

EL UNIVERSO

A. VISIÓN ASTROFÍSICA DEL UNIVERSO

El Universo es generalmente definido como todo lo que existe físicamente: la totalidad del espacio y del tiempo, de todas las formas de la materia, la energía y el impulso, las leyes y constantes físicas que las gobiernan. Sin embargo, el término "universo" puede ser utilizado en sentidos contextuales ligeramente diferentes, para referirse a conceptos como el cosmos, el mundo o la naturaleza.

Observaciones astronómicas indican que el Universo tiene una edad de $13,73 \pm 0,12$ mil millones de años y por lo menos 93 mil millones de "años luz" de extensión. El evento que dio inicio al Universo se denomina Big Bang. En aquel instante toda la materia y la energía del universo observable estaba concentrada en un punto de densidad infinita. Después del Big Bang, el universo comenzó a expandirse para llegar a su condición actual, y lo continúa haciendo. Ya que, de acuerdo con la teoría especial de la relatividad, la materia no puede moverse a una velocidad superior a la de la luz, puede parecer paradójico que dos objetos del universo puedan haberse separado 93 mil millones de años luz en un tiempo de sólo 13 mil millones de años; sin embargo, esta separación es una consecuencia natural de la teoría de relatividad general.

Los experimentos sugieren que el Universo se ha regido por las mismas leyes físicas, constantes a lo largo de su extensión e historia. La fuerza dominante en distancias cósmicas es la gravedad, y la relatividad general es actualmente la teoría más exacta en describirla. Las otras tres fuerzas fundamentales, y las partículas en las que actúan, son descritas por el Modelo Estándar. El Universo tiene por lo menos tres dimensiones del espacio y una de tiempo, aunque experimentalmente no se pueden descartar dimensiones adicionales muy pequeñas. El espacio-tiempo parece estar conectado de forma sencilla y sin problemas, y el espacio tiene una curvatura media muy pequeña, de manera que la geometría euclidiana es, como regla general, exacta en todo el universo.

En filosofía se denomina Universo al mundo, o conjunto de todo lo que sucede. La ciencia modeliza el universo como un sistema cerrado que contiene energía y materia adscritas al espacio-tiempo y que se rige fundamentalmente por principios causales.

Basándose en observaciones del universo observable, los físicos intentan describir el continuo espacio-tiempo en que nos encontramos, junto con toda la materia y energía existentes en él. Su estudio, en las mayores escalas, es el objeto de la cosmología, disciplina basada en la astronomía y la física, en la cual se describen todos los aspectos de este universo con sus fenómenos.

La teoría actualmente más aceptada sobre la formación del Universo, dada por el belga valón Lemaître, es el modelo del Big Bang, que describe la expansión del espacio-tiempo a partir de una singularidad espaciotemporal. El Universo experimentó un rápido periodo de inflación cósmica que arrasó con todas las irregularidades iniciales. A partir de entonces el Universo se expandió y se convirtió en estable, más frío y menos denso. Las variaciones menores en la distribución de la masa dieron como resultado la segregación fractal en porciones, que se encuentran en el universo actual como cúmulos de galaxias.

En cuanto a su destino final, las pruebas actuales parecen apoyar la Teoría de la expansión permanente del Universo, aunque otras afirman que la materia oscura puede ejercer la fuerza de gravedad suficiente para detener la expansión y hacer que toda la materia se comprima; algo a lo que los científicos denominan el "Big Crunch" o la Gran Implosión.

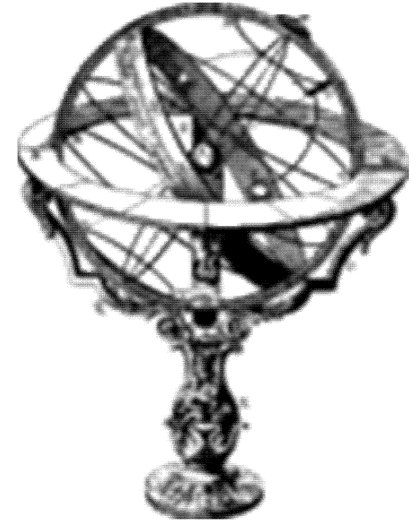


B. BREVE HISTORIA DE LA ASTRONOMÍA

Aristóteles inauguró toda una nueva perspectiva de la visión cósmica, formalizando el modelo astronómico, contra el astrológico.

En casi todas las religiones antiguas existía la cosmogonía, que intentaba explicar el origen del universo, ligando éste a los elementos mitológicos. La historia de la astronomía es tan antigua como la historia del ser humano. Antiguamente se ocupaba, únicamente, de la observación y predicciones de los movimientos de los objetos visibles a simple vista, quedando separada durante mucho tiempo de la Física. En Sajonia-Anhalt, Alemania, se encuentra el famoso Disco celeste de Nebra, que es la representación más antigua conocida de la bóveda celeste. Quizá fueron los astrónomos chinos quienes dividieron, por primera vez, el cielo en constelaciones. En Europa, las doce constelaciones que marcan el movimiento anual del Sol fueron denominadas constelaciones zodiacales. Los antiguos griegos hicieron importantes contribuciones a la astronomía, entre ellas, la definición de magnitud. La astronomía precolombina poseía calendarios muy exactos y parece ser que las pirámides de Egipto fueron construidas sobre patrones astronómicos muy precisos.

La cultura griega clásica primigenia postulaba que la Tierra era plana. En el modelo aristotélico lo celestial pertenecía a la perfección -"cuerpos celestes perfectamente esféricos moviéndose en órbitas circulares perfectas"-, mientras que lo terrestre era imperfecto; estos dos reinos se consideraban como opuestos. Aristóteles defendía la teoría geocéntrica para desarrollar sus postulados. Fue probablemente Eratóstenes quien diseñara la esfera armilar que es un astrolabio para mostrar el movimiento aparente de las estrellas alrededor de la tierra.



La astronomía observacional estuvo casi totalmente estancada en Europa durante la Edad Media, a excepción de algunas aportaciones como la de Alfonso X el Sabio con sus tablas alfonsíes, o los tratados de Alcabitus, pero floreció en el mundo con el Imperio Persa y la cultura árabe. Al final del siglo X, un gran observatorio fue construido cerca de Teherán (Irán), por el astrónomo persa Al-Khujandi, quien observó una serie de pasos meridianos del Sol, lo que le permitió calcular la oblicuidad de la eclíptica. También en Persia, Omar Khayyam elaboró la reforma del calendario que es más preciso que el calendario juliano acercándose al Calendario Gregoriano. A finales del siglo IX, el astrónomo persa Al-Farghani escribió ampliamente acerca del movimiento de los cuerpos celestes. Su trabajo fue traducido al latín en el siglo XII. Abraham Zacuto fue el responsable en el siglo XV de adaptar las teorías astronómicas conocidas hasta el momento para aplicarlas a la navegación de la marina portuguesa. Ésta aplicación permitió a Portugal ser la puntera en el mundo de los descubrimientos de nuevas tierras fuera de Europa.

Astronomía y Revolución Científica: Durante siglos, la visión geocéntrica de que el Sol y otros planetas giraban alrededor de la Tierra no se cuestionó. Esta visión era lo que para nuestros sentidos se observaba. En el Renacimiento, Nicolás Copérnico propuso el modelo heliocéntrico del Sistema Solar. Su trabajo *De Revolutionibus Orbium Coelestium* fue defendido, divulgado y corregido por Galileo Galilei y Johannes Kepler, autor de *Harmonices Mundi*, en el cual se desarrolla por primera vez la tercera ley del movimiento planetario. Galileo añadió la novedad del uso del telescopio para mejorar sus observaciones. La disponibilidad de datos observacionales precisos llevó a indagar en teorías que explicasen el comportamiento observado. Al principio sólo se obtuvieron reglas cómo las leyes del movimiento planetario de Kepler, descubiertas a principios del siglo XVII. Fue Isaac Newton quien extendió hacia los cuerpos celestes las teorías de la gravedad terrestre y conformando la *Ley de la gravitación universal*, inventando así la mecánica celeste, con lo que explicó el movimiento de los planetas y consiguiendo unir el vacío entre las leyes de Kepler y la dinámica de Galileo. Esto también supuso la primera unificación de la astronomía y la física (Lo que hoy denominamos ASTROFÍSICA).

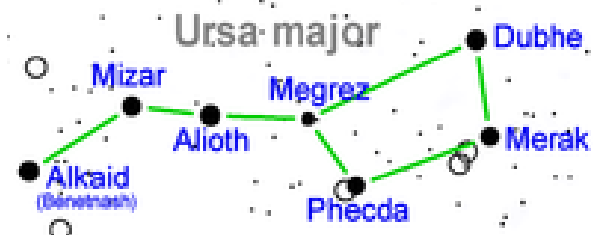
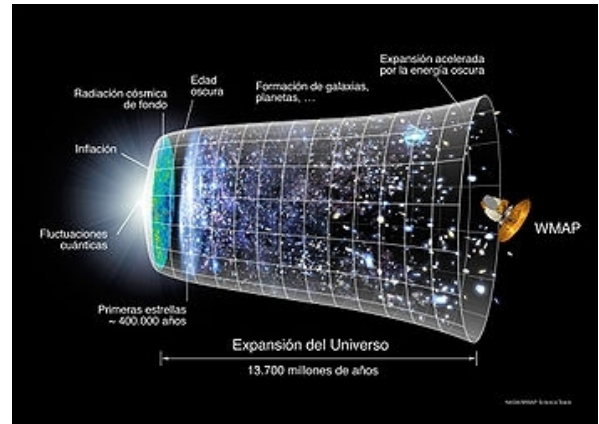
Tras la publicación de los Principios Matemáticos de Isaac Newton, se transformó la navegación marítima. A partir de 1670 aproximadamente, utilizando instrumentos modernos de latitud y los mejores relojes disponibles se ubicó cada lugar de la Tierra en un planisferio o mapa, calculando para ello su latitud y su longitud. La determinación de la latitud fue fácil pero la determinación de la longitud fue mucho más delicada. Los requerimientos de la navegación supusieron un empuje para el desarrollo progresivo de observaciones astronómicas e instrumentos más precisos, constituyendo una base de datos creciente para los científicos.

A finales del siglo XIX se descubrió que, al descomponer la luz del Sol, se podían observar multitud de líneas de espectro (regiones en las que había poca o ninguna luz). Experimentos con gases calientes mostraron que las mismas líneas podían ser observadas en el espectro de los gases, líneas específicas correspondientes a diferentes elementos químicos. De esta manera se demostró que los elementos químicos en el Sol (mayoritariamente hidrógeno) podían encontrarse igualmente en la Tierra. De hecho, el helio fue descubierto primero en el espectro del Sol y sólo más tarde se encontró en la Tierra, de ahí su nombre.

Se descubrió que las estrellas eran objetos muy lejanos y con el espectroscopio se demostró que eran similares al Sol, pero con una amplia gama de temperaturas, masas y tamaños. La existencia de la Vía Láctea como un grupo separado de estrellas no se demostró sino hasta el siglo XX, junto con la existencia de galaxias externas y, poco después, la expansión del universo, observada en el efecto del corrimiento al rojo. La astronomía moderna también ha descubierto una variedad de objetos exóticos como los cuántares, púlsares, radiogalaxias, agujeros negros, estrellas de neutrones, y ha utilizado estas observaciones para desarrollar teorías físicas que describen estos objetos. La cosmología hizo grandes avances durante el siglo XX, con el modelo del Big Bang fuertemente apoyado por la evidencia proporcionada por la astronomía y la física, como la radiación de fondo de microondas, la Ley de Hubble y la abundancia cosmológica de los elementos químicos.

Durante el siglo XX, la espectrometría avanzó, en particular como resultado del nacimiento de la física cuántica, necesaria para comprender las observaciones astronómicas y experimentales.

La Osa Mayor es una constelación tradicionalmente utilizada como punto de referencia celeste para la orientación tanto marítima como terrestre.



C. CLASES DE ASTRONOMÍA

Astronomía de Posición: Es la rama más antigua de esta ciencia. Describe el movimiento de los astros, planetas, satélites y fenómenos como los eclipses y tránsitos de los planetas por el disco del Sol. Para estudiar el movimiento de los planetas se introduce el movimiento medio diario que es lo que avanzaría en la órbita cada día suponiendo movimiento uniforme. La astronomía de posición también estudia el movimiento diario y el movimiento anual del Sol. Son tareas fundamentales de la misma la determinación de la hora y para la navegación el cálculo de las coordenadas geográficas. Para la determinación del tiempo se usa el tiempo de efemérides ó también el tiempo solar medio que está relacionado con el tiempo local. El tiempo local en Greenwich se conoce como Tiempo Universal.

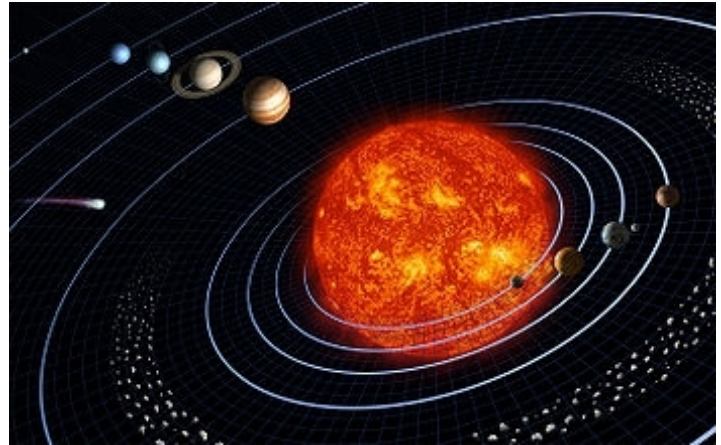
La distancia a la que están los astros de la Tierra en el de universo se mide en unidades astronómicas, años luz o pársecs. Conociendo el movimiento propio de las estrellas, es decir lo que se mueve cada siglo sobre la bóveda celeste se puede predecir la situación aproximada de las estrellas en el futuro y calcular su ubicación en el pasado viendo como evolucionan con el tiempo la forma de las constelaciones.

Con un pequeño telescopio pueden realizarse grandes observaciones. El campo amateur es amplio y cuenta con muchos seguidores. Actualmente, el telescopio más grande del mundo se llama Very Large Telescope y se encuentra en el observatorio Paranal, al norte de Chile. Consiste en cuatro telescopios ópticos reflectores que se conjugan para realizar observaciones de gran resolución.

Astronomía del espectro electromagnético o radioastronomía: Se han aplicado diversos conocimientos de la física, las matemáticas y de la química a la astronomía. Estos avances han permitido observar las estrellas con muy diversos métodos. La información es recibida principalmente de la detección y el análisis de la radiación electromagnética (luz, infrarrojos, ondas de radio), pero también se puede obtener información de los rayos cósmicos, neutrinos y meteoros).

Estos datos ofrecen información muy importante sobre los astros, su composición química, temperatura, velocidad en el espacio, movimiento propio, distancia desde la Tierra y pueden plantear hipótesis sobre su formación, desarrollo estelar y fin.

El análisis desde la Tierra de las radiaciones (infrarrojos, rayos x, rayos gamma...) no sólo resulta obstaculizado por la absorción atmosférica, sino que el problema principal, vigente también en el vacío, consiste en distinguir la señal recogida del "ruido de fondo", es decir, de la enorme emisión infrarroja producida por la



Tierra o por los propios instrumentos. Cualquier objeto que no se halle a 0 K (-273,15 °C) emite señales electromagnéticas y, por ello, todo lo que rodea a los instrumentos produce radiaciones de "fondo". Hasta los propios telescopios irradian señales. Realizar una termografía de un cuerpo celeste sin medir el calor al que se halla sometido el instrumento resulta muy difícil: además de utilizar película fotográfica especial, los instrumentos son sometidos a una refrigeración continua con helio o hidrógeno líquido

La radioastronomía se basa en la observación por medio de los radiotelescopios, unos instrumentos con forma de antena que recogen y registran las ondas de radio o radiación electromagnética emitidas por los distintos objetos celestes.

Estas ondas de radio, al ser procesadas ofrecen un espectro analizable del objeto que las emite. La radioastronomía ha permitido un importante incremento del conocimiento astronómico, particularmente con el descubrimiento de muchas clases de nuevos objetos, incluyendo los púlsares (o magnétares), cuántares, las denominadas galaxias activas, radiogalaxias y blázares. Esto es debido a que la radiación electromagnética permite "ver" cosas que no son posibles de detectar en la astronomía óptica. Tales objetos representan algunos de los procesos físicos más extremos y energéticos en el universo.

Astronomía Teórica: Los astrónomos teóricos utilizan una gran variedad de herramientas como modelos matemáticos analíticos y simulaciones numéricas por computadora. Cada uno tiene sus ventajas. Los modelos matemáticos analíticos de un proceso por lo general, son mejores porque llegan al corazón del problema y explican mejor lo que está sucediendo. Los modelos numéricos, pueden revelar la existencia de fenómenos y efectos que de otra manera no se verían.

Los teóricos de la astronomía ponen su esfuerzo en crear modelos teóricos e imaginar las consecuencias observacionales de estos modelos. Esto ayuda a los observadores a buscar datos que puedan refutar un modelo o permitan elegir entre varios modelos alternativos o incluso contradictorios.

Astrofísica: Es una parte moderna de la astronomía que estudia los astros como cuerpos de la física estudiando su composición, estructura y evolución. Sólo fue posible su inicio en el siglo XIX cuando gracias a los espectros se pudo averiguar la composición física de las estrellas. Las ramas de la física implicadas en el estudio son la física nuclear (generación de la energía en el interior de las estrellas) y la física relativística. A densidades

elevadas el plasma se transforma en materia degenerada; esto lleva a algunas de sus partículas a adquirir altas velocidades que deberán estar limitadas por la velocidad de la luz, lo cual afectará a sus condiciones de degeneración. Asimismo, en las cercanías de los objetos muy masivos, estrellas de neutrones o agujeros negros, la materia que cae se acelera a velocidades relativistas emitiendo radiación intensa y formando potentes chorros de materia.

D. UN RINCONCITO LLAMADO SISTEMA SOLAR

El estudio del Universo o Cosmos y más concretamente del Sistema Solar ha planteado una serie de interrogantes y cuestiones, por ejemplo cómo y cuándo se formó el sistema, por qué y cuándo desaparecerá el Sol, por qué hay diferencias físicas entre los planetas, etc.

Es difícil precisar el origen del Sistema Solar. Los científicos creen que puede situarse hace unos 4600 millones de años, cuando una inmensa nube de gas y polvo empezó a contraerse probablemente, debido a la explosión de una supernova cercana. Alcanzada una densidad mínima ya se autocontrajo a causa de la fuerza de la gravedad y comenzó a girar a gran velocidad, por conservación de su momento cinético, al igual que cuando una patinadora repliega los brazos sobre si misma gira más rápido. La mayor parte de la materia se acumuló en el centro. La presión era tan elevada que los átomos comenzaron a fusionarse, liberando energía y formando una estrella. También había muchas colisiones.



Millones de objetos se acercaban y se unían o chocaban con violencia y se partían en trozos. Algunos cuerpos pequeños (planetesimales) iban aumentando su masa mediante colisiones y al crecer, aumentaban su gravedad y recogían más materiales con el paso del tiempo (acreción). Los encuentros constructivos predominaron y, en sólo 100 millones de años, adquirió un aspecto semejante al actual. Después cada cuerpo continuó su propia evolución.

El Sol: Es la estrella que, por el efecto gravitacional de su masa, domina el sistema planetario que incluye a la Tierra. Es el elemento más importante en nuestro sistema y el objeto más grande, que contiene aproximadamente el 98% de la masa total del sistema solar. Mediante la radiación de su energía electromagnética, aporta directa o indirectamente toda la energía que mantiene la vida en la Tierra. Saliendo del Sol, y esparciéndose por todo el Sistema solar en forma de espiral tenemos al conocido como viento solar que es un flujo de partículas, fundamentalmente protones y neutrones. La interacción de estas partículas con los polos magnéticos de los planetas y con la atmósfera genera las auroras polares boreales o australes. Todas estas partículas y radiaciones son absorbidas por la atmósfera. La ausencia de auroras durante el Mínimo de Maunder se achaca a la falta de actividad del Sol.

Uno de los fenómenos más desconcertantes e impactantes que podemos observar en nuestro planeta, son las auroras boreales. Fueron misterio hasta hace poco pero recientemente han sido explicadas, gracias al estudio de la astronomía del Sol.

A causa de su proximidad a la Tierra y como es una estrella típica, el Sol es un recurso extraordinario para el estudio de los fenómenos estelares. No se ha estudiado ninguna otra estrella con tanto detalle. La estrella más cercana al Sol está a 4,3 años luz.

El Sol (todo el Sistema Solar) gira alrededor del centro de la Vía Láctea, nuestra galaxia. Da una vuelta cada 200 millones de años. Ahora se mueve hacia la constelación de Hércules a 19 km/s. Actualmente el Sol se estudia desde satélites, como el Observatorio Heliosférico y Solar (SOHO), dotados de instrumentos que permiten

apreciar aspectos que, hasta ahora, no se habían podido estudiar. Además de la observación con telescopios convencionales, se utilizan: el coronógrafo, que analiza la corona solar, el telescopio ultravioleta extremo, capaz de detectar el campo magnético, y los radiotelescopios, que detectan diversos tipos de radiación que resultan imperceptibles para el ojo humano.

La parte visible del Sol está a 6.000 °C y la corona, más alejada, a 2000000 °C. Estudiando al Sol en el ultravioleta se llegó a la conclusión de que el calentamiento de la corona se debe a la gran actividad magnética del Sol. Los límites del Sistema Solar vienen dados por el fin de su influencia o heliosfera, delimitada por un área denominada Frente de choque de terminación o Heliopausa.

El estudio del Sol se inicia con Galileo Galilei de quien se dice que se quedó ciego por observar los eclipses. Hace más de cien años se descubre la espectroscopia que permite descomponer la luz en sus longitudes de onda, gracias a esto se puede conocer la composición química, densidad, temperatura, situación los gases de su superficie, etc. En los años 50 ya se conocía la física básica del Sol, es decir, su composición gaseosa, la temperatura elevada de la corona, la importancia de los campos magnéticos en la actividad solar y su ciclo magnético de 22 años.

El fin del Sol: ¿el fin de la vida humana?

En el núcleo del Sol hay hidrógeno suficiente para durar otros 4.500 millones de años, es decir, se calcula que está en plenitud, en la mitad de su vida. Tal como se desprende de la observación de otros astros parecidos, cuando se gaste este hidrógeno combustible, el Sol cambiará: según se vayan expandiendo las capas exteriores hasta el tamaño actual de la órbita de la Tierra, el Sol se convertirá en una gigante roja, algo más fría que hoy pero 10.000 veces más brillante a causa de su enorme tamaño. Sin embargo, la Tierra no se consumirá porque se moverá en espiral hacia afuera, como consecuencia de la pérdida de masa del Sol. El Sol seguirá siendo una gigante roja, con



reacciones nucleares de combustión de helio en el centro, durante sólo 500 millones de años. No tiene suficiente masa para atravesar sucesivos ciclos de combustión nuclear o un cataclismo en forma de explosión, como les ocurre a algunas estrellas. Después de la etapa de gigante roja, se encogerá hasta ser una enana blanca, aproximadamente del tamaño de la Tierra, y se enfriará poco a poco durante varios millones de años.

E. TEORÍA DEL BIG BANG SOBRE EL ORIGEN DEL UNIVERSO

El hecho de que el Universo esté en expansión se deriva de las observaciones del corrimiento al rojo realizadas en la década de 1920 y que se cuantifican por la ley de Hubble. Dichas observaciones son la predicción experimental del modelo de Fridmann-Robertson-Walker, que es una solución de las ecuaciones de campo de Einstein de la relatividad general, que predicen el inicio del universo mediante un big bang.

El corrimiento al rojo se refiere a que los astrónomos han observado que hay una relación directa entre la distancia a un objeto remoto (como una galaxia) y la velocidad con que está alejándose. En cambio, si esta expansión ha sido continua en toda la edad del Universo, entonces en el pasado estos objetos distantes que siguen alejándose tuvieron que estar una vez juntos. Esta idea da pie a la teoría del Big Bang"; el modelo dominante en la cosmología actual.

Durante la era más temprana del Big Bang, se cree que el Universo era un caliente y denso plasma. Según avanzó la expansión, la temperatura cayó a ritmo constante hasta el punto en que los átomos se pudieron formar. En aquella época, la energía de fondo se desacopló de la materia y fue libre de viajar a través del espacio. La energía sobrante continuó enfriándose al expandirse el Universo y hoy forma el fondo cósmico de microondas. Esta radiación de fondo es remarcablemente uniforme en todas direcciones, circunstancia que los

cosmólogos han intentado explicar como reflejo de un periodo temprano de inflación cósmica después del Big Bang.

El examen de las pequeñas variaciones en el fondo de radiación de microondas proporciona información sobre la naturaleza del Universo, incluyendo la edad y composición. La edad del universo desde el Big Bang, de acuerdo a la información actual proporcionada por el WMAP de la NASA, se estima en unos 13.700 millones de años, con un margen de error de un 1% (137 millones de años). Otros métodos de estimación ofrecen diferentes rangos de edad, desde 11.000 millones a 20.000 millones. En el libro de 1977 Los Primeros Tres Minutos del Universo, el premio Nobel Steven Weinberg muestra la física que ocurrió justo momentos después del Big Bang. Los descubrimientos adicionales y los refinamientos de las teorías hicieron que lo actualizara y reeditara en 1993.

F. COMPONENTES A GRAN ESCALA DEL UNIVERSO

El universo está formado por **galaxias y agrupaciones de galaxias**. Las galaxias son agrupaciones masivas de estrellas, y son las estructuras más grandes en las que se organiza la materia en el Universo. A través del telescopio se manifiestan como manchas luminosas de diferentes formas. A la hora de clasificarlas, los científicos distinguen entre las galaxias del Grupo Local, compuesto por las treinta galaxias más cercanas y a las que está unida gravitacionalmente nuestra galaxia (la Vía Láctea), y todas las demás galaxias, a las que llaman "galaxias exteriores".

Las galaxias están distribuidas por todo el Universo y presentan características muy diversas, tanto en lo que respecta a su configuración como a su antigüedad. Las más pequeñas abarcan alrededor de 3.000 millones de estrellas, y las galaxias de mayor tamaño pueden llegar a abarcar más de un billón de astros. Estas últimas pueden tener un diámetro de 170.000 años luz, mientras que las primeras no suelen exceder de los 6.000 años luz. Además de estrellas y sus astros asociados (planetas, asteroides, etc...), las galaxias contienen también materia interestelar, constituida por polvo y gas en una proporción que varía entre el 1 y el 10% de su masa.

Se estima que el universo puede estar constituido por unos 50.000 millones de galaxias, aunque estas cifras varían en función de los diferentes estudios.

La creciente potencia de los telescopios, que permite observaciones cada vez más detalladas de los distintos elementos del Universo, ha hecho posible una clasificación de las galaxias por su forma. Se han establecido así cuatro tipos distintos: galaxias elípticas, espirales, espirales barradas e irregulares.



Las Galaxias Elípticas tienen forma de elipse o de esferoide, se caracterizan por carecer de una estructura interna definida y por presentar muy poca materia interestelar. Se consideran las más antiguas del Universo, ya que sus estrellas son viejas y se encuentran en una fase muy avanzada de su evolución.

Las Galaxias Espirales están constituidas por un núcleo central y dos o más brazos en espiral, que parten del núcleo. Éste se halla formado por multitud de estrellas y apenas tiene materia interestelar, mientras que en los brazos abunda la materia interestelar y hay gran cantidad de estrellas jóvenes, que son muy brillantes. Alrededor del 75% de las galaxias del Universo son de este tipo.

La Galaxia Espiral Barrada es un subtipo de galaxia espiral, caracterizados por la presencia de una barra central de la que típicamente parten dos brazos espirales. Este tipo de galaxias constituyen una fracción importante del total de galaxias espirales. La Vía Láctea es una galaxia espiral barrada.

Las Galaxias Irregulares incluyen una gran diversidad de galaxias, cuyas configuraciones no responden a las tres formas anteriores, aunque tienen en común algunas características, como la de ser casi todas pequeñas y contener un gran porcentaje de materia interestelar. Se calcula que son irregulares alrededor del 5% de las galaxias del Universo.

LA VÍA LÁCTEA: Es nuestra galaxia. Según las observaciones, posee una masa de 1012 masas solares y es de tipo espiral barrada. Con un diámetro medio de unos 100.000 años luz se calcula que contiene unos 200.000 millones de estrellas, entre las cuales se encuentra el Sol. La distancia desde el Sol al centro de la galaxia es de alrededor de 27.700 años luz (8,5 kpc) A simple vista, se observa como una estela blanquecina de forma elíptica, que se puede distinguir en las noches despejadas. Lo que no se aprecian son sus brazos espirales, en uno de los cuales, el llamado brazo de Orión, está situado nuestro sistema solar, y por tanto la Tierra.



El núcleo central de la galaxia presenta un espesor uniforme en todos sus puntos, salvo en el centro, donde existe un gran abultamiento

con un grosor máximo de 16.000 años luz, siendo el grosor medio de unos 6.000 años luz. Todas las estrellas y la materia interestelar que contiene la Vía Láctea, tanto en el núcleo central como en los brazos, están situadas dentro de un disco de 100.000 años luz de diámetro, que gira lentamente sobre su eje a una velocidad lineal superior a los 216 km/s.

CONSTELACIONES: Tan sólo 3 galaxias distintas a la nuestra son visibles a simple vista. Tenemos la Galaxia de Andrómeda, visible desde el Hemisferio Norte; la Gran Nube de Magallanes, y la Pequeña Nube de Magallanes, en el Hemisferio Sur celeste. El resto de las galaxias no son visibles al ojo desnudo sin ayuda de instrumentos. Sí que lo son, en cambio, las estrellas que forman parte de la Vía Láctea. Estas estrellas dibujan a menudo en el cielo figuras reconocibles, que han recibido diversos nombres en relación con su aspecto. Estos grupos de estrellas de perfil identificable se conocen con el nombre de constelaciones. Hasta el presente, se han observado 88 constelaciones, algunas de ellas muy extensas, como Hidra o la Osa Mayor, y otras muy pequeñas como Flecha y Triángulo.

ESTRELLAS: Son los elementos constitutivos más destacados de las galaxias. Estos soles, gaseosos y esféricos, brillan por sus gigantescas reacciones nucleares. Si la reacción no es muy grande comienza por emitir una luz roja oscura, y después se mueve hacia el estado superior, que es en el que está nuestro Sol, para posteriormente, al modificarse las reacciones nucleares interiores, dilatarse y finalmente enfriarse.

Al acabarse el hidrógeno, se originan reacciones nucleares de elementos más pesados, más energéticas, que convierten la estrella en una gigante roja. Con el tiempo, ésta vuelve inestable, a la vez que lanza hacia el espacio exterior la mayor parte del material estelar. Este proceso puede durar 100 millones de años, hasta que se agota toda la energía nuclear, y la estrella se contrae por efecto de la gravedad hasta hacerse pequeña y densa, en la forma de enana blanca azul o marrón. Si la estrella inicial es varias veces más masiva que el Sol, su ciclo puede ser diferente, y en lugar de una gigante, puede convertirse en una supergigante y acabar su vida con una explosión denominada supernova. Estas estrellas pueden acabar como estrellas de neutrones.

Tamaños aún mayores de estrellas pueden consumir todo su combustible muy rápidamente y finalmente derivar en un agujero negro.

PÚLSARES: Son fuentes de ondas de radio que vibran con periodos regulares. La palabra Púlsar significa *pulsating radio source* (fuente de radio pulsante). Se detectan mediante radiotelescopios y se requieren relojes de extraordinaria precisión para detectar sus cambios de ritmo. Los estudios indican que un púlsar es una estrella de neutrones pequeña que gira a gran velocidad. El más conocido está en la nebulosa de Cangrejo. Su densidad es tan grande que una muestra de cuásar del tamaño de una bola de bolígrafo tendría una masa de cerca de 100.000 toneladas. Su campo magnético, muy intenso, se concentra en un espacio reducido. Esto lo acelera y lo hace emitir gran cantidad de energía en haces de radiación que aquí recibimos como ondas de radio.

PLANETAS: Son cuerpos que giran en torno a una estrella y que, según la definición de la Unión Astronómica Internacional, deben cumplir además la condición de haber limpiado su órbita de otros cuerpos rocosos importantes, y de tener suficiente masa como para que su fuerza de gravedad genere un cuerpo esférico. En el caso de cuerpos que orbitan alrededor de una estrella que no cumplan estas características, se habla de planetas enanos, planetesimales, o asteroides. En nuestro Sistema Solar hay 8 planetas: Mercurio, Venus, Tierra, Marte, Júpiter, Saturno, Urano y Neptuno, considerándose desde 2006 a Plutón como un planeta enano. A finales de 2009, fuera de nuestro Sistema Solar se han detectado en torno a 400 planetas extrasolares, pero los avances tecnológicos están permitiendo que este número crezca a buen ritmo.

SATÉLITES: Los satélites naturales son astros que giran alrededor de los planetas. El único satélite natural de la Tierra es la Luna, que es también el satélite más cercano al sol. A continuación se enumeran los principales satélites de los planetas del sistema solar (se incluye en el listado a Plutón, considerado por la UAI como un planeta enano).

- ▲ **Tierra:** 1 satélite → Luna
- ▲ **Marte:** 2 satélites → Fobos, Deimos
- ▲ **Júpiter:** 63 satélites → Metis, Adrastea, Amaltea, Tebe, Io, Europa, Ganimedes, Calisto, Leda, Himalia, Lisitea, Elara, Ananke, Carm, Pasifae, Sinope...
- ▲ **Saturno:** 59 satélites → Pan, Atlas, Prometeo, Pandora, Epimeteo, Jano, Mimas, Encélado, Tetis, Telesto, Calipso, Dione, Helena, Rea, Titán, Heperión, Japeto, Febe...
- ▲ **Urano:** 15 satélites → Cordelia, Ofelia, Bianca, Crésida, Desdémona, Julieta, Porcia, Rosalinda, Belinda, Puck, Miranda, Ariel, Umbriel, Titania, Oberón.
- ▲ **Neptuno:** 8 satélites → Náyade, Thalassa, Despina, Galatea, Larisa, Proteo, Tritón, Nereida
- ▲ **Plutón:** 3 satélites → Caronte, Nix, Hydra

ASTEROIDES Y COMETAS: En aquellas zonas de la órbita de una estrella en las que, por diversos motivos, no se ha producido la agrupación de la materia inicial en un único cuerpo dominante o planeta, aparecen los discos de asteroides: objetos rocosos de muy diversos tamaños que orbitan en grandes cantidades en torno a la estrella, chocando eventualmente entre sí. Cuando las rocas tienen diámetros inferiores a 50m se denominan meteoroides. A consecuencia de las colisiones, algunos asteroides pueden variar sus órbitas, adoptando trayectorias muy excéntricas que periódicamente les acercan la estrella. Cuando la composición de estas rocas es rica en agua u otros elementos volátiles, el acercamiento a la estrella y su consecuente aumento de



temperatura origina que parte de su masa se evapore y sea arrastrada por el viento solar, creando una larga cola de material brillante a medida que la roca se acerca a la estrella. Estos objetos se denominan cometas. En nuestro sistema solar hay dos grandes discos de asteroides: uno situado entre las órbitas de Marte y Júpiter,

denominado el Cinturón de asteroides, y otro mucho más tenue y disperso en los límites del sistema solar, a aproximadamente un año luz de distancia, denominado Nube de Oort.

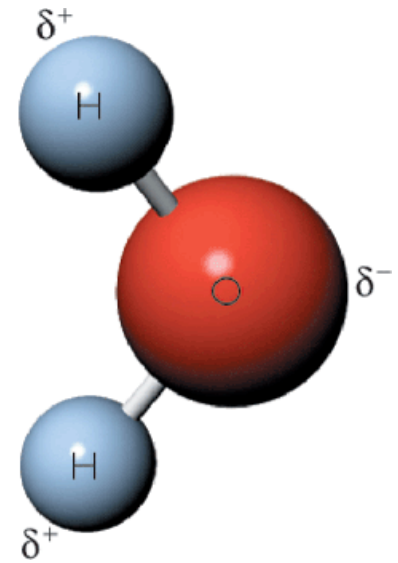
G. LA QUÍMICA DEL UNIVERSO Y EL ORIGEN DE LA VIDA

Entender el origen de la vida es uno de los grandes retos que tenemos ante nosotros. Una de las preguntas clave es si la vida ha aparecido solo en la tierra como resultado de unas condiciones favorables o es un hecho consustancial a las leyes físicas que rigen nuestro universo. E la actualidad no tenemos la respuesta, e incluso aún hoy no conocemos cómo surgió la vida en la tierra.

Factorías de elementos pesados y de polvo interestelar: Todo comenzó hace unos 14.000 millones de años, con la gran explosión que dio origen al Universo con las leyes físicas que lo rigen.

Cuando el Universo tenía unos 300.000 años y unos 4.000 grados de temperatura se produjo un hecho importantísimo para la química: los núcleos de hidrógeno, helio, litio y berilio capturaron los electrones y dieron lugar a los primeros átomos. En esta época el Universo era químicamente demasiado pobre como para que se pudieran formar moléculas complejas relacionadas con la vida. Sin embargo, a medida que el Universo siguió expandiéndose y enfriándose tuvo lugar un fenómeno extraordinario y fundamental para la aparición de la vida: la formación de la primera generación de estrellas. En el interior de estas estrellas se generaron, por primera vez, los elementos químicos relevantes para la vida, tales como el carbono, el oxígeno, el nitrógeno y otros elementos minoritarios fundamentales para la formación de los planetas sólidos. En tan sólo diez millones de años estas estrellas explotaron, como las supernovas que observamos hoy en día, expulsando ingentes cantidades de elementos pesados al medio circundante.

Se piensa que en la muerte de estas estrellas se produjo otro hecho fundamental, la formación de los primeros granos de polvo. Al expandirse las capas eyectadas, estas se enfriaron formando en su interior unos minúsculos granos de polvo compuestos fundamentalmente por grafito y silicatos. Los procesos que condujeron a la formación de los granos de polvo en la materia eyectada en las explosiones de supernova son, por el momento, desconocidos. Los granos de polvo, extraordinariamente pequeños, menores que una milésima parte de un milímetro, son los grandes almacenes de material orgánico. Se estima que contienen el 20% del oxígeno, el 50% del carbono y prácticamente todo el silicio y el hierro de la materia interestelar.



El nacimiento de la química en las nubes moleculares: Los minúsculos granos de polvo, los átomos de carbono, el oxígeno y el nitrógeno generados en las primeras estrellas se incorporan a la materia interestelar, cambiando radicalmente la composición química de las aglomeraciones de gas donde tiene lugar la formación de la nueva generación de estrellas y planetas. Los pequeños granos de polvo absorben la radiación ultravioleta de las estrellas de manera que esta no penetra en las partes más internas de las nubes de gas y polvo. Así, estas aglomeraciones de gas aparecen como zonas oscuras en las que no se observan estrellas debido a que los granos de polvo absorben la radiación e impiden su observación en el dominio óptico.

Solo se puede penetrar en el interior de las zonas más oscurecidas de estas nubes escudriñándolas en emisión de microondas con grandes radiotelescopios. Los trabajos pioneros en radioastronomía en 1968 detectaron, de manera inesperada, las primeras moléculas triatómicas del espacio interestelar. Moléculas como el amoníaco, el formaldehído y, sobre todo, el vapor de agua, son de hecho de gran relevancia en la química prebiótica. La detección de estas moléculas supuso un gran cambio en nuestra idea sobre la complejidad química en el Universo y un reto para establecer los procesos químicos que tienen lugar en el espacio interestelar.

En los laboratorios terrestres las reacciones químicas más importantes se producen debido a las colisiones entre tres cuerpos. Esto es posibles gracias a que las densidades alcanzan el trillón de partículas por centímetro cúbico, muchísimo mayores que las existentes en el medio interestelar, que son del orden de diez mil partículas

por centímetro cúbico. La gran pregunta es: ¿qué mecanismo produce una química interestelar tan rica en las inmensas y frías nubes oscuras -con temperaturas de unos 260 grados bajo cero- y prácticamente en el vacío en regiones protegidas de la radiación ultravioleta?

La aparición de los hielos en el Universo: El polvo no solo apantalla el interior de las nubes oscuras de la radiación ultravioleta, tan dañina para las moléculas, sino que, a tan bajas temperaturas, los granos de polvo son pegajosos y pueden actuar como catalizadores de reacciones químicas. Todo átomo que choque con un grano de polvo se queda adherido a él. En las condiciones típicas de una nube interestelar, a cada grano de polvo se le pueden pegar unas cien moléculas en tan solo unos diez mil años. Estos átomos pueden moverse sobre la superficie de los granos y encontrarse con otros átomos, fundamentalmente de hidrógeno, para formar la molécula más abundante del Universo, el hidrógeno molecular; además, gracias a la hidrogenación del carbono, del oxígeno y del nitrógeno, se generan también otras moléculas simples como el CH₄ (metano), el NH₃ (amoníaco) y el H₂O (agua). Estas moléculas recubren el grano de un manto de hielo de agua, amoníaco, metano y monóxido de carbono. Así lo demuestran los espectros observados por el satélite infrarrojo Infrared Space Observatory de la Agencia Espacial Europea en la dirección de estrellas recién formadas.

En este estadio de evolución la complejidad química de las nubes moleculares era ya extraordinaria. Existían moléculas de más de tres átomos, granos de polvo y mantos de hielos tremendamente ricos en compuestos moleculares. Los radiotelescopios han detectado que una complejidad química similar a la hasta ahora descrita podría existir cuando el Universo tenía tan solo unos mil millones de años.

La aparición de alcoholes en el Universo: Otro paso de gran importancia para la evolución hacia un incremento de la complejidad química es la formación y evolución de nuevas estrellas en el seno de estas nubes con una gran riqueza química. Las estrellas de gran masa, como las que se observan en Orión, emiten mucha radiación ultravioleta que altera drásticamente la composición química del gas que las rodea. En el entorno más cercano a la estrella, la radiación ultravioleta fotodisocia las moléculas, ioniza los átomos, evapora los mantos helados de los granos de polvo e incluso destruye parcialmente el núcleo de los granos. Sin embargo, en las zonas de las nubes un poco más alejadas de la estrella, donde penetra solo una parte de la radiación ultravioleta, los mantos helados están también sometidos a ciertas dosis de radiación ultravioleta. Esta radiación disocia las moléculas de los hielos de agua, amoníaco y metano y propicia la formación sobre los granos de moléculas orgánicas mucho más complejas.



Este estado de evolución del Universo fue de gran importancia, ya que se pudieron formar los alcoholes, no sólo el más simple, el alcohol metílico, sino también más complejos como el alcohol etílico.

Actualmente se han identificado más de 130 moléculas, algunas de ellas con más de trece átomos. De ellas cabe destacar el amoníaco, el agua, el ácido cianhídrico, el formaldehído y el cianoacetileno.

Nacimiento de las estrellas de tipo solar y sus planetas: En el seno de estas nubes moleculares tiene lugar el colapso de la materia para formar las estrellas de tipo solar. La formación de una estrella no es el resultado de un proceso simple, sino que viene acompañada de la presencia de un disco de acrecimiento en rotación y de un flujo bipolar que expulsa materia. Dentro de los discos que giran alrededor de las protoestrellas se forman grandes conglomerados, de aproximadamente un kilómetro de tamaño, de material rocoso en su parte interna y de hielos, granos de polvo y gas en la parte externa, conocidos como planetesimales. Objetos similares a estos conglomerados se pueden observar ahora en el Sistema Solar. Concretamente, los asteroides podrían considerarse como planetesimales rocosos y los cometas como planetesimales helados. Los estudios de los cometas muestran que las moléculas que se evaporan de sus núcleos tienen abundancias muy similares a las

encontradas en el medio interestelar, e incluso en algún cometa se han detectado moléculas complejas orgánicas como el metanol.

Elementos caídos del cielo y síntesis prebiótica: Como sugirió Juan Oro en el año 1961, los impactos de grandes planetesimales en las primeras etapas de formación de la Tierra pudieron actuar en ocasiones como agentes destructores de la vida, pero también aportaron grandes cantidades de elementos esenciales para ella. De hecho, la química prebiótica parece sustentarse en un pequeño número de moléculas precursoras. El histórico experimento de Miller- Urey demostró la capacidad de generar aminoácidos a partir de una atmósfera reductora con moléculas simples como metano y amoníaco sometidas a descargas eléctricas.

Los experimentos de Juan Oro también muestran que una sopa prebiótica, que contenga ácido cianhídrico y amoníaco disueltos en agua, da lugar a los aminoácidos (elementos esenciales de las proteínas) y, más importante aún, a la adenina. Esta molécula juega un papel central en la vida ya que es una de las cuatro bases nitrogenadas del ácido desoxirribonucleico (ADN) y del ácido ribonucleico (ARN) y es un componente de la adenosina trifosfato, la molécula que provee de energía a las células. Asimismo, en experimentos más recientes se han llegado a formar además las otras tres bases del ADN: guanina, timina y citosina.

Estos experimentos demuestran que los compuestos necesarios para iniciar la química prebiótica se generan en grandes cantidades en el medio interestelar y que es muy factible que fueran suministrados a la Tierra por los cometas y asteroides durante los quinientos millones de años de intenso bombardeo que siguió a la formación del Sistema Solar. Estos compuestos se disolvieron en los océanos dando lugar a la sopa prebiótica.



Los meteoritos y la complejidad química prebiótica en el espacio: Hemos visto que las nubes moleculares son inmensos laboratorios que generan los compuestos moleculares básicos que, disueltos en agua, pueden dar lugar a las moléculas esenciales de la vida: los aminoácidos y las bases nitrogenadas. Afortunadamente, la constante aportación de material orgánico desde el espacio nos permite profundizar aún más en la composición química de la materia interestelar y de la materia del Sistema Solar. En la actualidad caen a la Tierra varios cientos de toneladas de material extraterrestre, la mayoría en forma de pequeñas partículas de polvo y de meteoritos. Estos meteoritos de tamaños intermedios permiten analizar con detalle la composición química orgánica de la materia extraterrestre.

Los meteoritos como el Murchison, el Orgueil y el Allende muestran una gran riqueza de compuestos químicos formados en condiciones abióticas. Concretamente, en el meteorito Murchison se han identificado un gran número de compuestos orgánicos, entre los que cabe destacar al menos 79 aminoácidos, ocho de ellos correspondientes a los veinte de los que se compone la vida en la Tierra. Además, se han detectado dos de las bases nitrogenadas de los ácidos nucleicos; la adenina y la guanina. Más importante aún es la identificación de ácidos grasos que no aparecen de manera simple en la química prebiótica realizada en laboratorios terrestres. En condiciones alcalinas, estos ácidos grasos pueden crear las membranas de las primeras células rudimentarias.

A la vista de nuestros conocimientos actuales sobre la complejidad química del medio interestelar es muy posible que no solo los compuestos básicos como el agua, el amoníaco, el ácido cianhídrico y el cianoacetileno, sino también los aminoácidos, las bases nitrogenadas y los ácidos grasos que constituyen las proteínas, los ácidos nucleicos y las membranas de las protocélulas, podrían haber sido suministrados por el polvo interestelar, los meteoritos y los cometas.

Se sabe que las primeras evidencias de vida en la Tierra datan de hace unos 3.800 millones de años, en la época en la que la Tierra aún estaba siendo bombardeada con gran intensidad. Todo parece indicar que la vida arraigó

con rapidez en la Tierra e incluso es posible que apareciera antes, pero que no prosperara debido a las inhóspitas condiciones. Esto podría indicar que los cometas, los asteroides y el polvo interplanetario pudieron suministrar compuestos ya muy complejos que dieron lugar a un rápido desarrollo de la vida debido a la presencia de agua líquida.

Perspectivas futuras: Algunos de los pasos fundamentales que hemos esbozado hasta ahora son simplemente hipótesis. Pero en los próximos años, el estudio de la aparición y evolución de la vida centrará el desarrollo de nueva instrumentación y de misiones espaciales. Así, por ejemplo, la posibilidad de vida en Marte se abarcará en profundidad gracias a los programas de exploración de este planeta planeados por la Agencia Espacial Europea (ESA) y por la NASA. Asimismo, el telescopio espacial Herschel de la ESA abrirá por primera vez la ventana del infrarrojo lejano y permitirá estudiar la abundancia del agua en el Universo. La construcción, entre Europa, Norteamérica y Japón, del interferómetro a longitudes de onda milimétricas y submilimétricas Atacama Large Millimeter Array (ALMA) nos permitirá hacer un censo mucho más completo de las moléculas existentes en el medio interestelar y comprender mejor los procesos que dieron lugar a la formación y evolución de los planetas y la complejidad química necesaria para entender la aparición de la vida. Además, el siglo que acaba de empezar será, sin lugar a dudas, muy productivo en la investigación de las ciencias de la vida. Con toda seguridad, en los próximos años se desarrollarán proyectos interdisciplinarios que incluyan a astrónomos, biólogos, químicos y geólogos y que traerán consigo descubrimientos fundamentales para el avance de nuestro conocimiento del origen de la vida.

H. ASTRÓNOMOS SOBRESALIENTES

A lo largo de la historia de toda la humanidad ha habido diferentes puntos de vista con respecto a la forma, conformación, comportamiento y movimiento de la tierra, hasta llegar al punto en el que vivimos hoy en día. Actualmente hay una serie de teorías que han sido comprobadas científicamente y por lo tanto fueron aceptadas por los científicos de todo el mundo. Pero para llegar hasta este punto, tuvo que pasar mucho tiempo, durante el cual coexistieron varias teorías diferentes, unas más aceptadas que otras. A continuación se mencionan algunas de las aportaciones más sobresalientes realizadas a la Astronomía.

| ASTRÓNOMO | APORTES MÁS SIGNIFICATIVOS |
|---|---|
| <p>TALES DE MILETO Siglo VII a. C. Aproximadamente</p> | <p>Concibió la redondez de la tierra.</p> <p>Teorizó que la Tierra era una esfera cubierta por una superficie redonda que giraba alrededor de esta (así explicaba la noche) y que tenía algunos agujeros por los cuales se observaba, aun en la oscuridad nocturna, un poco de la luz exterior a la tierra; la que él llamo "fuego eterno".</p> |
| <p>DISCÍPULOS DE PITÁGORAS Siglo V a. C. Aproximadamente</p> | <p>Sostuvieron que el planeta era esférico y que se movía en el espacio.</p> <p>Tenían evidencia de nueve movimientos circulares; los de las estrellas fijas, los de los 5 planetas, los de la Tierra, la Luna y el Sol.</p> |
| <p>PLATÓN 427 a. C. al 347 a. C.</p> | <p>Dedujo que la Tierra era redonda basándose en la sombra de esta sobre la Luna durante un eclipse lunar.</p> <p>Concibió a la Tierra inmóvil y como centro del Universo.</p> |
| <p>ARISTÓTELES 384 a. C. - 322 a. C.</p> | <p>Sostenía que la Tierra era inmóvil y, además era el centro del Universo.</p> |
| <p>ARISTARCO DE SAMOS 310 a. C. al 230 a. C.</p> | <p>Sostenía que la Tierra giraba, que se movía y no era el centro del Universo, proponiendo así el primer modelo heliocéntrico. Además determinó la distancia</p> |

| | |
|---|---|
| | Tierra-Luna y la distancia Tierra-Sol. |
| ERATÓSTENES 276 a. C. al 194 a. C. | Su contribución fue el cálculo de la circunferencia terrestre. |
| HIPARCO DE NICEA Año 150 a. C. | Observó y calculó que la Tierra era esférica y estaba fija. |
| | El Sol, la Luna y los planetas giraban alrededor de su propio punto. |
| POSIDONIO DE APAMEA 135 a. C. al 31 a. C. | Observó que las mareas se relacionaban con las fases de la Luna. |
| CLAUDIO PTOLOMEO Año 140 | Elaboró una enciclopedia astronómica llamada Almagesto. |
| NICOLÁS COPÉRNICO (1477 - 1543) | Consideró al sol en el centro de todas las órbitas planetarias. |
| GALILEO GALILEI (1564 - 1642) | Con su telescopio observó que Júpiter tenía cuatro lunas que lo circundaban. |
| | Observó las fases de Venus y montañas en la Luna. |
| | Apoyó la teoría de Copérnico. |
| JOHANNES KEPLER (1571 - 1630) | Demostró que los planetas no siguen una órbita circular sino elíptica respecto del Sol en un foco de la elipse derivando de esto en su primera ley. |
| | La segunda ley de Kepler en la cual afirma que los planetas se mueven más rápidamente cuando se acercan al Sol que cuando están en los extremos de las órbitas. |
| | En la tercera ley de Kepler establece que los cuadrados de los tiempos que tardan los planetas en recorrer su órbita son proporcionales al cubo de su distancia media al Sol. |
| ISAAC NEWTON (1642 - 1727) | Estableció la ley de la Gravitación Universal |
| | Estableció el estudio de la gravedad de los cuerpos. |
| | Probó que el Sol con su séquito de planetas viaja hacia la constelación del Cisne. |
| ALBERT EINSTEIN (1879 - 1955) | Desarrolló su Teoría de la Relatividad. |
| CARL SAGAN (1934 - 1996) | Fue coautor de unos 200 trabajos científicos. |
| | Fue promotor del proyecto SETI. |
| | Escribió 10 libros de divulgación astronómica entre ellos "Cosmos", muy aclamado y anteriormente "Planets" en los años 60 donde exponía conocimiento avanzado de la atmósfera de Venus relacionado con un calentamiento global, explicaciones acerca de las misiones en curso a la Luna y fundamentos útiles para las misiones futuras a Júpiter. |