

LA ASTRONOMÍA 2

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 4.600 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 solo 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.

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, Próxima Centauri, está a 4,2 años luz.

El Sol (todo el Sistema Solar) gira alrededor del centro de la Vía Láctea, nuestra galaxia. Da una vuelta cada 225 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.

El sol es una de las 200.000 millones a 400.000 millones de estrellas de nuestra galaxia. Es una enana amarilla corriente, que está a 8,5 minutos-luz de la tierra y es de media edad. Con 1,4 millones de kilómetros de diámetro, contiene el 99,8 por ciento de la masa de nuestro sistema solar, la cual se consume a un ritmo de 600 millones de toneladas de hidrógeno por segundo, produciendo 596 millones de toneladas de helio. Convirtiendo así 4 millones de toneladas en energía según la ecuación $E=mc^2$. Además el sol es similar a una bomba de hidrógeno por la colosal fusión nuclear de hidrógeno que mantiene en su núcleo y la gran cantidad de energía que emite cada segundo. El equilibrio que mantiene su tamaño es la contraposición entre su gravedad y la expulsión continua de energía. También es una estrella de tercera generación. El protio, el isótopo de hidrógeno más abundante de la naturaleza, con su núcleo solamente compuesto por un protón, es además el combustible que alimenta las fusiones nucleares en el corazón de las estrellas gracias a cuya ingente energía emitida las estrellas brillan incluyendo a nuestro sol.

La parte visible del Sol está a 6.000 °C y la corona, más alejada, a 2.000.000 °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.

Las primeras mediciones de la radiación solar se hicieron desde globos hace un siglo y después fueron aviones y dirigibles para mejorar las mediciones con aparatos radioastronómicos. En 1914, C. Abbot envió un globo para medir la constante solar (cantidad de radiación proveniente del sol por centímetro cuadrado por segundo). En 1946 el cohete V-2 militar ascendió a 55 km con un espectrógrafo solar a bordo; este fotografió al sol en longitudes de onda ultravioletas. En 1948 (diez años antes de la fundación de la NASA) ya se fotografió al Sol en rayos X. Algunos cohetes fotografiaron ráfagas solares en 1956 en un pico de actividad solar.

En 1960 se lanza la primera sonda solar denominada Solrad. Esta sonda monitoreó al sol en rayos x y ultravioletas, en una longitud de onda muy interesante que muestra las emisiones de hidrógeno; este rango de longitud de onda se conoce como línea Lyman α . Posteriormente se lanzaron ocho observatorios solares denominados OSO. El OSO 1 fue lanzado en 1962. Los OSO apuntaron constantemente hacia el Sol durante 17 años y con ellos se experimentaron nuevas técnicas de transmisión fotográfica a la tierra.

El mayor observatorio solar ha sido el Skylab. Estuvo en órbita durante nueve meses en 1973 y principios de 1974. Observó al Sol en rayos g, X, ultravioleta y visible, y obtuvo la mayor cantidad de datos (y los mejor organizados) que hayamos logrado jamás para un objeto celeste. En 1974 y

1976 las sondas Helios A y B se acercaron mucho al Sol para medir las condiciones del viento solar. No llevaron cámaras.

En 1980 se lanzó la sonda Solar Max, para estudiar al Sol en un pico de actividad. Tuvo una avería y los astronautas del *Columbia* realizaron una complicada reparación.

George Ellery Hale descubrió en 1908 que las manchas solares (áreas más frías de la fotosfera) presentan campos magnéticos fuertes. Estas manchas solares se suelen dar en parejas, con las dos manchas con campos magnéticos que señalan sentidos opuestos. El ciclo de las manchas solares, en el que la cantidad de manchas solares varía de menos a más y vuelve a disminuir al cabo de unos 11 años, se conoce desde principios del siglo XVIII. Sin embargo, el complejo modelo magnético asociado con el ciclo solar solo se comprobó tras el descubrimiento del campo magnético del Sol.

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 solo 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.

Una de las cosas más fáciles de observar desde la Tierra y con un telescopio simple son los objetos de nuestro propio Sistema Solar y sus fenómenos, que están muy cerca en comparación de estrellas y galaxias. De ahí que el aficionado siempre tenga a estos objetos en sus preferencias de observación.

Los eclipses y los tránsitos astronómicos han ayudado a medir las dimensiones del sistema solar.

Dependiendo de la distancia de un planeta al Sol, tomando la Tierra como observatorio de base, los planetas se dividen en dos grandes grupos: planetas interiores y planetas exteriores. Entre estos planetas encontramos que cada uno presenta condiciones singulares: la curiosa geología de Mercurio, los movimientos retrógrados de algunos como Venus, la vida en la Tierra, la curiosa red de antiguos ríos de Marte, el gran tamaño y los vientos de la atmósfera de Júpiter, los anillos de Saturno, el eje de rotación inclinado de Urano o la extraña atmósfera de Neptuno, etc. Algunos de estos planetas cuentan con satélites que también tienen singularidades; de entre estos, el más estudiado ha sido la Luna, el único satélite de la Tierra, dada su cercanía y simplicidad de observación, conformándose una historia de la observación lunar. En la Luna hallamos claramente el llamado bombardeo intenso tardío, que fue común a casi todos los planetas y satélites, creando en algunos de ellos abruptas superficies salpicadas de impactos.

Los llamados planetas terrestres presentan similitudes con la Tierra, aumentando su habitabilidad planetaria, es decir, su potencial posibilidad habitable para los seres vivos. Así se delimita la ecósfera, un área del sistema solar que es propicia para la vida.

Más lejos de Neptuno encontramos otros *planetoides* como por ejemplo el hasta hace poco considerado planeta Plutón, la morfología y naturaleza de este *planeta menor* llevó a los astrónomos a cambiarlo de categoría en la llamada *redefinición de planeta de 2006* aunque posea un satélite compañero, Caronte. Estos planetas enanos, por su tamaño no pueden ser considerados planetas como tales, pero presentan similitudes con estos, siendo más grandes que los asteroides. Algunos son: Eris, Sedna o 1998 WW31, este último singularmente binario y de los denominados *cubewanos*. A todo este compendio de planetoides se les denomina coloquialmente *objetos o planetas transneptunianos*. También existen hipótesis sobre un planeta X que vendría a explicar algunas incógnitas, como la ley de Titius-Bode o la concentración de objetos celestes en el acantilado de Kuiper.

Entre los planetas Marte y Júpiter encontramos una concentración inusual de asteroides conformando una órbita alrededor del sol denominada *cinturón de asteroides*.

En órbitas dispares y heteromorfas se encuentran los cometas, que subliman su materia al contacto con el viento solar, formando *colas* de apariencia luminosa; se estudiaron en sus efímeros pasos por las cercanías de la Tierra los cometas McNaught o el Halley. Mención especial tienen los cometas Shoemaker-Levy 9 que terminó estrellándose contra Júpiter o el 109P/Swift-Tuttle, cuyos restos provocan las lluvias de estrellas conocidas como Perseidas o *lágrimas de San Lorenzo*. Estos cuerpos celestes se concentran en lugares como el cinturón de Kuiper, el denominado disco disperso o la nube de Oort y se les llama en general cuerpos menores del Sistema Solar.

En el Sistema Solar también existe una amplísima red de partículas, meteoroides de diverso tamaño y naturaleza, y *polvo* que en mayor o menor medida se hallan sometidos al influjo del *efecto Poynting-Robertson* que los hace derivar irremediabilmente hacia el Sol.

El campo gravitatorio del Sol es el responsable de que los planetas giren en torno a este. El influjo de los campos gravitatorios de las estrellas dentro de una galaxia se denomina marea galáctica.

Tal como demostró Einstein en su obra *Relatividad general*, la gravedad deforma la geometría del espacio-tiempo, es decir, la masa gravitacional de los cuerpos celestes deforma el espacio, que se *curva*. Este efecto provoca distorsiones en las observaciones del cielo por efecto de los campos gravitatorios, haciendo que se observen juntas galaxias que están muy lejos unas de otras. Esto es debido a que existe materia que no podemos ver que altera la gravedad. A estas masas se las denominó materia oscura.

Encontrar materia oscura no es fácil ya que no brilla ni refleja la luz, así que los astrónomos se apoyan en la gravedad, que puede curvar la luz de estrellas distantes cuando hay suficiente masa presente, muy parecido a cómo una lente distorsiona una imagen tras ella, de ahí el término *lente gravitacional o anillo de Einstein*. Gracias a las leyes de la física, conocer cuánta luz se curva dice a los astrónomos cuánta masa hay. Cartografiando las *huellas* de la gravedad, se pueden crear imágenes de cómo está distribuida la materia oscura en un determinado lugar del espacio. A veces

se presentan anomalías gravitatorias que impiden realizar estos estudios con exactitud, como las ondas gravitacionales provocadas por objetos masivos muy acelerados.

Los agujeros negros son singularidades de alta concentración de masa que curva el espacio, cuando estas acumulaciones masivas son producidas por estrellas se les denomina agujero negro estelar; esta curva espacial es tan pronunciada que todo lo que se acerca a su perímetro es absorbido por este, incluso la luz (de ahí el nombre). El agujero negro Q0906+6930 es uno de los más masivos de los observados. Varios modelos teóricos, como por ejemplo el *agujero negro de Schwarzschild*, aportan soluciones a los planteamientos de Einstein.

La astronomía cercana abarca la exploración de nuestra galaxia, por tanto comprende también la exploración del Sistema Solar. No obstante, el estudio de las estrellas determina si estas pertenecen o no a nuestra galaxia. El estudio de su clasificación estelar determinará, entre otras variables, si el objeto celeste estudiado es "cercano" o "lejano".

Tal como hemos visto hasta ahora, en el Sistema Solar encontramos diversos objetos (v. *El Sistema Solar desde la astronomía*) y nuestro sistema solar forma parte de una galaxia que es la Vía Láctea. Nuestra galaxia se compone de miles de millones de objetos celestes que giran en espiral desde un centro muy denso donde se mezclan varios tipos de estrellas, otros *sistemas solares*, nubes interestelares o nebulosas, etc. y encontramos objetos como IK Pegasi, Tau Ceti o Gliese 581 que son *soles* cada uno con determinadas propiedades diferentes.

La estrella más cercana a nuestro sistema solar es Próxima Centauri que se encuentra a 4,2 años luz. Esto significa que la luz procedente de dicha estrella tarda 4,2 años en llegar a ser percibida en La Tierra desde que es emitida.

Estos *soles* o estrellas forman parte de numerosas constelaciones que son formadas por *estrellas fijas* aunque la diferencia de sus velocidades de deriva dentro de nuestra galaxia les haga variar sus posiciones levemente a lo largo del tiempo, por ejemplo la Estrella Polar. Estas *estrellas fijas* pueden ser o no de nuestra galaxia.

La astronomía lejana comprende el estudio de los objetos visibles fuera de nuestra galaxia, donde encontramos otras galaxias que contienen, como la nuestra, miles de millones de estrellas a su vez. Las galaxias pueden no ser visibles dependiendo de si su centro de gravedad absorbe la materia (v. agujero negro), son demasiado pequeñas o simplemente son galaxias oscuras cuya materia no tiene luminosidad. Las galaxias a su vez derivan alejándose unas de otras cada vez más, lo que apoya la hipótesis de que nuestro universo actualmente se expande.

Las galaxias más cercanas a la nuestra (aproximadamente 30) son denominadas *el grupo local*. Entre estas galaxias se encuentran algunas muy grandes como Andrómeda, nuestra Vía Láctea y la Galaxia del Triángulo.

Cada galaxia tiene propiedades diferentes, predominio de diferentes elementos químicos y formas (espirales, elípticas, irregulares, anulares, lenticulares, en forma de remolino, o incluso con forma espiral barrada entre otras más sofisticadas como cigarrillos, girasoles, sombreros, etc.).