

FORMACIÓN Y EVOLUCIÓN DEL SISTEMA SOLAR

Gregorio José Molina Cuberos
Universidad de Murcia

El Sistema Solar está formado por una estrella de tamaño media, el Sol y ocho planetas, Mercurio, Venus, Tierra, Marte, Júpiter, Saturno, Urano y Neptuno. También incluye otros objetos de menor masa como son los satélites de los planetas y numerosos cometas y asteroides. Para entender la gran variedad de tamaño y composición que presentan estos objetos, es importante estudiar el origen y evolución del sistema solar.

La Nebulosa Solar

Todo empezó hace unos 5000 millones de años cuando una gran nube compuesta principalmente de hidrógeno y helio comenzó a colapsar debido a la acción de una fuerza externa, posiblemente una explosión de supernova. Una vez saltada la chispa, la fuerza de gravedad hace el resto. La nebulosa empieza a girar cada vez más rápido. Las colisiones entre las partículas provocan un achatamiento en la nebulosa, inicialmente esférica, que hace que cada vez se parezca más a un disco. También comienza a calentarse debido a los choques entre las partículas.

La atracción gravitatoria concentra la masa en el interior de la nebulosa, haciendo que su núcleo crezca cada vez más. A este núcleo central se le denomina protoestrella y, con el tiempo, dará lugar al Sol. El gas y el polvo condensan formando granos con distinta composición química dependiendo del lugar donde se formen. Las regiones del interior del disco están muy calientes y las exteriores más frías. Los granos de polvo empiezan a agregarse, formando lo que se denomina planetesimales que van aumentando su tamaño conforme se agrupan unos a otros.

Del mismo modo que alrededor del protosol se forman protoplanetas, también se pueden formar protolunas alrededor de los protoplanetas más grandes. Este es el caso de Júpiter, que se encuentra rodeado por 4 grandes satélites. El caso de nuestra Luna, es distinto, no nació por este proceso sino debido a un impacto con la Tierra.

Los planetas más cercanos, los denominados planetas rocosos, se formaron tan cerca del Sol que la alta temperatura hizo que no pudieran atrapar a los materiales gaseosos, de ahí su composición rocosa. Justo lo contrario ocurrió a mayores distancias del Sol, donde la temperatura era mucho menor. A más baja temperatura el gas no pudo escapar y pasó a formar parte del planeta, aumentando su masa. Por esa razón los denominados planetas exteriores son gigantes gaseosos, con masa muy superior a sus colegas rocosos.

La caída de material en la protoestrella hizo que densidad y temperatura aumentaran hasta que el Sol se “encendió”, emitió una gran cantidad de radiación, gas y polvo al

sistema solar. Esta etapa de juventud solar afectó a la formación de los planetas ya que arrancó cualquier resto de gas que hubiera alrededor de los planetas más cercanos y menos masivos.

Además de planetas y lunas, se pueden encontrar en el sistema solar cometas y asteroides. Los asteroides son restos de planetesimales, que no han contribuido a la formación de planetas. Los cometas vienen de una esfera gigante que rodea al sistema solar y que se formó en las fases iniciales de la nebulosa solar.

El Gran Bombardeo

Todo este proceso duró aproximadamente unos 100 millones de años. Por aquel entonces los cuerpos de unos 100 km de tamaño era muy numerosos, y su impacto con los planetas originaron grandes cráteres, cuyos restos son aun visibles.

Conforme se fueron consumiendo los planetesimales fue decreciendo el bombardeo sobre la superficie de los planetas. Los planetas interiores se fueron enfriando y se produjo en su interior procesos de separación de materiales según su densidad. De este modo al igual que el agua se separa del aceite, los materiales más pesados se colocaron en el interior del planeta y los más ligeros en el exterior.

El proceso de captura de material por parte del sol y de los planetas todavía ocurre en la actualidad, aunque a una escala muy inferior.

En cuanto a la formación de los satélites, ya hemos visto que algunos se formaron junto con los planetas directamente de la nebulosa inicial. Pero este no es el origen de todos los satélites, muchas de las lunas que giran alrededor de planetas son en realidad asteroides capturados. Un signo de que una luna es en realidad un asteroide capturado es si presenta una forma no esférica, es decir una forma irregular. De este tipo son las dos lunas de Marte: Fobos y Deimos. Otro signo de que una luna puede ser capturada es si mueve en dirección opuesta a la del planeta. Un ejemplo de este tipo es la luna Nereida, de Neptuno.

El origen de nuestra Luna ha sido motivo de una larga controversia. Actualmente la hipótesis más aceptada es que durante las últimas fases de la formación de la Tierra, cuando no se había enfriado lo suficiente y su superficie todavía sufría el intenso bombardeo de planetesimales, una colisión a gran escala tuvo lugar. Un objeto del tamaño de Marte (no Marte) colisionó con la Tierra provocando la emisión de gran cantidad de material del manto. Este material quedó orbitando y, con el paso del tiempo, fue agrupándose formando la Luna.

Además de planetas y lunas, se pueden encontrar en el sistema solar cometas y asteroides. Los asteroides son restos de planetesimales, que no han contribuido a la formación de planetas.

Se observa que los cometas vienen al sistema solar de todas las direcciones, por tanto se piensa que los cometas viene de una esfera gigante que rodea al sistema solar y que se formó en las fases iniciales de la nebulosa solar. Antes de que adoptara forma de disco. Esta esfera se denomina nube de Ort.

Los cometas contienen una gran cantidad de agua, se cree que cometas de entre 10 y 100 km de diámetro han traído la mayor parte del agua que hay en la Tierra. El impacto de un cometa de estos con la Tierra primitiva pudo haber depositado grandes cantidades de agua en la atmósfera y en el océano. En ciertos aspectos podemos comparar a un cometa con una enorme y polvorienta bola de nieve. Un cometa del tamaño de Halley pudo traer suficiente agua como para formar un gran lago. En los últimos años se han encontrado evidencias que este proceso continúa en la actualidad, la Tierra sigue siendo bombardeada con pequeños cometas portadores de agua y de otras moléculas.

El proceso de formación del sistema solar hasta alcanzar una situación prácticamente idéntica a la actualidad duró unos 100 millones de años, poco tiempo si lo comparamos con su edad, de unos 4500 millones de años, que resulta ser entre 3 y cuatro veces menor que la edad total del Universo.

Distancias en el sistema solar

Cuando estudiamos las distancias en el sistema solar las referencias que usamos en el día a día dejan de tener validez. Por ejemplo, la distancia media de la Tierra al Sol es de unos 150 millones de Km. Es difícil hacerse una idea de esa distancia, podemos pensar que entre el sol y la Tierra caben más de 10 mil Tierras puestas en línea recta. Dado que las distancias son muy grandes, vamos a dejar de usar km para medir distancias y en vez de ello utilizaremos la distancia Tierra-Sol como patrón, que denominamos “Unidad Astronómica” UA. Usando esta nueva magnitud la Tierra está a 1 UA del Sol, y mediremos el resto de los planetas en función de este nuevo patrón. De este modo Marte está a 1.5 UA del sol, Júpiter a 5 UA y Plutón, el planeta más lejano, a 40 UA. Pero no podemos considerar que a Plutón como el límite del Sistema Solar, los objetos situados más lejos son los cometas, provenientes de la nube de Oort a unos 100 000 UA.