Turok 2002a 1).

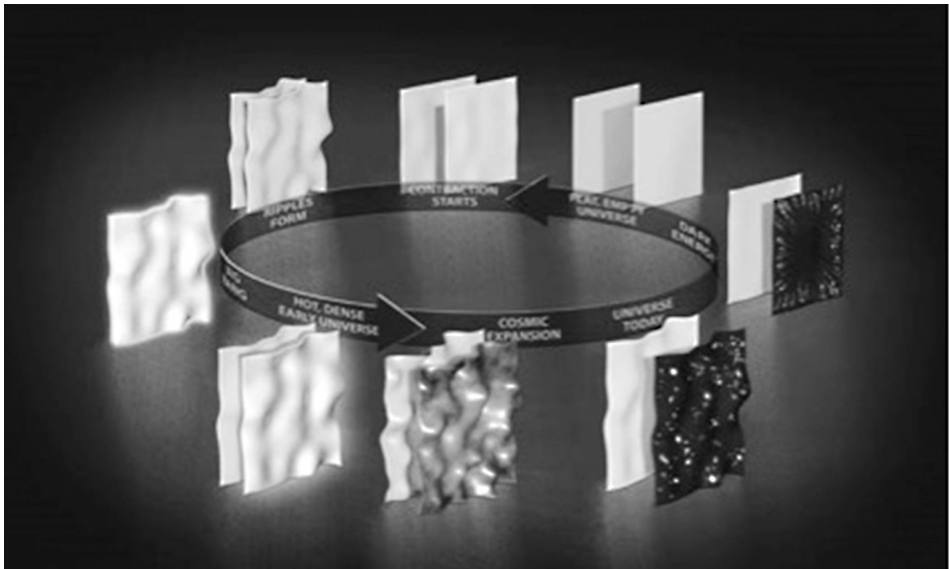


Figura 4. La imagen muestra el mecanismo del multiverso brana-cíclico en sus fases de colisión y rebote con los diferentes procesos en la evolución de los universos tridimensionales.(Fuente: www.phy.princeton.edu/~steinh/cyclic-cosmology.html).

Pero a pesar de la proclama de infinitud para el universo cíclico con su secuencia eterna de expansiones y contracciones -esto sobre todo en comparación con el multiverso inflacionario-, la idea de un principio absoluto para el multiverso brana- cíclico no está muy clara para sus proponentes. De tal manera que, mientras que para el año 2002 afirmaban lo siguiente: “ahora tenemos dos posibilidades diferentes: un universo con un comienzo definido

[inflación] y un universo [cíclico] que se hace y re-hace para siempre” (Steinhardt & Turok 2002b 1439); para el año 2005, en un artículo titulado *The Cyclic Model Simplified*, escriben de la siguiente forma: “¿(...) el [universo] cíclico no tiene principio? Este problema no está resuelto en la actualidad. (...) La historia más probable es que el cíclico fue precedido por algún principio singular” (Steinhardt & Turok 2005 5). De las razones que daban para respaldar lo dicho estaba el hecho de que el modelo cíclico tiene la estructura causal de expansión en un espacio de De Sitter³⁰, y que por lo tanto, “la fase de expansión es geodésicamente incompleta, por lo que la imagen cíclica no puede ser toda la historia” (Steinhardt & Turok 2005 5). Esto mismo es confirmado en su popular obra escrita en 2007 que lleva el nombre de *Endless Universe*, y siempre en comparación con la cosmología inflacionaria, Steinhardt y Turok afirman lo siguiente:

Cada ciclo dura aproximadamente un trillón de años, y no hay límite conocido de cuántos ciclos podrían haber sido en el pasado. Tal vez el número es infinito. O tal vez hubo un -principio- en el pasado lejano, después de lo cual el Universo fue impulsado hacia un comportamiento cíclico regular por sus propiedades estabilizantes naturales. De cualquier manera, incluyendo los ciclos anteriores, el universo cíclico es exponencialmente más viejo que el universo inflacionario convencional (Steinhardt & Turok 2007 248).

El avance en cuanto a este tema es casi nulo, los autores del multiverso brana-cíclico no han desarrollado ideas claras ni precisas que arrojen luz sobre el pasado eterno del mecanismo brana-cíclico. En uno de sus más recientes artículos en el que hacen una breve referencia al tema, ahora incorporando al físico Jean-Luc Lehnars de la Universidad de Princeton, y en el que nombran al modelo cíclico como *Phoenix Universe*, concluyen diciendo que: “Los intentos de incorporar esta idea [de una cosmología oscilatoria] en modelos en los que el *Big Bang* es el comienzo fallan (...) [sin embargo] Hay mucho tiempo en un universo cíclico” (Lehnars, Steinhardt y Turok 2009 2235). Los artífices de la hipótesis cosmológica brana-cíclico reconocen al final de su obra *Endless Universe*, que ante la falta de evidencia empírica en apoyo a sus ideas, estas podrían estar equivocadas aunque posean características filosóficamente atractivas.

³⁰ El espacio o Universo de De Sitter es una solución exacta de las ecuaciones de campo de Einstein en ausencia de materia que describen un Universo en expansión.

3. EL PROBLEMA DE LA CREACIÓN Y LA SOLUCIÓN DEL MULTIVERSO

Desde los inicios y subsiguientes desarrollos de las hipótesis del multiverso inflacionario y brana-cíclico, sus artífices han creído que realmente existe un problema de la creación y que este tiene importantes repercusiones para el quehacer científico, en especial, para la cosmología física. Los cosmólogos han señalado en sus escritos, tanto técnicos como divulgativos, que la cuestión del origen del Universo supone una dificultad que lleva a la ciencia hasta sus propios límites metodológicos y alcances cognoscitivos y ontológicos. El proponente del multiverso inflacionario, Andrei Linde, ya mostraba su inquietud por el problema de la creación en un escrito del año 1984 cuando afirmaba:

(...) uno de los problemas cosmológicos más importantes e interesantes es el problema de una singularidad cosmológica general. El aspecto más difícil de este problema no es la existencia de la propia singularidad, sino la cuestión de lo que era antes de la singularidad (...) Este problema se encuentra en algún lugar en la frontera entre la física y la metafísica (Linde 1984 976, cursiva del autor).

De igual modo, cuando proponía sus primeras ideas del multiverso inflacionario en el año 1982, ya anunciaba que su propuesta de multiverso podría servir como una opción a la alternativa teológica para la explicación del origen del Universo; esta era su declaración: “Sin embargo, no estaba del todo claro si Dios realmente podría jugar el juego de la creación del Universo muchas veces antes del éxito final, o tal vez uno podría tratar de darle algo de sentido [a la creación] con esta hipótesis de los muchos universos” (Linde 1982 6). Linde consideraba que la hipótesis del multiverso podría ofrecer una respuesta ante la problemática de la creación cósmica, dado que la explicación teológica evidentemente no satisfacía sus exigencias científicas. A esto, el físico y cosmólogo británico Paul Davies, en un artículo en el que analizaba las diferentes implicaciones -incluida la teológica- de la cosmología inflacionaria, afirmaba de manera un tanto vacilante, “si el modelo inflacionario puede funcionar, proporcionará un mecanismo para convertir un universo cuántico virtual en un cosmos en toda regla y permitirá a los cosmólogos contemplar científicamente la creación *ex nihilo* de la teología” (Davies 1983 153).

Por su parte, Alexander Vilenkin ha sido uno de los cosmólogos más insistentes en el tema de la creación del Universo. Posterior a la publicación del artículo de Guth que inició la cosmología inflacionaria, Vilenkin publicaba un artículo titulado *Creation of universes from nothing*, cuyas ideas de creación por fluctuación de onda cuántica transferiría al artículo *Birth of inflationary universes* en el que desarrollaba sus primeras hipótesis del multiverso inflacio-

nario. Vilenkin cree firmemente que la ciencia debe y puede dar respuesta a la causa que dio origen al cosmos, a pesar de que eso implique traspasar las fronteras objetivas de la ciencia; así lo confirma en su libro divulgativo, publicado originalmente en 2006, *Muchos mundos en uno* cuando expresa que: “describir el principio del cosmos en términos puramente científicos, puede ser difícil pero, con frecuencia, algo nos parece imposible solo por las limitaciones de nuestra propia imaginación” (Vilenkin 2009 244). Alan Guth, quien también mostraba sus intereses por el origen cósmico, reconocía que ante los intentos infructuosos del multiverso inflacionario por ofrecer una salida al problema de la creación, no quedaba otra opción que seguir especulando. Así sintetizaba en su principal obra: “¿Cómo empezó todo? (...) la inflación eterna empuja esta pregunta lejos en el pasado (...) la pregunta no desaparece. (...) La teoría del *Big Bang* en realidad no aborda esta cuestión (...) Mientras no haya una respuesta científica aceptada a la pregunta sobre la creación cósmica, las respuestas especulativas ahora son estudiadas” (Guth 1997 271).

En el multiverso brana-cíclico -como heredero de la cosmología inflacionaria- también se perciben unos profundos intereses por la cuestión de la creación, de su significado y sus implicaciones. Nuevamente en el contexto de pugna con la inflación, Steinhardt y Turok afirmaban que el poderío explicativo del multiverso inflacionario en relación al evento primordial de la creación se probaría comprendiendo lo que realmente eso significa, cosa que la inflación no hacía; estas son sus palabras: “Pero la única manera de probar la afirmación [acerca del poderío explicativo de la inflación] sería entender el evento de la creación en sí mismo” (Steinhardt & Turok 2007 112). Ese era, reiteramos, uno de los propósitos centrales de la cosmología brana-cíclica, es decir, comprender y explicar la noción de creación -ya que, según Steinhardt y Turok, nunca ha sido bien comprendida-, y esto, necesariamente, en términos científicos. Así se pronunciaba Steinhardt en una presentación del modelo brana-cíclico ante la *American Philosophical Society* en el año 2004: “Aunque el proceso de la creación y los primeros instantes no se conocen bien, la secuencia de los siguientes eventos [de la cosmología brana-cíclica] está bien definida y las predicciones del modelo parecen estar en exquisito acuerdo con las observaciones actuales” (Steinhardt 2004 1). Pero la razón de fondo por la cual los proponentes del multiverso brana-cíclico buscaban comprender correctamente la creación era precisamente para suprimirla, postulando un multiverso con branas que colisionan y rebotan, se expanden y contraen en un ciclo eterno. Esta era una de las principales críticas que Steinhardt y Turok le hacían a la inflación, por cuanto “el escenario de la inflación eterna no elimina la necesidad del evento de la creación” (Steinhardt & Turok, 2007 112). E incluso, los cosmólogos del multiverso brana-cíclico llegan a identificarse como los sucesores de Fred

Hoyle, el principal oponente de la teoría *Big Bang* en la década de 1950 y artífice del modelo estado-estacionario, diciendo que el modelo cíclico “puede ser visto como una notable reencarnación del modelo estado-estacionario del universo de Fred Hoyle” (Steinhardt & Turok 2002b,18). En definitiva, los esfuerzos de estos cosmólogos por eliminar el problema de la creación desde su cosmología especulativa, como hemos visto, no han logrado dar con una respuesta como exige la ciencia, respaldada con la evidencia fáctica.

Por otro lado, ahora en relación al ajuste fino (*fine tuning*) de las leyes y constantes del Universo -y que una de sus alternativas es el argumento del diseño divino-, Martin Rees cree que el multiverso puede ser considerado como una solución viable, y como una alternativa para los que no aceptan el argumento teológico del diseño. Pese a esto, el científico de Cambridge reconoce que la opción del multiverso no es exactamente una alternativa científica, sino una preferencia intuitiva. Esta es su postura:

Si uno no cree en el designio providencial, pero todavía piensa que el ajuste fino necesita una explicación, hay otra perspectiva (...) muy especulativa (...) No obstante, es la perspectiva que prefiero (...) Puede que existan muchos -universos-, de los que el nuestro es solo uno. En los otros, algunas leyes y constantes físicas serían diferentes. Pero nuestro Universo no sería solo un universo aleatorio. Pertencería al subconjunto insólito que ofrecía un hábitat propicio a la aparición de la complejidad y de la conciencia. (...) nuestro Universo es seleccionado a partir de un multiverso, sus características aparentemente designadas o finamente ajustadas ya no serían sorprendentes (Rees 2002a 154-155).

Ante todo esto, la crítica por parte de la misma comunidad científica no ha faltado. Algunos de los oponentes a la hipótesis del multiverso han señalado decididamente que las hipótesis cosmológicas del multiverso se han elaborado con el fin de dar una solución o explicación a problemáticas asociadas a la realidad tomada en su totalidad como lo son, por ejemplo, el origen del Universo o el ajuste fino de las leyes y constantes que le rigen. Estas indagaciones son las que históricamente han pertenecido a la argumentación filosófica y teológica, que son las que desde la antigüedad han tratado con la cuestión de la causalidad última y los primeros principios de la totalidad de lo real. Es el caso, por ejemplo, del cosmólogo y matemático George Ellis, el cual afirma que: “La idea de un multiverso provee una posible ruta para la explicación del ajuste fino (*fine tuning*). Pero este no es definido de forma única, no es científicamente contrastable (...) Es por tanto, una opción metafísica hecha por razones filosóficas” (Ellis 2006 10). Ellis es uno de los más acérrimos oponentes del multiverso, e insiste en decir que detrás de la hipótesis hay

claros motivos teológicos, y por esa razón asegura que el multiverso es “una propuesta que no puede ser probada correctamente por métodos científicos -la creencia en su existencia es una cuestión de fe” (Ellis 2006 1). Según Ellis, el argumento que subyace en la propuesta del multiverso es la opción por la infinitud, y por ello es necesario para los defensores del multiverso postular una realidad global que ofrezca una *pre-existencia* que garantice todas las demás existencias. El científico se mostrará concluyente: “Un conjunto infinito de dominios universo con diferentes variables físicas puede permitir casi que todas las posibilidades se produzcan” (Ellis 2013 13); y continúa:

Los mecanismos supuestos que subyacen en cualesquiera regularidades que hay en el multiverso deben pre-existir a la existencia de no solo este Universo, sino también todos los demás. Si se supone un universo que está conectado en el grande pero está separado localmente en dominios causalmente desconectados con propiedades físicas diferentes (como en la inflación caótica), uno obtiene una imagen plausible de un mecanismo de creación que puede ser la base de un multiverso efectivo, pero a expensas de suponer la validez de la física no contrastada y quizás incontrastable” (Ellis 2013 3).

Para Ellis, el multiverso buscar responder a cuestiones que están fuera del ámbito de la ciencia, como lo es el caso de una realidad última fundamento de un único Universo contingente y temporal, y esto coloca al multiverso en igual condición que otras opciones de carácter no científico o estrictamente teológico. Ante esto, Bernard Carr considera que tal situación ha representado un desafío para el punto de vista teológico, y, en consecuencia, “no es sorprendente que [el multiverso] haya sido elogiado entre los ateos” (Carr 2007 16).

Otro de los fuertes oponentes del multiverso es el reconocido Paul Davies, quien, de la misma forma, considera que el multiverso es una hipótesis pseudo-científica que lo que pretende es competir con la teología postulando una “realidad última” o una especie de sistema teísta a partir de la cosmología física. En la obra colectiva del año 2007, Davies apunta sin reservas que: “los modelos más generales del multiverso son ontológicamente equivalentes a un deísmo ingenuo, y me refiero a la existencia de un Diseñador/Seleccionador Cósmico (...) sospecho que la explicación general del multiverso es un simple deísmo ingenuo vestido de un lenguaje científico” (Carr 2007 495). De hecho, Davies va un poco más allá y asegura que detrás de motivaciones de los proponentes del multiverso hay convicciones religiosas; así escribe: “[el multiverso] es básicamente una convicción religiosa en lugar de un argumento científico” (Carr 2007 495). Davies como cosmólogo está muy interesado en la cuestión de los orígenes cósmicos, de la causa del *Big Bang*, etc., pero no cree científico ni viable racionalmente apelar a una entidad trascendente para

poder explicar el evidente problema de la creación. Por ello considera que lo que hacen las hipótesis del multiverso es elevar el problema a “algo” que está más allá del Universo físico como lo hace la teología o la filosofía, y por eso están en la misma categoría. Pero lo que Davies considera más irónico del caso es que lo que los cosmólogos naturalistas intentaban lograr con la hipótesis del multiverso ha resultado en lo opuesto, esto es, apoyar la idea de un ser o una realidad trascendente conocida como Dios. El siguiente texto muestra en esencia la crítica más punzante hecha por Davies al multiverso:

El creador de los mundos virtuales es un diseñador trascendente con el poder de crear o destruir universos simulados a voluntad, alterar las circunstancias dentro de ellas, elaborar leyes, hacer milagros, etc. Llevado a su extremo lógico, la explicación multiverso es un argumento convincente para la existencia de (una forma bastante anticuada de) ¡Dios! Esto es ciertamente irónico, ya que era en parte para acabar con tal Dios por lo que el multiverso se invocó originalmente (Carr 2007 496).

Con estos pronunciamientos los científicos oponentes han denunciado y situado a la hipótesis del multiverso en niveles filosóficos e incluso teológicos, bajo el argumento de que la razón fundamental del surgimiento de semejantes especulaciones está lejos de ser la de ofrecer un producto objetivo y consecuente de la teorización científica, sino que más bien, lo que ha impulsado a sus proponentes ha sido la intención de suplantar o competir con las opciones metafísicas tradicionales.

En el lado contrario, las declaraciones de los proponentes y defensores del multiverso dejan ver claro que sus ideas cosmológicas contienen serias implicaciones epistemológicas, ontológicas y teológicas, que por su parte ponen en duda la validez racional o científica de sus propuestas -realizadas, por supuesto, desde un marco científico-, a tal punto de crear la evidente división en la comunidad científica. Con esto se planteaba una de las cuestiones críticas de la reciente cosmología del multiverso, esta es: ¿qué tipo de conocimiento está generando la ciencia cosmológica? Y es de esta manera como se establecen las discusiones filosóficas en torno a la demarcación científica de la vigente cosmología del multiverso.

4. METAFÍSICA, CRITERIOS DE DEMARCACIÓN Y CAMBIOS EPISTEMOLÓGICOS EN LA CIENCIA COSMOLÓGICA

4.1. Multiverso y metafísica

Sin duda alguna, para una parte de la misma comunidad científica la hipótesis del multiverso traspasa las fronteras de la ciencia empírica, lo que ha llevado,

en consecuencia, a que la cosmología del multiverso sea ubicada fuera del modelo estándar. Las declaraciones críticas hacia el multiverso han seguido una línea que señala que tales elaboraciones hipotéticas de la cosmología física han desbordado en el campo de la filosofía, puntualmente, en el de la metafísica especulativa, la cual, por esencia, no es contrastable empíricamente. Así lo reconoce el físico de la Universidad de Stanford y premio Nobel Burton Richter en un artículo publicado en 2006 en la revista *Physics Today*, cuando señala que:

Mucho de lo que pasa actualmente en la teoría más avanzada parece ser más una especulación teológica, el desarrollo de modelos sin consecuencias contrastables (...) No es que el modelo [del multiverso] paisaje que esté necesariamente equivocado, sino más bien que si un gran número de universos con diferentes propiedades son posibles e igualmente probables, el paisaje no puede hacer ninguna contribución real que no sea una filosófica. Eso es metafísica no física (Richter 2006 8-9).

Por otra parte, hay algunos que sostienen que postular entidades inobservables, no controlables por ningún método científico corresponde al terreno de la física; tal es el caso de Martin Rees, así afirma:

(...) la ciencia es una empresa experimental u observacional, y es natural estar preocupado por las afirmaciones que invocan algo inherentemente inobservable. Alguno podría considerar a los otros universos como perteneciendo a la esfera de la metafísica en lugar de a de la física. Pero yo pienso que ellos [los otros universos] se encuentran dentro del ámbito apropiado de la ciencia. No es absurdo o sinsentido preguntar “¿Existen universos no observables?”, a pesar de que no es probable que una respuesta rápida esté próxima. La pregunta claramente no puede ser resuelta por observación directa, pero evidencia relevante puede ser buscada, la cual podría llevar a una respuesta (Rees 2002b 68).

Rees cree que las cuestiones últimas que abarca la cosmología del multiverso pertenecen al ámbito de la ciencia, esto a pesar de su alto grado especulativo. Lo que el científico británico no deja en claro es cómo tales entidades inobservables y desconectadas ontológicamente del espacio-tiempo podrían ser evidenciadas; de ahí que no hay en Rees una clara distinción conceptual entre física y metafísica.

Lo cierto es que la extrapolación cometida por la cosmología del multiverso es reconocida no solamente por los oponentes, sino también por algunos defensores y proponentes. Fue para el año 1993 que el astrofísico británico Dennis Sciama -adherente al multiverso- afirmaba que “es no científico postular la existencia de otros universos, muchos de los cuales son inobservables, incluso

en principio” (Citado por Kragh 2011 276). El propio Andrei Linde reconoce en un artículo publicado en 2008 que, “el multiverso inflacionario y la teoría de cuerdas paisaje nos obligan a pensar en problemas que a veces van más allá de los límites *bien establecidos* de la física” (Linde 2008 45, cursivas nuestras). Pero aun reconociendo los límites de la física, Linde -así como Sciama- sigue considerando que la hipótesis de los múltiples universos (junto a la teoría de cuerdas) ofrece un marco explicativo único para dar cuenta del origen y de los muy particulares parámetros de las leyes y constantes que constituyen nuestro Universo observable.

El físico teórico francés Aurélien Barrau es otro simpatizante que reconoce la imprecisa condición científica del multiverso, lo que representa un riesgo para la propia ciencia -pero al mismo tiempo una necesidad-, afirmando que: “Debido a que se encuentran [los múltiples universos] en la frontera de la ciencia, estos modelos son peligrosos” (Barrau 2007 16); sin embargo, es necesario correr dicho riesgo, sostiene Barrau, porque esto “abre nuevos campos de posible pensamiento científico” (Barrau 2007 16); todo con el propósito de comprender la naturaleza. Un caso particular es el de Paul Steinhardt, quien no acepta sino solo su tipo de multiverso (brana-cíclico), afirmando, por ejemplo, que el multiverso inflacionario con su propuesta de una infinidad de universos burbuja desconectados entre sí y con infinitas posibilidades de sucesos físicos con diferentes parámetros y valores no es experimentalmente controlable para la ciencia y, por lo tanto, infalsable, resultando *científicamente insentido*; así se manifiesta en un artículo publicado en 2004 junto a Neil Turok:

Una buena teoría científica es observacionalmente contrastable. Una explicación antrópica está basada en consideraciones que involucran regiones del espacio que están causalmente desconectados de nosotros y que nunca, en muchos casos, podrán ser observados por nosotros. ¿Qué parámetros y propiedades pueden variar de una región a otra? ¿Cuál es la distribución de probabilidad? (...) Almas valientes han comenzado a dirigirse por este camino, pero parece probable para nosotros el que podamos arrastrar una hermosa ciencia hacia las profundidades más oscuras de la metafísica (Steinhardt & Turok 2005 1).

Steinhardt reconoce que el multiverso inflacionario es metafísica no falsable, pero al mismo tiempo sostiene que su modelo de multiverso -el cual consiste en una serie de branas ubicadas en una dimensión extracósmica y que colisionan y se separan entre sí para producir big bangs- sí es un concepto científico potencialmente contrastable. Steinhardt considera que la (su) ciencia cosmológica brana-cíclica puede ofrecer respuestas a las cuestiones últimas que inciden en la determinación de nuestra realidad física global; así declara en su libro:

El problema son las preguntas fundamentales sobre el origen, evolución y futuro del Universo y las fuerzas que dieron forma al cosmos. Y las *respuestas*, como usted descubrirá, tienen implicaciones extraordinarias, no solo para la cosmología y la física, sino también para la naturaleza de la propia ciencia y lo que es en última instancia cognoscible (Steinhardt & Turok 2007 xv, cursivas mías).

4.2. ¿Cambios en la metodología científica?

Es notorio que en los proponentes y defensores del multiverso hay una decidida postura en favor de una ciencia omniabarcante; dichos científicos sugieren una ciencia que podría traspasar sus límites ya bien definidos. Meritoriamente, según los cosmólogos del multiverso, la cosmología física puede ofrecer respuestas a cuestionamientos que van más allá de la experiencia empírica. Sus postulados apoyan la idea de que la ciencia podría estar encaminada a ofrecer las respuestas a los interrogantes últimos que por mucho tiempo han pertenecido al ámbito exclusivo de la filosofía, y con ello, la ciencia pasaría, asegura Brian Green, de los detalles a hacer algo más y eso “nos reta a reexaminar nuestra visión de la propia ciencia” (Green 2011 417), lo que implicaría hacer cambios en la propia metodología científica. A este respecto, Leonard Susskind -otro defensor del multiverso-, en un contexto de discusiones en torno a la demarcación científica, asevera que la estructura de la ciencia con su método son autónomos y, por lo tanto, libres de cualquier dictamen que la filosofía pueda realizar; así dice: “La buena metodología científica no es un conjunto abstracto de reglas dictadas por los filósofos. Está condicionada y determinada por la propia ciencia y los científicos que crean la ciencia” (Susskind 2007 226-227).

Es así como se ha originado una tendencia y debate a la vez por parte de algunos científicos, quienes han sugerido cambios epistemológicos respecto a la metodología científica a utilizar en las nuevas elaboraciones cosmológicas, ya que son exclusivamente ellos -los científicos- los que podrían proponer tales cambios. Así también lo cree Barrau:

La historia nos recuerda que la definición de la ciencia solo puede venir de dentro y de la praxis: no hay área activa de la creación intelectual que pueda delimitarse estrictamente desde el exterior. Si los científicos tienen que cambiar las fronteras de su propio campo de la investigación, sería difícil justificar una prescripción filosófica que les impide hacerlo (Barrau 2007 13).

Sin embargo, la influencia de la filosofía de la ciencia en relación a la demarcación científica de la cosmología del multiverso ha estado muy presente en las discusiones entre los científicos. Es el caso del falsacionismo popperiano,

al que consciente o inconscientemente -y en algunos casos con cierta imprecisión conceptual- los cosmólogos han hecho referencia para tratar de justificar o rechazar las especulaciones del multiverso; como el mismo Barrau señala: “el multiverso parece estar fuera de la ciencia, ya que no se puede observar. ¿Cómo, siguiendo la prescripción de Karl Popper, puede una teoría ser falsable si no podemos observar sus predicciones?” (Barrau 2007 13). De un modo similar, Max Tegmark (proponente del multiverso matemático), cree que es importante que las hipótesis científicas satisfagan el criterio popperiano; estas son sus palabras: “¿Es la teoría del multiverso metafísica en lugar de física? Como recalca Karl Popper, eso depende de si la teoría es empíricamente contrastable y falsable” (Carr 2007 105); y, seguidamente, añade que las teorías del multiverso podrían ser falsables solamente si “predicen lo que el conjunto de universos paralelos es y especifican una distribución de probabilidad y la medida del mismo” (Carr 2007 105). Burton Richter es otro que también invoca al filósofo austriaco de la ciencia para justificar la no científicidad de la hipótesis del multiverso, por cuanto “lo que es el desarrollo del conocimiento práctico, el desarrollo de modelos con consecuencias contrastables y falsables [es la] (definición de Karl Popper de la ciencia)” (Richter 2006 8).

Un enérgico divulgador de las ideas popperianas en el ámbito cosmológico es el físico teórico Lee Smolin, proponente y, a la vez, crítico de las hipótesis del multiverso y de la teoría de cuerdas. Smolin defiende solamente un tipo de multiverso que pueda satisfacer el criterio de falsabilidad, si no es así, “la teoría está en serios problemas y con gran riesgo de aventurarse fuera de los límites de la ciencia”, escribía Smolin en la significativa obra colectiva *Universe or Multiverse?* (Carr 2007, 361).

Pero junto a los que ven en el falsacionismo popperiano -o en la crítica filosófica- un criterio sólido para determinar la científicidad de la cosmología física especulativa, están los que rechazan por completo toda incursión de la filosofía de la ciencia, o más exactamente, de los filósofos de la ciencia con sus argumentaciones. Esta tendencia ha sido promocionada por importantes e influyentes físicos del siglo xx, que han sido aquellos que no creen que sea relevante para la ciencia recibir prescripciones de la filosofía. Así lo declaraba ya el físico y premio Nobel Richard Feynman con su famosa frase: “La filosofía de la ciencia es tan útil para los científicos como la ornitología es para las aves” (Citado por Crocker 2012 80). Además, el también físico, premio Nobel y simpatizante del multiverso Steven Weinberg, se ha manifestado por igual contra la pertinencia de la filosofía para con la ciencia afirmando que: “no deberíamos esperar que [la filosofía] proporcione a los científicos de hoy ninguna guía útil sobre cómo proceder en su trabajo o sobre lo que

pueden llegar a descubrir” (Weinberg 2011 135). Estos renombrados científicos han ejercido influencia -con estas ideas- en algunos de los proponentes del multiverso.

Uno de ellos es Leonard Susskind, quien incluso ha inventado un adjetivo para aquellos que promueven el falsacionismo, estos son los “popperazzi”; y asegura que antes que la falsación está lo que él llama la *confirmación* que es la “evidencia directa positiva a favor de una hipótesis antes que ausencia de evidencia negativa” (Susskind, 2007, 225, 228), (tesis que evoca al ya superado verificacionismo del positivismo lógico). Y continua la invectiva contra las normativas filosóficas diciendo: “En cuanto a las reglas filosóficas rígidas, sería el colmo de la estupidez descartar una posibilidad solo porque rompe el lema de algún filósofo sobre la falsabilidad” (Susskind, 2007, 225, 228). Susskind concluye sugiriendo que es el tiempo el que se encargará de hacer que una *buena idea* pase a formar parte de la ciencia sea ésta falsable o no, indicando que la empresa científica no está sometida a ninguna regla rígida que condicione su método para ofrecer un conocimiento racional de la realidad natural.

En vista de todo esto, son evidentes las consecuencias de las actuales hipótesis del multiverso; en concreto, la discusión alrededor de la demarcación entre ciencia y no-ciencia, junto a la reconsideración y el establecimiento de los elementos que deben constituir el método científico. En definitiva, los científicos se han visto en la obligación de pensar y argumentar sobre la estructura propia de la ciencia, sobre sus límites y posibilidades, derivando en postulaciones que sugieren una nueva definición de lo que sería la empresa científica cosmológica y sus objetivos.

5. CONSIDERACIONES FINALES

Desde estos antecedentes podemos notar que la cosmología del multiverso ha dado como resultado modelos especulativos en torno al problema de la creación cósmica, y esto ha generado discusiones filosóficas y divisiones en la comunidad científica. El germen de todo esto creemos que tiene varias causas situadas dentro y, principalmente, fuera de la ciencia.

En primer lugar, es innegable que el surgimiento de la hipótesis del multiverso ha obedecido a aspectos científicos. Es claro que el multiverso tiene como base teórica a la inflación -que ya de por sí es muy especulativa- la cual tiene, debidamente, la intención de explicar y predecir aspectos propios de la realidad natural. Pero a pesar de eso, las motivaciones de los proponentes del multiverso ya estaban condicionadas por un interés enfocado en el tema de la creación;

y esto, unido a que la teoría inflacionaria estaba relacionada con el problema de las condiciones iniciales del Universo, sirvió para conjugar el teorizar con el especular; y esta confluencia, innegablemente, jugó un papel determinante para impulsar la formulación de la hipótesis de los muchos mundos ubicados en otra realidad dimensional más allá de la nuestra como una posible solución a la problemática de la creación. Adicionalmente, está también el hecho de que la inflación eterna es solamente una de las varias interpretaciones de la inflación, por lo que el multiverso no sería una derivación necesaria de la teoría, sino tan solo una posibilidad. De modo que la razón para ir más allá de los alcances ontológicos y epistemológicos de la ciencia podría estar en los intereses -sobre la creación- de los mismos científicos, impulsados por la naturaleza particular de la indagación cosmológica. Así que, al no haber justificación lógico-metodológica que le permita a la ciencia traspasar sus límites, estos aspectos señalados pasarían, en consecuencia, a fungir como las causas (externas) condicionantes. Estas, pueden identificarse como elementos de carácter filosófico, así como también ideológico, psicológico y sociológico. Haremos referencia a los ideológicos y filosóficos.

Se aprecian aspectos ideológicos en las motivaciones de los proponentes del multiverso a causa de sus pretensiones por abarcar ámbitos que sobrepasan los alcances racionales expresamente definidos de la ciencia. La pretensión de explicarlo todo con la ciencia es ideológica. Esta actitud procura posicionar a la ciencia en una cima cognoscitiva suprema, como la única fuente de conocimiento que haría posible la comprensión del Universo en su totalidad, incluyendo lo que estaría más allá de la realidad espacio-temporal. De esta forma, la ciencia quedaría establecida como una empresa omnímoda, sin límites y como la autoridad absoluta en cuanto a la interpretación y descripción de la realidad. Esta es la postura que han hecho palpable sus proponentes y defensores al intentar explicar o evitar el problema de la creación, esto sin recurrir o integrar a otros ámbitos del saber, o sin reconocer la extralimitación epistemológica de sus propuestas hipotéticas. Y esto señala hacia un científicismo que distorsiona la labor objetiva de la indagación cosmológica en la ciencia.

También se puede constatar que en los elementos fundantes de la hipótesis de multiverso hay cuestiones de carácter filosófico, las cuales han inducido en el desbordamiento hacia lo metafísico a partir de la teorización cosmológica de la inflación. La cosmología por miles de años ha sido un ámbito propio de la filosofía, que, exactamente, como una explicación universal y racional del cosmos, nace en Grecia. Esto quiere decir que, en esencia, la cosmología es

una labor altamente especulativa y ambiciosa a la vez -esto se enlaza con el aspecto ideológico-, lo que necesariamente vincularía esa propensión hacia lo general y primordial de la cosmología filosófica con la ciencia más próxima a su perspectiva y contenidos como lo es la cosmología física. Inevitablemente, la cosmología física tiene, situación que vemos con el multiverso, una tendencia hacia la especulación metafísica, en este caso, hacia aquello que podría darle sentido al enunciado “origen del Universo”; esto es, la necesaria pre-existencia de una realidad fundamental o simplemente antecesora. Sin embargo, este traspaso científico hacia lo fundamental y último daría como resultado, innegablemente, un producto que ya no sería propiamente ciencia sino filosofía. Esto, efectivamente, lo han reconocido en alguna medida los proponentes del multiverso, identificando algunos aspectos filosóficos en sus hipótesis. Pero el punto crítico es que la hipótesis del multiverso ha sido presentada como ciencia, cuando realmente tiene serios obstáculos por superar para que sea establecida como tal.

Por otra parte, es cierto que la ciencia a lo largo de la historia ha estado relacionada con el pensamiento mítico, filosófico y religioso, pero precisamente, el desprendimiento de tales representaciones cognoscitivas ha significado el nacimiento de la ciencia moderna. La ciencia moderna nace a partir de la ruptura con los grandes sistemas metafísicos clásicos y, previamente, por los desprendimientos con la mitología y la religión. A esto, podríamos preguntar: ¿por qué la ciencia con todo su poderío teórico-matemático genera y continúa generando metafísicas? ¿Sería esto una consecuencia necesaria de la teorización científica acerca de los aspectos fundamentales y últimos de la realidad? ¿Por qué justamente en este período histórico en el que la ciencia ha alcanzado un alto grado de precisión técnica y cognoscitiva? ¿Reflejaría esto que hay ámbitos de la realidad que son descubiertos por la indagación científica pero que al mismo tiempo se sitúan fuera de sus alcances?

Finalmente, vemos que el tema de la creación ha resultado de enorme dificultad para la ciencia cosmológica; lo vemos en la serie de especulaciones, controversias, extrapolaciones, etc. en las que ha estado envuelta a raíz de los intentos explicativos del multiverso, ingresando en ámbitos no precisamente científicos. Lo cierto es que la cosmología física no ha podido evitar la problemática que ocasiona la cuestión del origen del Universo; y a causa de ello, se ha dado a la tarea de elaborar hipótesis que en la mayoría de los casos han quedado incompletas o del todo como constructos lógicos y metafísicamente inconsistentes y, fundamentalmente, separados de la realidad natural.

TRABAJOS CITADOS

- Abrams, N. E., Primack, J., “Cosmology and 21st-Century Culture”. *Essays on science and society Science* 7 September, (2001): 1769-1770.
- Aguirre, A., Gratton, S., “Inflation without a beginning: a null boundary proposal”. *Physical Review D*, vol. 67, Issue 8, 083515, (2003): 1-18.
- Atrio-Barandela, F., “On the Statistical Significance of the Bulk Flow Measured by the Planck Satellite” arXiv:0910.4233 [astro-ph.CO], (2013): 1-9.
- Blanco-Pillado, J. J., Burgess, C. P., Cline, J. M., Escoda, C., Gomez-Reino, M., Kallosh, R., Linde, A., Quevedo, F., “Racetrack Inflation” *Journal of High Energy Physics* Issue 11, id. 063, (2004): 1-28.
- Barrau, A., “Physics in the multiverse” *Cern Courier* 20 December, (2007): 13-17.
- Barrow, J., P. Davies, P; C. Harper, C., (eds.) *Science and Ultimate Reality; quantum theory, cosmology, and complexity*. Cambridge: Cambridge University Press, 2004.
- Barrow, J., Liddle, A. R., “Can Inflation be Falsified?” *General Relativity and Gravitation* vol. 29, Issue 12, (1997): 1503-1510.
- Blumenhagen, R., Lüst, D., Theisen, S., *Basic Concepts of String Theory*. Heidelberg: Springer-Verlag, 2013.
- Borde, A., Guth, A., Vilenkin, A., “Inflation is not past-eternal” arXiv:gr-qc/0110012, (2001): 1-4.
- Borde, A., Guth, A., Vilenkin, A., “Inflationary spacetimes are not past-complete” *Physical Review Letters* 90, (2003): 1-4.
- Brandenberger, R. H., “A Status Review of Inflationary Cosmology” arXiv:hep-ph/0101119, (2001): 1-20.
- Carr, B., *Universe or Multiverse?* Cambridge: Cambridge University Press, 2007.
- Carroll, S., Chen, J., “Spontaneous Inflation and the Origin of the Arrow of Time” arXiv:hep-th/0410270, (2004): 1-36.
- Cepa, J., *Cosmología física*. Madrid: Ediciones Akal, 2007.
- Davies, P., “Universes galore: where will it all end?” en Carr, B., *Universe or Multiverse?* Cambridge: Cambridge University Press, 2007, 487-505.
- _____. “The inflationary universe” *Culture, Education & Society* vol. 38, No. 2, (1984), appeared originally in *The Sciences*, March/April, (1983): 144-153.

- Earman, J., Mosterín, J., “A Critical Look at Inflationary Cosmology” *Philosophy of Science* vol. 66, No. 1, (1999): 1-49.
- Ellis, G. F. R., “On the philosophy of cosmology” *Studies in History and Philosophy of Modern Physics* 46, (2013): 5-23.
- _____. “The multiverse proposal and the anthropic principle” *Claremont Cosmology Conference: Cosmology and Process Philosophy in Dialogue: Fundamental Philosophical Issues in Recent Cosmology and their Religious Significance* (2006): 1-16.
- Gasperini, M., Veneziano, G., “Pre-big-bang in string cosmology” *Astroparticle Physics* vol. 1, (1993): 317-339.
- Green, B., *La realidad oculta. Universos paralelos y las profundas leyes del cosmos*. Barcelona: Crítica, 2011.
- Goenner, H., “What kind of science is cosmology?” *Annalen der Physik* (Leipzig) 522, Nr. 6, (2010): 389-418.
- Guth, A. H., *The Inflationary Universe: the quest for a new theory of cosmic origins*. New York: Basic Books, 1997.
- _____. “Inflationary universe: A possible solution to the horizon and flatness problems” *Physical Review D*, vol. 23, Issue 2, (1981): 347-356.
- Guth, A. H., Steinhardt, P. J., “The inflationary universe” *Scientific American* vol. 250, (1984): 116-128.
- Guth, A. H., Pi, S. Y., “Fluctuations in the new inflationary universe” *Physical Review Letters* vol. 49, (1982): 1110-1113.
- Heller, M., Chernín, A., *Los orígenes de la cosmología: Fridman y Lemaitre*. Moscú: Editorial URSS, 2005.
- Kachru, S., Kallosh, R., Linde, A., Maldacena, J., McAllister, L., Trivedi, S. P., “Towards Inflation in String Theory” *Journal of Cosmology and Astroparticle Physics* Issue 10, id. 013 (2003): 1-43.
- Keisler, R., “The statistical significance of the -dark flow-” arXiv:1303.6614 [astro-ph.CO], (2013): 1-4.
- Khoury, J., Ovrut, B., Steinhardt, P. Turok, N., “The Ekpyrotic Universe: Colliding Branes and the Origin of the Hot Big Bang” *Physical Review D*, vol. 64, 123522, (2001): 1-67.
- Kragh, H., *Higher speculations: Grand theories and failed revolutions in physics and cosmology*. New York: Oxford University Press, 2011.

- _____. *Historia de la cosmología. De los mitos al universo inflacionario*. Barcelona: Crítica, 2008.
- _____. *Generaciones cuánticas: Una historia de la física en el siglo XX*. Madrid: Ediciones Akal, 2007.
- Lehners, J., Steinhardt, P., Turok, N., “The Return of the Phoenix Universe” *International Journal of Modern Physics D*, vol. 18, (2009): 2231-2235.
- Leslie, J., (ed.) *Modern Cosmology and Philosophy*. New York: Prometheus Books, 1998.
- Liddle, A., *An Introduction to Modern Cosmology*. Chichester: Wiley, 2003.
- Linde, A., “Inflationary Cosmology” *Lecture Notes in Physics Volume 738*, Springer-Verlag Berlin Heidelberg, (2008): 1-54.
- _____. “Inflation and String Cosmology” *Progress of Theoretical Physics Supplement* No. 163, (2006): 295-322.
- _____. “Prospects of Inflation” *Physica Scripta* vol. T117, (2005): 40-48
- _____. “Creation of a Compact Topologically Nontrivial Inflationary Universe” *Journal of Cosmology and Astroparticle Physics* Issue 10, id. 004, (2004): 1-9.
- _____. “Inflationary cosmology and creation of matter in the Universe” *Classical and Quantum Gravity*, 18, (2001): 3275–3285.
- _____. “Quantum Creation of an Open Inflationary Universe” *Physical Review D* 58, 083514, (1998): 1-23.
- _____. “The Self-Reproducing Inflationary” *Scientific America* 271, (1994): 48-55.
- _____. “Eternally existing self-reproducing chaotic inflationary universe” *Physics Letters B* vol. 175, Issue 4, (1986): 395-400.
- _____. “The inflationary universe” *Reports on Progress in Physics* vol. 47, 1984, p. 976, (1984): 925-986.
- _____. “Nonsingular Regenerating Inflationary Universe”, Print-82-0554 (Cambridge), (1982): 1-10.
- Mersini-Houghton, L., “Thoughts on Defining the Multiverse” arXiv:0804.4280, (2008a): 1-10.
- Mersini-Houghton, L., Holman, R., “‘Tilting’ the Universe with the Landscape Multiverse: The ‘Dark’ Flow” *Journal of Cosmology and Astroparticle Physics* Issue 02, id. 006, (2008b): 1-8.

- Moore, G. W., "What is a Brane?" *Notices of the AMS* vol. 52, (2005): 214-215.
- Nanopoulos, D. V., Olive, K. A., Srednicki, M., "After primordial inflation" *Physics Letters B*, Volume 127, Issue 1-2, (1983): 30-34.
- Polchinski, J., "Dirichlet-Branes and Ramond-Ramond Charges" *Physical Review Letters* 75, (1995): 4724-4727.
- Rees, M., *Nuestro hábitat cósmico*. Barcelona: Paidós.2002.
- _____. "Living in a multiverse" En *The far-future universe: eschatology from a cosmic perspective*, George F.R. Ellis (ed.), Pennsylvania: Templeton Foundation Press, 2002, 65-85.
- _____. *Our cosmic habitat*. Princeton: Princeton University Press, 2001.
- Richter, B., "Theory in particle physics: Theological speculation versus practical knowledge" *Physics Today* 59 October, (2006): 8-9.
- Sazhin, M. V., *Cosmología Moderna*. Moscú: Editorial URSS, 2005.
- Schwarz, J., "Introduction to Superstring Theory" arXiv:hep-ex/0008017, (2000): 1-43.
- Smolin, L., *Las dudas de la física en el siglo XXI. ¿Es la teoría de cuerdas un callejón sin salida?* Barcelona: Crítica, 2007.
- Smolin, L., "Scientific alternatives to the anthropic principle" En Carr, B. (ed.), *Universe or Multiverse?* Cambridge: Cambridge University Press, 2007, 323-366.
- Steinhardt, P., "The Endless Universe: A Brief Introduction" *Proceedings of the American Philosophical Society* vol. 148, No. 4, (2004): 464-470.
- Steinhardt, P., Turok, N., *Endless Universe: Beyond the Big Bang*. New York: Doubleday, 2007.
- _____. "The Cyclic Model Simplified" *New Astronomy Reviews* v. 49, (2005): 43-57.
- _____. "Cosmic evolution in a cyclic universe" *Physical Review D*, vol. 65, Issue 12, id. 126003 (2002a): 1-53.
- _____. "A Cyclic Model of the Universe" *Science* vol. 296, Issue 5572, (2002b): 1436-1439.
- Susskind, L., *El paisaje cósmico. Teoría de cuerdas y el mito del diseño inteligente*. Barcelona: Crítica, 2007.
- Tegmark, M., "The multiverse hierarchy" En Carr, B. (ed.), *Universe or Multiverse?* Cambridge: Cambridge University Press, 2007.

- Veneziano, G., "Scale factor duality for classical and quantum strings" *Physics Letters B*, vol. 265, Issue 3-4, (1991): 287-294.
- Vilenkin, A., *Muchos mundos en uno. La búsqueda de otros universos*. Barcelona: Alba Editorial, 2009.
- _____. "Anthropic predictions: the case of the cosmological constant" En *Universe or Multiverse?* Carr, B., (ed.), Cambridge: Cambridge University Press, 2007, 163-179.
- _____. "Quantum cosmology and the initial state of the Universe" *Physical Review D*, vol. 37, Issue 4, (1988): 888-897.
- _____. "Birth of inflationary universes" *Physical Review D*, vol. 27, Issue 12, (1983): 2848-2855.
- _____. "Creation of universes from nothing" *Physics Letters B*, vol. 117, Issue 1-2, (1982): 25-28.
- Vilenkin, A., Borde, A., "Eternal Inflation and the Initial Singularity" *Physical Review Letters*, vol. 72, Issue 21, (1994): 3305-3308.
- Weinberg, S., *El sueño de una teoría final*. Barcelona: Crítica, 2011.
- Witten, E., "String Theory Dynamics in Various Dimensions" *Nuclear Physics Section B*, Volume 443, Issue 1, (1995): 85-126.