

Formación del Sistema Solar

La ubicación de la Tierra en el contexto planetario. Su relación con el Sol y el medio interplanetario. Los distintos cuerpos que conforman el sistema solar y su relación con la Tierra: planetas, asteroides y cometas.

Apertura

Si bien cómo se formó la Tierra es un tema que aún no se comprende del todo, mucho se ha avanzado en entender los procesos que habrían acaecido en los primeros años del planeta. Las teorías sobre su formación son bastante recientes ya que, recién, hace poco más de 200 años, comenzaron a gestarse las primeras ideas sobre la que, hoy en día, es la teoría aceptada de la formación del Sistema Solar. Estas primeras ideas datan de 1796, momento en que Pierre Simon (1749-1827), marqués de Laplace, publicó su obra *Exposición Del Sistema Del Mundo*. De aquella primera teoría, la ciencia moderna conserva la idea de que el Sistema Solar se formó como consecuencia de eventos naturales como resultado de una nube de gas y polvo denominada *nebulosa solar*.

Esta teoría ha ido evolucionando y cambiando hasta nuestros días y, actualmente, se distinguen cuatro etapas para el origen y la formación del Sistema Solar:

- 1- la primer etapa comprende la condensación de partículas sólidas a partir de una nube de gas;
- 2- la segunda es la formación de planetesimales;
- 3- luego habría seguido la formación de embriones planetarios y;
- 4- por último, los procesos de acreción final.

En el marco de esta teoría, se explica la formación del sistema solar y, particularmente, el origen de la Tierra. Además, este pensamiento, no sólo debería poder explicar porqué nuestra Tierra es tal como la vemos, sino, también, porqué Marte o Venus no poseen océanos o lunas importantes, o qué posibilidades de vida hay en otros cuerpos planetarios. Finalmente, con el desarrollo de este capítulo, veremos cómo esta “roca” en la que habitamos se convirtió en un oasis espacial, capaz de ser habitado por una forma de vida.

Primer Acto

El Problema

En el esfuerzo humano de entenderse a sí mismo, al Universo y al modo en que ambas entidades se relacionan entre sí, uno de los interrogantes que surge es

cómo se originó el planeta Tierra.

Por absurdo que parezca, también podemos preguntarnos si la Tierra es o no un planeta. Recientemente, se ha modificado la definición de ‘planeta’. Ya no sólo se considera planeta a un “cuerpo errante”, sino que debe cumplir tres condiciones básicas:

- 1- encontrarse en órbita alrededor del Sol,
- 2- tener una masa suficientemente importante como para que la presión interna supere las fuerzas de cuerpo rígido y asuma el equilibrio hidrostático. Es decir, adquiera una forma casi-esférica,
- 3- haber “barrido” el vecindario planetario a lo largo de su órbita, a través de las fuerzas gravitatorias.

Todo cuerpo que cumpla las dos primeras condiciones, pero no la última, es denominado “Planeta Enano”. Hoy en día, el sistema solar consta de una estrella, ocho planetas, cinco planetas enanos y una infinidad de cuerpos menores (Figura 1.1).

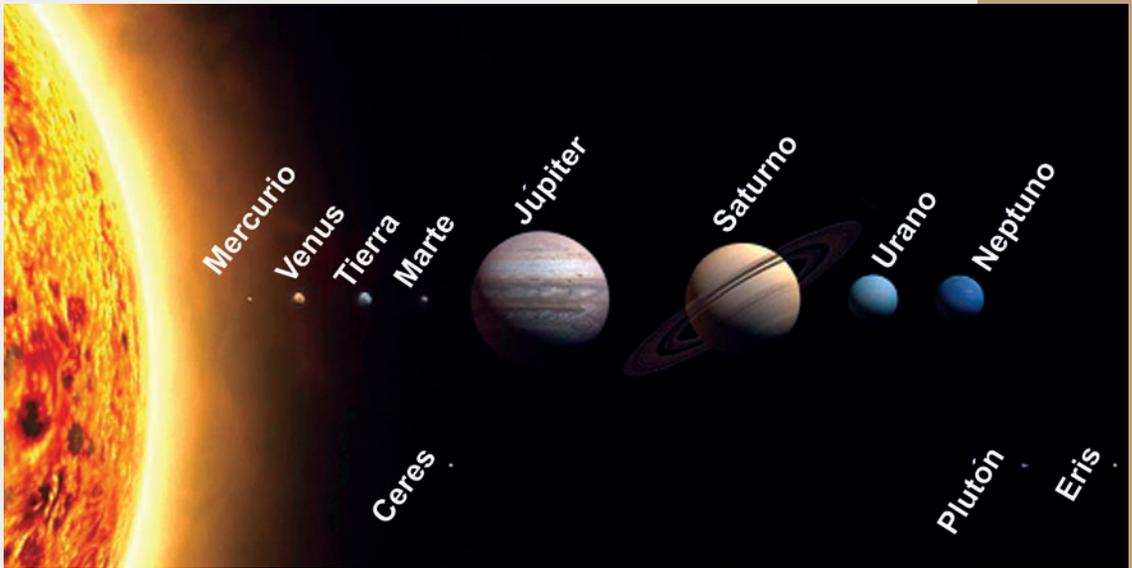
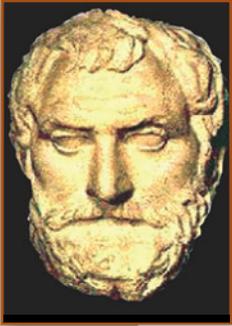


Figura 1.1. El nuevo Sistema Solar con ocho planetas y tres de los 5 planetas enanos conocidos en la actualidad (Ceres, Plutón, Eris, Humea y Makemake).

La Tierra es uno más de todos estos objetos que conforman el sistema solar. Lo maravilloso es que todos ellos tienen un origen en común, es decir, todo el sistema solar se formó a partir de un ‘único’ evento, de manera muy rápida. Todo lo que vemos, hoy en día, con nuestros ojos, satélites y telescopios -incluso la Tierra- posee un origen común y, sólo, algunas pequeñas diferencias han dado lugar a la gran heterogeneidad de cuerpos actuales.



Anaxágoras



Nicolás Copérnico
1473-1543

1.- Historia de esta historia

En el año 450 a.C. el filósofo griego **Anaxágoras** (500-428 a.C.) afirmaba que la Luna era de roca, similar a las rocas terrestres y, que el Sol era una masa de hierro fundido e incandescente. Actualmente, sabemos que el Sol está compuesto, principalmente, por hidrógeno y helio y que la combustión del hidrógeno, es lo que lo hace verse incandescente. Sin embargo, el Sol sólo posee un 0,0037% aproximadamente de Hierro.

Lo que llevó a Anaxágoras a pensar que el Sol se componía, básicamente, de ese material fue la evidencia que le proporcionó la caída de un **meteorito** metálico alrededor del año 467 a.C. La caída de este meteorito llevó a Anaxágoras a pensar, equivocadamente, que el meteorito provenía del Sol y que, por lo tanto, el Sol debía ser de hierro.

Existen tres tipos principales de meteoritos:

- 1- líticos o rocosos, compuestos por silicatos, que son no metales;
- 2- sideritos o metálicos, compuestos por metales;
- 3- siderolitos, una mezcla de metal y roca (**Figura 1.2**).

Es curioso que, hoy, muchos de nuestros conocimientos acerca del sistema solar estén basados en el estudio de los meteoritos. Cabe preguntarse si nuestras conclusiones son válidas o son erróneas, como resultaron las de Anaxágoras.

Mucho más adelante en el tiempo, **Nicolás Copérnico**, entre 1507 y 1515, escribió un texto conocido comúnmente como *Commentariolus*¹ Las ideas allí plasmadas, luego, fueron publicadas en el libro sexto del *De Revolutionibus Orbium Coelestium* en 1543, fecha que se considera como el

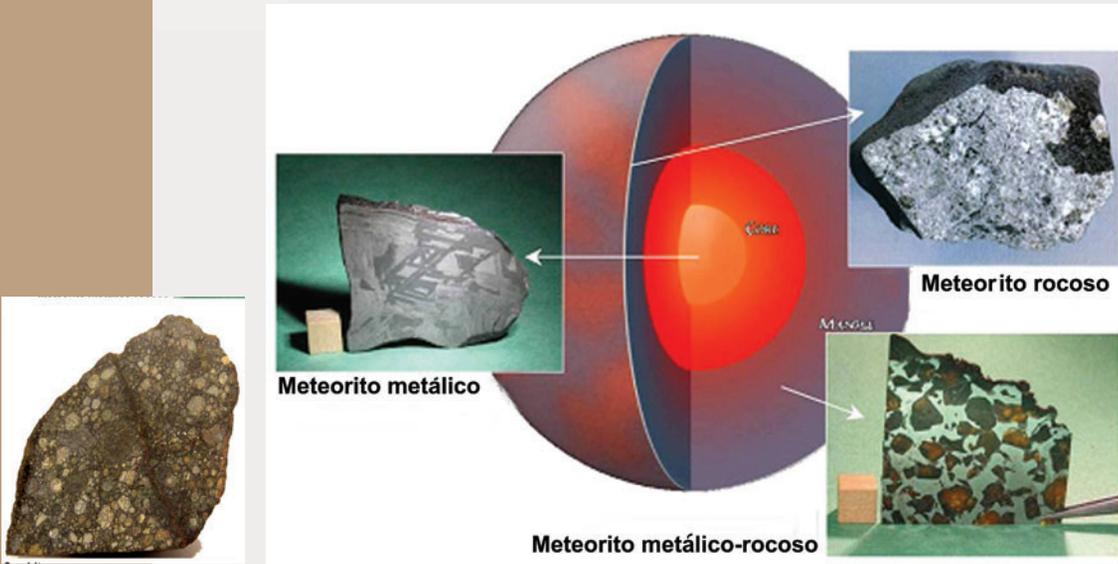


Figura 1.2. Clasificación básica de los meteoritos.

Condrita

¹ Nicolai Copernici De Hypothesibus Motuum Coelestium A Se Constitutis Commentariolus

inicio de la llamada *Revolución Copernicana*. A partir de esta revolución teórica, la Tierra dejó de concebirse como el centro del sistema solar. Detrás de toda idea revolucionaria están los científicos que se remangan la camisa y se dedican a la laboriosa tarea de obtener datos, ya sea para sostener esa idea o defenestrarla.

Tycho Brahe hizo ese trabajo. Siendo el último gran astrónomo que miró el cielo sin utilizar el telescopio, realizó ininidad de observaciones y catálogos estelares. Su aprendiz, **Johannes Kepler**, tomó las observaciones de su maestro y, a partir de ellas, sostuvo las afirmaciones que, más tarde, se conocieron como las *leyes de Kepler*. Tres postulados fueron la base para describir el movimiento planetario, entre ellos, el que propone que las órbitas no son circulares, sino elípticas. Además, aventuró una teoría en la que sostiene que los cuerpos celestes son movidos por fuerzas magnéticas.

Contemporáneo de Kepler, **Galileo Galilei**, a diferencia del primero, un *físico experimental* -como lo llamaríamos actualmente-, fabricó su pequeño telescopio y realizó las primeras observaciones entre 1609 y 1610. Por supuesto, descubrió muchas cosas: manchas solares, cráteres en la Luna, otros satélites que orbitaban en torno a Júpiter. Desde entonces, todo comenzó a cambiar.

Así como Anaxágoras se inspiró en la caída de un meteorito, en 1692, la visión de un cometa -que más tarde se llamaría *Halley*- llevó al inglés **William Whiston** a pensar que la Tierra y los otros cuerpos celestes habían surgido a partir del material desprendido de la cola de un cometa. Siguiendo la *hipótesis cometaria*, **Georges Louis Leclerc**, conde de Buffon, propuso en 1745 que el Sistema Solar se había formado a partir de material desprendido de una colisión de un cometa contra el Sol. Gracias al avance técnico, actualmente, se han podido observar numerosos choques de cometas contra el Sol. Estos choques provocan grandes explosiones, pero ningún nuevo sistema solar se ha formado a partir de ellas. Como vemos, la ciencia y la técnica van de la mano, siendo muchas veces necesario esperar algún avance técnico para comprobar o refutar algunas de las inspiradas ideas científicas.

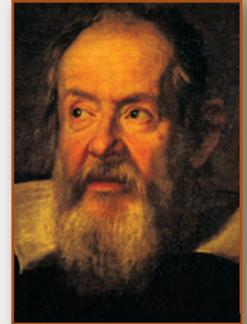
Poco tiempo después, en 1755, el filósofo **Immanuel Kant** comenzaba a dar forma a la teoría que, actualmente, se conoce como "*Teoría de la nebulosa solar*". En las oscuras noches del 'Siglo de las Luces', explicó, con acierto, la naturaleza de la Vía Láctea diciendo que se trataba de la imagen de un disco estelar visto de perfil. Su modelo, en consecuencia, estaba firmemente basado en una analogía con las galaxias. Comenzaba con una distribución caótica de partículas en movimiento que evolucionaron hasta convertirse en discos planos en rotación.

Posteriormente, fascinado por la regularidad del sistema, **Pierre-Simon, marqués de Laplace**, dedujo que el Sistema Solar había surgido 'hacia mucho tiempo', a partir de una nube de gas y polvo en rotación, y acuñó la expresión *nebulosa solar*.

Laplace resumió en un cuerpo de doctrina los trabajos separados de Newton, Halley, Clairaut, d'Alembert y Euler acerca de la gravitación universal, y con-



Tycho Brahe
(1546-1601)



Galileo Galilei
(1564-1642)



Immanuel Kant
(1724-1804)



Pierre-Simon,
marqués de Laplace
(1749-1827)

cibió, acerca de la formación del sistema planetario, la teoría que lleva su nombre.

Una vez más, estos dos personajes se basaron en la observación del medio natural para crear una teoría que explicase la formación del sistema solar. Un gran cambio en el paradigma vigente hasta el momento fue pensar que el Sol, los planetas y otros cuerpos celestes compartían un origen común, habiéndose formado en un mismo proceso.

2.- Volviendo al futuro

Hoy en día, la teoría que explica la formación del sistema solar se suele denominar *Teoría de la Nebulosa Solar*, en referencia al término propuesto por Laplace. Esta teoría explica el origen de todo nuestro sistema: el Sol, la Tierra, los planetas y los demás cuerpos. Pero, además, explicaría la formación de cualquier otro sistema planetario alrededor de alguna otra estrella distante.

Para poder elaborar una teoría sobre el origen del sistema solar, como ya mencionamos, debemos primero saber cuáles son los elementos o las observaciones que hay que explicar. En otras palabras, cuáles son las piezas de ese gran rompecabezas teórico. Así como cuando se arma uno de estos juegos las piezas son separadas entre sí para distinguirlas unas de otras, comenzaremos por nombrar algunas de las evidencias que se deben explicar y, posteriormente, veremos cómo encajan entre sí.

Además de **planetas** y **planetas enanos**, el sistema solar se compone de cuerpos menores con órbitas erráticas - o, por lo menos, no tan fijas, - llamados **asteroides**. Estos cuerpos se encuentran, en su mayoría, en órbitas ubicadas entre Marte y Júpiter a 300 millones de kilómetros de la Tierra en promedio. Otros cuerpos más llamativos, desde un punto de vista 'estético', son los **cometas** (Figura 1.3).



Al ser cuerpos, principalmente, de hielo, cuando se acercan al interior del sistema solar el aumento de temperatura provoca que el hielo se funda y fragmente en pequeños trozos. La luz que se refleja en el vapor de agua y los fragmentos de hielo genera la hermosa cola que se observa en los mismos.

Figura 1.3. Estructura interna de un cometa.

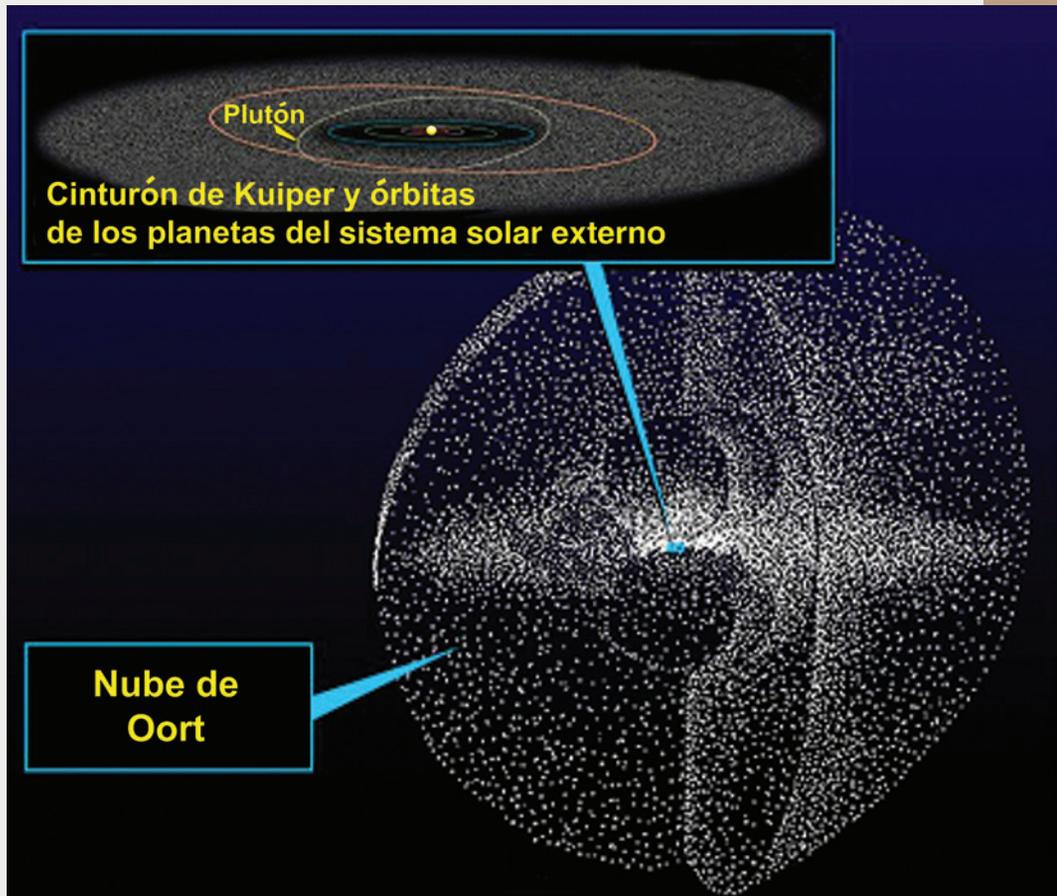


Figura 1.4. Dibujo esquemático que muestra El cinturón de Kuiper y la nube de Oort.

Como se observa en la figura, el cinturón de Kuiper presenta una geometría de disco plano mientras que la nube de Oort está conformada por cuerpos helados, con órbitas en múltiples direcciones, adquiriendo una estructura cuasi-esférica que rodea a todo el sistema solar.

A estos objetos se los suele llamar ‘*bolas de nieve sucias*’, porque se componen, principalmente, de hielo, con un agregado de fragmentos de roca y polvo. Estos objetos provienen de dos regiones mucho más lejanas llamadas **Cinturón de Edgeworth-Kuiper** y **Nube de Oort** (Figura 1.4) que representan los confines del sistema solar, a unos 7.500 millones de kilómetros desde el Sol. Por supuesto, el sistema solar posee una **estrella**, alrededor de la cual orbitan todos estos cuerpos, que es el Sol. Tampoco deben olvidarse los **satélites naturales** de los planetas. También debemos incluir cuerpos más pequeños como las *estrellas fugaces*, que, en realidad, no tienen nada que ver con una estrella, son simplemente partículas o meteoros que atraviesan la atmósfera y la fricción hace que se vean incandescentes. Entonces, a la lista de objetos, se deben agregar los **meteoros** - si se desvanecen en la atmósfera - o - en el caso de que impacten en la superficie terrestre - meteoritos.

Resumiendo, el Sistema Solar se compone de una estrella, planetas, planetas enanos, lunas, asteroides, cometas y cuerpos menores, como meteoritos, e incluso partículas muy pequeñas de centímetros a milímetros.

3.- La composición de los planetas

Los planetas se subdividen a su vez en:

1.- **planetas rocosos** o **internos**: integrado por Mercurio, Venus, la Tierra y Marte.

Se llaman *rocosos* porque, en su composición, predominan elementos químicos como el oxígeno, el silicio, el hierro y el magnesio, que forman los minerales comunes de la Tierra. Cabe mencionar que, en términos astronómicos, se considera 'metal' a cualquier elemento químico más pesado que el Helio,

2.- más lejanos, se encuentran los llamados '**gigantes gaseosos**'.

Ellos son Júpiter y Saturno, y deben su nombre a que en su composición predominan el hidrógeno y el helio en forma de gas,

3.- los **planetas externos**: integrado por los '**gigantes de hielo**'.

El nombre de este grupo, integrado por Urano y Neptuno, se debe a la presencia de hielo, de agua, hielo de metano y hielo de amoníaco.

Cabe mencionar que la denominación de gigantes a los planetas más alejados se debe a su gran tamaño en comparación con la Tierra. Para hacerse una idea, si la Tierra fuera del tamaño de una cereza pequeña, Júpiter sería como un pequeño melón (aproximadamente 11 veces mayor); Saturno, un gran pomelo (alrededor de 9 veces mayor); mientras que Urano y Neptuno serían como duraznos (alrededor de 4 y 3,8 veces mayores, respectivamente).

Más allá de Neptuno, se encuentra Plutón, el segundo planeta enano. Si nos seguimos alejando, existe una zona llamada *Cinturón de Edgeworth-Kuiper*, que es un enjambre con geometría de disco conformado por cuerpos de hielo. De esta zona provienen los cometas de período corto. Por último, en los confines del sistema solar, se encuentra una nube esférica de cuerpos helados que rodea a todo el sistema. De esta nube provendrían los cometas de período largo; representa el límite del sistema solar a una distancia aproximada de un año luz (es la distancia que recorre la luz en un año viajando a la velocidad de alrededor de 300 mil kilómetros por segundo).

Considerando esta división se observa que hacia el interior del sistema solar predominan materiales con puntos de fusión más altos (planetas del primer grupo) que en la parte más externa (planetas del segundo grupo) y por último cuerpos helados. Esto da una idea de que la temperatura habría desempeñado un papel muy importante en el proceso de su formación, ya que hoy vemos una progresión de cuerpos con menos hielos en el interior del sistema solar y cuerpos con más proporción de hielo en los confines.

4.- Perinolas planetarias

Otra pista para “armar el rompecabezas” proviene de la **órbita** y el **movimiento** de los planetas. Si pudiéramos ubicarnos lejos del Sistema Solar en un punto tal que, mirando el movimiento de la Tierra, viésemos que ésta se mueve a lo largo de una línea, hacia un lado y hacia el otro del Sol, pasando alternadamente por delante y por detrás del mismo, estaríamos ubicados en el mismo plano que la órbita terrestre. Este plano se denomina **eclíptica** (Figura 1.5). Además se vería que casi todos los cuerpos, excepto aquéllos de la Nube de Oort, orbitan en un plano muy similar a la eclíptica que, a su vez, es muy cercano al ecuador del Sol. Este hecho no podría ser casual ya que si los planetas fueran capturados, por ejemplo, tendrían cualquier otra órbita que no coincidiría con el ecuador solar.

Por otro lado, si se mira el sistema solar perpendicularmente al plano de la **eclíptica** y desde el polo norte geográfico terrestre, los planetas orbitan en sentido antihorario. Sin embargo, el sentido y el eje de rotación varían en cada cuerpo. Por ejemplo, Mercurio, la Tierra y Marte rotan en sentido antihorario, mientras que Venus lo hace en sentido horario (siempre mirando al sistema desde el norte geográfico terrestre). Entre los planetas externos, Urano es la anomalía ya que rota con un eje de aproximadamente 100° con respecto a la línea perpendicular al plano de su órbita. Se podría decir que, prácticamente, se mueve como si estuviera “rodando” sobre el plano de su órbita. Si todos los cuerpos se formaron a partir de un mismo evento, entonces, cabe preguntarse qué procesos hicieron que cada cuerpo adquiriera una rotación particular (Figura 1.6).

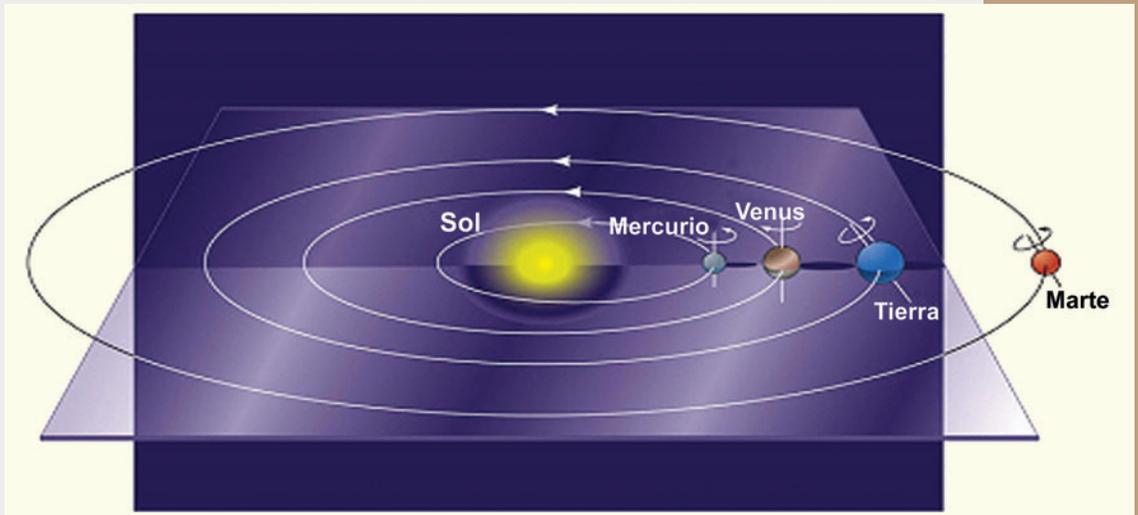


Figura 1.5. Todos los planetas orbitan muy cerca de un plano denominado eclíptica que corresponde con el ecuador solar.

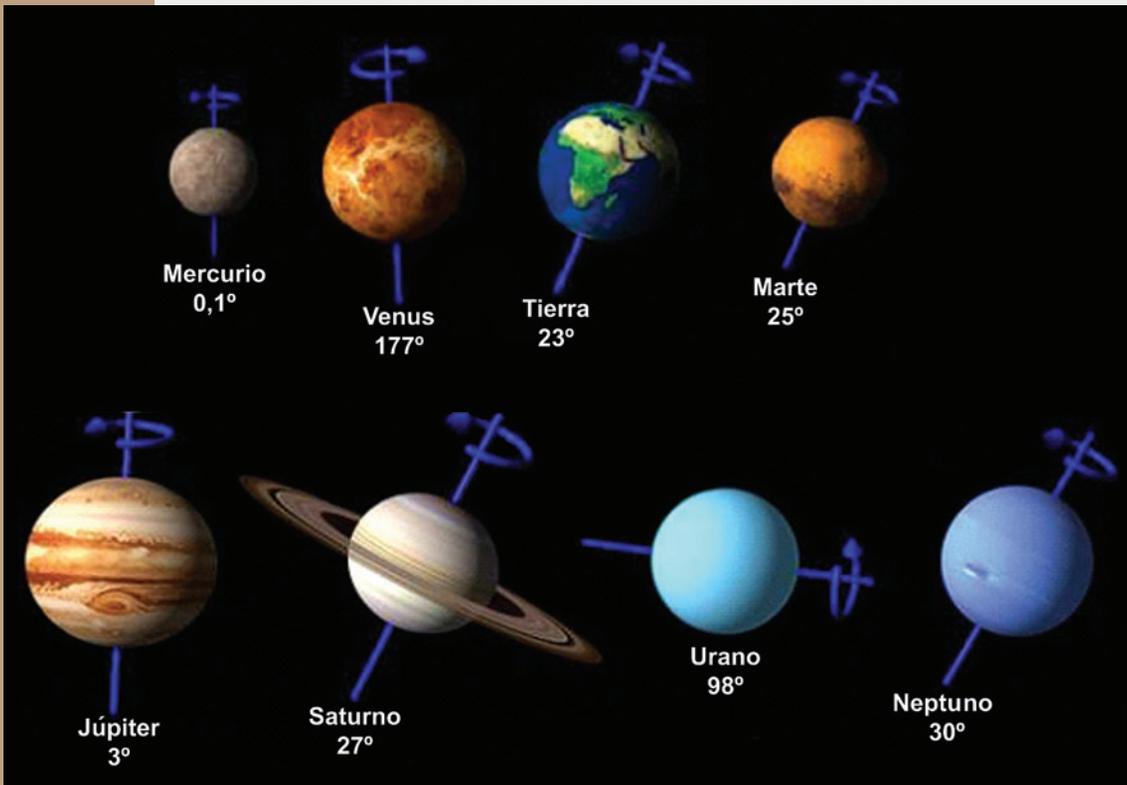


Figura 1.6. Todos los planetas presentan un eje de rotación particular heredado de los últimos eventos ocurridos en la formación del Sistema Solar. Todos excepto Venus, giran en sentido antihorario.

Una clave para explicar la rotación particular de cada cuerpo se puede encontrar en los **impactos meteoríticos** (Figura 1.7). Si observamos la superficie de los cuerpos sólidos en el Sistema Solar, vemos que, los cráteres de impacto, son un elemento común en todos ellos. Estas estructuras circulares con forma de bol son un proceso geológico que se origina cuando un objeto choca contra la superficie de un planeta o luna. Al observar la superficie de la Luna, notamos una gran cantidad de estas estructuras circulares oscuras; sin embargo, en la Tierra, sólo se conocen 150 estructuras de impacto. Si pensamos que la cantidad de impactos meteoríticos era mucho mayor en los inicios del sistema solar, cuando existían más cuerpos pequeños circulando, y que ya no es un proceso tan frecuente, podemos decir que aquellas superficies con más cráteres son más antiguas que las superficies con menos impactos.



Figura 1.7. Impacto meteorítico en la Tierra denominado 'Barringer Crater' ubicado en Arizona presenta un diámetro de 1,3 kilómetros.

¿Será posible que la inclinación de los ejes de rotación de los planetas esté relacionada con grandes colisiones?

Como veremos más adelante, la respuesta es afirmativa.

Los **meteoritos** brindan muchísima información acerca de los orígenes del Sistema Solar. Gracias a ellos, por ejemplo, podemos saber que los materiales más antiguos del Sistema Solar tienen una edad de, aproximadamente, 4.567 millones de años, que se considera es la edad del sistema solar. Como mencionamos antes, existen tres tipos principales de meteoritos: metálicos, rocosos y una mezcla de ambos. Esta clasificación sería una evidencia del proceso de **diferenciación planetaria** (Figura 1.8). Esto significa que, a medida que los planetas se estaban formando, acumulaban calor. Este calor acumulado, como consecuencia del cambio de energía cinética en térmica, durante los impactos meteoríticos, y la acumulación de elementos radioactivos, permitió que los cuerpos de mayor tamaño alcanzaran una temperatura suficiente como para que los materiales se comportaran en forma plástica y fuera posible que se separaran en capas según su densidad, migrando los materiales más densos hacia el centro de rotación del planeta, mientras que los menos densos permanecieron en la superficie.

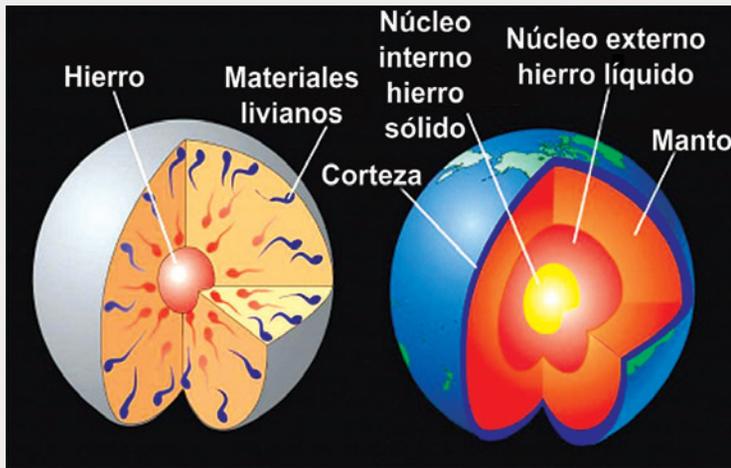


Figura 1.8. El proceso de diferenciación planetaria implica que los materiales más densos migran hacia el centro de rotación del cuerpo, mientras que los materiales menos densos son separados hacia la superficie.

Segundo Acto

5.- El principio del fin

Hacia el final del primer acto mencionamos algunos de los elementos que una teoría del origen del sistema solar debe explicar. Entre ellas, cuestiones de composición, parámetros orbitales y diferencias en tamaño. También comentamos que la teoría aceptada es la denominada *Teoría de la nebulosa solar*.

Esta teoría explica la formación del Sistema Solar a partir de una nube de gas

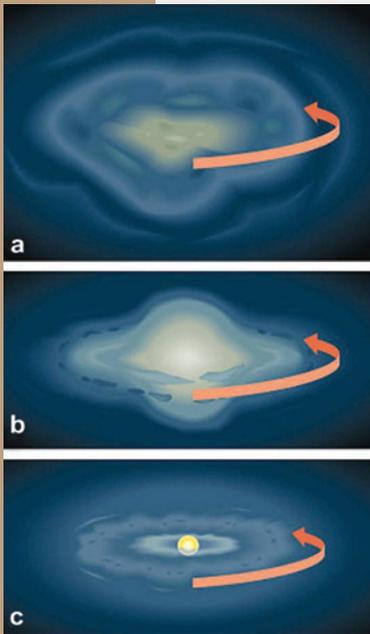


Figura 1.9. La nube de gas y polvo, a medida que rotaba, iba adquiriendo una geometría de disco donde las partículas sólidas se acumulaban.

y polvo que, debido a su gran tamaño, habría colapsado y habría dado lugar al nacimiento del Sol y de todos los planetas. Si bien esta teoría data del siglo XVIII, con el paso del tiempo y nuevas evidencias, se ha ido refinando hasta llegar a la versión que se acepta actualmente.

Este proceso, según la concepción actual, se divide en cuatro etapas.

La primera abarca desde el colapso de una nube de gas y la condensación de las primeras partículas sólidas hasta la formación de un disco de gas y polvo alrededor de una estrella incipiente. En este proceso de colapso, hay que imaginarse no sólo que el material se concentra en el centro de la nube, sino que se acomoda en un plano perpendicular al eje de rotación de la nube. Este hecho explicaría el porqué la mayoría de los cuerpos, particularmente los planetas, tienen órbitas cercanas al plano de ecuador solar, donde existía la mayor cantidad de material sólido. Además, en esta primera etapa, habría sido muy importante la temperatura de la Nebulosa ya que los diferentes materiales se habrían condensado en un orden particular a medida que se iban enfriando (Figura 1.9).

La segunda etapa representa el período de crecimiento, desde objetos como pequeñas rocas hasta planetesimales del orden del kilómetro de diámetro. Este proceso aún se desconoce. No está claro qué fuerzas actúan para que, partículas del orden de los centímetros, que poseen una masa y velocidad ya importantes, queden adheridas en los impactos y no se destruyan mutuamente. Una posibilidad es que, en ciertas partes del disco protoplanetario, la densidad de material fuera suficientemente alta para que “colapsaran” gravitacionalmente (Figura 1.10).



Figura 1.10 El colapso gravitacional implica una densidad de masa tan grande que el material se comprime por su propia gravedad.

La tercera etapa consiste en el proceso de colisión de los planetesimales, que representan cuerpos desde 1 kilómetro a 1.000 kilómetros de diámetro. Esta etapa es más conocida. Una vez que los cuerpos alcanzan un tamaño significativo de, aproximadamente, varios kilómetros de radio, comienza a tener importancia un proceso llamado **fricción dinámica**. Esto significa que los cuerpos de mayor radio y densidad son frenados por el gas y polvo circundante, haciendo que los cuerpos de mayor tamaño adquieran órbitas coplanares y circulares. Lo que pudo haber resultado que más cuerpos de mayor tamaño estén en una misma órbita. Sumado a este proceso, existe otra denominada **concentración gravitacional**. Este proceso implica, por un lado, que los cuerpos de mayor tamaño poseen una mayor área y gravedad, capaz de atraer mayor cantidad de cuerpos. Además, los cuerpos de menor velocidad son más propensos a ser atraídos entre sí. A estos dos procesos sumados se los denomina **crecimiento descontrolado**, ya que durante esta etapa los cuerpos que adquieren un tamaño mayor que el resto, comienzan a acelerar su crecimiento y así, los planetesimales de mayor tamaño habrían crecido más rápido y a expensas de incorporar el material que los rodeaba (Figura 1.11).

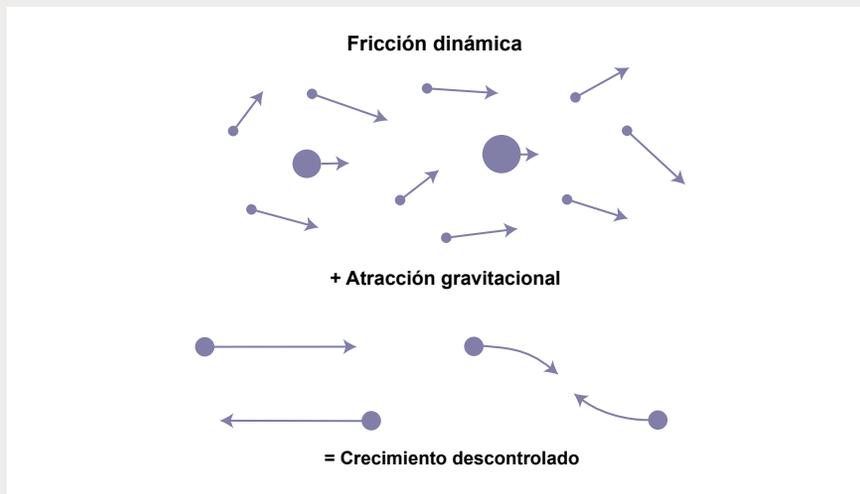


Figura 1.11. Una vez que los cuerpos sólidos adquirieron un tamaño importante comenzaron a actuar dos procesos simultáneos llamados Fricción dinámica y concentración gravitacional que, sumados, favorecen que los cuerpos mayores crezcan más rápido y no permitan que los menores sigan creciendo.

Finalmente, la última etapa está caracterizada por grandes colisiones con la consecuente formación de cuerpos de entre 0,01 y 0,1 de la masa terrestre, llamados embriones planetarios. Durante esta última etapa de formación del sistema solar, el disco protoplanetario es despejado, ya sea porque los cuerpos pasan a formar parte de un planeta, o bien son expulsados a órbitas erráticas y hacia el exterior del sistema. Este período que habría abarcado unas decenas de millones de años habría sido de vital importancia en la construcción final de cada planeta. Las grandes colisio-

nes finales provocaron que, cada planeta, adquiriera un eje de rotación particular como se mencionó anteriormente. Mencionamos al principio que, uno de los elementos que se deben considerar para que un cuerpo sea llamado *planeta*, es que haya “barrido” su vecindario planetario. Esto significa que, en esta etapa final, los cuerpos, en determinadas órbitas, adquirieron un tamaño suficientemente grande impidiendo que se formara otro planeta en las inmediaciones. Esto puede haber ocurrido porque, o bien el planeta incorporó el material a su alrededor o porque perturbó a los cuerpos menores, de forma tal que pudieron ser enviados hacia otras órbitas.

La Tierra habría surgido en este escenario. A partir de una nube de gas y polvo que colapsó en un disco protoplanetario, habría comenzado a formarse en una zona que promediaba los 150.000.000 de kilómetros (1 unidad astronómica) inicialmente a partir de la condensación y formación de condritos que se acrecieron entre sí. La mayor parte de su masa (65%) habría sido acrecionada en los primeros 10 millones de años luego del proceso de **crecimiento descontrolado**, con materiales que se incorporaron desde más de 2 unidades astronómicas de distancia. Durante el período final de acreción, cuando la proto-Tierra poseía alrededor del 90% de la masa actual, sufrió la colisión de un cuerpo llamado “Theia” que luego dio lugar a la Luna.

Como se desprende de los párrafos anteriores la formación del sistema solar es un continuo de eventos entrelazados. Por lo tanto, es difícil establecer una fecha puntual. Anteriormente se mencionó que la edad era de 4.567 millones de años. Sin embargo, es, simplemente, la edad más vieja de uno de los primeros materiales sólidos en condensar, hallado hasta la actualidad en un meteorito. Por otra parte y, en comparación con este lapso mencionado, se calcula que todo el sistema solar, en particular la Tierra, habría adquirido la estructura actual en tan sólo, aproximadamente, 40 millones de años (**Figura 1.12**)

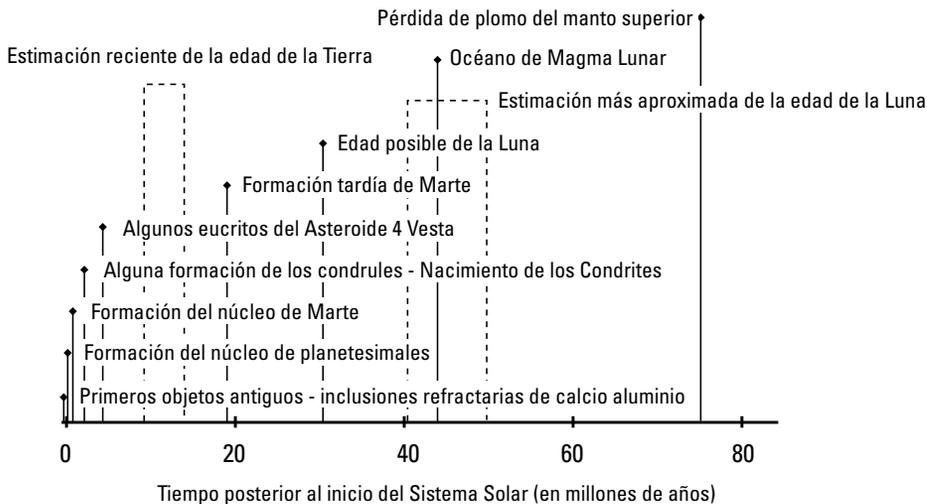


Figura 1.12. Evolución de los primeros 80 millones de años del sistema solar