

## ESQUEMA GENERAL DE LA FORMACION



Esta teoría fue propuesta por **Pierre Simon de Laplace** ya en el siglo XVIII y con modificaciones surgidas de nuevas evidencias subsiste hasta nuestros días.

Se ha intentado reconstruir el origen y la evolución del Sistema Solar a partir del estudio de material

La teoría que mejor explica la formación de nuestro sistema solar (y otros sistemas planetarios) es la de la **nebulosa solar**.

proveniente de meteoritos, de polvo cometario, de datos obtenidos por diferentes sondas y telescopios, de modelos teóricos y especialmente del descubrimiento de sistemas planetarios alrededor de otras estrellas.

La teoría actual de la formación del Sistema Solar, muestra una evolución mucho más compleja, violenta y caótica de lo que pensábamos hace algunos años.

**La historia del sistema Solar puede dividirse en tres etapas de diferente duración cada una caracterizada por el predominio de distintos procesos físicos**

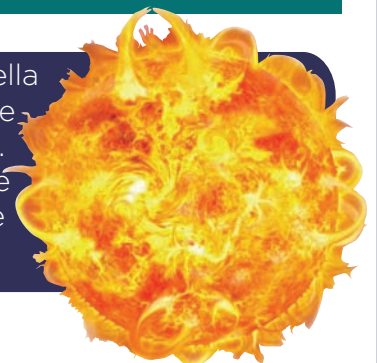
- Formación de los planetas gigantes y sus satélites
- Diferenciación de los planetesimales primordiales
- Bombardeo primordial
- Migración de los planetas gigantes

- Reordenamiento orbital del Sistema Solar exterior.
- Fin de la formación de los planetas rocosos
- Fase de impactos gigantes
- Agotamiento de la masa del cinturón de asteroides

- Evolución geofísica de los planetas y satélites



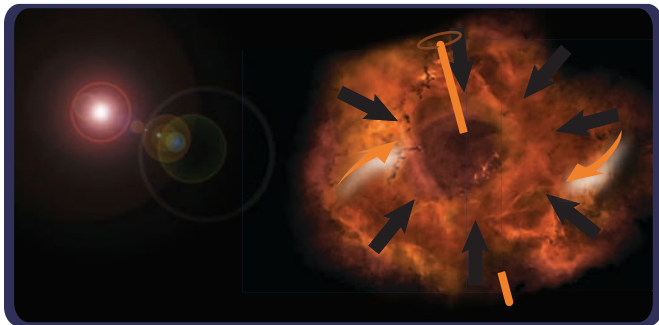
La formación de la estrella consumió prácticamente la totalidad del material. Actualmente el Sol tiene el **99% de la materia** de todo el Sistema Solar



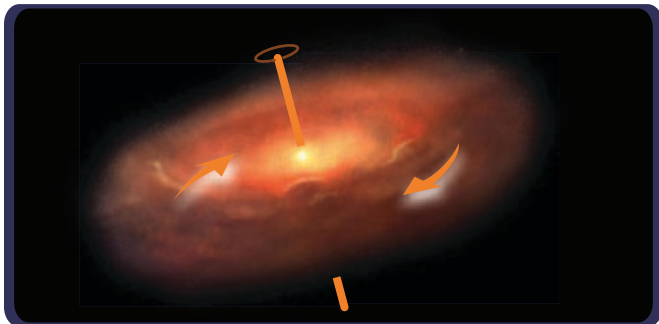
## PRIMERA ETAPA DE LA FORMACIÓN



La “**nebulosa solar**” era una nube de gas (principalmente hidrógeno y helio) salpicada por partículas de polvo (materiales más pesados provenientes probablemente de generaciones de estrellas más antiguas). Esta nube, de baja densidad y temperatura, se extendía por varios años luz en el espacio.

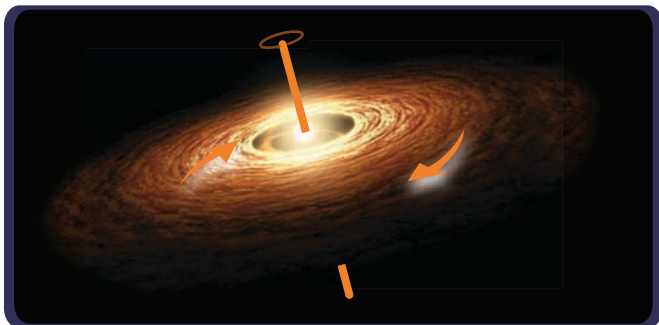


En la vecindad de esa nebulosa se produjo una supernova. Se llama así a la explosión de una estrella muy masiva que ocurre en los estadios finales de su evolución.

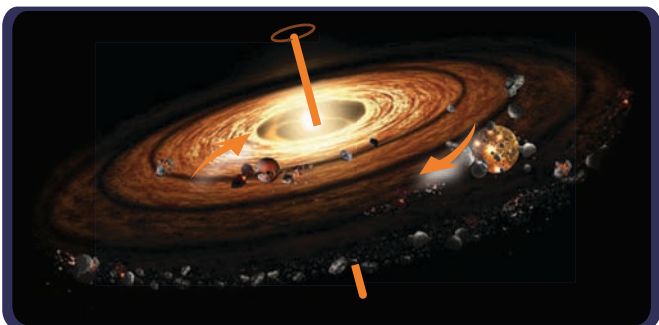


La onda expansiva de la explosión alcanzó a la nebulosa solar y la desestabilizó. Hizo que comenzara a rotar lentamente y colapsara por efecto de su propia gravedad.

Se formó una región esférica central **-el protosol -** que fue acumulando cada vez mayor cantidad de masa mientras aumentaba su densidad y temperatura.



El material a su alrededor fue adquiriendo forma de disco. Según el principio físico de “**conservación del momento angular**”, al disminuir el radio de giro debe aumentar la velocidad de rotación. Es por esta razón que el disco protoplanetario se fue acelerando. En esta etapa comienzan a condensarse las primeras partículas.



El gas remanente se irá incorporando a los planetas gigantes. Esta fase culmina con el fin de la formación del Sol. Al comenzar las reacciones atómicas en el núcleo de la estrella, se produce un viento que barre con la mayor cantidad del gas y polvo que no se encuentra afianzado.

## PRIMERA ETAPA DE LA FORMACIÓN

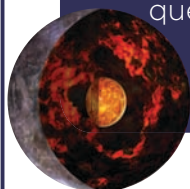
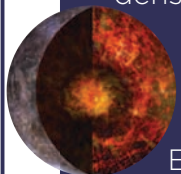


### FORMACIÓN DE PLANETESIMALES cuerpos pequeños, hasta 1 km de diámetro

Poco a poco las partículas que se condensaron, fueron chocando y agrupándose hasta formar cuerpos cada vez más grandes. El proceso por el cual esto sucede, todavía está en estudio.

### COLISIÓN DE PLANETESIMALES cuerpos entre 1 y 1.000 km de diámetro

A medida que adquirieron mayor tamaño y densidad los planetesimales fueron frenados por el gas y polvo circundante. De esta manera los objetos más grandes se acumularon en un mismo plano y en una misma "pista". Esto hizo que se multipliquen los choques y los agrupamientos. Los cuerpos de mayor tamaño crecieron más rápido y absorbieron al resto.



En la **acreción** la energía potencial gravitatoria se transforma en energía cinética: los cascotes se atraen mutuamente.

Los continuos choques generan calor.

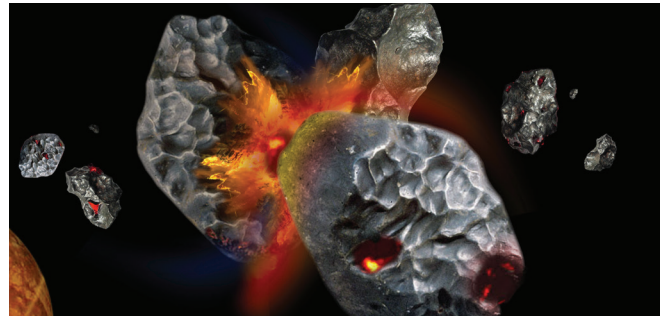
Una vez alcanzada cierta masa los planetesimales adquieren forma esférica

El calor interior produce que los materiales se comporten en forma plástica y que se separaren en capas según su densidad migrando los más densos hacia el centro de rotación del planeta, mientras que los menos densos permanecieron en la superficie

#### -diferenciación de los materiales-

El calor interno se mantiene gracias a la actividad radioactiva de los elementos del núcleo (energía nuclear que se transforma en energía térmica).

Mientras la nube de gas y polvo en rotación iba achatándose en forma de disco y bajaba su temperatura, comenzaron a condensarse las primeras partículas. Este es el **inicio del proceso de formación de los planetas.**



### FORMACIÓN DE EMBRIONES PLANETARIOS cuerpos entre 0,01 y 0,1 de la masa terrestre

El disco protoplanetario se fue despejando al incorporar el material a los embriones planetarios o al expulsarlo hacia el exterior. Este período duró decenas de millones de años en los que los planetas terminaron de formarse. Las grandes colisiones determinaron los ejes de rotación y el crecimiento permitió que los cuerpos de mayor tamaño despejaran su órbita, absorbiendo o expeliendo el material circundante.

Los planetas gigantes debieron formarse durante la fase de la Nebulosa Solar, antes de la expulsión del gas. Inicialmente se encontraban más cerca del incipiente Sol y más juntos. Nuevos modelos teóricos muestran que, debido a la interacción con el disco protoplanetario, el joven Júpiter debe haber migrado todavía más hacia el interior. Cuando Saturno adquiere suficiente masa la migración se detiene. A esto se lo conoce como el **Gran Tack**. Probablemente generó violentas colisiones entre los planetesimales en formación. Este **bombardeo intenso primordial** duró, aproximadamente, un millón de años.



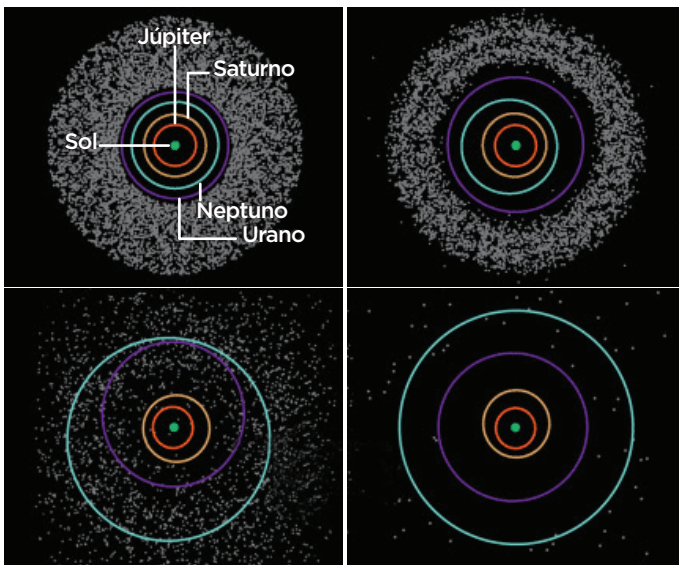
## SEGUNDA ETAPA DE LA FORMACIÓN



### GRAN TACK

En la etapa anterior (Nebulosa Solar) y por interacción con el gas del disco protoplanetario, Júpiter migra hacia el interior del Sistema Solar arrastrando con él al resto de los planetas gigantes. Durante este proceso los objetos rocosos se van amontonando hasta una distancia de 1 UA. La cercanía entre ellos genera grandes colisiones.

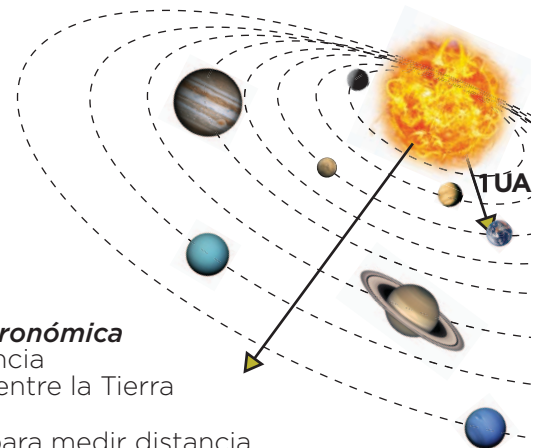
Al sincronizar Júpiter su período orbital con Saurno (resonancia) la migración se frena y comienzan a alejarse del Sol arrojando objetos helados hacia el interior. La abundancia de agua en la Tierra puede deberse a este hecho. Este movimiento finaliza cuando se agota el gas del disco protoplanetario.



### EL GRAN TACK Y EL MODELO DE NIZA Las nueva teorías de migración de los planetas

Son las teorías actuales que dan mayor cantidad de respuestas a temas que hasta ahora no se le encontraban explicación, como: el tamaño de Marte, la mezcla de material en el cinturón de asteroides, la excentricidad de las órbitas de Urano y Neptuno, el bombardeo intenso tardío y la existencia de la nube de Oort, entre otros.

Durante esta epata, el Sistema Solar va adquiriendo su configuración actual a través de procesos dinámicos y colisiones.



### 1 UA-

#### unidad astronómica

Es la distancia promedio entre la Tierra y el Sol.

Se utiliza para medir distancia dentro del Sistema Solar.

### SISTEMA SOLAR PRIMORDIAL

La etapa comienza con la dispersión del gas de la **Nebulosa Solar**. Los planetas gigantes se ubican a distancias entre 5 y 14 UA del Sol y más lejos se encuentra un superpoblado disco de planetesimales helados.

La interacción entre los planetas gigantes exteriores y estos cascotes helados comienza a desestabilizar la configuración orbital y origina un caótico reordenamiento de Júpiter, Saturno, Urano y Neptuno. Algunos modelos sugieren que estos últimos podrían haber intercambiado posiciones. La desestabilización se transmitió a los objetos rocosos interiores generando

**Impactos Gigantes** como el que dió origen a nuestra Luna.

Hacia el final de esta etapa, cuando los planetas gigantes ya habían alcanzando sus órbitas definitivas (Júpiter 5,2 UA / Saturno 9,5 UA / Urano 19,2 UA / Neptuno 30 UA), los objetos transneptunianos se dispararon hacia el exterior y el interior del Sistema Solar.

Muchos de ellos impactaron sobre los cuerpos rocosos que ya se encontraban formados. Las huellas de este **Bombardeo Intenso Tardío** pueden verse en los cráteres de la Luna y Mercurio (cuyas superficies fueron menos alteradas).

El movimiento de los gigantes en esta etapa es explicado por el **Modelo de Niza**.