



Nació en Zacatecas, Zacatecas en 1923. Realiza sus estudios de Pintura en la Escuela "La Esmeralda", en la ciudad de México. Más tarde estudia en Francia.

Coronel tiene un gran interés por las culturas prehispánicas y primitivas, su trabajo tiene influencia de Tamayo y también existe una preocupación especial por el color. En sus cuadros destacan las texturas y contrapuntos cromáticos.

Coronel, con su obra pictórica, se reconoce como un innovador de la plástica mexicana. Su obra se

encuentra en museos de todo el mundo y forma parte de la colección de Bellas Artes.

Su primera exposición individual (1954) fue en la Galería Proteo, Ciudad de México, donde su exposición llamó la atención al Premio Nobel mexicano, Octavio Paz. Más tarde exhibió en Francia, Italia, Japón, Estados Unidos y Brasil.

En su último periodo que vivió en París su arte mostró, diferentes facetas (dibujos) subyugando en el erotismo de las formas naturales, de una apreciable madurez estética y artística.

En 1984 recibió el "Premio Nacional de Artes". El día 23 de mayo de 1985 a las 18.00 hrs. murió a causa de un derrame cerebral a la edad de 62 años.

En su ciudad natal se estableció el museo Pedro Coronel, en donde se exhibe la colección de arte universal que el pintor donó a su pueblo para que todos pudieran gozar de ella, entre otras piezas se encuentran trabajos de Picasso, Chagall, Vasarely, Dalí, Joan Miró y Goya, del que se expone una serie de pinturas con temas taurinos. Existen también muestras del arte egipcio, japonés, africano y tailandés.



# UANL

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN®

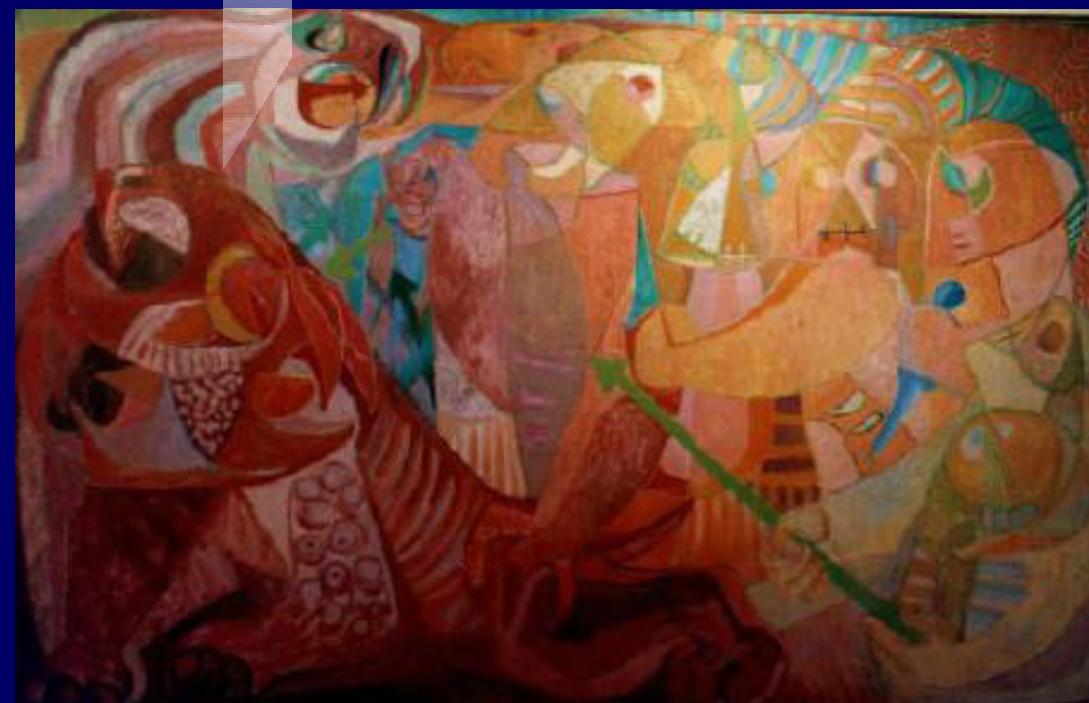
ISSN 2007-2058



ESCUELA PREPARATORIA No. 3

# REFORMA SIGLO XXI

ÓRGANO DE DIFUSIÓN CIENTÍFICA Y CULTURAL  
AÑO 19 NÚM. 69 ENERO-MARZO DE 2012  
MONTERREY, N.L.



# Una mirada al universo

J. Rubén Morones Ibarra\*

## Introducción

**L**a observación del cielo nocturno ha fascinado al hombre desde las civilizaciones más antiguas. En todos los grupos humanos que alcanzaron cierto grado de desarrollo se formularon preguntas acerca del universo y se construyeron modelos para explicar el origen del mundo. En este intento de explicar el origen del universo se generaron muchas ideas que hoy forman parte de las mitologías antiguas.

El movimiento de los planetas, del sol y de la luna atrajo la atención de las mentes más inquisitivas de las civilizaciones pasadas. De estas observaciones surgió la astrología, lo cual fue un fenómeno natural que se dio debido a que se pensó que el destino de cada ser humano estaba ligado al movimiento de los astros.

Ese interés por contemplar el cielo dio lugar a la formulación de muchas preguntas. En las etapas primitivas de la civilización humana y durante muchos siglos después, las respuestas a estas preguntas tuvieron un fuerte contenido religioso y mitológico. Las respuestas siempre se basaban en la imaginación y la creatividad humanas, todas ellas ancladas a los fenómenos naturales y a las observaciones y vivencias de los hombres pero con la componente de la intervención de dioses y divinidades. Así por ejemplo los babilonios, los egipcios y los griegos elaboraron modelos del universo y explicaron su origen elaborando una trama mito-

lógica de gran valor poético y literario, pero de un nulo valor científico.

Todas las ideas de los pueblos antiguos sobre la creación del mundo o del origen del universo tienen un elemento en común: combinan las experiencias de la vida con aspectos imaginarios y mitológicos. La experiencia de observar el cielo y contemplar el sol, la luna, las estrellas y los planetas impulsaron al hombre a buscar respuestas a los misterios del universo. La historia de estas preguntas y respuestas es interesante, pero mucho más interesante es encontrar el momento en el que se inicia el estudio sistemático de los objetos astronómicos y se empieza a analizar el universo con fines de conocerlo y de encontrar explicaciones a los fenómenos observados, y no solo de contemplar estos.

La astronomía es la más antigua de las ciencias, ya que surge con la observación de los fenómenos del cielo. La sucesión del día y la noche, de las estaciones del año, el movimiento del Sol y los planetas y las fases de la Luna, formaron los primeros conocimientos de los habitantes de nuestro planeta. Antes de que el hombre inventara la escritura ya había acumulado un conjunto de ideas y conocimientos que fueron producto de sus observaciones del cielo.

La astronomía, hasta antes de Copérnico, estuvo concentrada casi totalmente en el movimiento de los cuerpos celestes. El pro-

\* Licenciado en Ciencias Físico-Matemáticas egresado de la U.A.N.L. Estudios de Maestría en Física Teórica en la UNAM y Doctorado en Física Nuclear Teórica en la Universidad de Carolina del Sur en Estados Unidos. Actualmente es profesor de tiempo completo en la Facultad de Ciencias Físico-Matemáticas de la U.A.N.L. E-mail: r.morones@dfm.uanl.mx

pósito principal en sus inicios fue el de asociar estos movimientos con el destino de los hombres, es decir, tenía un propósito astrológico.

Posteriormente, las observaciones de los fenómenos del cielo tuvieron principalmente tres propósitos fundamentales: el primero, como ya lo mencionamos, tenía fines astrológicos, otro era para la predicción de eclipses y uno más con el objetivo de establecer un calendario. Tener un calendario es útil para determinar los tiempos para la agricultura y otras actividades humanas.

Los babilonios fueron los primeros que desarrollaron un calendario basado en el movimiento del sol y el de las fases de la luna. Posteriormente en Grecia, hicieron estudios geométricos y asociaron círculos y esferas (figuras perfectas) a los movimientos planetarios y a la forma de los cuerpos celestes.

Todas estas ideas sentaron las bases para el desarrollo de la curiosidad y el pensamiento inquisitivo, lo cual permitió posteriormente formular teorías y desarrollar nuestro conocimiento sobre el cosmos.

### **La astronomía griega**

La filosofía materialista griega tuvo como iniciador a Tales de Mileto, el cual tuvo después varios seguidores. Estos filósofos buscaron explicar los fenómenos del mundo basándose en el principio de que la causa de todo es la materia. Tales de Mileto fue un mercader que viajó por Asia y Egipto. Visitó Babilonia en varias ocasiones y ahí aprendió muchas ideas sobre el universo, que después las enriquecería con las suyas propias para dar origen a toda una línea de pensamiento filosófico.

Tales de Mileto es el primer científico que se conoce y fue el fundador de la filosofía materialista. Su filosofía es llamada materialista debido a que no atribuye el origen del universo a ningún dios ni a ningún creador. De acuerdo

con la filosofía de Tales de Mileto, todas las explicaciones de los fenómenos de la naturaleza deben buscarse en las propiedades de la materia. Para Tales de Mileto el elemento fundamental, el cual era el principio de todo, era el agua.

La idea de buscar la esencia de las cosas en algo material es lo que caracterizó al pensamiento materialista. El aspecto novedoso de esta forma de pensar no es el hecho de que sus ideas fueran correctas o no, sino que fue el principio de una manera original de ver las cosas y de tratar de explicar los fenómenos de la naturaleza.

Los griegos fueron los primeros que se ocuparon de estudiar el cielo con interés no solo contemplativo sino siguiendo un procedimiento de indagación y auscultación. Buscar respuestas a los fenómenos que observaban en la bóveda celeste fue el cambio notable que introdujeron los griegos en la observación del cielo.

Todas las civilizaciones anteriores a los griegos pensaron que la Tierra era plana. Fueron los griegos quienes primeramente introdujeron la idea de una Tierra de forma esférica. Primeramente Pitágoras, alrededor de 500 años antes de Cristo, basado en ideas místicas sobre las formas geométricas, afirmó que la Tierra debería tener una forma esférica pues esta era la forma perfecta.

Los griegos le dieron al conocimiento astronómico un impulso notable. Además de descubrir que la Tierra es esférica lograron determinar su tamaño en base a observaciones terrestres y astronómicas. También determinaron la distancia de la Tierra a la Luna con una precisión aceptable y pudieron también predecir los eclipses. Hubo grandes astrónomos en la época de la Grecia Clásica. Entre ellos encontramos a Hiparco, Tolomeo, Tales de Mileto y Eratóstenes, los cuales aportaron importantes conocimientos a la astronomía.

Fueron tres observaciones fundamentales las que llevaron a los griegos a establecer la hipótesis de la Tierra esférica. Estas tres observaciones se atribuyen a Aristóteles. La primera de éstas es que al avanzar en dirección hacia el norte se empiezan a observar nuevas estrellas y van desapareciendo aquellas que se encontraban en el horizonte hacia el sur. Si la Tierra fuera plana este fenómeno no podría ocurrir.

Otra observación que fortaleció la idea de la Tierra esférica fue el hecho de que cuando un barco se aleja de la costa empieza a desaparecer de la vista la parte inferior del barco y lo último que desaparece son las puntas de los mástiles. Nuevamente, en una Tierra de forma plana esto no puede suceder.

La tercera observación es que la sombra que la Tierra proyecta sobre la superficie de la Luna en los eclipses de Luna tiene siempre una forma de arco de círculo. Fueron estos hechos empíricos los que apoyaron la hipótesis de una Tierra esférica.

Todos estos conocimientos quedaron escondidos durante los mil años de oscurantismo. Cuando la humanidad salía de esta etapa de negación del conocimiento, surgió Copérnico con su idea revolucionaria que afirmaba que el centro del universo no era la Tierra como se afirmaba. Por sus ideas revolucionarias se dice que Copérnico sacó a la Tierra del centro del universo y colocó ahí al Sol.

### **Evolución histórica de las ideas cosmológicas**

Después de que Grecia quedó bajo la dominación de los romanos la cultura griega fue quedando en el olvido. Aún después de la caída del imperio romano la situación no fue nada favorable para el desarrollo de la ciencia. El mundo entró en el período oscurantista, época de la historia de la civilización donde se impedía que la población se educara. Después

de mil años de de la época medieval, el mundo empezó a salir de su letargo. En el periodo de 1100 a 1200, se fundaron las primeras universidades en Europa y el mundo se empezó a interesar por el conocimiento.

Claudio Tolomeo fue un astrónomo y matemático greco-egipcio que vivió en Alejandría entre los años 100 y 170 de nuestra era. Tolomeo desarrolló un modelo del universo que perduró durante muchos años. El modelo de universo desarrollado por Tolomeo, llamado geocéntrico, en el cual la Tierra ocupaba el centro del universo fue aceptado durante más de catorce siglos. Desde el siglo II hasta principios del siglo XVI la idea de que todo en el cielo gira alrededor de la Tierra fue aceptada e impuesta por los jerarcas de la religión dominante y por todos los gobernantes europeos.

El modelo de Tolomeo del universo se basa en el sentido común. Si vemos que todo gira alrededor de nosotros, es claro que la Tierra es el centro de todo. El universo, así lo parece, es un inmenso globo sólido, con las estrellas adheridas en esa bóveda celeste y los planetas, que son estrellas vagabundas, moviéndose en esa bóveda.

En plena época del renacimiento, cuando el mundo despertaba de su sueño de mil años, el astrónomo y matemático polaco Nicolás Copérnico, publicó al final de su vida, un libro donde exponía su teoría de que la Tierra gira alrededor del Sol. Esta teoría, llamada teoría heliocéntrica, establecía también que la Luna gira alrededor de la Tierra. Un aspecto más de sus ideas fue que es la Tierra la que gira alrededor de su eje y no las estrellas alrededor de la Tierra como se creyó durante tanto tiempo.

Estudiando el movimiento de las estrellas, Copérnico razonó de la siguiente manera: todos los planetas se mueven de manera diferente y se encuentran en distintas posiciones. Es muy extraño que todos ellos giren alrededor de la Tierra dando una vuelta cada

día. Buscando la explicación de esto, se le ocurrió la idea que si la Tierra es la que gira todo esto parece simplificarse y aclararse.

Sin embargo, la gente se reía de esta idea. Cómo es posible que la Tierra gire, pensaban, y que nosotros que estamos parados sobre la Tierra, estemos dando vueltas. Si así fuera, podríamos dar un salto y al moverse la Tierra bajo nuestros pies, al caer tocaríamos el suelo en otro lugar, no en el mismo, como todos sabemos por experiencia que ocurre. Tendría que pasar todavía un siglo para que Newton nos explicara lo que verdaderamente ocurre.

La hipótesis de Copérnico de que la tierra está girando sobre su eje explica de una manera muy simple el fenómeno del día y la noche. Copérnico también supuso que la Tierra gira alrededor del Sol y que este movimiento explica las estaciones del año. Es por esto que se dice metafóricamente que Copérnico detuvo al sol y puso a la Tierra en movimiento.

Con las ideas de Copérnico la astronomía entraba en una época de modernización y de grandes avances. Basándose en las ideas de Copérnico se realizaron importantes avances en el conocimiento de nuestro sistema solar y con las aportaciones de Kepler y Galileo, Newton completa su monumental obra sobre la mecánica y la gravitación universal.

### **El inicio de la moderna astronomía**

El astrónomo y matemático alemán Johannes Kepler, realizó una intensa investigación sobre el movimiento de los planetas y formuló las leyes que ahora llevan su nombre, contribuyendo con sus ideas al descubrimiento de la ley de la gravitación universal por Newton. Kepler recibía apoyo por parte de una asociación de personajes distinguidos y se comprometió a presentar un documento, con los resultados de sus investigaciones, ante este grupo de nobles.

En el año de 1596, Kepler escribió un libro titulado *"El Misterio del Universo"* donde afirmaba haber descubierto los secretos del movimiento de los planetas. El libro comienza con una elegante carta dirigida a los Nobles alemanes quienes lo apoyaban en sus investigaciones. En esta carta decía: como he prometido hace seis meses escribir un libro que a juicio de los entendidos sea elegante, notable y muy superior a los calendarios anuales, presento ahora a vuestra amable compañía una obra que, aunque pequeña en extensión, es fruto de mis propios y modestos esfuerzos, y trata de un maravilloso tema. Si deseáis antigüedad, Pitágoras ya lo había tratado hace más de dos mil años. Si queréis novedad, es la primera vez que esta cuestión es presentada a toda la humanidad por mí mismo. Si deseáis grandeza, nada más grande que el universo. Si deseáis venerabilidad, nada es más bello que nuestra morada. Si deseáis conocer los misterios, nada hay o ha habido en el mundo más recóndito. Me estoy refiriendo al libro que hoy presento y que es el libro de la naturaleza.

Con estas palabras, Kepler, que en ese entonces tenía 25 años, mostraba apasionadamente, con la fuerza que le daba su juventud, su convicción de haber descubierto el secreto que encierra el movimiento de los planetas. Kepler, que tenía mucho de místico, siguiendo la escuela pitagórica, creía en el poder misterioso de los números. Enfrascado en sus estudios sobre el movimiento de los planetas llegó a la conclusión de que los planetas no describen trayectorias circulares alrededor del Sol, como lo afirmó Aristóteles, sino que describen una elipse.

Las tres leyes de Kepler sobre el movimiento planetario, fueron la base para que Isaac Newton descubriera la ley de la gravitación universal. Con los descubrimientos de Newton y su formulación de las leyes generales del movimiento, el mundo entró a una nueva etapa y el paradigma de las ciencias naturales cambió por completo. Newton encontró que las leyes que

gobiernan el movimiento en el cielo, el de los cuerpos celestes, son las mismas que rigen el movimiento de los cuerpos aquí en la Tierra. El nuevo paradigma científico es que en todo el universo se cumplen las mismas leyes.

A partir de la publicación de la obra de Newton, cuyo título es: "*Principios Matemáticos de la Filosofía Natural*", donde el autor presenta sus leyes del movimiento y de la gravitación universal, la fama de Newton y la influencia de su obra se extendieron por toda Europa en los centros de estudio de las ciencias naturales y de las matemáticas. Desde entonces el mundo no volvió a ser igual. Se tenían ahora las leyes fundamentales de la naturaleza, las cuales proporcionaban la información para descifrar muchos de los enigmas del mundo. Se llegó a la importante conclusión de que las leyes que rigen los fenómenos que ocurren aquí en la Tierra son las mismas que se aplican para los fenómenos del cielo. El mundo celestial quedó igualado con el mundo terrenal.

Después de la revolución provocada por Newton en el pensamiento científico, vendría Albert Einstein a generar otra nueva revolución introduciendo dos nuevas teorías que modificaron nuestra forma de ver al mundo.

### **La relatividad especial**

En la teoría especial de la relatividad se introduce el concepto de espacio-tiempo. Este es un espacio de cuatro dimensiones que es plano pero no es euclidiano ya que la distancia entre dos puntos de este espacio no se mide de acuerdo con el teorema de Pitágoras extendido a cuatro dimensiones.

Los resultados principales de la relatividad especial fueron los de echar por tierra el concepto de tiempo absoluto y el de espacio absoluto. En esta nueva teoría los relojes en movimiento relativo marcan diferentes intervalos de tiempo para dos fenómenos que ocurren en diferentes lugares. Es decir si dos su-

cesos ocurren con una hora de diferencia para un observador determinado, para otro que se mueva en un tren respecto al primer observador, el tiempo que transcurra entre los dos sucesos, según lo mida su propio reloj, será diferente de una hora. Esto es lo que se conoce como la relatividad del tiempo.

Similarmente a lo que ocurre con los intervalos de tiempo, sucede también con los intervalos de longitud: la distancia entre dos puntos no es la misma para dos observadores que se mueven uno con respecto al otro. Esto implica que la longitud de una regla en movimiento es diferente de la que mide un observador para el cual la regla está en reposo. Esto se conoce como la relatividad del espacio.

### **La teoría general de la relatividad**

La teoría general de la relatividad es una teoría de la gravitación, esto es, una teoría de los efectos de la fuerza gravitacional. El punto fundamental de la teoría es que el concepto de fuerza gravitacional introducida por Newton, es reemplazado por el concepto de deformación del espacio-tiempo. La fuerza de gravedad resulta ser solamente una manifestación de la curvatura del espacio-tiempo y esta curvatura es la que determina las trayectorias seguidas por todo lo que se mueve en el espacio que rodea a un cuerpo como una estrella. El espacio-tiempo es un espacio de cuatro dimensiones donde tres de las dimensiones corresponden al espacio y la cuarta dimensión es asociada con el tiempo.

La conclusión de Einstein en sus estudios sobre los campos gravitacionales fue que todos los fenómenos físicos que ocurren en un campo gravitacional son idénticos a los que se observan en un marco de referencia acelerado. Este resultado es el principio fundamental de su teoría general de la relatividad y se conoce como principio de equivalencia.

Según lo describe Einstein en sus notas autobiográficas, esta fue la idea más afortunada

que se le ocurrió en su vida. Estaba sentado en la oficina de patentes de Berna, donde trabajaba cuando se le vino a la mente la idea de qué pasaría si un elevador se desploma cayendo libremente. Su conclusión fue que los pasajeros del elevador sentirían que no pesan. De aquí sacó Einstein notables conclusiones. Por lo pronto, concluyó que la luz debe desviarse de su trayectoria rectilínea cuando pase por un campo gravitacional.

La desviación de la luz en un campo gravitacional lo hizo pensar que las líneas rectas no existen en presencia de campos gravitacionales. De aquí se originó en su mente una nueva idea; la idea de que el espacio no es plano o euclidiano, sino que es curvo. En un espacio curvo la geometría de Euclides o geometría clásica no tiene validez. La geometría de un espacio curvo es una geometría no euclidiana.

La idea de Einstein fue que la presencia de masa cambia la geometría del espacio-tiempo y que la descripción de los fenómenos gravitatorios puede hacerse en términos no de fuerza gravitacional sino de la geometría del espacio-tiempo. La descripción de los efectos gravitacionales se hace en términos geométricos, mediante una geometría que no es euclidiana. Las matemáticas de la relatividad general se apoyan en la geometría diferencial de espacios riemannianos, es decir, espacios curvos.

Las líneas de longitud mínima que unen dos puntos en un espacio curvo se llaman geodésicas. En otros términos, la distancia más corta entre dos puntos cualesquiera es la línea geodésica de ese espacio. En un plano, por ejemplo, las geodésicas son las líneas rectas. En un espacio no-euclidiano, las geodésicas son las correspondientes a las líneas rectas del espacio plano, pero en este caso no son rectas.

Las líneas rectas del espacio euclidiano se reemplazan por las líneas geodésicas del espacio curvo de cuatro dimensiones, que es el espacio-tiempo. La línea recta de la geometría

euclidiana, no existe en nuestro espacio físico. Lo más cercano a una línea recta que pase por dos puntos dados, es un rayo de luz, y como ya lo hemos mencionado, el rayo de luz sigue la trayectoria geodésica, es decir una curva de longitud mínima que une los dos puntos en este espacio.

Tres de las más notables predicciones de la teoría general de la relatividad son: el movimiento del perihelio del planeta Mercurio, la desviación de la luz al pasar cerca de una estrella y el corrimiento hacia el rojo de los espectros de luz emitidos por los átomos en una estrella. Todas estas predicciones y otras más, han sido confirmadas experimentalmente, lo cual le ha dado a la teoría la credibilidad de que hoy goza.

Resumiendo las ideas centrales de la relatividad general, podemos decir que en esta teoría los cuerpos materiales en movimiento donde haya un campo gravitacional, están obligados a seguir las trayectorias más cortas (líneas geodésicas) de ese espacio-tiempo, deformado por la presencia de los cuerpos que generan ese campo gravitacional. En particular, el movimiento de los planetas alrededor del Sol corresponde al de las líneas geodésicas del espacio-tiempo. Cuando la Tierra se mueve de un punto a otro en el espacio, sigue una trayectoria geodésica en el espacio curvo de la vecindad del Sol.

Por otra parte, la relatividad general desarrollada por Einstein nos proporciona la herramienta para estudiar el universo como un todo. Esta teoría nos ha permitido desarrollar modelos del universo que son actualmente las estructuras básicas de toda la cosmología moderna.

En una cena en honor a Einstein el 27 de octubre de 1930, el escritor inglés Bernard Shaw rindió tributo a la obra de Einstein en un discurso memorable. Después de mencionar en su discurso que hay un tipo de grandes hom-

bres a los que se reconoce por ser creadores de imperios, como Napoleón, agregó lo siguiente: hay un tipo de hombres que van más allá de construir imperios, como el hombre que venimos hoy a honrar aquí, ellos son creadores de universos. Tolomeo creó un universo que duró mil cuatrocientos años, dijo y Newton sustituyó este universo por otro. El universo de Newton duró trescientos años y fue reemplazado por el universo de Einstein. Bernard Shaw concluyó su discurso con la frase: no sabemos todavía cuánto podrá durar este universo creado por el Dr. Einstein.

### Origen del universo

El universo es la totalidad del espacio físico y todo lo que en él se encuentra. Desde la más remota antigüedad el hombre se ha hecho la pregunta de cómo se originó el universo. Esta pregunta perteneció hasta hace pocos años al ámbito de la religión o de la filosofía o de la metafísica, pero no al de la ciencia. La ciencia no podía ocuparse de esta cuestión debido a que no había ninguna observación experimental que permitiera elaborar una teoría acerca del origen del universo.

Como se sabe, las ciencias naturales se apoyan en el método científico, es decir, en hechos experimentales, para establecer sus hipótesis o teorías. El método científico requiere para su aplicación, primeramente, que se observe un fenómeno y que pueda reproducirse u observarse repetidamente. Después de estas observaciones se pretende explicar el fenómeno emitiendo una hipótesis. Esta hipótesis implica que ciertos hechos deben aparecer acompañando al fenómeno. Esta capacidad predictiva de la hipótesis es lo que la pone a prueba. Si se confirman los hechos que la hipótesis predice entonces la hipótesis se refuerza. Si no se observa el hecho predicho entonces no se pasa a la siguiente etapa en la explicación del fenómeno, que sería someterlo a otras pruebas. Y para explicar el fenómeno deben establecerse otras hipótesis que serán some-

tidas a la prueba experimental, siguiendo los pasos anteriores para reafirmar o desechar la nueva hipótesis.

En el año de 1929 tuvo lugar uno de los descubrimientos astronómicos más notables de la historia. El astrónomo norteamericano Edwin Hubble observó desde el telescopio de Mount Wilson, cerca de Los Ángeles, California, el telescopio más grande del mundo en ese entonces, que las galaxias más lejanas que podía observar, se alejaban unas de otras y también de nosotros, a grandes velocidades. Esta observación es similar cuando se mira en cualquier dirección en el cielo. Puesto que una de las hipótesis de la astronomía es que nuestra galaxia no ocupa una posición privilegiada en el universo, esperamos que si nos colocamos en cualesquier otra galaxia, debemos observar lo mismo, es decir, que las galaxias más distantes se alejan a grandes velocidades. Esta observación sentó las bases de la cosmología moderna, que es la rama de la astronomía que se ocupa del estudio del universo como un todo.

Si se le hubiera preguntado a un científico de la época antes del descubrimiento de Hubble sobre el alejamiento de las galaxias, su opinión acerca de los orígenes del universo lo más probable es que, si el científico no es religioso, conteste que no hay evidencia experimental para emitir alguna respuesta. Sin embargo, la observación de Hubble trajo como consecuencia que las preguntas con las que se inició esta sección dejaran de tener respuestas puramente especulativas y formen ahora parte de las preguntas científicas. Las preguntas anteriores no es que no fueran de interés de los científicos, lo que ocurre es que no se podía aplicar los métodos que usan los científicos para contestarlas debido a que no había ninguna observación que permitiera tomarse como base o como guía para emitir una respuesta.

En la cosmología moderna se puede preguntar ¿cómo se originó el universo?,

¿Cuándo se originó? Es decir qué edad tiene el universo. ¿Cuál ha sido la evolución del universo? Todas estas preguntas tienen sentido debido a que el universo resulta ser un sistema dinámico, es decir, que cambia con el tiempo, y es posible estudiar su evolución. En un universo en expansión se pueden hacer las preguntas mencionadas. Empero, en un universo estático estas preguntas no se pueden responder.

Una idea que surge en forma natural al observar el aumento entre sí de la distancia entre las galaxias lejanas es que si en el presente las galaxias se alejan unas de otras, entonces en el pasado estas galaxias estaban más juntas. Y en algún momento en el pasado todas las galaxias estaban concentradas en una región relativamente pequeña del espacio. Este simple razonamiento llevó al físico ruso-norteamericano George Gamow (1904-1968) a elaborar un modelo sobre el origen del universo. Este modelo es conocido como del Gran Estallido o Gran Explosión (Big Bang). (Nota: La expresión Big Bang ha sido aceptada en el idioma español para este fenómeno).

Según la mitología griega, antes de todo lo que existe ahora, existía solamente el caos. El caos de los griegos era una inmensa masa informe en una región donde prevalecían las tinieblas. En el estado presente del conocimiento sobre el cosmos, hemos regresado al caos como etapa inicial del universo. Hay evidencias experimentales que muestran que hace aproximadamente quince o veinte mil millones de años el universo se encontraba en una fase de inmensa densidad y temperatura, estando toda la materia concentrada en una pequeña región del espacio. En esta etapa inicial del universo toda la materia estaba disociada en sus constituyentes más elementales, como la radiación electromagnética, electrones y quarks. Estos últimos son las partículas fundamentales de la que están formados los protones y los neutrones.

De acuerdo con los cálculos teóricos, después de que transcurrieron 700,000 años de la Gran Explosión, se formaron los átomos neutros del universo. Habiendo en ese entonces mucho menos partículas cargadas libres, que las que había inicialmente, el universo se volvió transparente a la radiación y ésta pudo recorrer grandes distancias sobreviviendo hasta nuestros días. Al continuar expandiéndose el universo, esa radiación se "enfrió" y es hoy un remanente del pasado remoto del universo, conociéndose en la actualidad como "*la radiación de fondo del universo*". Esta radiación fue detectada accidentalmente en el año de 1965 por los ingenieros norteamericanos Arno Penzias y Robert Wilson. El descubrimiento de esta radiación que proviene de todos los puntos del espacio, dio un fuerte soporte experimental al modelo del Big Bang. Posteriormente ha habido datos experimentales que proporcionan un mayor soporte a la teoría del Big Bang.

### **Edad del universo**

Una vez que se acepta la teoría del Big Bang como la explicación del origen y evolución del universo, se puede calcular la edad del universo mediante una simple división aritmética. Los datos que se requieren para este cálculo son las velocidades con las que se alejan las galaxias más distantes y la distancia a la que se encuentran estas galaxias. Si dividimos la distancia entre la velocidad obtenemos el tiempo en el que se encontraban todas juntas, que en principio, nos proporciona una estimación del momento en el que ocurrió la Gran Explosión. Esto corresponde a la edad del universo.

### **Destino del universo**

La teoría general de la relatividad sentó las bases para estudiar el universo como un sistema, es decir, como un todo. La gran diferencia entre el modelo del universo que surge de la relatividad general y el de los modelos anteriores es que el modelo del universo de

Einstein es finito. El universo de Einstein tiene un volumen finito pero es ilimitado. No existen límites ni fronteras en este universo, ya que éste se cierra sobre sí mismo de la misma manera en que lo hace una esfera. Como la Tierra, tiene volumen finito pero podemos viajar por su superficie sin que encontremos un borde que nos indique que más allá de ese borde no se puede pasar.

Podríamos imaginar este universo ilimitado si nos vemos viajando sobre un rayo de luz. Esta luz seguirá la curvatura del espacio y regresará al mismo punto después de "*darle la vuelta*" al universo. Ésta es una de las características del universo de la teoría de la relatividad: el universo es finito pero ilimitado. No pensemos en que el espacio que ocupa el universo es algo que está metido en un espacio más grande. Esta idea es incorrecta. El universo es el todo y no podemos salir de este espacio. Cualquier cosa que se mueva, como un rayo de luz que se dirija en cualquier dirección y que no encuentre obstáculo, regresará al mismo punto después de algún tiempo (el intervalo de tiempo será muy grande, pero al fin de cuentas, finito).

Para poder comprender el universo como un todo, es fundamental conocer el comportamiento de sus componentes más pequeñas. Aristóteles afirmaba que los extremos se tocan. En el caso de los misterios de la materia y del universo esta expresión los identifica plenamente. Para comprender lo que ocurrió en los primeros instantes del universo y la manera como este evolucionó, es necesario entender lo que sucede con las interacciones entre las partículas subatómicas.

La pregunta sobre el destino del universo tiene también en la actualidad respuestas apoyadas en el conocimiento científico. Para comprender mejor estas respuestas hagamos una analogía con lo que ocurre a una bala lanzada por un hipotético cañón muy poderoso. Si la bala se dispara verticalmente hacia arriba con una velocidad tal que exceda una velocidad crítica

conocida como velocidad de escape, entonces la bala no regresará a la tierra y continuará moviéndose por el espacio, en principio, indefinidamente. Por otra parte, si la velocidad de la bala con la que sale del cañón es menor que la velocidad de escape, entonces la bala regresará a la tierra, como cuando lanzamos una piedra al aire. En general, el valor numérico de la velocidad de escape para un planeta cualquiera, depende de su masa y del tamaño del planeta.

De manera similar podríamos decir que si la velocidad inicial de la Gran Explosión, excedió cierto valor crítico, entonces el universo seguirá expandiéndose por siempre, irá disminuyendo continuamente la temperatura promedio y terminará en un universo frío y oscuro, donde no tendrá lugar ningún tipo de proceso, ni biológico ni químico, ni físico. Será un universo muerto. Esta evolución tenebrosa del universo se conoce como "*la muerte térmica del universo*".

Por otro lado, si la velocidad inicial con la que explotó el universo es menor que el valor crítico ya mencionado, entonces la expansión se detendrá en algún momento en el futuro y empezará su contracción, terminando en un Gran Colapso. Este destino, menos trágico pero más espectacular que el anterior, permitirá al universo volver a empezar, como el Ave Fénix de la mitología, que se incineraba a sí misma resurgiendo rejuvenecida de sus propias cenizas, iniciando así un nuevo Big Bang, que repetirá el ciclo anterior.

Existe una cantidad importante para decidir cuál de los dos será el destino del universo, esta cantidad es la densidad de masa crítica del universo. Si la densidad de masa del universo es menor que la densidad crítica, el escenario para su evolución será el primero que mencionamos, el de la expansión continua. A este universo se le conoce como universo abierto. Por otra parte, si la densidad de masa es mayor que la densidad crítica, entonces ten-

dremos el segundo caso, el universo detendrá su expansión, contrayéndose posteriormente, colapsándose e iniciando una nueva explosión. Este modelo del universo es un modelo cerrado y por razones obvias se conoce como universo cíclico u oscilante.

Las observaciones actuales indican que la densidad de masa del universo es solo el diez por ciento de la masa crítica. Pero la masa que se está considerando es solo la masa visible. Existe evidencia experimental de la existencia de una masa invisible en el universo, conocida como materia oscura, la cual podría contribuir con una proporción importante de la masa total del universo tal que conduzca a un valor de la densidad total superior a la densidad crítica. Un universo cíclico nos llevaría a que el universo siempre ha existido y continuará existiendo. Si el universo es abierto, la pregunta, ¿qué había antes del principio del tiempo, esto es, antes de la Gran Explosión?, quedaría sin respuesta.

### **¿Morirá el universo?**

¿Qué significa que el universo muera? La muerte del universo significa que en él

terminarán todos los procesos que involucran cambios. Un proceso químico, biológico o físico está relacionado con un cambio, es decir, existe un estado inicial y un estado final que son diferentes. Este concepto implica también la existencia del tiempo. Al decir que tenemos un estado inicial ya estamos hablando del tiempo, al compararlo con un estado final. La historia del universo es la historia del tiempo. El tiempo inició con el Big Bang.

La muerte del universo significa también la muerte del tiempo. Así como el origen del universo es el principio del tiempo, el fin del universo es también el fin del tiempo. La muerte térmica del universo que ya se mencionó, corresponde a la muerte del tiempo, ahí empezaría la verdadera eternidad.

Las observaciones actuales presentan un nuevo reto para la cosmología. La presencia de materia invisible y completamente desconocida, denominada Materia Oscura que ya fue mencionada, ha abierto un nuevo campo de investigación en la astronomía y la cosmología. El estudio de este tema seguramente desembocará en una nueva revolución en nuestra concepción del universo.

