

Jorge Acuña Rojas

# Las redes gravitatorias de universos y de agujeros negros. Los tres teoremas de la cosmología<sup>1</sup>

---

*El Cosmos es todo lo que es, todo lo que fue y todo lo que será.*

Carl Sagan

*Si viéramos realmente el Universo, tal vez lo entenderíamos.*

Jorge Luis Borges

**Resumen:** *En este texto se propone que a partir de la relatividad de Einstein se puede construir un modelo del Universo, en el cual se explica su origen por solo dos parámetros. El Universo sería una parte de un Cosmos-Multiverso infinito, en el que los universos en expansión acelerada se producen en redes gravitatorias de universos a partir de los agujeros negros que conforman a estas redes. Así, existiríamos dentro de una red gravitatoria de universos y agujeros negros.*

*El concepto de las redes gravitatorias permite inferir tres teoremas en los cuales se predice el comportamiento de los agujeros negros en estas redes. Si el modelo aquí propuesto es confirmado, estos teoremas serían los tres teoremas de la cosmología. Además, el modelo de las redes gravitatorias permite explicar qué es la zona del gran atractor del Universo local.*

**Palabras claves:** *Cosmología. Agujeros negros. Big Bang. Redes gravitatorias de universos y agujeros negros. Condiciones iniciales del Universo. Cosmos.*

**Abstract:** *This text proposes that from Einstein's relativity, it is possible to build a model of the universe in which its origin is explained by only two parameters. The universe would be part of an infinite Cosmos-Multiverse in which the universes in accelerated expansion are produced in gravitational networks of universes from black holes that make up these networks. So, we exist inside a gravitational network of universes and black holes.*

*From the concept of gravitational networks, it is possible to infer three theorems that predict the behavior of black holes in these networks. If the model proposed here is correct, then these theorems would be the three theorems of cosmology. Furthermore, the model of gravitational networks helps to do explain what the area of great attractor of local universe is.*

**Keywords:** *Cosmology. Black holes. Big Bang. Gravitational networks of universes and black holes. Initial conditions of the Universe. Cosmos.*

## 1. Introducción

La cosmología es el estudio del universo como un todo y de su origen. Este texto trata de cosmología, pero el tema de este ensayo no es solo cosmológico, sino también ontológico, ya que hay razones fundamentadas en las observaciones astronómicas y la relatividad de Einstein por las que se puede sostener que existimos dentro de una red gravitatoria. En esta red pudo originarse la expansión acelerada del universo

a partir de un agujero negro. Si lo anterior es correcto, entonces se podría conocer el universo por la causa material y eficiente de su origen. Lo anterior implicaría que sabríamos qué es el universo y, por ende, conoceríamos en qué ente existimos, pues estaríamos en un multiverso.

Actualmente, sabemos que el universo existe, pero realmente no sabemos qué es el universo, porque si el conocimiento de las cosas es por sus causas eficientes y desconocemos la causa eficiente del origen del universo, entonces desconocemos qué es el universo. Conocer qué origen al universo no solo es de importancia ontológica, sino también física y humana, porque si sabemos qué es el universo entonces se podría determinar su futura evolución, y, por ende, el futuro de la humanidad. La cosmología actual no tiene una respuesta satisfactoria a la pregunta por el origen del universo. El modelo actual del universo, llamado Friedmann-Lemaître-Robertson-Walker (=FLRW), permite modelar un universo en expansión o en contracción. Pero este modelo sólo describe la evolución de los universos y nada dice del momento de su origen, ni tampoco explica qué es la energía oscura que causa la actual expansión acelerada del universo.

Cuando en el modelo de FLRW se ajusta el parámetro que mide la densidad promedio del universo para así modelar un universo en expansión acelerada,<sup>2</sup> se modelan de manera satisfactoria dos de las observaciones principales que soportan la idea de un universo en expansión acelerada a partir de un átomo primitivo. A saber, la radiación de fondo de microondas y el alejamiento cada vez más rápido de las galaxias con respecto de un observador en la Tierra.

Pero el modelo de FLRW presenta problemas para explicar que ocurrió antes de que el universo tuviera  $10^{-30}$  segundos. Para solucionar estos problemas se usa el modelo inflacionario del universo. Luego de los  $10^{-30}$  segundos del origen del universo el modelo inflacionario y el modelo de FLRW coinciden. Pero en el modelo inflacionario las condiciones iniciales del universo son aleatorias, ya que, según este modelo, el universo puede originarse *ex nihilo* (Guth, 1984, 102).

El objetivo de este ensayo es hacer una propuesta consistente para completar el modelo de FLRW al incluir en él las condiciones iniciales

del universo por medio del concepto de las redes gravitatorias. En el modelo de las redes gravitatorias se dejará del lado el modelo inflacionario, para ello se partirá de la hipótesis de que el universo inició su expansión acelerada a partir un agujero negro, el cual contenía toda la masa del universo, y por ende el universo sería finito en materia y energía.

Este hipotético agujero negro se encontraba dentro una red gravitatoria de universos cuyo campo gravitatorio pudo superar al campo gravitatorio del agujero negro, formándose así un universo finito, abierto y en expansión acelerada a partir de un agujero negro. Por lo que según el modelo de las redes gravitatorias, el Big Bang no fue una gran explosión, sino la liberación de la masa de un agujero negro por causa de que este estaba dentro de una red gravitatoria que logró superar el campo gravitatorio del agujero negro.

Para mostrar que el universo se pudo originar a partir de un agujero negro que estaba en una red gravitatoria, primero se mostrará que en una red gravitatoria de agujeros negros se puede formar un universo en expansión acelerada. Lo anterior mostraría que es fácticamente posible la existencia de una red gravitatoria de universos y agujeros negros.

En el modelo de las redes gravitatorias el concepto fundamental es el de agujero negro. Este concepto tiene referentes físicos, pues hay agujeros negros en los centros de las galaxias. Estos son detectados cuando devoran estrellas que se acercan a su horizonte de sucesos. Los agujeros negros pueden interactuar entre ellos por medio de la gravedad, la cual es una ley confirmada de la naturaleza que puede ser explicada a partir de la relatividad general, pues esta teoría predice la existencia de los agujeros negros y las ondas de gravedad.

Si el universo inició su expansión acelerada a partir de un agujero negro que estaba dentro de una red gravitatoria, entonces el universo no sería la totalidad del Cosmos. Por lo anterior, cuando en este texto se usa la palabra 'universo', se hace referencia a un universo en expansión acelerada a partir de un agujero negro y no a la totalidad del Cosmos o la naturaleza. El Cosmos en su totalidad sería, según el modelo aquí propuesto, un multiverso infinito conformado por infinitos

universos y agujeros negros que forman redes gravitatorias entre ellos.<sup>3</sup>

El plan por seguir en este texto para mostrar las condiciones que pueden originar un universo en expansión acelerada partir de un agujero negro es el siguiente: Para entender qué es una red gravitatoria de agujeros negros es necesario conocer los fundamentos de la relatividad especial y general de Einstein. Por ello, primero se hablará con brevedad de ambas teorías en 2. Luego, en 3, se expondrá cómo a partir de la relatividad especial y general se infiere la existencia de los agujeros negros y las ondas de gravedad. En 4 se hablará brevemente sobre la teoría del Big Bang y el modelo de FLRW. En 5 se expondrá el concepto de las redes gravitatorias. En 6 se discutirá que el concepto de las redes gravitatorias implica necesariamente un multiverso. En 7 se explicará qué es la energía oscura y qué es la zona del gran atractor del Universo local a partir del concepto de las redes gravitatorias. Por último, en 8 se interpretará la ecuación de campo de Einstein a partir del concepto de las redes gravitatorias para mostrar matemáticamente que la dirección del campo gravitatorio de un agujero negro que pertenece a una red gravitatoria, puede invertirse.

## 2. La relatividad

La teoría de la relatividad se divide en dos partes: la relatividad especial y la relatividad general. La relatividad especial fue publicada por Albert Einstein (1879-1955) en 1905, mientras la relatividad general fue publicada en 1915. En la primera, a Einstein le preocupó más el tiempo, mientras que en la segunda le preocupó más el espacio. Y a partir de la relatividad especial se construye la teoría de la relatividad general (Einstein, 2005b, 101-105).

### 2.1. La relatividad especial

La relatividad especial parte del postulado de que las leyes de la naturaleza son las mismas en todos los sistemas inerciales de referencia<sup>4</sup> (Einstein, 1905, 895). Por lo que la existencia de las leyes de la naturaleza no solo es válida para

uno o más observadores, sino que estas leyes son universales.

El otro postulado de la relatividad especial dice que la velocidad de la luz es constante para todo observador en cualquier sistema inercial de referencia (Einstein, 1905, 895), por lo que la velocidad de la luz es independiente del estado de movimiento del observador o de la fuente de la luz. Este postulado parece contraintuitivo, ya que implica que para un observador que va en un automóvil a 80 kilómetros por hora, y mide la velocidad de un rayo de luz que se acerca de frente al automóvil, dicha velocidad será la misma velocidad que mediría otro observador que esté en reposo fuera del automóvil y a un lado de la pista por la que el automóvil pasa.

En el caso del observador que está en el automóvil se esperaría por intuición que la velocidad del rayo de luz sea la suma de la velocidad del automóvil más la velocidad de la luz, mientras que para el observador que está fuera del auto la velocidad de la luz es solo la velocidad de esta. Pero realmente ocurre que la velocidad de la luz es la misma para ambos observadores.

La masa y la energía se identifican según la ecuación de Einstein  $E=mc^2$  (Einstein, 1946, 16-17), porque la inercia de un sistema físico depende necesariamente de su contenido de energía, lo cual implica que la masa inerte es energía latente. Así, cualquier cantidad de masa es energía en potencia y a la inversa, y una pequeña cantidad de masa es capaz de producir una cantidad enorme de energía, pues en esta ecuación la masa se multiplica por un número muy grande, a saber: la velocidad de la luz al cuadrado.

En la relatividad el espacio y el tiempo son una sola entidad que tiene cuatro dimensiones: tres espaciales y el tiempo, entonces si varía el espacio, el tiempo también varía. El espacio y el tiempo varían con respecto de los distintos sistemas inerciales de referencia (Einstein, 1905, 895-897). Lo anterior implica que la simultaneidad de dos hechos solo tiene sentido con respecto de un sistema de referencia, y que el tamaño de los patrones de medida y el ritmo según el cual el tiempo transcurre dependen del estado de movimiento de un cuerpo con respecto de un sistema de referencia (Einstein, 2005b, 101-105).

A bajas velocidades las variaciones en el espacio-tiempo de los objetos son casi imperceptibles, pero a velocidades más altas, cercanas a la velocidad de la luz, el tiempo se dilata, es decir, el tiempo transcurre más lentamente, el espacio se contrae y conforme los objetos se acercan a la velocidad de la luz su masa tiende al infinito. Por esta razón ningún objeto puede superar la velocidad de la luz, ya que se necesitaría una energía infinita para acelerar al objeto.

En resumen, según la relatividad especial “espacio” y “tiempo” son conceptos relativos y no absolutos, pues el espacio y el tiempo varían según los distintos sistemas inerciales de referencia y el movimiento de los objetos. Conforme un objeto se acelera, el tiempo transcurre más lentamente y el espacio se contrae. Esta relatividad del espacio-tiempo ocurre porque la velocidad de la luz es constante en todos los sistemas de referencia inerciales.

## 2.2. La relatividad general

*La teoría de la relatividad general fue probablemente el descubrimiento científico más grande que se ha hecho.*<sup>5</sup>

*Paul Dirac*

La relatividad general, al igual que la relatividad especial, parte del postulado de que las leyes de la naturaleza son las mismas y que la velocidad de la luz es constante en todos los sistemas inerciales de referencia (Einstein, 1916, 770). La relatividad general es una teoría de la gravedad inferida a partir de los postulados anteriores y del hecho de que la luz se comporta como onda y como partícula. Esta naturaleza dual de la luz fue interpretada por Einstein como el efecto vibratorio en el espacio-tiempo de las partículas que llevan la mínima cantidad de luz o cualquier otro tipo de radiación electromagnética: los fotones. Cada fotón se mueve a la velocidad de luz, por lo que un fotón nunca está en reposo, y el efecto del movimiento de un fotón son las ondas, las cuales también se desplazan a la velocidad de la luz.

Partiendo de la identidad entre la masa y la energía (véase 2.1), y la dualidad onda-partícula de la radiación electromagnética, Einstein infirió que como los fotones producen las ondas, la masa también produciría un efecto análogo. El efecto de la masa es que esta curva el espacio-tiempo, y si en un espacio-tiempo curvo ingresa materia o energía, el espacio-tiempo curvo empujará a la materia o a la energía a recorrer la menor distancia en él.

De esta manera, según la relatividad general, el espacio-tiempo curvo es la causa de la gravedad,<sup>6</sup> lo cual implica que es imposible distinguir entre el efecto de una aceleración y el efecto de un campo gravitatorio. Esta imposibilidad es llamada *principio de equivalencia* (Rindler, 2006, 18-20). En ausencia de masa o energía el espacio-tiempo es plano, lo cual indica que no hay un campo gravitatorio. Como la gravedad se debe al espacio-tiempo curvado, entonces los cuerpos caen con una misma aceleración cuando están en un mismo campo gravitatorio.

Según la relatividad general, la gravedad no ocurre porque cuerpos distintos se atraen entre ellos por una extraña fuerza, como propuso Isaac Newton (1643-1727) en su celeberrima teoría de la gravitación universal, sino que la acción de la gravedad sobre un cuerpo depende del espacio-tiempo en su proximidad. Parafraseando al famoso físico John Wheeler (1911-2008): “La materia le dice al espacio cómo debe curvarse, el espacio le dice a la materia cómo moverse”.<sup>7</sup>

Como el espacio-tiempo se curva en presencia de materia o energía, entonces la geometría euclidiana no es suficiente para describir el espacio que nos rodea, pues en el espacio-tiempo curvo los conceptos fundamentales de recta, plano, etcétera pierden su significado preciso en física (Einstein, 2005b, 104). Así, lo esencial de la relatividad general es que la geometría del espacio-tiempo determina la dinámica de los cuerpos.

El modelo matemático de cómo la masa-energía produce una determinada curvatura en el espacio-tiempo continuo se hace por medio de la ecuación de campo de Einstein:

$$R_{\mu\nu} - \frac{1}{2}Rg_{\mu\nu} = \frac{8\pi G}{c^4}T_{\mu\nu} \quad [1]$$

El lado derecho de esta ecuación da información sobre la configuración de la masa-energía, mientras que el lado izquierdo da información sobre cómo se curva el espacio-tiempo continuo por esta configuración.  $G$  es la constante de gravitación universal de Newton,  $c$  es la velocidad de la luz,  $R_{\mu\nu}$  es el tensor de Ricci,  $R$  es el escalar de Ricci,  $g_{\mu\nu}$  es el tensor métrico que describe la geometría del espacio-tiempo y  $T_{\mu\nu}$  es el tensor energía-momentum, el cual describe la distribución de la masa-energía.

### 3. Las ondas de gravedad y los agujeros negros. Las implicaciones de la relatividad

A partir de los postulados de la relatividad especial y general, es posible inferir la existencia de los agujeros negros y las ondas de gravedad. Estos fenómenos existen en la naturaleza, porque se han detectado directamente las ondas gravedad procedentes de la colisión de dos agujeros negros (Abbott & *al.*, 2016). Los agujeros negros y las ondas de gravedad permiten inferir conceptualmente cómo pueden formarse universos en expansión acelerada a partir de agujeros negros. Esto se verá en 5.

#### 3.1. Ondas de gravedad

Como la masa y la energía se identifican (véase 2.1), y como los fotones se comportan como onda y como partícula (véase 2.2), entonces cuando la masa cambia su configuración en el espacio-tiempo esta produce un efecto análogo al de las ondas producidas por la radiación electromagnética, es decir, los cambios en la configuración de la masa producen ondas de gravedad.

Las ondas de gravedad se producen cuando un objeto cambia la distribución de su masa en el espacio-tiempo, pues la curvatura que un objeto dinámico produce en el espacio-tiempo no es estática. Una vez producidas las ondas de gravedad, estas se desplazan a la velocidad de la luz curvando el espacio (Appenzeller, 2009, 121). Si las ondas de gravedad se encuentran en su recorrido con un objeto o partícula, el

objeto será empujado por la curvatura que producen estas ondas.

Las ondas de gravedad se observan indirectamente por los cambios en los movimientos de las órbitas de pares de estrellas de neutrones que están juntas en un espacio estrecho (Harwit, 2006, 4). Pero el 14 de septiembre de 2015, el Observatorio Avanzado de Interferometría Láser de Ondas Gravitacionales (LIGO por sus siglas en inglés) detectó directamente las ondas de gravedad procedentes de la colisión de dos agujeros negros (Abbott & *al.*, 2016). Las ondas de gravedad han sido predichas por la teoría general de relatividad de Einstein (Khriplovich, 2005, 29), pues esta teoría predice que cualquier cambio en la distribución de la masa de un cuerpo produce ondas de gravedad.

#### 3.2. Los agujeros negros

Que el espacio-tiempo se curve en presencia de materia o energía y que la velocidad de la luz sea un límite insuperable de velocidad en el Cosmos, tienen una implicación extrema: los agujeros negros. Estos son objetos que producen una curvatura tal que la velocidad de escape de esta supera la velocidad de la luz (Penrose, 2004, 27.8). Por esta razón cualquier objeto que ingrese en un agujero negro no podrá escapar de él.

Para producir un campo gravitatorio de cual ni la luz puede escapar, se requiere comprimir una determinada cantidad de materia a un radio límite conocido como radio de Schwarzschild.<sup>8</sup> Por ejemplo, para que la cantidad de materia que conforma el Sol forme un agujero negro se requeriría comprimir esta a un radio de aproximadamente tres kilómetros. Cuando una determinada cantidad de materia alcanza el radio de Schwarzschild se forma un agujero negro, y este radio definirá el horizonte de sucesos del agujero negro. El horizonte de sucesos determina el interior y el exterior de un agujero negro, y cualquier objeto que ingrese al horizonte de sucesos de un agujero negro será devorado por el agujero negro sin importar la velocidad que aquel lleve.

La masa de un objeto que ingresa en un agujero negro pasará a formar parte de la masa que el agujero negro acumula en su núcleo, el cual se

considera como una partícula. El núcleo de un agujero negro es una singularidad gravitatoria en la cual la densidad y la presión son indefinidas. El tamaño del horizonte de sucesos de un agujero negro dependerá de la cantidad de masa que posea el agujero negro, ya que el radio Schwarzschild es directamente proporcional a la cantidad de masa de un agujero negro. Los agujeros negros no son solo conceptos inferidos a partir de la relatividad general, porque el concepto de agujero negro tiene un referente físico en la naturaleza.

Los agujeros negros se forman a partir de estrellas muy masivas que han quemado todo su combustible, y por esta razón estas estrellas están en su etapa final, ya que no emiten radiación electromagnética. Una estrella emite radiación porque quema su combustible de hidrógeno o helio, y la radiación que emite una estrella impide que la estrella se contraiga por la fuerza de la gravedad, pues la radiación electromagnética produce una presión que evita la contracción de la estrella. La presión de radiación es más fuerte que la gravedad, porque por ejemplo la fuerza electromagnética entre dos electrones es aproximadamente de un millón de billones de billones de billones ( $10^{42}$ ) de veces más fuerte que la gravedad.

Si una estrella ha gastado todo su combustible y tiene la masa suficiente para alcanzar el radio de Schwarzschild por la contracción gravitatoria, entonces se formará un agujero negro. Una vez formados los agujeros negros, estos pueden aumentar su masa devorando estrellas, planetas o gas que se acerca a su horizonte de sucesos, lo cual ya ha sido observado por los astrónomos (Kruesi, 2012, 24-29), por lo que los agujeros negros no solo son entes matemáticos

predichos por la relatividad, sino que son objetos que existen en la naturaleza.

La cantidad de masa acumulada por un agujero negro puede generar horizontes de sucesos de longitudes enormes. Por ejemplo, el horizonte de sucesos del agujero negro supermasivo de la galaxia NGC-1277 equivale a aproximadamente la distancia que recorre la luz en 4 días, y la masa que contiene este agujero negro es de aproximadamente 17 billones de veces la masa del Sol.<sup>9</sup> Este agujero negro supermasivo es uno de los más grandes detectados hasta el momento (Van den Bosh & *al.*, 2012, 729-731).

Al poder acumular tanta masa los agujeros negros supermasivos, los efectos gravitatorios de estos pueden propagarse a grandes distancias, así los agujeros negros formarían redes gravitatorias con las galaxias y otros agujeros negros. En estas redes gravitatorias podrían ocurrir cosas inimaginables, como se verá 5.

#### 4. El modelo de Friedmann-Lemaître-Robertson-Walker y la teoría del Big Bang

En la cosmología actual, el universo se modela por medio del modelo matemático de Friedmann-Lemaître-Robertson-Walker (=FLRW). Este modelo se deriva de la relatividad general de Einstein (Friedmann, 1922, 377-386). El modelo de FLRW asume que las leyes de la física no varían con el tiempo, que la relatividad general describe correctamente la gravedad, y que el universo es homogéneo e isótropo. La métrica que describe el espacio-tiempo del universo es la siguiente (d'Inverno, 1992, 317-319):

$$d\tau^2 = dt^2 - R^2(t) \left[ \frac{d\gamma^2}{1-k\gamma^2} + \gamma^2(d\theta^2 + \sin^2\theta d\phi^2) \right] \quad [2]$$

La evolución de R(t) es determinada por las ecuaciones de Einstein (Guth, 1981, 348):

$$\ddot{R} = -\frac{4\pi}{3}G(\rho+3p)R \quad [3.1]$$

$$H^2 + \frac{k}{R^2} = \frac{8\pi}{3}G\rho \quad [3.2]$$

Según el modelo de FLRW, la masa-energía de un universo puede expandirse indefinidamente desde una singularidad gravitatoria, o alcanzar un máximo en la expansión y luego empezar a contraerse. Lo anterior depende de la geometría del universo, la cual está determinada por el parámetro de curvatura ( $=k$ ) de la ecuación 3.2.

Si  $k > 0$ , entonces la geometría del universo es esférica, y la expansión del universo alcanzará un máximo a partir del cual empezará a contraerse en un Big Crunch. Si  $k = 0$ , entonces la geometría del universo es plana y este se expandirá de manera indefinida. Si  $k < 0$ , entonces la geometría del universo tendrá una geometría con curvatura negativa como una silla para montar un caballo, y el universo también se expandirá de manera indefinida. Las observaciones astronómicas muestran que la geometría del universo es aproximadamente plana ( $k \approx 0$ ) (Aghanim & *al.*, 2015, 16), por lo que el universo se expandirá de manera indefinida según el modelo de FLRW.

Como el modelo de FLRW permite modelar matemáticamente un universo en expansión acelerada, entonces este modelo permite modelar el universo observable, el cual se considera en expansión acelerada según el modelo del Big Bang. El modelo del Big Bang es el más aceptado por la comunidad científica para explicar el origen del universo, a pesar de que hay supercúmulos de galaxias cuya formación tomaría más tiempo de lo que el universo tiene de formado según el modelo del Big Bang (Kumar & Joseph, 2010). No todos los científicos aceptan que el modelo del Big Bang sea el más satisfactorio para explicar el origen del universo (Arp & *al.*, 2004; Eastman, 2010; Lerner, 1991; Ratcliffe, 2010).

El modelo del Big Bang se fundamenta en las observaciones astronómicas: la radiación de fondo de microondas, el alejamiento cada vez más rápido de las galaxias y la formación de los elementos ligeros. A partir de estas observaciones se estima que la expansión acelerada del universo comenzó hace aproximadamente 13700 millones de años a partir de un átomo primitivo cuya densidad era indefinidamente grande.

La idea de que el universo tuvo origen en un átomo primitivo fue propuesta por el sacerdote y matemático belga Georges Lemaître (1894-1966). Este conocía la relatividad de Einstein, y apoyándose en esta teoría Lemaître argumentó que el

universo había iniciado a partir de dicho átomo (Lemaître, 1950, 17-21). Ahora bien, si el universo se expande desde un átomo primitivo, entonces en la actualidad la expansión del universo debería ser observable, por lo que Lemaître también argumentó que las galaxias deberían alejarse de un observador en la Tierra.

El átomo primitivo que contuvo toda la masa del universo en un comienzo fue una singularidad gravitatoria. En esta la teoría de la relatividad falla y nada predice (Stoica, 2012, 613-616), porque una singularidad tiene una densidad indefinida, ya que su tamaño es menor que la mínima longitud medible. Esta longitud es conocida como longitud de Planck.<sup>10</sup> Las medidas de longitud y tiempo de Planck son las menores mediciones posibles en la naturaleza. Entonces, el modelo estándar del Big Bang describe el universo solamente luego de que este superó las medidas de Planck. Las leyes físicas no son válidas por debajo de la densidad de Planck, unos 1094 gramos por centímetro cúbico (Linde, 1995, 16).

En una singularidad gravitatoria todas las fuerzas de la naturaleza están unidas en una sola fuerza,<sup>11</sup> porque como una singularidad es menor que la longitud de Planck, entonces en una singularidad no hay partículas elementales y, por ende, no se pueden distinguir las cuatro fuerzas que hay en la naturaleza. En la actualidad se desconoce qué rompió la unidad de las fuerzas de la naturaleza que había al inicio del universo, pero lo que haya sido pudo producir un universo en expansión acelerada a partir de una singularidad gravitatoria. Además, el modelo del Big Bang no explica cómo se formó esta singularidad ni por qué esta existió.

Cuando el universo tenía un segundo de nacido, se infiere que su temperatura fue cercana a los diez billones ( $10^{13}$ ) de grados Kelvin (Guth, 1984, 90). Se desconoce actualmente el comportamiento de la materia a una temperatura tan alta. A esta temperatura los componentes de la materia ordinaria no pueden mantenerse unidos, por lo que en el universo recién nacido sólo había partículas elementales, las cuales eran creadas a partir de la energía pura (Weinberg, 2013, 17). Estas partículas son el objeto de estudio de la física de altas energías y se observan en fenómenos como las supernovas o cuando los agujeros negros devoran estrellas.

Como toda la masa del universo estuvo en un átomo primitivo que se fue expandiendo, entonces la densidad y temperatura del universo comenzaron a disminuir desde un valor indefinidamente grande. Ahora bien, si el universo recién nacido era un gas caliente de partículas elementales en equilibrio térmico en el cual la temperatura, la masa y la energía promedio del universo temprano eran homogéneas en todas partes, entonces el universo en sus comienzos era uniforme. El principio cosmológico afirma que a grandes escalas astronómicas –de unos 300 millones de años luz– el universo actual es aproximadamente uniforme (Weinberg, 2008, 1-2), aunque en el universo son observables distintas densidades de galaxias en los cúmulos y supercúmulos de estas.

Conforme el universo se fue expandiendo, la uniformidad de su masa se fue perdiendo debido a fluctuaciones que permitieron la formación de la materia del universo. La aparición de la materia permitió la formación de las estrellas y las galaxias que conforman en la actualidad el universo. La pérdida de la uniformidad del universo primitivo se hace evidente, porque actualmente es posible observar grandes regiones vacías de galaxias y otras regiones con distintas densidades de galaxias (Dressler, 1991, 391-397). La densidad de galaxias en el universo observable alcanza un máximo en la zona denominada ‘el gran atractor’. Hacia este se dirige todo el universo observable incluida la Vía Láctea, por lo que la actual expansión acelerada del universo está determinada por este gran atractor.

Un universo en expansión acelerada implica evidentemente un universo dinámico. La idea de un universo dinámico le repugnaba a Einstein, pues él creía dogmáticamente que el universo es estático, es decir, el universo no se expande ni se contrae. Para que fuera posible modelar un universo estático Einstein añadió una constante cosmológica denotada por la letra griega  $\Lambda$ , a la ecuación de campo (ecuación 1). Esta constante modelaría una energía antigravitatoria que se opondría al dinamismo del universo, a pesar de que la teoría general de la relatividad más bien implica un universo dinámico movido por la gravedad. Einstein se opuso en un principio a la idea de que el universo inició a partir de un átomo primitivo como propuso Lemaître. Pero cuando

Hubble demostró que conforme más distantes estén las galaxias de un observador en la Tierra más rápido se alejan, Einstein se retractó y tuvo que aceptar que el universo es dinámico.

Si el universo se expande de manera acelerada desde un átomo primitivo, entonces debe existir una energía en constante aumento que produzca un efecto antigravitatorio sobre la materia del universo, para que así este se expanda de manera acelerada en la actualidad. Esta energía es llamada ‘energía oscura’, y en la actualidad se desconoce qué es esta (Clifton & Ferreira, 2009, 48-55). Si se conociera qué es esta energía, entonces se conocería la causa de la expansión acelerada del universo.

El modelo estándar del Big Bang tiene varios problemas. Primeramente, este modelo no explica las condiciones iniciales del universo, ni tampoco explica por qué la geometría del universo en la actualidad es casi plana. Otro problema de este modelo es que implica que en los comienzos del universo hubo una sobreproducción de unas unas partículas muy pesadas denominadas monopolos (estas tienen una masa de cerca de  $10^{16}$  veces la masa del protón). Los monopolos actúan como campos magnéticos, pero estos solo tienen un solo polo, ya sea norte o sur. Si hubiera habido una sobreproducción de monopolos en los primeros momentos del universo, entonces la densidad media de la materia del universo sería unos 15 ordenes de magnitud que su valor actual, cifrada en 10-29 gramos por centímetro cúbico (Linde, 1995, 16).

Además, el modelo estándar del Big Bang no resuelve el problema del horizonte. Este surge porque la velocidad de la luz es un límite insuperable en el Cosmos, lo cual implica que en un determinado tiempo hay una distancia máxima que esta puede recorrer. Esta distancia es conocida como el horizonte. Pero las fuentes de la radiación de fondo de microondas del universo primitivo se oponen en todas direcciones en el cielo más de 90 veces lo esperado (Guth, 1984, 93), por lo que el universo es más grande de lo predicho por el modelo estándar del Big Bang.

Para solucionar los problemas del modelo estándar del Big Bang se ha utilizado el modelo del universo inflacionario (Guth, 1981, 347-356). Según este modelo, antes de que el universo

tuviera  $10^{-30}$  segundos, este tuvo un breve periodo de expansión a velocidades supralumínicas. En este breve periodo de expansión el espacio-tiempo del universo (no su masa) se expandió quizá  $10^{50}$  veces más de lo esperado por el tradicional modelo del Big Bang (Guth, 1984, 90). La relatividad no pone ningún límite de velocidad para el espacio, pero sí para la materia.

Según el modelo inflacionario, mientras ocurría la inflación del espacio-tiempo del universo a velocidades supralumínicas, se pudo crear toda la masa del universo a partir de la nada (Guth, 1984, 102). Luego de los  $10^{-30}$  segundos, el modelo inflacionario y el modelo estándar del Big Bang coinciden en cómo se fue expandiendo la masa del universo hasta formar la materia y las galaxias del universo actual.

El principal problema del modelo inflacionario es que las condiciones iniciales del universo son arbitrarias (Guth, 1984, 101), por lo que este modelo no explica cómo se originó el universo. Además, la causa de esta inflación es un extraño campo llamado inflatón producido por una partícula homónima. Pero esta partícula nunca se ha visto en el Cosmos. Ahora bien, como esta partícula nunca ha sido vista en el Cosmos, entonces el modelo inflacionario no es una posibilidad física, sino solo una posibilidad lógica para eliminar los problemas que implica el modelo estándar del Big Bang.

Antes de exponer en el siguiente apartado el modelo de las redes gravitatorias, es necesario demostrar que es lógicamente imposible que el origen de un universo en expansión acelerada pueda ser explicado por una singularidad gravitatoria o un agujero negro en sí mismos. Es epistemológicamente importante tener en cuenta que una singularidad gravitatoria es un objeto abstracto que modela matemáticamente un agujero negro, por esto las singularidades son distintas de los agujeros negros que hay en la naturaleza. El argumento para demostrar que es lógicamente inconsistente que el origen de un universo en expansión acelerada pueda ser explicado por una singularidad gravitatoria o un agujero negro en sí mismos, es el siguiente:

1. Definición teórica (la definición de singularidad gravitatoria): Un objeto tan denso que

produce un campo gravitatorio tal que la velocidad de escape de este campo gravitatorio supera la velocidad de la luz.

2. De acuerdo con el modelo cosmológico de Friedmann-Lemaître-Robertson-Walker, el origen del universo es una singularidad gravitatoria.
  3. Lo más semejante en la naturaleza a una singularidad gravitatoria es un agujero negro (por 1).
  4. Que un agujero negro pueda transformarse en un universo en expansión acelerada es físicamente imposible (por 1).
  5. En el modelo del universo en expansión acelerada, el origen no puede ser la singularidad gravitatoria (por 3-4).
- ∴ El origen de un universo en expansión acelerada, el cual equivale a un agujero negro, no es explicable por el agujero negro (por 5).

El argumento anterior muestra que es lógicamente inconsistente que el origen de un universo en expansión acelerada pueda ser explicado a partir del concepto de agujero negro o singularidad gravitatoria, lo cual implica que es necesario un concepto distinto para poder explicar de manera consistente el origen de un universo en expansión acelerada a partir de una singularidad gravitatoria o un agujero negro.

## **5. El modelo de las redes gravitatorias de agujeros negros y universos. Los tres teoremas de la cosmología**

*Por un principio suyo empezaremos: ninguna cosa nace de la nada; no puede hacerlo la divina esencia: aunque reprime a todos los mortales el miedo de manera que se inclinan a creer producidas por los dioses muchas cosas del cielo y de la tierra, por no llegar a comprender sus causas.*

*Lucrecio*

En la actualidad el modelo de FLRW puede modelar la evolución de un universo con un

origen en un átomo primitivo, como se ha visto en 4. Pero este modelo nada dice sobre las condiciones iniciales del universo, ni tampoco explica qué es la energía oscura que causa la actual expansión acelerada del universo observable. Entonces, el modelo de FLRW es insatisfactorio, por lo que este necesita ser completado.

Realizar una propuesta para completar el modelo de FLRW con las condiciones iniciales del universo es el objetivo principal de este ensayo. La propuesta para completar el modelo de FLRW es incluir en él el concepto de redes gravitatorias, porque se puede mostrar que es físicamente posible que en una red gravitatoria se pueda formar un universo en expansión acelerada a partir de un agujero negro.

Las redes gravitatorias se pueden definir como *la interacción de dos o más objetos masivos por medio de los campos gravitatorios que estos producen al curvar el espacio-tiempo*. Ejemplos de redes gravitatorias son: un objeto en caída libre, el Sistema Solar y un cúmulo de galaxias. A pesar de que la fuerza de gravedad es débil, esta mueve el universo, porque la gravedad actúa a grandes distancias astronómicas, lo cual se muestra porque las galaxias se agrupan en cúmulos y supercúmulos por esta fuerza.

La hipótesis de que el universo pudo originarse a partir de un agujero negro no es nueva. Stephen Hawking y Roger Penrose plantearon esta hipótesis en un ensayo titulado *The singularities of gravitational collapse and cosmology*. Este ensayo fue publicado por la Royal Society en 1970. En este texto Hawking y Penrose proponen que si se invierte el tiempo de la ecuación que modela el colapso gravitatorio de una estrella muy grande y moribunda en un agujero negro, entonces se puede modelar un universo en expansión acelerada a partir de un agujero negro. Pero estos autores no proponen bajo qué condiciones podría invertirse la dirección del campo gravitatorio de un agujero negro de la naturaleza. Por esta razón Hawking y Penrose no explican por su causa eficiente cómo podría formarse un universo en expansión acelerada a partir de un agujero negro.

Para explicar la formación de un universo a partir de un agujero negro que esté en una red gravitatoria se utilizará la teoría de la relatividad

general. Pues a partir de los postulados de la relatividad especial y la relatividad general se puede inferir la existencia de los agujeros negros y las ondas de gravedad (véase 3). A partir de estos dos conceptos se puede inferir que los agujeros negros pueden formar redes gravitatorias entre ellos por medio de las ondas de gravedad que estos pueden producir.

Si dentro de una red gravitatoria de agujeros negros puede formarse un universo en expansión acelerada a partir de un agujero negro, entonces podría haber redes gravitatorias de universos y agujeros negros. Pero primero discutiremos el caso ideal de una red gravitatoria conformada solo por agujeros negros, pues a partir de este caso ideal se pueden inferir tres teoremas que describirían el comportamiento de los agujeros negros en las redes gravitatorias. Si estos teoremas son confirmados por las observaciones astronómicas, entonces estos serían los tres teoremas de la cosmología.

Para formarnos una idea intuitiva de una red gravitatoria de agujeros negros, imaginemos la interacción entre dos agujeros negros supermasivos por medio de sus ondas de gravedad. Uno de los agujeros negros se llamará  $\phi$ , y el otro se llamará  $\psi$ . El primero tiene 17 mil millones de veces la masa del Sol, mientras que el segundo tiene 10 mil millones de veces la masa del Sol. La distancia entre estos es de 10000 años luz. Ambos son agujeros negros de Kerr, por lo que rotan en el espacio-tiempo y producen potentes ondas de gravedad, por la dinámica de sus enormes masas.

Las ondas de gravedad que produce cada uno de los dos agujeros negros pueden desplazarse hasta el otro a pesar de la gran distancia que los separa, porque las ondas de gravedad se desplazan curvando el espacio-tiempo en todas direcciones a la velocidad de la luz. Así, a estas les tomará cerca de diez mil años ir de un agujero negro hasta el otro.

Hay que tomar en cuenta que la intensidad del campo gravitatorio producido por las ondas de gravedad sobre un objeto, dependerá de la cantidad de masa del objeto que produjo las ondas, y conforme mayor sea la distancia recorrida por las ondas de gravedad a partir del objeto que las produjo, la intensidad del campo gravitatorio

que estas producen sobre un cuerpo o partícula disminuye, ya que la intensidad de un campo gravitatorio es inversamente proporcional al cuadrado de la distancia que hay entre los objetos, y directamente proporcional a las masas de los objetos, por lo que a mayor distancia recorrida por las ondas de gravedad menor será el campo gravitatorio que estas producen sobre un objeto.

Cuando las ondas de gravedad producidas por el agujero negro  $\phi$  llegan hasta el agujero negro  $\psi$ , este último será atraído en dirección de la fuente de las ondas de gravedad. Lo mismo ocurrirá cuando las ondas de gravedad producidas por  $\psi$  lleguen a  $\phi$ . El final de la interacción gravitatoria entre estos dos agujeros negros será la fusión de ambos en un único agujero negro de mayor tamaño que cada uno de los dos agujeros negros que se fusionaron (Hawking & Ellis, 1973, 9.2).

Mientras ocurre la fusión entre dos agujeros negros se produce una potente radiación gravitatoria conformada por ondas de gravedad que distorsionan el espacio-tiempo alrededor de la fusión (Hawking, 1971, 1344-1346). Conforme los dos agujeros negros se van acercando hacia su fusión, la magnitud del campo gravitatorio que recibe cada uno de ellos aumenta con el paso del tiempo.

Pero también es plausible que a un agujero negro le lleguen las ondas de gravedad procedentes de más de un agujero negro. Por consiguiente, los agujeros negros pueden formar redes gravitatorias compuestas por más de dos agujeros negros. Las redes gravitatorias de agujeros negros serían estructuras dinámicas que se contraen debido a la gravedad. Las redes gravitatorias de agujeros negros pueden definirse como *un agujero negro al cual le llegan las ondas de gravedad de uno o más agujeros negros*.

También puede definirse que un objeto distinto de un agujero negro estaría en una red gravitatoria de agujeros negros, si al objeto le llegan las ondas de gravedad de más de dos agujeros negros, pues si a un objeto sólo le llegan las ondas de gravedad de un único agujero negro, entonces no habría una interacción gravitatoria entre dos o más agujeros negros. Un objeto en la naturaleza distinto de un agujero negro que estaría en una red gravitatoria de al menos dos agujeros negros supermasivos sería una estrella o un planeta, al

cual le llegan las ondas de gravedad de dos agujeros negros supermasivos de los centros de dos galaxias en colisión.

La existencia de una red gravitatoria de agujeros negros se confirmó el 14 de setiembre del 2015 cuando el LIGO detectó las ondas de gravedad producidas por la colisión de dos agujeros, uno de cerca de treinta y seis veces la masa del Sol y otro de cerca de veintinueve veces (Abbott & *al.*, 2016). Esta colisión ocurrió a una distancia de aproximadamente 1.3 billones de años luz de la Tierra, y muestra que en la naturaleza los agujeros negros pueden formar redes gravitatorias de al menos dos agujeros negros y que las ondas de gravedad pueden desplazarse por enormes distancias durante billones de años. La interacción gravitatoria entre los agujeros negros puede darse a grandes distancias, porque estos pueden acumular enormes cantidades de masa y su efecto gravitatorio puede propagarse por medio de ondas de gravedad. Lo anterior implicaría que son posibles las redes gravitatorias entre agujeros negros en las cuales los agujeros negros están separados por enormes distancias.

Los agujeros negros supermasivos de los centros de las galaxias muestran el efecto gravitatorio a grandes distancias de los agujeros negros. Por ejemplo, la Vía Láctea tiene un diámetro de aproximadamente 100000 años luz, y esta tiene un agujero negro supermasivo en su centro de aproximadamente 4 millones de veces la masa del Sol (Scharf, 2012, 34-39). Lo anterior muestra fácticamente que el efecto gravitatorio de los agujeros negros se da a grandes distancias, y que los agujeros negros juegan un papel de suma importancia en la formación y la evolución de las galaxias.

Pero la Vía Láctea es una galaxia pequeña en comparación con la galaxia gigante IC 1101 localizada a unos 1.04 billones de años luz de la Tierra. Esta enorme galaxia tiene un diámetro de aproximadamente 6 millones de años luz, y también tiene un agujero negro supermasivo en su centro (Uson & *al.*, 1990, 539-540). Como los efectos gravitatorios de los agujeros negros se dan a grandes distancias, y los agujeros negros pueden fusionarse, entonces no es contradictorio pensar que estos puedan formar redes gravitatorias.

Ahora bien, como una red gravitatoria de agujeros negros se contrae por la gravedad, entonces la densidad en la distribución de los agujeros negros en la red aumenta conforme transcurre el tiempo. El aumento constante en esta densidad también hace incrementar el campo gravitatorio que recibe un objeto que esté dentro de la red. Como el campo gravitatorio de una red de agujeros negros rodea a un objeto que esté dentro de ella, entonces el objeto recibe de la red un campo gravitatorio de magnitud opuesta al que él produce. Incluso, un agujero negro que forme parte de una red gravitatoria de agujeros negros estaría rodeado por un campo gravitatorio en constante aumento y de magnitud opuesta al campo gravitatorio que él produce.

Si una red gravitatoria de agujeros negros se contrae y el campo gravitatorio que produce una red de estas sobre un objeto que esté dentro de ella aumenta con el paso del tiempo, entonces el espacio-tiempo dentro de una red gravitatoria de agujeros negros se curva cada vez más con el paso del tiempo. Por ejemplo, si una molécula de agua estuviera dentro de una red de estas, la molécula se estiraría, y conforme aumenta el campo gravitatorio que la molécula recibe de la red, la molécula se separaría en los átomos de hidrógeno y oxígeno que la componen.

Ahora veamos cómo sería posible la formación de un universo en expansión acelerada a partir de un agujero negro supermasivo que esté dentro de una red gravitatoria de agujeros negros. Sea  $\delta$  un agujero negro supermasivo de Kerr o de Schwarzschild.<sup>12</sup> Este produce un campo gravitatorio  $G_\delta$ , su horizonte de sucesos.

El agujero negro  $\delta$  es afectado por las ondas de gravedad provenientes de otros agujeros negros con los que conforma una red gravitatoria. Esta red gravitatoria produce sobre  $\delta$  un campo gravitatorio que se llamará  $G_A$ . Este campo gravitatorio hala a la masa del  $\delta$  en todas direcciones, por lo que  $G_A$  es un campo gravitatorio que actúa como si tuviera dirección opuesta a  $G_\delta$ .

Entre los campos gravitatorios  $G_\delta$  y  $G_A$  hay una relación cuantificable, y las posibles relaciones entre las magnitudes de  $G_\delta$  y  $G_A$  nos permitirían inferir cómo puede afectar el agujero negro  $\delta$  por el campo gravitatorio  $G_A$ . Hay tres posibilidades para la relación entre  $G_\delta$  y  $G_A$ :

1.  $G_\delta > G_A$ .
2.  $G_\delta = G_A$ .
3.  $G_\delta < G_A$ .

Estas relaciones entre los parámetros  $G_\delta$  y  $G_A$  permitirían inferir de manera muy simple y consistente cómo se produciría un universo en expansión acelerada a partir de un agujero negro que esté dentro de una red gravitatoria de agujeros negros.

En el primer caso,  $G_\delta$  es menor que  $G_A$ . Si el campo gravitatorio del agujero negro  $\delta$  no es superado por el campo gravitatorio de la red gravitatoria, entonces  $\delta$  mantiene su curvatura, pues  $G_\delta - G_A > 0$ . Pero conforme pasa el tiempo, el campo gravitatorio del agujero negro  $\delta$  es debilitado cada vez más por el aumento en  $G_A$ . Además,  $G_A$  puede acelerar a  $\delta$ .

Pero como el campo gravitatorio  $G_A$  está en constante aumento, entonces la magnitud de los campos gravitatorios  $G_A$  y  $G_\delta$  puede llegar a igualarse. Si lo anterior ocurre, entonces el agujero negro  $\delta$  estaría a punto de convertirse en un nuevo universo en expansión acelerada. Este sería el momento del Big Bang según el modelo de las redes gravitatorias. Así las condiciones iniciales del universo dependerían de solo dos parámetros ( $G_A$  y  $G_\delta$ ), por lo que el origen del universo serían un hecho simple.

Si cuando  $G_\delta = G_A$  comienza un Big Bang, entonces a este momento se le puede llamar  $t_0$ . Ahora bien, como en  $t_0$  hay una igualdad en la magnitud de dos campos gravitatorios de direcciones opuestas, entonces en  $t_0$  el horizonte de sucesos agujero negro  $\delta$  sería anulado por el campo gravitatorio  $G_A$ , porque si  $G_\delta = G_A$ , entonces  $G_A - G_\delta = 0$ . Como la gravedad, según la relatividad general, se debe a una curvatura en el espacio-tiempo producida por un cuerpo masivo, entonces si en  $t_0$  se anula el horizonte de sucesos del agujero negro  $\delta$ , la masa de lo que fue  $\delta$  no produciría ninguna curvatura. Lo anterior implicaría que en el momento del comienzo de un universo su espacio-tiempo es plano.

Como en  $t_0$  la masa de lo que fue un agujero negro está en un espacio-tiempo plano, entonces lo que ocurre a esta masa en ese momento podría ser inferido por la ley de la inercia. En el instante  $t_0$  la masa de un nuevo universo

estaría en un estado de movimiento uniforme y rectilíneo o en reposo respecto de algún sistema inercial de referencia, porque sobre esta masa no habría ninguna fuerza externa aplicada (campo gravitatorio) ni tampoco esta masa produciría ningún campo gravitatorio.

Pero luego de que  $G_\delta = G_A$ , la magnitud del campo gravitatorio  $G_A$  seguirá aumentando inevitablemente con el paso del tiempo por la contracción de la red gravitatoria de agujeros negros en la que se encuentra el universo en pleno nacimiento. Ahora bien, como  $G_A$  sigue aumentando con el paso del tiempo, entonces puede llegar a ocurrir que  $G_\delta < G_A$ . Si lo anterior ocurre, entonces un nuevo universo puede empezar su expansión acelerada a partir de un agujero negro, lo anterior implicaría que la dirección del campo gravitatorio del agujero negro puede llegar a invertirse, ya que si  $G_\delta < G_A$ , entonces  $G_\delta - G_A < 0$ .

Si el campo gravitatorio de un agujero negro puede invertirse por causa de una red gravitatoria de agujeros negros, entonces es físicamente posible que se forme un universo en expansión acelerada a partir de un agujero negro. La contracción de una red gravitatoria de agujeros negros puede llevar a esta a ser la causa eficiente del origen de un universo en expansión acelerada, y así comenzaría la liberación de la masa de un agujero negro formándose un nuevo universo en expansión acelerada a partir de un agujero negro. Ahora bien, si hay redes gravitatorias de agujeros negros y en ellas se pueden formar universos en expansión acelerada, entonces habría redes gravitatorias de universos y agujeros negros.

Si hay redes gravitatorias de universos y agujeros negros, y el universo se originó en una red de estas, entonces estamos en una red gravitatoria de universos. En estas redes gravitatorias se podría predecir el comportamiento de los agujeros negros que conforman a estas redes a partir de tres teoremas cosmológicos inferidos a partir del concepto de las redes gravitatorias (estos teoremas se demostrarán matemáticamente en 8 a partir de la ecuación de campo de Einstein):

1. Cuando el campo gravitatorio producido por una red gravitatoria sobre un agujero negro es menor que el campo gravitatorio que el

agujero negro produce, entonces el agujero negro permanece como agujero negro.

2. Cuando el campo gravitatorio producido por una red gravitatoria sobre un agujero negro, es igual en magnitud al campo gravitatorio que este produce, entonces es el momento del inicio de un Big Bang.
3. Cuando el campo gravitatorio producido por una red gravitatoria sobre un agujero negro supera al campo gravitatorio que el agujero negro produce, entonces un universo inicia su expansión acelerada.

El tercer teorema permite inferir que la masa de un agujero negro puede llegar a ser visible, cuando el campo gravitatorio que produce un agujero negro es superado por el campo gravitatorio de una red gravitatoria. Si el modelo de las redes gravitatorias es correcto, entonces un observador podría comenzar a ver la masa de un agujero negro expandirse cada vez más rápido. Estas masas muy densas de los comienzos de los universos, serían lo que algunos físicos llaman *Naked Singularities*. En estas la masa de un agujero negro puede ser vista (Joshi, 2009, 36-43).

Roger Penrose argumentó que las singularidades nunca iban a ser visibles, porque hay una censura en la naturaleza contra que un objeto tan denso como un agujero negro pueda ser visto. Pero el concepto de las redes gravitatorias permite inferir que la masa de un agujero negro puede llegar a ser visible, si el campo gravitatorio de un agujero negro es superado por el campo gravitatorio de una red gravitatoria. Por lo anterior, en una red gravitatoria pueden darse las condiciones necesarias para que haya una *singularidad desnuda*. También, el modelo de las redes gravitatorias implica una diversidad de singularidades, desde las singularidades desnudas hasta agujeros negros supermasivos con un débil campo gravitatorio, y con la posibilidad de que su campo gravitatorio llegue a anularse.

El tercer teorema de la cosmología también permite inferir que los universos que se formen dentro de las redes gravitatorias serían finitos en masa y abiertos, porque los universos se producirían a partir de la masa de un agujero negro que existía en un universo anterior. Por lo anterior, el Cosmos trascendería al universo, lo

cual implicaría que el universo sería algo distinto de la totalidad del Cosmos.

Por otro lado, el concepto de las redes gravitatorias permitiría unir lo cuántico con lo macroscópico, porque una singularidad gravitatoria puede estar dentro de una red gravitatoria. Así, también, el concepto de las redes gravitatorias permite inferir cómo puede romperse la unidad de las fuerzas de la naturaleza que hay en una singularidad gravitatoria, porque una red gravitatoria puede llegar a producir un campo gravitatorio sobre una singularidad tal que a esta podría invertírsele la dirección de su campo gravitatorio. Por lo cual, una red gravitatoria sería la causa eficiente de que se rompa la simetría en una singularidad gravitatoria, y con esta ruptura pudieron comenzar a formarse la materia y las otras fuerzas, distintas de la gravedad, que hay en el universo.

Como la unión de las fuerzas de la naturaleza que hay en una singularidad gravitatoria puede llegar a romperse por una red gravitatoria, entonces pueden conocerse las condiciones iniciales del universo, y con estas puede conocerse que ocurrió en el universo antes del tiempo de Planck. Antes de ese momento, la enorme densidad de la masa de un nuevo universo comienza a disminuir desde un máximo, debido a que esta masa es atraída en todas direcciones por una red gravitatoria, con un campo gravitatorio que aumenta con el paso del tiempo.

En las redes gravitatorias los universos pueden empezar su expansión acelerada de manera uniforme, porque como los universos se generan a partir de agujeros negros, entonces la densidad de la masa-energía de los universos en sus momentos iniciales (menos de un minuto) comienza a disminuir de manera acelerada desde un valor máximo, mientras que la masa de lo que fue un agujero negro empieza a ser liberada por ser atraída en todas direcciones por una red gravitatoria.

Como la densidad de un universo en expansión disminuye de manera acelerada por causa de una red gravitatoria, entonces la uniformidad en la distribución de su masa se irá perdiendo conforme el universo se expande aceleradamente. Las inhomogeneidades en la red gravitatoria determinarán las inhomogeneidades

en la expansión acelerada de un universo que esté dentro de ella. Ahora bien, si un universo viejo y frío como el nuestro está dentro de una red gravitatoria, entonces en él sería posible encontrar zonas de distintas densidades de galaxias dependiendo de las inhomogeneidades en la red gravitatoria en la que se encuentre el universo.

Incluso, si realmente el universo está en una red gravitatoria en la que hay varios universos en expansión acelerada, entonces la densidad de galaxias del universo alcanzaría un máximo en la zona de colisión del universo con otro universo vecino, pues hacia esta zona de colisión se dirigirían las galaxias del universo observable atraídas por la gravedad de los universos vecinos. En general, la colisión entre universos en expansión acelerada dentro de una red gravitatoria implicaría la mayor inhomogeneidad que sería observable en la expansión de estos, porque en la zona de colisión de dos universos se esperaría ver la mayor densidad de materia en estos.

Como en el modelo de las redes gravitatorias, las condiciones iniciales del universo están determinadas por solo dos parámetros, la masa de un agujero negro y la energía gravitatoria que este recibe, entonces estos dos parámetros pueden ajustarse para evitar los problemas del modelo estándar del Big Bang sin utilizar la teoría de la inflación en la cual las condiciones iniciales del universo son aleatorias. Ajustando las condiciones iniciales del universo, se puede modelar el universo sin que haya una producción de monopolos en sus primeros momentos y que el espacio-tiempo del universo actual sea plano.

Además, como según el modelo de las redes gravitatorias la geometría del espacio-tiempo del universo no solo está determinada por su masa, sino también por la masa de la red gravitatoria a la que el universo pertenece, entonces el problema cosmológico del horizonte se resuelve al considerar que el universo parece más grande de lo esperado porque este pertenece a un sistema físico que lo trasciende.

En resumen, partiendo de los postulados de la relatividad es posible construir el concepto de agujero negro. A partir de este se puede construir el concepto de redes gravitatorias de agujeros negros, el cual permite inferir que en estas redes

se pueden producir universos finitos y abiertos en expansión acelerada a partir los agujeros negros, lo cual implicaría que nuestra existencia discurre en un multiverso conformado por redes gravitatorias de agujeros negros y universos.

## 6. El multiverso como la totalidad del Cosmos

*Uno, pues, es el cielo, el espacio inmenso, el seno, el continente universal, la etérea región por la que el todo discurre y se mueve. Los sentidos nos permiten ver allí innumerables estrellas, astros, globos, soles y tierras y la razón argumenta la existencia de infinitos otros.*

*Giordano Bruno*

Podemos considerar que el Cosmos es único y es todo lo que existe. No podemos conocer nada más allá del Cosmos sin importar si este es finito o infinito. Demostrar la finitud o infinitud del Cosmos es humanamente imposible, pues aunque el Cosmos sea finito, el tamaño del universo es abrumadoramente grande solo para la parte visible, llamada universo local. En cambio, si el Cosmos fuera infinito sería imposible mostrar fácticamente su infinitud, debido a que somos entes finitos y no nos alcanzaría la vida para terminar la tarea de contemplar la totalidad del Cosmos. Como no podemos conocer el Cosmos en su totalidad, entonces no hay más opción que admitir que realmente el Cosmos es indeterminable. Pero la indeterminabilidad del Cosmos no excluye la infinitud de este.

En el modelo de las redes gravitatorias se asume que el Cosmos es infinito, porque las redes gravitatorias se modelan en el espacio-tiempo continuo e infinito de la teoría de la relatividad. El espacio-tiempo continuo e infinito puede ser pensado como el espacio-tiempo de un Cosmos-multiverso infinito. A pesar de que la concepción de un Cosmos infinito es metafísica, y de que es imposible demostrar fácticamente la infinitud del Cosmos, un Cosmos infinito puede ser el punto de partida para hacer ciencia (Koyré, 2008, 61), sin que implique ninguna contradicción lógica en

las teorías que explican los estados de cosas que hay en el Cosmos.

Si el espacio-tiempo del Cosmos-multiverso es infinito, entonces este espacio-tiempo no tiene un origen en la formación de los universos, porque el espacio-tiempo del Cosmos preexiste antes de que se forme un universo dentro de una red gravitatoria a partir de un agujero negro. Así, los universos serían finitos, y su masa estaría determinada por el agujero negro a partir del cual se originan. Además, como los universos se originan en redes gravitatorias a partir de agujeros negros, entonces los universos serían abiertos y evidentemente pertenecerían a un Cosmos que los trasciende.

En cambio, si la totalidad del Cosmos es finita en materia y energía, y en el Cosmos hubiera redes gravitatorias en las que hay agujeros negros, entonces un futuro posible para un Cosmos finito sería que la gravedad lleve a toda su materia y energía a formar un agujero negro. Este se evaporaría lentamente por medio de la emisión de la radiación Hawking.<sup>13</sup> Por lo que si el Cosmos es finito, entonces este no sería un multiverso en el que hay un ciclo interminable de formación de universos en expansión acelerada a partir de agujeros negros que estén en redes gravitatorias. Por lo anterior, en el modelo de las redes gravitatorias, se asume que el Cosmos es infinito, pues así sería una ley natural que en el Cosmos los universos se formen en redes gravitatorias a partir de agujeros negros.

La idea de un Cosmos infinito ha sido apoyada por grandes pensadores en la historia del pensamiento, entre estos Tito Lucrecio Caro (96-55), Giordano Bruno (1548-1600), Baruj de Spinoza (1632-1677) y el mismo Isaac Newton. Más recientemente, Albert Einstein consideró que el universo puede ser finito mas no limitado (Einstein, 2005a, 136-142), lo cual no excluye la posibilidad de que el espacio-tiempo trascienda al universo.

Por otro lado, Johannes Kepler (1571-1630) negó la infinitud del Cosmos, porque es fácticamente indemostrable mostrar esta infinitud. Otros como Nicolás de Cusa (1401-1464), Immanuel Kant (1724-1804) y René Descartes (1596-1650) fueron más cautelosos y no afirmaron ni negaron que el Cosmos es infinito, sino que

este es indefinido. Galileo Galilei (1564-1642) no tomó partido y nunca afirmó ni negó la finitud o infinitud del Cosmos. Una objeción por la cual se negaba la infinitud del Cosmos consiste en que algunos pensaban que la infinitud puede ser un atributo de la sola divinidad (Koyré, 2008, 53). Lo anterior no será discutido aquí, pues no es el objetivo de este texto.

En la actualidad, la idea de un multiverso hace pensar que el Cosmos es infinito y que se identifica con el multiverso. Ahora bien, si hay un multiverso entonces es necesario distinguir entre la totalidad de Cosmos y los universos, porque un universo sólo sería una parte del Cosmos-multiverso. Como en el modelo de las redes gravitatorias hay un multiverso, entonces en este modelo es fundamental la distinción entre Cosmos y universo.

El modelo de las redes gravitatorias implica un multiverso por dos razones. La primera es que para que ocurriera el Big Bang fue necesaria la presencia de una red gravitatoria que invirtiera el campo gravitatorio del agujero negro hipotético a partir del cual se originó el universo. Como esta red gravitatoria no era una parte del universo, pues este no se había formado, entonces dicha red estaba conformada por al menos un universo en expansión acelerada anterior al nuestro. Además, también el agujero negro a partir del cual se pudo originar el universo debió haberse producido en un universo anterior al nuestro.

La segunda razón por la que el modelo de las redes gravitatorias implica un multiverso, es porque la actual expansión acelerada del universo puede deberse a la interacción gravitatoria del universo con otros universos vecinos. Esta interacción gravitatoria sería posible por medio de redes gravitatorias que compartirían el universo y los universos vecinos a este. En el modelo de las redes gravitatorias el universo puede tener universos vecinos, porque si dentro de las redes gravitatorias de agujeros negros pueden formarse universos en expansión acelerada a partir de los agujeros negros, entonces puede haber redes gravitatorias de universos y agujeros negros. En estas redes los universos pueden colisionar por la gravedad entre ellos. Estas colisiones entre universos vecinos

implicarían colisiones entre los agujeros negros o entre la materia de distintos universos.

Las colisiones entre universos vecinos en las redes gravitatorias sugieren que los universos pueden agruparse en cúmulos y supercúmulos, de manera análoga a como las galaxias se agrupan en cúmulos y supercúmulos de estas colisionando entre ellas por la gravedad. Así, si estamos en una red gravitatoria de universos entonces estaríamos en un cúmulo o en un supercúmulos de universos.

Por otro lado, si el Cosmos es un multiverso infinito en el que hay redes gravitatorias, entonces los infinitos universos y los infinitos agujeros negros que habría en el Cosmos estarían conectados por medio de redes gravitatorias como los eslabones de una cadena infinita. Ahora bien, si hay una cadena infinita de redes gravitatorias en el espacio-tiempo continuo, entonces el proceso de formación de universos nunca acabaría, y el multiverso sería una cadena infinita de causas eficientes infinita en el tiempo.

Si el multiverso es una cadena infinita de causas eficientes, entonces el multiverso no necesita lógicamente de una causa inicial por la cual se explique su origen, pero cada universo que se produce en el multiverso sí tendría una causa material y eficiente por la que se explica el inicio de su expansión acelerada, a saber: un agujero negro y una red gravitatoria dentro de la cual esté el agujero negro.

## 7. Las redes gravitatorias, la energía oscura y el gran atractor

*Vemos el universo maravillosamente ordenado y obedeciendo ciertas leyes, pero sólo entendemos vagamente estas leyes. Nuestras mentes limitadas captan la misteriosa fuerza que mueve las constelaciones.*<sup>14</sup>

Albert Einstein

Los espectros de la radiación electromagnética provenientes de las galaxias más distantes de un observador en la Tierra, se desplazan hacia el rojo del espectro, lo cual implica que las ondas de

esta radiación se han estirado. Esto se debe a que la fuente de la radiación se aleja de la Tierra, lo cual permite inferir que las galaxias se alejan de nosotros, y cuanto más distantes estén las galaxias tanto más rápido estas se alejan. Este alejamiento es explicado por la expansión acelerada del universo a partir de un átomo primitivo. Otra prueba más reciente de la expansión acelerada del universo son las explosiones de supernova que ocurren en las galaxias distantes de la Tierra, ya que estas explosiones parecen más tenues de lo esperado debido a la expansión acelerada del universo (Craig & al., 1999).

Para poder explicar por qué ocurre la expansión acelerada del universo se utiliza el concepto de energía oscura. Esta es una energía que produce un efecto antigravitatorio sobre la masa-energía del universo. Para que el universo se expanda de manera acelerada es necesario que la energía oscura sea la mayor parte de la masa-energía que conforma al universo (Gorine & al., 2011, 331-333). Puesto que cuanto más lejos estén las galaxias de un observador en la Tierra, tanto más rápido estas se alejan, entonces conforme más lejos estén las galaxias mayor energía oscura reciben estas. Se estima que la energía oscura equivale a cerca del 69% de la masa total del Universo observable. Pero actualmente se desconoce qué es esta energía (Clifton & Ferreira, 2009, 48-55), por lo que se desconoce qué es la mayor parte de la masa del universo.

Partiendo del concepto de redes gravitatorias de agujeros negros expuesto en 5, se puede inferir que la energía oscura de un universo en expansión acelerada que se forme en una red gravitatoria de agujeros negros, sería producida por las ondas de gravedad de los agujeros negros que rodean al universo. Si un universo está dentro de una red gravitatoria de agujeros negros, la energía oscura que expande al universo aumentaría con el paso del tiempo por dos razones. Primero, por el aumento en la masa-energía de los agujeros negros que conformarían la red gravitatoria en la cual estaría el universo, ya que los agujeros negros de la red irían devorando la materia o la energía del universo, aumentando así su masa. Este aumento implica un incremento en el campo gravitatorio que la red de agujeros negros produce sobre el universo que esté dentro de ella.

La segunda razón sería por la contracción de la red de agujeros negros debida a la atracción gravitatoria entre los agujeros negros. La contracción de una red de agujeros negros también implica el aumento constante del campo gravitatorio que produce una red de estas sobre un universo que esté dentro de ella, pues la gravedad entre los objetos aumenta conforme estos estén más cerca, lo cual implica que si aumenta la densidad en la distribución de los agujeros negros en una red gravitatoria, entonces aumenta el campo gravitatorio que esta produce sobre un objeto.

Si un observador estuviera en una galaxia de un universo en expansión acelerada que esté dentro de una red gravitatoria de agujeros negros, entonces el observador podría observar cómo las galaxias distantes se alejan de él, porque el espectro de la luz proveniente de estas galaxias se desplazaría hacia el rojo. Este desplazamiento indicaría que los agujeros negros de la red atraerían a las galaxias del universo. Pero la situación del universo real es más compleja que la de un universo que solo esté dentro de una red gravitatoria de agujeros negros, pues los agujeros negros representan solo el 0.005% de la masa del universo (Spergel, 2015, 1100-1102).

Este porcentaje tan bajo de agujeros negros en el universo implica que los solos agujeros negros no pueden ser la causa de la expansión acelerada que el universo presenta en la actualidad. Por razón de lo anterior, los solos agujeros negros no pueden ser la energía oscura, porque la energía oscura actualmente se estima en cerca del 69% de la masa del universo. Pero ¿necesariamente la energía oscura pertenece al universo?

Realmente no se sabe en la actualidad qué es la energía oscura, y por ende no se sabe si esta energía realmente está en el universo. Pero el concepto de redes gravitatorias podría sugerir una hipótesis para explicar qué es la energía oscura. En 5 se mostró que es posible que en una red gravitatoria de agujeros se forme en universo en expansión acelerada a partir de un agujero negro. Por lo que puede haber redes gravitatorias de universos y agujeros negros en las cuales haya universos colisionando entre ellos debido a la atracción gravitatoria. Ahora bien, si el universo

tiene universos vecinos, entonces la energía oscura que expande al universo se debería a la interacción gravitatoria del universo con universos vecinos.

Ahora surge la pregunta de si hay observaciones astronómicas que puedan confirmar la hipótesis de la colisión del universo con un universo vecino. La respuesta sería afirmativa, porque la expansión del universo tiene un límite a partir del cual ya no se observan galaxias alejarse cada vez más rápido de un observador en la Tierra. Más bien, a partir de este límite se observan galaxias cuyo espectro de su radiación se desplaza hacia la zona azul, lo cual indica que estas galaxias más bien se acercan a un observador en la Tierra.

En el borde de la expansión del universo se observan varios cúmulos de galaxias que se acercan hacia las galaxias que más rápido se alejan de un observador de la Tierra. Como en este borde hay cúmulos de galaxias que se desplazan en direcciones opuestas, entonces allí se observan galaxias colisionado entre ellas a grandes velocidades. Esta zona de colisión de galaxias es llamada el 'gran atractor', pues se ha propuesto la hipótesis de que hay un atractor de masa descomunal y gran densidad hacia el cual se dirigen las galaxias que se acercan y se alejan de nosotros en el borde de la expansión del universo. Este gran atractor refuerza la conclusión de que el universo no es homogéneo a grandes escalas (Dressler, 1991, 391-397), pues en el gran atractor la densidad de galaxias del universo observable alcanza un máximo.

El gran atractor es el escenario en el borde de la expansión del universo que nos muestra la cosmografía realizada con las observaciones astronómicas de los cúmulos y supercúmulos de galaxias del universo local (Courtois & al., 2013, 1-14). En el núcleo del gran atractor se encuentra un gigantesco cúmulo de galaxias llamado Abell 3627 (Anónimo, 1996), el cual es oscurecido por el polvo que hay en el núcleo de la Vía Láctea. El gran atractor está ubicado en la constelación de Centauro a unos 200 millones de años luz de la Tierra. Se dice que el gran atractor produce un flujo oscuro que hala al universo local, ya que todos los cúmulos y supercúmulos de galaxias del universo local, incluida la Vía Láctea y, por

ende, la Tierra, fluyen en dirección hacia el gran atractor (Lynden-Bell & al., 1988, 19-49).

Por sus efectos gravitatorios, la masa del gran atractor se estima a partir de cálculos relativistas en el rango de  $4 - 6 \times 10^{15}$  masas solares (Bolejko & Hellaby, 2008, 1771-90). Cuanto más lejanas estén las galaxias de la Tierra, tanto más velozmente se acercan al gran atractor, por lo que cuanto más cercanas estén las galaxias del gran atractor, tanto más energía de este reciben.

Desde el modelo del Big Bang, la zona del gran atractor es una anomalía que no puede ser explicada por él, porque según el modelo del Big Bang no se esperaría que se observen galaxias en el borde de la expansión del universo acercándose hacia nosotros. Más bien, se esperaría que se observen más galaxias alejándose cada vez más rápido de un observador en la Tierra. Por lo anterior, es necesario un nuevo modelo del universo para explicar lo que ocurre en la zona del gran atractor.

La colisión entre universos explicaría qué es lo que ocurre en la zona del gran atractor, porque los cúmulos de galaxias que se desplazan en direcciones opuestas en la zona del gran atractor podrían pertenecer a universos vecinos. Ahora bien, si lo que ocurre en la zona del gran atractor es la colisión del universo con un universo vecino, entonces la energía oscura que causa la expansión acelerada del universo se debería a la interacción gravitatoria del universo con otro universo. El concepto de redes gravitatorias permite inferir lo anterior, porque en una red gravitatoria se pueden formar universos en expansión acelerada a partir de agujeros negros, y los universos en expansión acelerada que estén en una misma red gravitatoria pueden colisionar entre ellos formando cúmulos y supercúmulos de universos en los cuales los universos colisionan debido a la gravedad entre ellos.

Como todo el universo observable se dirige hacia el gran atractor, entonces la enorme atracción de esa zona muestra fácticamente que estamos en una red gravitatoria. Ahora bien, como estamos en una red gravitatoria, y en una red de estas pueden formarse universos en expansión acelerada a partir de un agujero negro, entonces es posible que el universo se haya originado a partir de un agujero negro, si lo que hay detrás del gran atractor trasciende al universo.

Ahora bien, como las redes gravitatorias se contraen debido a la gravedad, entonces un objeto que esté en una red de estas recibirá un campo gravitatorio en constante aumento. Si la energía oscura es el campo gravitatorio producido por una red de universos, entonces la energía oscura que expande al universo aumenta con el paso del tiempo debido a la contracción de la red gravitatoria y también conforme los agujeros negros de la red van devorando la materia del universo.

Si la energía oscura se debe a que el universo está en colisión contra universos vecinos, entonces el 69% del Cosmos determinable es la masa de la una red gravitatoria que trasciende al universo, y la masa del universo sería mucho menor de lo pensado. Ahora bien, si el universo está en una red gravitatoria de universos y agujeros negros, entonces las inhomogeneidades en las distintas densidades de galaxias del universo se explicarían por las inhomogeneidades de la red gravitatoria en la que está el universo.

Así, la energía oscura sería producida por ondas de gravedad debidas a la interacción gravitatoria del universo con universos vecinos. Esta interacción también explicaría las inhomogeneidades en el fondo de radiación de microwaves, pues estas se explicarían por las inhomogeneidades en la red gravitatoria en la que estaría el universo. Estas inhomogeneidades dependerían de las distintas densidades de materia en la red gravitatoria.

## 8. La interpretación de la ecuación de campo de Einstein a partir del concepto de redes gravitatorias

En este apartado se interpreta la ecuación de campo a partir del concepto de redes gravitatorias. A partir de esta interpretación se puede mostrar matemáticamente que en una red gravitatoria puede formarse un universo en expansión acelerada a partir de un agujero negro y que la geometría de los universos en el momento de su origen es plana.

No resulta forzado interpretar la ecuación de campo de Einstein (ecuación 1) a partir del concepto de las redes gravitatorias. Antes de hacer

esta interpretación hay que recordar que la ecuación de campo permite modelar la dinámica y la geometría de una determinada configuración de masa o energía que esté en el espacio-tiempo continuo, por lo que esta ecuación sirve para modelar la dinámica y la geometría de un agujero negro o cualquier otro objeto masivo por medio de una métrica que describe la geometría del espacio-tiempo del objeto y determina su dinámica.

Pero, ¿cómo podrían ser modeladas la dinámica y la geometría de un agujero negro u cualquier otro objeto que esté dentro de una red gravitatoria? Lo anterior puede hacerse si se agrega el parámetro  $\Lambda$  a la ecuación de campo, y este es interpretado como una variable que modela el campo gravitatorio en constante aumento producido por una red gravitatoria sobre un objeto que esté dentro de ella.

En la actualidad se considera que  $\Lambda$  es una constante con un pequeño valor positivo (Steinhardt & Turok, 2006, 1180-1183). Pero realmente no se sabe cuál ente físico se está modelando con  $\Lambda$ , pues en la actualidad se desconoce qué puede producir un efecto antigravitatorio sobre la materia ordinaria que hay en el universo y, por ende, se desconoce si este campo antigravitatorio es constante o es variable.

Si el universo está dentro de una red gravitatoria, entonces  $\Lambda$  sería una variable que aumenta con el paso del tiempo, pues esta modelaría el campo gravitatorio en constante aumento producido por una red gravitatoria, y  $\Lambda$  sería una función que varía con el tiempo:  $\Lambda(t)$ . Al agregar el parámetro  $\Lambda$  a la ecuación de campo, se tiene que

$$R_{\mu\nu} - \frac{1}{2}Rg_{\mu\nu} - \Lambda g_{\mu\nu} = \frac{8\pi G}{c^4}T_{\mu\nu} \quad [4]$$

Si se asume que  $\Lambda$  modela el campo gravitatorio de una red gravitatoria, entonces con la ecuación de campo se puede modelar cualquier objeto que esté dentro de una red de estas, y se puede mostrar matemáticamente que el campo gravitatorio del objeto puede llegar a invertirse en dirección. Ahora bien, si el campo gravitatorio que produce un objeto es superado por una red gravitatoria, entonces la dirección del campo gravitatorio del objeto puede llegar a invertirse. Además, si el campo gravitatorio de cualquier objeto que esté en una red gravitatoria puede

llegar a invertirse, entonces también el horizonte de sucesos de un agujero negro puede invertirse en dirección, y así se mostraría matemáticamente que se puede formar un universo en expansión acelerada a partir de un agujero negro. Además, también se puede mostrar matemáticamente que en el momento del origen de un universo su espacio-tiempo es plano.

En la ecuación de campo cualquier objeto y la red gravitatoria en la que este se encuentre quedarían determinados en la ecuación de campo de la siguiente manera:

Campo gravitatorio producido por cualquier objeto masivo:  $G = R_{\mu\nu} - \frac{1}{2}Rg_{\mu\nu}$  [5]

Campo gravitatorio producido por una red gravitatoria:  $G_A = \Lambda g_{\mu\nu}$  [6]

Ahora bien, justo cuando  $G > G_A$  se tiene que

$$R_{\mu\nu} - \frac{1}{2}Rg_{\mu\nu} > \Lambda g_{\mu\nu} \quad [7]$$

Lo anterior muestra que si el campo gravitatorio de un objeto no es superado por una red gravitatoria, entonces el objeto mantiene su curvatura. Ahora bien, si el objeto es un agujero negro entonces este mantiene su horizonte de sucesos, aunque el último es debilitado por la red gravitatoria, porque el campo gravitatorio de esta se le resta al campo gravitatorio del objeto dentro de ella. Lo anterior muestra matemáticamente el primer teorema de la cosmología, en el cual se infiere por qué un agujero negro que esté dentro de una red gravitatoria permanece como agujero negro (véase 5).

Pero como el campo gravitatorio que produce una red gravitatoria sobre un objeto que esté dentro de ella aumenta con el paso del tiempo, entonces puede llegar a ocurrir que  $G = G_A$ , en este se tiene que

$$\begin{aligned} R_{\mu\nu} - \frac{1}{2}Rg_{\mu\nu} &= \Lambda g_{\mu\nu} \Rightarrow \\ R_{\mu\nu} - \frac{1}{2}Rg_{\mu\nu} - \Lambda g_{\mu\nu} &= 0 \quad [8] \end{aligned}$$

Lo anterior muestra matemáticamente que si el campo gravitatorio de un objeto se iguala con el campo gravitatorio de la red gravitatoria en

la que este se encuentra, entonces la geometría del objeto es plana. Si el objeto es un agujero negro, entonces su campo gravitatorio se anularía. Pero cuando ocurre lo anterior está naciendo un nuevo universo en expansión acelerada (véase 5). Así, la ecuación 8 muestra matemáticamente el segundo teorema de la cosmología que dice las condiciones iniciales de un universo en expansión acelerada que esté dentro de una red gravitatoria (véase 5).

Si en el momento del origen de un universo que esté dentro de una red gravitatoria se anula la energía en la ecuación de campo (véase ecuación 8), entonces si el universo empezó a partir de un agujero negro de Kerr (rotatorio), y el universo no rota en la actualidad, esto se explicaría porque el hipotético agujero negro de Kerr que originó al universo detuvo su rotación al momento del origen del Universo. No habría rotación en ese momento porque se anula la energía (véase ecuación 8). Ahora bien, si las condiciones iniciales de los universos determinan su futura evolución, y la masa-energía de los universos no rota al momento de su origen, entonces ningún universo iniciaría su expansión rotando, y así no habría universos rotatorios dentro de las redes gravitatorias.<sup>15</sup>

A partir del momento en que  $G < G_A$ , la dirección del campo gravitatorio de cualquier objeto que esté en una red gravitatoria se invierte en dirección según la ecuación de campo de Einstein, ya que

$$\begin{aligned} R_{\mu\nu} - \frac{1}{2}Rg_{\mu\nu} &< \Lambda g_{\mu\nu} \Rightarrow \\ R_{\mu\nu} - \frac{1}{2}Rg_{\mu\nu} - \Lambda g_{\mu\nu} &< 0 \quad [9] \end{aligned}$$

Lo anterior implica que el lado izquierdo de la ecuación de campo de Einstein sería negativo. Esto mostraría matemáticamente que el campo gravitatorio de cualquier objeto se invertiría en dirección cuando el campo gravitatorio producido por una red gravitatoria supera al campo gravitatorio que el objeto produce. Si el objeto es un agujero negro, entonces se invertiría la dirección de su horizonte de sucesos formándose así un universo en expansión acelerada a partir de un agujero negro. Así, la ecuación 9 muestra matemáticamente el tercer teorema de la cosmología,

en el cual se dice cómo se formará un nuevo universo en expansión acelerada a partir de un agujero negro.

Si  $\Lambda$  modela la energía de una red gravitatoria, entonces la geometría de los universos está determinada por su masa y por la red gravitatoria en la que estos se encuentran. Ahora bien, como las redes gravitatorias son dinámicas, pues estas se contraen, entonces la geometría de un universo que esté dentro de ella puede variar.

Por otro lado, el concepto de las redes gravitatorias no implica que haya que dejar de lado el modelo de FLRW, solo que ahora hay que tomar en cuenta que los universos no estarían solos. Si se interpreta el modelo de FLRW a partir del concepto de redes gravitatorias, entonces se pueden modelar varios universos en expansión acelerada en colisión entre ellos a partir del modelo de FLRW. Si se modelan varios universos en colisión entonces se modelaría una red gravitatoria de universos, en la cual los universos que se expanden aceleradamente colisionan entre ellos por la gravedad. Esta colisión entre universos modelaría un cúmulo de universos. La colisión de dos universos permitiría modelar algo similar a lo que ocurre en la zona del gran atractor del universo local.

Como en el momento del origen de un universo hay un cambio de curvatura (véanse las ecuaciones 7, 8 y 9), entonces el universo puede tener las tres curvaturas posibles según el modelo de FLRW. Ahora bien, si el universo se originó a partir de un agujero negro, entonces el universo tuvo la curvatura que producía un agujero negro. Luego, cambió su curvatura cuando la red gravitatoria superó el campo gravitatorio del agujero negro y se formó un universo en expansión acelerada. Posteriormente, el universo evolucionó durante 13700 millones de años hasta tener la geometría plana que actualmente tiene.

## 9. Conclusión

Si el modelo del universo aquí propuesto es confirmado por las observaciones astronómicas, entonces existiríamos en una red gravitatoria de universos en la cual se originó el universo a partir

de un agujero negro. En el modelo de las redes gravitatorias, el origen del universo depende de solo dos parámetros: el campo gravitatorio de un agujero negro y el campo gravitatorio que una red gravitatoria produce sobre el agujero negro. Las relaciones entre estos dos parámetros permiten inferir tres teoremas cosmológicos, en los cuales se predice el comportamiento de los agujeros negros en las redes gravitatorias.

El modelo de las redes gravitatorias también explica qué ocurre en la zona del gran atractor del universo local, ya que, el gran atractor sería la colisión del universo local con un universo vecino. Esta colisión sería posible porque el universo y su universo vecino comparten una misma red gravitatoria.

Así, si el modelo de las redes gravitatorias es correcto, entonces los fenómenos que llamamos agujeros negros y gravedad son suficientes para explicar el origen del universo e incluso la posible interacción del universo con universos vecinos.

## Notas

1. Se agradece a las personas que ayudaron a mejorar este texto con su lectura y con importantes sugerencias. Estas personas fueron: Luis Diego Cascante, Juan Diego Moya Bedoya, Leonardo Ortiz Acuña, David Alonso Sánchez Elizondo y Carolina Zumbado Víquez.
2. Para que un modelo del origen universo o de cualquier hecho físico sea satisfactorio epistemológicamente, debe tener varias condiciones necesarias. Entre estas que el modelo no tenga ninguna contradicción lógica ni se autonulifique, que no tenga circularidad explicativa ni implique regresiones infinitas no inocuas, que posea parsimonia ideológica y cualitativa, y que no posea adhocidad. Pero es de suma importancia epistemológica que los conceptos fundamentales a partir de los cuales se construye un modelo tengan un referente físico. Si un modelo físico solamente es satisfactorio lógicamente y sus conceptos fundamentales no tienen un referente físico conocido en la naturaleza, entonces el modelo solo sería lo que el filósofo alemán Immanuel Kant (1724-1804) llamó una posibilidad lógica. En esta un concepto se concibe sin contradicción (KrV A244/B302), pero que un concepto se conciba sin

contradicción no implica que este necesariamente tenga un referente físico.

En cambio, si los conceptos se conciben sin contradicción, y estos tienen un referente físico de cuya existencia se tiene certeza, entonces se puede modelar un hecho físico fácticamente posible con los conceptos, usando para ello leyes físicas confirmadas empíricamente. Si los conceptos fundamentales de un modelo físico no tienen un referente físico conocido, entonces el modelo podría solo describir un objeto imaginario a pesar de que en el modelo sea satisfactorio lógicamente. Dos teorías del origen del universo que actualmente solo pueden ser consideradas como una posibilidad lógica son la teoría de la inflación y la teoría de cuerdas. En ambas no hay certeza de que sus conceptos fundamentales tengan un referente físico. Para que el modelo inflacionario sea una posibilidad física es necesario que en la naturaleza existan, en los momentos iniciales de los universos, unas hipotéticas partículas llamadas inflatones. Estas producirían un campo que sería la causa de la también hipotética inflación a velocidades supraluminicas del espacio-tiempo del universo en una pequeña fracción de su primer segundo. Así, la inflación es una posibilidad lógica y no una posibilidad física, porque los inflatones son conceptos y no objetos físicos de cuya existencia se tenga absoluta certeza.

En la teoría de cuerdas los componentes esenciales de la materia no son partículas sino cuerdas vibratorias. Pero no se puede saber si los componentes esenciales de la materia son cuerdas, porque el tamaño de estas es excesivamente pequeño. Por esta razón, si las cuerdas existen entonces estas no pueden ser detectadas por los instrumentos que hay en la actualidad, lo anterior implica que no se sabe si realmente estas existen. Además, las cuerdas deben tener más dimensiones que las cuatro que conocemos. Estas dimensiones extra son hipotéticas, pues no han sido vistas en el Cosmos. Por estas razones, la teoría de cuerdas es solo una posibilidad lógica.

3. Hay que señalar que para construir el modelo de las redes gravitatorias se asumen los postulados de la relatividad, y también se asumen los siguientes postulados:

(A) El universo es inteligible.

(B) En el Cosmos no ocurre ningún efecto a menos de que se dé una causa.

Si el último postulado fuera falso entonces sería imposible construir un modelo que explique el origen del universo, y por esta razón el origen del universo no sería explicable.

4. Un sistema de referencia inercial es aquel en el que es observable la ley de la inercia, para ello es necesario que el sistema de referencia esté libre de rotación y aceleración. Si las observaciones de las leyes de la naturaleza no se hacen en los sistemas de referencia inerciales, entonces aparecen fuerzas ficticias como la fuerza centrífuga. Un sistema de referencia que se desplace uniformemente a partir de un sistema de referencia inercial, también será un sistema de referencia inercial (Einstein, 2005b, 101-105).
5. La frase original es:  
The general relativity was probably the greatest scientific discovery ever made (Dirac, 1968, citado por Mehra, 1973, 148). (La traducción es mía).
6. La gravedad como una curvatura en el espacio-tiempo producida por un objeto masivo, se corroboró cuando en un eclipse solar la luna tapó la luz que llegaría del Sol hacia la Tierra, lo cual permitió que la luz proveniente de una estrella distante del Sol se observara desviada en su trayectoria cuando esta luz pasó por la curvatura que el Sol produce (Einstein, 2006, 116). La curvatura producida por la masa del Sol empuja a los rayos de luz provenientes de la estrella lejana a seguir una trayectoria curva y no en línea recta. Si este fenómeno se hubiera observado antes de que se postulara la relatividad general, no habría tenido una explicación, ya que antes de que se postulara esta teoría se creía que la luz solo viajaba en línea recta.
7. La frase original es:  
Spacetime tells matter how to move; matter tells spacetime how to curve (Wheeler, s. f, citado por Petkov, 2010, 148). (La traducción es mía).
8. El radio de Schwarzschild se obtiene de la siguiente manera:  $r_s = \frac{2GM}{c^2}$ , donde  $G$  es la constante de gravitación universal,  $M$  es la masa del objeto y  $c$  es la velocidad de la luz.
9. La galaxia NGC-1277 está a aproximadamente 220 millones de años luz de la Tierra en la constelación de Perseo.

10. Se la llama época de Planck del Universo antes de que este tuviera el mínimo tiempo y la mínima longitud medible en la naturaleza, llamados espacio y tiempo de Planck o cuánticos. Estos son, respectivamente:

$$t_p = \sqrt{\frac{\hbar}{c^5}} \approx 5.4 \times 10^{-44} \text{ s}, l_p = \sqrt{\frac{\hbar G}{c^3}} \approx 1.6 \times 10^{-35} \text{ m}.$$

$G$  es la constante de gravitación universal,  $c$  la velocidad de la luz y  $\hbar$  la constante de Planck reducida:  $\hbar = \frac{h}{2\pi}$ , donde  $h$  es la constante de Planck:  $h \approx 6.628 \times 10^{-34} \text{ Js}$ .

11. Las cuatro fuerzas de la naturaleza son: la fuerza electromagnética, la fuerza nuclear fuerte, la fuerza nuclear débil y la gravedad.
12. Se considera un agujero negro como supermasivo si tiene miles de veces o millones de miles de veces la masa del Sol. Un agujero negro de *Kerr* es rotatorio y un agujero negro de Schwarzschild no rota. El horizonte de sucesos del segundo es de menor tamaño que el del primero debido a la rotación.
13. La radiación que emite un agujero negro supermasivo es muy débil pues conforme mayor es la masa de un agujero negro, menor será la radiación que este emite, ya que la radiación que emite un agujero negro es inversamente proporcional a la masa que este posee (Hawking, 1975, 199-220). La otra razón por la que no se podría detectar la débil radiación de un agujero negro supermasivo desde la Tierra, es la distancia que hay entre la Tierra y los agujeros negros supermasivos, pues el agujero negro supermasivo más cercano a la Tierra es el que está en el centro de la Vía Láctea. Este está a una distancia cercana a los 25000 años luz de la Tierra (Scharf, 2012, 34-39).
14. La frase original es:  
We see the universe marvelously arranged and obeying certain laws but only dimly understand these laws. Our limited minds grasp the mysterious force that moves the constellations (Einstein, 1930, citado por Jammer, 1999, 48). (La traducción es mía).
15. Los universos rotatorios fueron propuestos por el gran lógico matemático Kurt Gödel (1906-1978) en un artículo llamado "Universos rotatorios en la teoría general de la Relatividad" (Gödel, 2006, 103-105). Los universos rotatorios de Gödel pueden estar en expansión o pueden no estarlo. Pero si la evolución de los universos depende de

las condiciones iniciales de estos, y en una red gravitatoria de agujeros negros los universos se originan a partir de la masa estática de lo que fue un agujero negro, entonces los universos rotatorios no existirían en las redes gravitatorias.

## Referencias

- Abbott, B & al., A. (2016, febrero). Observation of Gravitational Waves from a Binary Black Hole Merger. *Physical Review Letters*, 116, 6, 061102.
- Afshordi, N; Mann, R. & Pourhasan, R. (2014, agosto). The Black Hole at the Beginning of Time. *Scientific American*, 311, 2, 37-43.
- Aghanim, N. & al. (2015, febrero). Planck 2015 results. XIII. *Cosmological parameters. Astronomy & Astrophysics*, 571, 1-58.
- Andersen, R. (2013, octubre). An ear to the Big Bang. *Scientific American*, 309, 4, 41-47.
- Anónimo. (1996, junio). Core of great attractor found. *Astronomy*, 24, 6, 20.
- Appenzeller. (2009). *High-Redshift Galaxies Light from the Early Universe*. Berlin, Heidelberg: Springer Verlag.
- Arp, H.; Burbidge, G.; Hoyle, F.; Narlikar, J. & Wickramasinghe, N. (1990, agosto). The Extragalactic Universe: An Alternative View. *Nature*, 346, 897- 812.
- Blanchard, A. (2001). *El Universo* (traducción de Glenn Gallardo). México, D. F.: Siglo XXI, Editores, S. A.
- Bolejko, K. & Hellaby, C. (2008, febrero). The Great Attractor and the Shapley Concentration. *General Relativity and Gravitation*, 40. 1771-90.
- Borges, J. L. (2003). *El libro de arena*. Madrid: Alianza Editorial, S. A.
- Bruno, G. (1993). *Del infinito: el universo y los mundos* (traducción de Miguel Ángel Granada). Madrid: Alianza Editorial, S. A., colección "Alianza Universidad".
- Carlisle, C. (2012, diciembre). Cosmic Collisions. *Sky & Telescope*, 124, 6, 20-26.
- Clifton, T. & Ferreira, P. (2009, abril). Does dark energy really exist? *Scientific American*, 300, 4, 48-55.
- Courtois, H. & al. (2013, setiembre). Cosmography of the local universe. *Astronomical Journal*, 146, 3, 1-14.

- Cooperstock, F. & Tieu, S. (2012). *Einstein's Relativity. The Ultimate Key to the Cosmos*. Berlin, Heidelberg: Springer Verlag.
- Craig, J. & al. (1999, marzo). Revolución en cosmología. *Investigación y ciencia*, 270, 7-20.
- Dressler, A. (1991, abril). The Great Attractor: Do Galaxies Trace the Large-Scale Mass Distribution? *Nature*, 350, 4, 391-397.
- Eastman, T. (2010). Cosmic Agnosticism, Revisited. *Journal of Cosmology*, 4, 655-663.
- Einstein, A. (1905). Zur Elektrodynamik bewegter Körper. *Annalen der Physik.*, 17, 891-921.
- Einstein, A. (1916). Die Grundlage der allgemeinen Relativitätstheorie. *Annalen der Physik*, 354, 769-822.
- Einstein, A. (1946). An Elementary derivation of the equivalence of mass and energy. *Technion Journal*, 5, 16-17.
- Einstein, A. (2005a). *Relativity: The Special and the General Theory*. New York: Pi Press.
- Einstein, A. (2005b). ¿Qué es la teoría de la relatividad? *Teorema*, 24, 1, 101-105.
- Einstein, A. (2006). *Relativity: The Special and the General Theory*. New York: Penguin.
- Fabian, A. (editor). (2009). *Clusters and Superclusters of Galaxies*. Berlin, Heidelberg: Springer Verlag
- Ferrater Mora, J. (1982). *Diccionario de filosofía*. Madrid: Alianza Editorial, S. A.
- Filipenko, A. (2007). *Understanding the Universe: An Introduction to Astronomy*. Virginia: The Great Courses.
- Friedmann, A. (1922). Über die Krümmung des Raumes. *Zeitschrift für Physik*, 10, 377-386.
- Frolov, V. & Zenikov, A. (2011). *Introduction to Black Hole Physics*. Oxford: Oxford University Press.
- Gamow, G. (1967, noviembre). History of the Universe. *Science*, 158, 3802, 766-769.
- Gödel, K. (2006). Universos rotatorios en la teoría general de la Relatividad. En *Obras Completas*. Madrid: Alianza Editorial, S. A., colección "Alianza Universidad".
- Gorine, V.; Moschella, U.; Matarrese, S.; Colpi, M. (editores). (2011). *Dark Matter and Dark Energy. A Challenge for Modern Cosmology*. Berlin, Heidelberg: Springer Verlag.
- Greene, B. (1999). *The elegant Universe*. New York, London: Norton.
- Guth, A. (1981, enero). Inflationary universe: A possible solution to the horizon and flatness problems. *Physical Review*, 23, 2, 347-356.
- Guth, A. & Steinhardt, P. (1984, mayo). The Inflationary universe. *Scientific American*, 250, 5, 90-102.
- Hoyle, F. (1948). A New Model for the Expanding Universe. *Mon. Not. Roy. Astron. Soc.*, 108, 372.
- Harwit, M. (2006). *Astrophysical Concepts*. Berlin, Heidelberg: Springer Verlag.
- Hawking, S. W. (1974). Black hole explosions. *Nature*, 248, 30-31.
- Hawking, S. W. (1971). Gravitational Radiation from Colliding Black Holes. *Physical Review*, 26, 1344-1346.
- Hawking, S. W. (1975). Particle creation by black holes. *Commun. Math. Phys.*, 43, 199-220.
- Hawking, S. W. (1976). Black holes and thermodynamics. *Physical Review*, 13, 191-197.
- Hawking, S. W. (1988). *Historia del Tiempo. Del Big Bang a los agujeros negros* (traducción de Miguel Ortuño). Barcelona: Editorial Crítica, S. A.
- Hawking, S. W. & Penrose, R. (1970). The singularities of gravitational collapse and cosmology. *Roy. Soc.*, 314, 529-548.
- Hawking, S. W. & Ellis, G. (1973). *The large scale structure of space-time*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Inverno, R. d'. (1992). *Introducing Einstein's Relativity*. Oxford: Oxford University Press.
- Jacobson, T. & Parentani, R. (2005, diciembre). An Echo of Black Hole. *Scientific American*, 6, 293, 68-75.
- Jammer, M. (1999). *Einstein and Religion. Physics and theology*. Princeton: Princeton University Press.
- Joshi, P. (2009, febrero). Naked Singularities. *Scientific American*, 300, 2, 36-43.
- Kaku, M. (2005). *Parallel Worlds*. New York, London, Toronto, Sydney, Auckland: Doubleday.
- Kant, I. (2013). *Crítica de la razón pura* (traducción de Pedro Ribas). Madrid: Ediciones Taurus.
- Khriplovich, I. (2005). *General Relativity*. Berlin, Heidelberg: Springer Verlag.
- Koyré, A. (2008). *Del mundo cerrado al universo infinito* (traducción de Carlos Solís Santos). Madrid: Siglo XXI, Editores, S. A.
- Kumar, A. & Joseph, R. (2010). Big Bang? A Critical Review. *Journal of Cosmology*, 6, 1533-1547.
- Kruesi, L. (2012, abril). How we know black hole exist. *Astronomy*, 40, 24-29.
- Lambourne, R. (2010). *Relativity, gravitation and cosmology*. New York y Melbourne: Cambridge University Press.
- Lemaître, G. (1950). *The primeval atom. An essay in cosmogony*. Toronto, New York, London: D. Van Nostrand Company.
- Lerner, E. (1991). *The Big Bang Never Happened*. New York: Random House.

- Linde, A. (1995, enero). El universo inflacionario autorregenerante. *Investigación y ciencia*, 220, 16-23.
- Linde, A. (1999). *An Introduction to Modern Cosmology*. New York: John Wiley & Sons.
- Linderg, G. & Yumi, R. (2009). *Cosmic Collisions. The Hubble Atlas of Merging Galaxies*. Berlin, Heidelberg: Springer.
- LyndenBell, D. & al. (1988, marzo). Spectroscopy and photometry of elliptical galaxies. v. galaxy streaming toward the new supergalactic center. *Astronomical Journal*, 326, 19-49.
- Lucrecio Caro, Tito. (1984). *De la Naturaleza de las cosas* (traducción del abate José Marchena). Barcelona: Ediciones Orbis, colección "Historia del Pensamiento".
- Lucrecio Caro, Tito. (2003). *La Naturaleza* (traducción de Francisco Socas). Madrid: Editorial Gredos, S. A.
- McCrea, W. (1970, October). A Philosophy for Big Bang Cosmology. *Nature*, 228, 21-24.
- Mehra, J. (1973). *The Physicist's Conception of Nature*. Dordrecht: D. Reidel Publishing Company.
- Newton, I. (2013). *Principios Matemáticos de la Filosofía Natural* (traducción de Eloy Rada García). Madrid: Alianza Editorial, S. A., colección "Alianza Universidad".
- Oswalt, T. & Barstow, M. (editores). (2013). *Planets, Stars and Stellar Systems Volume 4: Stellar Structure and Evolution*. Berlin, Heidelberg: Springer Verlag.
- Penrose, R. (2004). *The Road to Reality*. London: Jonathan Cape.
- Penrose, R. (2010). *Cycles of Time*. London: The Bodley Head.
- Petkov, V. (2010). *Space, Time, and Spacetime. Physical and Philosophical Implications of Minkowski's Unification of Space and Time*. Berlin, Heidelberg: Springer Verlag.
- Ratcliffe, H. (2010). Anomalous Redshift Data and the Myth of Cosmological Distance. *Journal of Cosmology*, 4, 693-718.
- Randall, L. (2011). *Universos ocultos. Un viaje a las dimensiones extra del cosmos* (traducción de Eugenio Gómez). Barcelona: Acantilado.
- Rich, M. (2014, octubre). Milky Way vs. Andromeda. *Sky & Telescope*, 128, 4, 20-28.
- Rindler, W. (1977). *Essential Relativity*. New York: Springer Verlag.
- Rindler, W. (2006). *Relativity, special, general, and cosmological*. Oxford: Oxford University Press.
- Russell, B. A. W. (1985). *El ABC de la Relatividad*, (traducción de Pedro Rodríguez). Barcelona: Ediciones Orbis.
- Sagan, C. (1983). *Cosmos*. United States of America: Random House.
- Scharf, C. (2012, agosto). The black hole in the heart of the Milky Way. *Scientific American*, 307, 2, 34-39.
- Sciama, D. (1971). *Modern Cosmology*. New York y Melbourne: Cambridge University Press.
- Spergel, D. (2015, noviembre). The dark side of cosmology: Dark matter and dark energy. *Science*, 347, 6226, 1100-1102.
- Spinoza, B. de (2009). *Ética demostrada según el orden geométrico* (traducción de Vidal Peña). Madrid: Editorial Tecnos, S. A.
- Steinhardt, P. & Turok, N. (2006, mayo). Why the Cosmological Constant Is Small and Positive. *Science*, 312, 1180-1183.
- Stoica, C. (2012, agosto). Beyond the Friedmann-Lemaître-Robertson-Walker Big Bang singularity: *Commun. Theor. Phys.*, 58, 4, 613-616.
- Uson, J. & al. (1990, octubre). The central galaxy in Abell 2029 – an old supergiant. *Science*, 250, 4980, 539-540.
- Van den Bosh, R. & al. (2012, noviembre). An Over-Massive Black Hole in the Compact Lenticular Galaxy NGC1277. *Nature*, 491, 729-731.
- Weinberg, S. (1985). *Cosmology*. Oxford: Oxford University Press.
- Weinberg, S. (2013). *Los tres primeros minutos del universo*. Madrid: Alianza Editorial, S. A.

**Jorge Acuña Rojas.** Estudiante de las escuelas de Farmacia, Física y Filosofía de la Universidad de Costa Rica.

Recibido: el lunes 25 de enero de 2016.  
Aprobado: el martes 15 de marzo de 2015.

