



¿Dónde estamos?

“A veces pienso que estamos solos en el Universo, otras que no lo estamos. En ambos casos la idea es agobiante”.

Arthur C. Clark

En el Principio, una Gran Explosión sin testigos pareció iniciarlo todo. El recién nacido Universo comenzó entonces una expansión que dura hasta nuestros días y en la cual los objetos más distantes se alejan a velocidades mayores. Gracias a la expansión, la densidad de la materia y su temperatura fueron decreciendo paulatinamente, y cuando el Universo tenía sólo 300 000 años de edad la luz fue capaz de abrirse paso, y se disiparon las tinieblas. Hoy la edad del Universo se estima en unos 13.75 mil millones de años, las galaxias se alejan aceleradamente unas de las otras y, al menos en nuestro planeta, existen seres pensantes que tratan de entender los detalles de tan magna evolución.

A grandes rasgos el párrafo anterior presenta la explicación más conocida sobre el origen del Universo. Denominada en inglés como “The Big Bang Theory” (una expresión muy sonora gracias a lo onomatopéyico que es dicha lengua), esta teoría apareció como resultado de la aplicación consecuente de la Teoría General de la Relatividad de **Albert Einstein** (1879-1955). Quizás sea oportuno decir que lo que hoy llamamos Cosmología devino parte de las ciencias físicas en un tiempo relativamente reciente, y que los problemas sobre la formación y desarrollo del Universo como un todo eran considerados hasta hace poco un tema religioso. Por eso tal vez los problemas cosmológicos no son patrimonio sólo de físicos y matemáticos inteligentes, sino también de artistas y escritores, políticos y líderes espirituales. En lo que sigue trataré de mostrar brevemente algunas de las componentes que hacen de la pregunta inicial una de las fundamentales.

Los Mitos Antiguos y la Cosmogonía

El primer mito cosmogónico del que tenemos noticia fue creado por los sumerios alrededor del año 3500 BCE. Asentados en las margenes de los ríos Tigris y Eufrates en lo que hoy es el sur de Iraq, los sumerios parecen haber sido los creadores del primer sistema de escritura (tipo cuneiforme) y la primera civilización, entendida ésta como asentamiento urbano que domina una tecnología agrícola y posee una definida estructura de clases. Quizás por su fuerte dependencia de la agricultura, sus primeros versos señalan a un árbol como el centro de la vida: *El Árbol de Huluppu*, sobre el cual los estudiosos modernos creen se trataba de un sauce o un álamo. Sirvan unos pocos versos como ilustración:

*En los primeros días, en los muy primeros días,
En las primeras noches, en las muy primeras noches,
En los primeros años, en los muy primeros años,*

*En los primeros días cuando todo lo necesario fue creado
En los primeros días cuando todo lo necesario fue bien nutrido
Cuando el pan se horneaba en los santuarios de la tierra,*

*Y era saboreado en los hogares de la tierra,
Cuando el cielo se alejó de la tierra,
Y la tierra se hubo separado del cielo,
Y el nombre del hombre fue elegido;
Cuando el Dios del Firmamento, An, retiró los cielos,
Y el Dios del Aire, Enlil, retiró la tierra,
Cuando la Reina del Gran Abajo, Ereshkigal, recibió por heredad el inframundo,*

*Él zarpó; el Padre zarpó,
Enki, el Dios de la Sabiduría, zarpó hacia el inframundo.*

<http://faculty.gvsu.edu/websterm/SumerianMyth.htm>

El poema aclara luego que los dioses An (Cielo) y Ki (Tierra) tuvieron una madre común, Namma (Océano), madre de todo lo existente. También se habla de una de las primeras ciudades, Uruk, la bíblica Erech, donde el épico rey Gilgamesh rigió veintisiete siglos antes de los tiempos de Jesús. La ciencia moderna nos enseña que la vida se originó en el océano, corroborando así al primero de los mitos. Más tarde, en la historia, otros dioses suceden a los primeros, una característica que se repetirá en otros mitos.

Del mito sumerio bebieron asirios y babilonios para crear los suyos. De estos últimos nos vino La Epopeya Babilónica de la Creación, el ***Enuma Elish***, escrita unos 1000 años más tarde:

*Cuando en lo alto los cielos eran innominados,
Y abajo una casa no llevaba nombre,
Y Apsû, el prístino, su genitor
Y la Forma, Tiâmat, portadora de todos ellos,
Mezclaron allí sus aguas conjuntamente...*

<http://www.angelfire.com/nt/Gilgamesh/enuma.html>

Ahora Apsû y Tiâmat son aguas primigenias, el primero agua dulce, la segunda el océano, hombre y mujer creadores de todo aquello por venir. Es un poema un poco más elaborado que el sumerio, aunque por supuesto menos original. Comparte con el primero la sucesión generacional de dioses, una sucesión que a veces resulta violenta. El héroe del poema resulta ser Marduk, un dios tardío que representa a la primavera, al sol y las tormentas, pero también a la ciudad de Babilonia. Cuando este dios gana su última batalla los hombres son creados y construyen la ciudad-dios.

Los antiguos griegos también crearon sus mitos, que han sobrevivido con vitalidad hasta nuestros días. En ***Teogonía***, Hesíodo escribió alrededor del año 700 BCE:

*Al principio el Caos llegó a ser,
pero pronto la Tierra de amplio regazo,
fundamento seguro de los inmortales*

*que guardan los picos del Olimpo nevado y el oscuro Tártaro
en las profundidades de la Tierra colmada de caminos,
y Eros, el más bello entre los dioses inmortales...*

<http://www.greekmythology.com/Books/Hesiod-Theogony/hesiod-theogony.html>

A estos versos les sigue una secuencia generacional de dioses y toman lugar cruentas batallas, hasta que al final Zeus destrona a su padre Cronos y reina por siempre. El poema también relata la creación de cinco generaciones sucesivas de hombres, correspondientes a las edades de oro, plata, bronce, heroica, hasta llegar a la edad del hierro, aunque otra versión más compartida por la cultura occidental marca a Prometeo como creador de los hombres a partir de la arcilla. El mito griego muestra también semejanzas con los mitos anteriores, aunque aquí es el Caos la sustancia de la cual se genera el orden. Llama la atención que los antiguos griegos no estaban tan obsesionados con el agua como sumerios, asirios y babilonios quienes vivieron en un clima mucho más seco donde el agua resultaba ser factor limitante para sus actividades.

Más al norte y mucho más tarde, los escandinavos escribían alrededor del siglo XIII CE el *Edda*:

*...Fue el primero de los tiempos cuando Ymir vivía
había arena y no mar ni ola refrescante
ni nunca se encontraba tierra ni cielo en lo alto
había Bostezo de Abismos y en nunguna parte hierba...*

<http://www.sacred-texts.com/neu/poe/poe03.htm>

El poema se extiende con la creación de los hombres del hielo, la lucha entre los hijos de *Bor* e *Ymir*, y el triunfo final de los primeros. Son precisamente estos, *Odín*, *Höfnir*, y *Lodur*, los que hacen al hombre y la mujer a partir de dos árboles, un fresno y un olmo, y les otorgan el alma.

De nuevo los dioses salen de la nada, de algo inefable, y una lucha generacional termina con la victoria del bando que creará los primeros seres humanos. Resulta casi increíble que en tiempos de la Edad Media todavía persistiera tan cerca del dominio cristiano una cosmovisión politeísta y pagana con tantos puntos de contacto con mitos mucho más antiguos. En el comienzo de todos estos mitos, el dios primero se identifica con un elemento natural, mientras las generaciones posteriores de dioses parecen poder distinguirse de los elementos que ellos dominan (por ejemplo, Zeus domina el rayo, pero no es el rayo en sí), y resultan más semejantes al hombre que van a crear. El mensaje está claro, el material sin forma de que está hecho el mundo es anterior al orden final que es creado siempre por un dios nuevo, separado de sus predecesores y en constante lucha con ellos. Los antiguos griegos parecen ofrecer la mejor pista cuando llaman al dios inicial Caos.

No obstante, hay un mito antiguo que ha sobrevivido hasta nosotros en su forma original, y que es el fundamento de tres de las más importantes religiones actuales. Se trata del *Génesis*, escrito por los judíos en exilio y cautiverio alrededor del año 700 BC.

En el Principio, Dios creó el cielo y la tierra.

Y la tierra estaba sin forma y vacía; y las tinieblas estaban sobre la faz del abismo. Y el Espíritu de Dios se movía sobre las aguas. Y Dios dijo, Hágase la luz; y hubo luz...

Génesis 1:1- 2:4

El resto es bien conocido pues es aún lectura contemporánea, pero quiero apuntar unas pocas cosas. Asombra la economía de recursos, el minimalismo en términos modernos, con el cual este mito cosmogónico fue escrito. Un solo dios lo hace todo, y no toma lugar ninguna lucha generacional. El mundo es visto como la realización de un plan muy bien diseñado donde poco a poco, en una secuencia de seis días, ese dios sin adversario alguno crea toda la naturaleza y culmina su obra con la creación del hombre. Según los expertos, todo esto es el resultado elocuente de un monoteísmo que maduró en exilio a partir de un politeísmo previo que se pierde en la fusión de diversos pueblos asentados en la tierra de Canaán. Y llama la atención como el monoteísmo evade toda complicación: el dios de los judíos no sale de elemento alguno, está allí el primero, incluso antes que el tiempo, y en cuanto echa a andar el tiempo también crea el orden. Un pensador riguroso se preguntaría: ¿por qué ese cambio de actitud en un dios que se dice inmutable? No puedo concebir una respuesta dentro de un marco puramente religioso.

Hay sin embargo un punto en el que quisiera brevemente insistir. El mito judío es el único que resalta el papel importante de la luz como ingrediente del orden (“...y Dios vió que la luz era buena...”), una proyección antrópica de lo importante que resulta la visión para todo creador. Hoy sabemos, gracias a la Ciencia, que la visión tiene un papel enorme en la supervivencia de casi todas las especies del reino animal (el 96 % de las especies animales existentes presentan un sistema óptico para detectar la luz). En el ámbito epistemológico, la evolución de la Física como ciencia puede ser reconstruida casi en su totalidad a partir de las teorías sobre el fenómeno luminoso. Ya esto es tema para otro ensayo.

Así, aproximadamente en la misma época (~ 700 BCE), griegos y judíos presentaron en sus mitos dos hechos que nutrirán más de dos milenios después la Cosmología moderna. Unos utilizaron el Caos como elemento primigenio, mientras que los otros presentaron a la luz como ingrediente fundamental de la creación. Precisamente fueron los antiguos griegos quienes abandonaron los mitos fundando primero la Filosofía y luego la Ciencia. La primera surgió cuando se atrevieron a agregar en sus pesquisas la pregunta ontológica “¿qué es el mundo?”, mientras la segunda resultó de un acto de modestia mayor cuando quizás saciados de los laberintos por los que los llevaba la Filosofía, y deseosos de resolver problemas terrenales, se preguntaron “¿cómo es el mundo?”. Porque precisamente la Ciencia se ocupa primero de organizar y codificar los resultados de la práctica y a partir de esos datos crear una explicación basada en los mismos. Mucho se discute aún sobre la permeabilidad que tiene la actividad científica de nuestros prejuicios

filosóficos, un “lastre” del que posiblemente nunca podrá librarse totalmente. Hay ciertamente fe en la observación y la experimentación como métodos para encontrar la verdad. Pero la vocación científica por la duda sistemática junto al afán de siempre contrastar sus resultados con la práctica humana le permiten ofrecer soluciones que aunque siempre aproximadas, siempre también se acercan a una mejor descripción de lo que intentan. Un proceso abierto y ojalá infinito. El día que logremos una verdad final nos habremos condenado a un aburrimiento incurable.

La Cosmología moderna surge de esta posición epistemológica, y asombrosamente tiene muchos puntos de contacto con aquellos mitos antiguos ya visitados, algo que mostraré en lo que sigue.

Cosmología versus Cosmogonía

En rigor, existe una distinción importante entre Cosmogonía y Cosmología. Los mitos presentados previamente son fundamentalmente cosmogónicos porque hablan del origen del Universo y ofrecen pocos detalles de su estructura como un todo. Esto último es el sujeto de la Cosmología. Una lectura detallada de los mitos mesopotámicos (Sumer y Babilonia) revela la presencia de una estructura común para el universo: La Tierra como un disco con una bóveda celestial descansando sobre el borde y capaz de crear un espacio seco sobre nosotros. Debajo del disco terrestre un océano interminable llena el abismo. El agua aparece como el elemento primordial del que emana todo.

Los hebreos fueron minimalistas en su cosmología, aunque la Biblia presenta dos mitos diferentes. En el más nuevo de los mitos (ya citado, Génesis 1:1- 2:4), Dios crea el firmamento que separa las aguas y entonces crea a la Tierra, mientras el segundo mito es más breve aún (Génesis 2:4- 2:23) pues sólo se expresa que Dios creó los cielos y la Tierra. El recuento posterior hace foco en el hombre. Y es de esperar, pues un ingrediente distintivo aparece en referencia a los mitos mesopotámicos. En aquellos, el hombre es creado para servir a los dioses, mientras que en los mitos hebreos el hombre es puesto al mando de la creación divina.

Los griegos antiguos también nos legaron dos versiones cosmológicas: una mítica, y otra filosófica. La primera nos habla del Caos como origen, y luego de Gaia, la madre Tierra, que da nacimiento a Urano, el cielo. Después de varias generaciones y luchas muy cruentas, Zeus deviene el dios principal que rige, en unión de otros muchos dioses, los destinos humanos. Son dioses muy parecidos a los seres humanos, entre los que la intriga y la lujuria destacan. La estructura de aquel Universo era muy simple: los dioses en el Monte Olimpo, los seres humanos debajo. Pero aquellos griegos se obsesionaron con la pregunta de ¿qué cosa es el mundo?, y entonces iniciaron una ruta diferente que les llevó primero a la Filosofía y luego a la Ciencia. Afortunadamente, lo repito, hoy todavía recorreremos ese camino. Una especulación profunda sobre la naturaleza de las cosas tomó forma, y aunque las primeras versiones resultaron muy semejantes al mito, pronto se separaron de él. El debate en Jonia se centró primero en los cuatro elementos primordiales (tierra, agua, aire, y fuego), y luego se trasladó a Atenas donde el Nous (mente) y el Logos (lenguaje) reclamaron lugar. La lucha entre las concepciones

materialistas e idealistas también dura hasta nuestros días. La cosmología generada entonces se basó en un descubrimiento geométrico que algunos atribuyen al genio de **Pitágoras** (~ 570- 495 BCE), a quien recordamos de las clases de matemática. Existen sólo cinco poliedros regulares: el tetraedro (4 caras), el cubo (6 caras), el octaedro (8 caras), el dodecaedro (12 caras), y el icosaedro (20 caras). **Platón** (427- 347 BCE) asoció dichas formas respectivamente con aquellos cuatro elementos materiales ya mencionados y agregó uno más, la quintaesencia (o éter), para completar la correspondencia. Entonces dió un paso más, percibió la esfera como el límite perfecto de esos poliedros, y concibió a la Tierra como una esfera en el centro del Universo. Un paso gigante que después olvidamos por siglos.

A **Aristarco de Samos** (310- 230 BCE)) le correspondió desarrollar el primer sistema heliocéntrico (el Sol en el centro del Universo), pero la falta de observaciones adecuadas relegó dicho sistema al olvido. El sistema geocéntrico de **Ptolomeo** (90- 168 CE) tomó lugar y reinó hasta los tiempos del Renacimiento con **Nicolas Copérnico** (1473- 1543), **Giordano Bruno** (1548- 1600) y **Galileo Galilei** (1564- 1642), cuando la razón se atrevió de nuevo a retar a la verdad revelada. Es también el tiempo del surgimiento de la Física, ciencia donde por primera vez las observaciones y el análisis matemático convergieron con la creación de experimentos activos. Precisamente, la aparición de los experimentos y la medición activa convirtieron a la Física en la ciencia paradigmática por excelencia.

Cosmología Moderna

Las síntesis teóricas de **Isaac Newton** (1643- 1727) primero y **James C. Maxwell** (1831- 1879) más tarde, dotaron a la Física del andamiaje necesario para enfocarse sobre los fenómenos fuera del ambiente terrestre. La Astronomía devino entonces Astrofísica, y con la ya mencionada Relatividad Einsteiniana, la Cosmología apareció como una genuina rama científica. La desmitificación del tema, iniciada por los filósofos griegos, había sido completada.

Un breve recuento contemporáneo es aquí oportuno:

Georges LeMaître (1894-1966) fue un cura católico belga que devino cosmólogo después de estudiar Astrofísica en el Instituto Tecnológico de Massachussets (MIT) y terminar su PhD en Cambrigde, Inglaterra, en 1927. Ese año LeMaître adelantó la hipótesis de que un Huevo Cósmico había explotado en el preciso momento de la creación. Sus críticos, siempre los hay, denominaron la hipótesis como Big Bang y así la conocemos hoy. Este cura y cosmólogo era realmente el puente necesario para convertir un tema claramente religioso en un tema científico, un rol que la Iglesia de Roma ha jugado frecuentemente en la historia y que merece una mejor evaluación de parte de los historiadores de la Ciencia. Lo asombroso de la historia es que unos pocos años antes, en 1922, un físico soviético llamado **Alexander Friedmann** (1888-1925) había publicado en Alemania una hipótesis similar a partir de la Teoría Einsteiniana, algo que el propio Einstein al principio desestimó como especulación matemática. Lo que Einstein no sabía entonces era que Friedmann le había superado en la aplicación de su propia teoría a los

problemas cosmológicos, y que se había adelantado no sólo a LeMaître sino también a Edwin Hubble con la idea de un universo en expansión.

Edwin P. Hubble (1889-1953) es considerado por muchos el más importante astrónomo del siglo XX. En 1910, Hubble obtuvo un Bachillerato en Astronomía en la Universidad de Chicago, pero luego se dedicó por tres años a estudiar leyes y obtuvo una maestría en esa disciplina en 1913. Sin embargo, su vocación original era muy fuerte y retornó a la Astronomía donde obtuvo su PhD cuatro años más tarde. De 1919 hasta su muerte trabajó en Monte Wilson, Pasadena, donde hizo sus grandes descubrimientos. Hubble descubrió en 1929 que muchas de las nebulosas conocidas por los astrónomos se encontraban realmente fuera de la Vía Láctea (nuestra galaxia) y eran en realidad otras galaxias, pero además se percató que estas galaxias se alejaban unas de las otras a velocidades proporcionales a sus respectivas distancias. Atribuyó entonces el valor de 500 kilómetros por segundo y por megaparsec a la constante de proporcionalidad, y hoy sabemos que sobreestimó su valor el cual es estimado según las más recientes observaciones en 73.29 kilómetros por segundo y por megaparsec. Un megaparsec es una unidad astronómica enorme de distancia, equivalente a unos 30 860 000 000 000 000 kilómetros (¡30 860 mil billones de kilómetros!). Una mente versada en cálculos con unidades se percatará que como en la expresión de la constante 73.29 kilómetros son divididos por segundo pero también por otra unidad de distancia, el megaparsec, esta constante tiene finalmente unidad de inverso de segundo. El valor inverso de esta constante resulta entonces en unos 13.4 mil millones de años, una estimación actualmente aceptada de la edad del Universo. Cálculos similares con el valor inicial de Hubble resultan en un universo más joven con una edad aproximada de 2 mil millones de años.

En 1929 Hubble no sabía nada de las especulaciones de Friedmann y LeMaître, pero este último inmediatamente percibió como los nuevos descubrimientos apoyaban su hipótesis (Friedmann había ya muerto de fiebre tifoidea después de romper un record de ascenso en globo aerostático para hacer mediciones meteorológicas y médicas). LeMaître había predicho además que era posible la existencia en el espacio de los ecos de la Gran Explosión, y cuando en 1964 **Arno Penzias** y **Robert Wilson**, dos radioastrónomos de los laboratorios Bell en New Jersey, anunciaron el descubrimiento de la “radiación relicta” la Teoría de la Gran Explosión recibió la bendición final. Esta radiación es omnidireccional, lo cual significa que no existe ninguna dirección privilegiada para detectarla, señala la imposibilidad de encontrar un punto particular del espacio como centro de la explosión primigenia, y apoya el llamado **principio cosmológico**:

El Universo a gran escala parece el mismo en todas direcciones y desde cada punto del espacio.

Este hecho a gran escala es el resultado de una evolución que comenzó con la Gran Explosión y que se resume en la secuencia que les muestro a continuación (figura 1):

Primera era cósmica: de la Gran Explosión hasta la formación de los primeros átomos (primeros 3 segundos)

Segunda era cósmica: De los átomos hasta la formación de galaxias y estrellas (300 millones de años)

Tercera era cósmica: De las estrellas hasta la vida al menos en un planeta (13.7 mil millones de años: el Universo como lo vemos hoy)

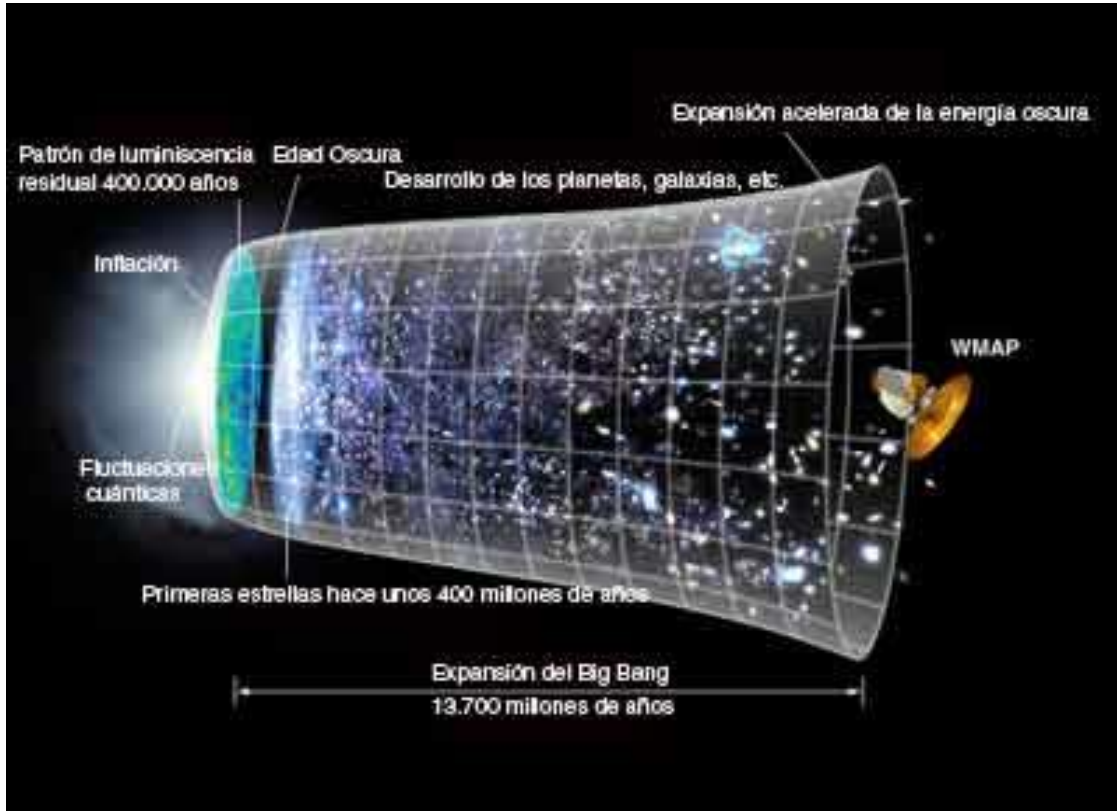


Figura 1: NASA: <http://www.20minutos.es/noticia/100726/9/bigbang/universo/nasa/>

La teoría de la Gran Explosión a partir de una singularidad inicial con densidad enorme y temperatura muy alta fue confirmada en el año 1990 con los primeros datos del telescopio orbital Hubble (llamado así en honor al famoso astrónomo). Sin embargo, dicha teoría presentaba ya entonces algunos problemas que necesitaban ser aclarados. Una lista muy breve de los dudas principales debe incluir junto al principio cosmológico ya enunciado las siguientes:

- 1) ¿Qué existía antes de la explosión? ¿Es el universo anterior a las leyes que lo rigen?
- 2) ¿Por qué el espacio resulta euclidiano a grandes distancias? En otras palabras, ¿por qué se cumple el Teorema de Pitágoras a grandes distancias?
- 3) ¿Cuáles fueron las causas de la Gran Explosión?
- 4) ¿Por qué las constantes físicas fundamentales están tan bien acopladas que permiten la formación de sistemas complejos estables hasta la vida y el intelecto?

- 5) El Problema del Horizonte: ¿por qué regiones que nunca han intercambiado información poseen las mismas propiedades físicas?

Un nuevo modelo llamado “Universo inflacionario” vino al rescate de la teoría. A finales de los años 70s, primero en la hoy olvidada Unión Soviética y luego en USA, físicos teóricos postularon la existencia durante un tiempo muy breve de una inflación (expansión exponencial) que extendió al recién nacido Universo muy rápidamente, con el consiguiente enrarecimiento y enfriamiento. Esto produjo la homogenización a gran escala que hoy observamos sin negar las inhomogeneidades a menor escala que dieron lugar a las galaxias y estrellas, así como el carácter euclidiano del espacio. De forma adicional, aunque indirecta, la inflación también enunció la conexión inicial de todas las partes del Universo en el primer minuto de su existencia, despejando las dudas del Horizonte. El modelo inflacionario permitió más tarde concebir que la causa primordial de la explosión y la posterior inflación está en el hecho de que el espacio vacío está lleno de fluctuaciones cuánticas (partículas virtuales) capaces de entrar alguna vez en resonancia fortuita y amplificarse. Las fluctuaciones siempre están presentes en cada punto del espacio-tiempo y en cada fenómeno natural, y son también la causa primera de las inhomogeneidades a pequeña escala, y de las homogeneidades a escalas mayores. Hay ejemplos familiares de este enunciado en la vida cotidiana.

Existen explicaciones alternativas a la inflación, entre las que destaca el Modelo Ekpirótico que postula la existencia de un Megauniverso de cinco dimensiones que contiene nuestro universo tetradimensional (tres espaciales y una temporal), otro universo similar al nuestro y adjacente a él, que ha permanecido invisible para nosotros pero en interacción gravitatoria, y un universo de tres dimensiones que se mueve lentamente a través del Megauniverso. Una colisión entre esta última entidad y nuestro universo produjo la Gran Explosión que ya he descrito. La palabra “ekpyrosis” significa conflagración, y fue introducida por los estoicos en la Antigua Grecia. De acuerdo con dicha escuela, el Universo era un ser material pensante (Materia plus Logos) que se destruía a sí mismo a través de la ekpyrosis cada 25 765 años, para recrearse de nuevo periódicamente (palingénesis). El próximo año 2012 precisamente cerrará uno de esos ciclos. Esperemos que los estoicos (y los mayas, añadirán algunos) se hayan equivocado.

Sin embargo, la Ekpyrosis no parece ofrecer una explicación sobre la sintonía de las constantes físicas (pregunta previa # 4), aunque por otro lado evita la pregunta sobre el principio y final del tiempo; el Megauniverso y sus universos interiores han existido y existirán por siempre, y las expansiones y contracciones se suceden en ciclos y dependen de la interacción particular entre los sub-espacios. La teoría tiene una gran belleza matemática, pero adolece de la falta de observaciones que la apoyen.

Por otro lado, la inflación vista como fenómeno derivado no responde a las preguntas sobre que existía previo a la Gran Explosión y por qué las constantes físicas fundamentales parecen estar en sintonía para favorecer la formación y desarrollo de sistemas más complejos (preguntas 1 y 4). La forma más fácil de responder a dichas preguntas es de tipo teleológica (existe un propósito, un plan), una vía que da lugar a respuestas ajenas a la ciencia, la cual debe buscar las mismas en las observaciones, la

razón y los experimentos, cuando estos últimos son posibles. Fueron precisamente ciertas observaciones en 1992, realizadas por la sonda espacial COBE (siglas en inglés para el Explorador del Fondo Cósmico), sobre la no uniformidad de la temperatura de la radiación, las que apoyaron la idea (también surgida primero en la ex-URSS aunque Stephen Hawkins parece olvidarlo en su más reciente libro) de que el Universo podría estar formado de muchas burbujas (dominios) con sus propias explosiones iniciales, y que la inflación es una propiedad inherente y eterna. El número total de burbujas pudiera ser infinito, y parecería formar un árbol cósmico con una estructura fractal (autosimilar, o mejor autoafín) que se repite a si misma en todas las escalas posibles (ver figura 2). La Física entonces podría ser diferente en cada una de dichas burbujas, y en algunas de ellas las estructuras estables podrían no tener lugar. Sólo aquellas con estabilidad suficiente podrían desarrollar sistemas complejos como la vida y luego el intelecto, y sólo en éstas pudieran aparecer testigos como nosotros, sujetos pensantes que se preguntan por el sentido de la vida.

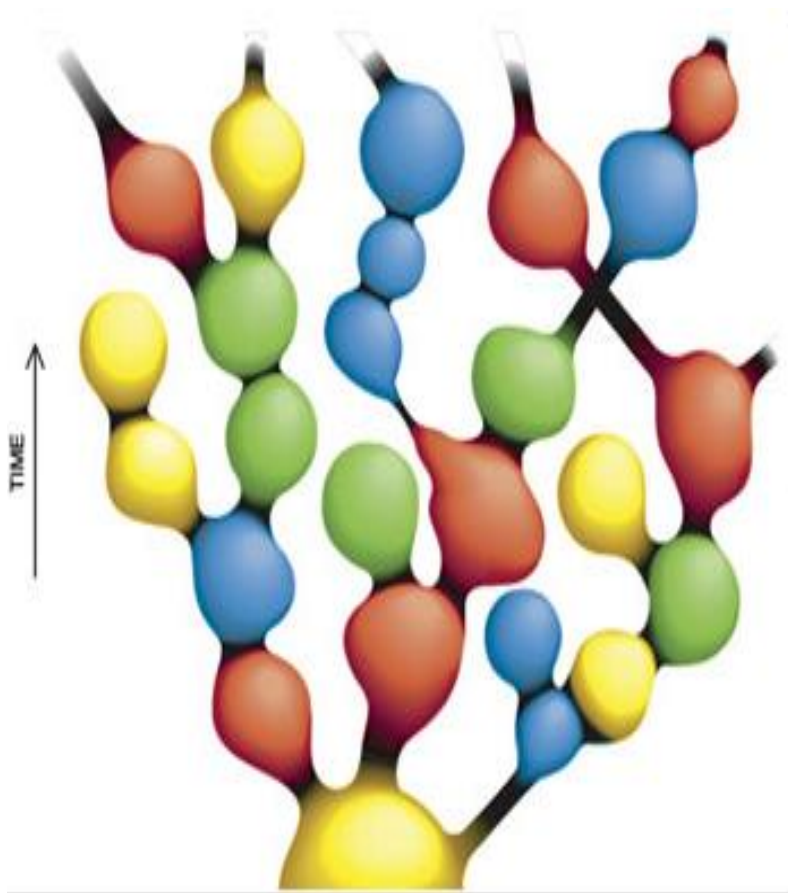


Figura 2 El multiverso de inflación eterna y auto-reproductivo de Andrei Linde: Las leyes de la Física (ilustradas con pseudo-colores) son en principio diferentes en cada burbuja.

<http://www.stanfordalumni.org/news/magazine/2007/novdec/features/universe.html>

La cosmología actual asume al Multiverso antes descrito como la mejor hipótesis para explicar las observaciones y las dudas que aún persisten. Es un modelo que postula la auto-reproducción permanente de burbujas (universos islas) gracias a la presencia permanente de fluctuaciones cuánticas. De acuerdo con este modelo, los seres humanos somos testigos de una burbuja particular del Multiverso, en la cual tres dimensiones espaciales y una dimensión temporal permitieron los fenómenos naturales como los observamos nosotros. Fenómenos tan complicados como nuestra propia manera de percibir al mundo pudieran incluso darnos pistas sobre las propiedades básicas del escenario que nos rodea, pues los testigos conscientes constituyen una de las realizaciones más tardías de aquellas leyes que rigen a la realidad desde sus inicios. Objetividad y subjetividad parecerían mezclarse de manera insospechada, ya que cada sujeto de forma permanente subjetiviza sus experiencias para actualizar sus representaciones o formar otras nuevas, y a la vez objetiviza sus representaciones para alterar la realidad o crear nuevas realidades. Dicha interacción implica que las representaciones (y sus realizaciones prácticas) no son meros reflejos de la realidad sino también, y sobre todo, actos de creación. Ser activo y creativo es la condición sine qua non de todo ser consciente. Es una pena no poder continuar con este tema tan apasionante porque nos alejaría demasiado del asunto cosmológico.

De vuelta a lo cosmológico, hay un tópico de actualidad que no quisiera omitir; se trata de la materia oscura. Para muchos físicos y astrónomos existen fuertes evidencias de la existencia de materia invisible (masa y energía) en el Universo. La propia observación de que las galaxias se alejan unas de otras aceleradamente indica que algo las está “empujando”, un tipo de energía que no somos capaces de detectar y que parece constituir alrededor del 75 % de todo el contenido de nuestro Universo. Un 20 % es estimado como masa invisible, y sólo alrededor del 5 % de toda la materia es detectable por nosotros. La expansión acelerada del espacio y la rigidez rotacional de las galaxias son explicadas con esta hipótesis que tiene al mundo científico cercano a la perplejidad. Los datos necesarios para un balance final de la masa y la energía también constituyen un tema abierto a la investigación actual. Hay ciertamente alternativas a la materia oscura, y yo personalmente creo que el Modelo Ekpirótico es una de ellas, pues la interacción interna que propone para el Megauniverso podría ser la fuente de energía necesaria para producir los efectos observados. Es oportuno declarar explícitamente que aquí nos movemos en terreno puramente especulativo, sin datos experimentales u observacionales capaces de ayudarnos en la determinación de la mejor teoría. En estos casos los físicos utilizan razonamientos de carácter “estético”, siguiendo la belleza intrínseca de las ecuaciones y modelos.

Por suerte existen muchas otras preguntas interesantes directamente asociadas a la nueva cosmología y que pueden ser abordadas aun cuando no conozcamos el mencionado balance energía-masa. Por ejemplo, ¿están las burbujas del Multiverso conectadas espacio-temporalmente? ¿Será la vida un fenómeno raro o frecuente en aquellas burbujas donde es posible? Esta última pregunta ha poblado la mente de pensadores de todas las épocas y tiene que ver con la supuesta unicidad de la especie humana.

El surgimiento de la vida en nuestro planeta estuvo precedido por una larga evolución a partir de moléculas simples. La edad de la Tierra se estima en unos 4 600 millones de años, mientras el origen de la vida parece haber ocurrido 500 millones de años más tarde, ya que fueron necesarios el enfriamiento y la solidificación del planeta, así como la formación del océano y la atmósfera. En términos astronómicos dicho tiempo no resulta demasiado largo si se tiene en cuenta la complejidad obtenida, la cual necesitó de condiciones favorables a diversas escalas. A escala planetaria, la habitabilidad de un planeta depende de su masa, la cual debe ser suficiente para retener una atmósfera, y también de sus parámetros orbitales, la velocidad de rotación y la inclinación de su eje. Sobre este particular se hacen necesarios un ciclo diurno (la alternancia entre el día y la noche) no muy largo, la existencia de un campo magnético planetario que apantalle el plasma proveniente de la estrella madre, y la no ocurrencia de temperaturas extremas (ni muy frías ni muy calientes) que permitan la existencia de agua líquida. La vida exige estabilidad del medio ambiente donde va a ocurrir. La evolución biológica toma entonces su curso, y al menos en un planeta sabemos que puede producir vida racional (y también irracional si nos observamos detenidamente). La búsqueda de planetas habitables es hoy uno de los tópicos más apasionantes de la investigación actual. Es entendible, si se cae en la cuenta de que el conocimiento humano crece a mayor paso si se dispone de ejemplos numerosos, y en este tema disponemos de uno sólo: nosotros mismos. El Universo del que somos testigos parece ser demasiado grande para albergar una sola especie consciente, una sola especie con la intención de explorarlo hasta sus más lejanos confines.

El Instituto **SETI** (siglas en inglés por *Search for Extra-Terrestrial Intelligence*) en California enfoca su trabajo en Astrobiología, el estudio de las posibilidades de vida en el Universo. Dicho instituto patroniza en conjunción con NASA la misión Kepler, destinada a encontrar planetas fuera del sistema solar semejantes al nuestro, donde es posible el surgimiento y evolución de la vida. En estos momentos la misión reporta un total de 1235 planetas candidatos, de los cuales se han confirmado 15 con aparente similitud con la Tierra. Por otra parte el programa **CETI** (siglas en inglés por *Communication with Extra-terrestrial Intelligence*) mantiene una posición más activa y ha enviado varios mensajes al espacio exterior dando cuenta de nuestra presencia. Por ejemplo, El Mensaje Arecibo, enviado el 16 de noviembre de 1974 informó sobre nuestra posición en el Sistema Solar, los principales elementos químicos para la vida en nuestro planeta, la estructura del ADN, y las figuras de un hombre y una mujer. La señal fue lanzada al exterior usando el radiotelescopio Arecibo en Puerto Rico, con una frecuencia de 2380 megahertz, una duración de 169 segundos, y una potencia de 3 billones de watts. Aún no hemos recibido respuesta.

Algunos científicos se oponen a la idea de enviar mensajes delatando nuestra posición. Para ellos, es una invitación a visitarnos que ofrece riesgos a nuestra existencia. El debate persiste sobre la naturaleza amistosa o no de la vida inteligente. En 1974 el científico ruso Nikolai Kardashev propuso una clasificación para las civilizaciones:

Tipo I: Civilización capaz de controlar la energía total del planeta, el Tiempo y el Clima, así como la prevención de terremotos. Factor energético: 10^{16} W

Tipo II: Civilización capaz de controlar la energía de su estrella.

Factor energético: 10^{26} W

Tipo III: Civilización capaz de controlar la energía de su galaxia.

Factor energético: 10^{36} W

Cuando el ya fallecido Carl Sagan conoció de dicha clasificación propuso la necesidad de una gradación más fina, y estimó el grado de nuestro desarrollo como el correspondiente a una civilización tecnológica de **tipo 0.7**. La crisis energética y las carencias de agua dulce que hoy enfrentamos demuestran que estamos aún muy lejos de controlar la energía en nuestro planeta, las condiciones meteorológicas y el pronóstico de terremotos. Pero también enfrentamos problemas de tipo ético; somos aún una especie agresiva, una característica que quizás nos sea de utilidad si enfrentamos una especie similar a la nuestra. Entonces los intentos que ahora mostramos por la comunicación con seres extraterrestres podrían transformarse en esfuerzos por ocultar nuestra existencia, pues como tempranamente apuntara Freeman Dyson en 1964: *“La inteligencia puede en verdad ser una influencia benigna, capaz de crear grupos aislados de filósofos que comparten el placer de su acumulada sabiduría...O puede ser un cáncer de explotación tecnológica que barra toda la galaxia tan irrefrenablemente como lo ha hecho con nuestro planeta...”*

En diciembre de 1975 comencé a trabajar como investigador científico de la Academia de Ciencias en una estación de rastreo de satélites en las cercanías de Santiago de Cuba. Había terminado la licenciatura en Física en la Universidad de La Habana a principios de aquel año y estaba impaciente por trabajar, pero me acompañaba entonces una evaluación de graduado donde los miembros del partido y la juventud comunistas de la facultad daban fe de mi “diversionismo ideológico”, y semejante estigma había demorado mi contratación. En la UH había observado la complacencia con la que condiscípulos y profesores acataban los desafueros del régimen; una desidia general que tenía como ingredientes principales la hipocresía y la doble moral, y que también encontré en la mayoría de mis nuevos compañeros de trabajo. Tiempo después comprendí que aquellas constituían los únicos mecanismos de defensa que han encontrado los cubanos para lidiar con una dictadura sutil que aún en nuestros días les roba hasta la esperanza. Tengo recuerdos tristes de mis primeros tropiezos con el poder absoluto y de mi soledad de aquel entonces, en mis intentos infructuosos por hacerle comprender a algunos de mis amigos la sevicia inherente al status quo donde vivíamos. Sin embargo atesoro con agrado la memoria de las noches despejadas y sin Luna en las que observaba detenidamente las estrellas a la espera de los satélites por fotografiar, cuando pude percibir la inmensidad del Universo y se fortaleció en mi el deseo por entender el lugar que ocupamos como especie, un problema mucho más importante que aquellos de tipo político con los que manipulaban y agobiaban a mi generación. Desde entonces me

invaden preguntas que han guiado por siempre mi inquietud intelectual, preguntas como la que inició este ensayo y a la que he pretendido contestar, y otras de las que no sé si tendré respuesta en lo que aún me queda de vida, como ésta eterna:

¿Acaso estaremos solos?

Arquímedes Ruiz Columbié, Lubbock, Texas, Febrero 19 del 2011

Algunas referencias (lecturas adicionales recomendadas)

Dyson, F. J. **Letter**, **Scientific American**, 210 (4), (April 1964)

Hawking, S. And L. Mlodinov, 2010: **The Grand Design**, Bantam Books, NY, 198 pp

Kaku, M., 2004: **Parallel Worlds**, Doubleday, 447 pp.

Khoury, J et al, 2001: **The Ekpyrotic Universe: Colliding Branes and the Origin of the Hot Big Bang**, http://arxiv.org/PS_cache/hep-th/pdf/0103/0103239v3.pdf

Liddle, A., 2003: **An Introduction to Modern Cosmology**, Wiley, 189 pp

Linde, A.D., 1986: **Eternally Existing Self-reproducing Chaotic Inflationary Universe**, Physics Letters B, 175, 4, 395-400

Kepler Mision: <http://kepler.nasa.gov>

Paradoja de Fermi: http://es.wikipedia.org/wiki/Paradoja_de_Fermi

La Peregrina Magazine © 2013