

# Nuestro Sistema Solar

Romina P. Di Sisto

*Facultad de Ciencias Astronómicas y Geofísicas (UNLP)*  
*Instituto de Astrofísica de La Plata (CONICET)*  
*Paseo del Bosque s/n (1900) La Plata, Argentina*

## 1 Introducción

En los últimos años, el gran avance en la observación astronómica ha cambiado lo que conocemos sobre los sistemas planetarios y particularmente nuestro Sistema Solar. Objetos grandes más allá de la órbita de Neptuno, asteroides y objetos binarios, planetas en otras estrellas, son ejemplos de estos cambios. Por otra parte el desarrollo teórico también ha avanzado y se cuenta con nuevas teorías sobre la formación planetaria y sobre la formación y distribución de los objetos en nuestro Sistema Solar. El descubrimiento de objetos más allá de Neptuno, llamados objetos transneptunianos, de dimensiones similares o más grandes que Plutón es lo que principalmente ha generado el replanteo y revisión de la nomenclatura de los objetos del Sistema Solar.

En agosto de 2006, los astrónomos de todo el mundo reunidos en la Asamblea General de la Unión Astronómica Internacional (IAU), en Praga (República Checa), discutieron sobre lo que debemos entender que es un planeta y lo que no es un planeta. Luego de varios días de discusión se llegó a un consenso. Particularmente se discutió el estatus de Plutón y se redactaron dos resoluciones que se transcriben a continuación:

- La IAU resuelve que los planetas y otros cuerpos de nuestro Sistema Solar, excepto los satélites, se definen en tres categorías diferentes de

la siguiente manera:

- (1) Un *planeta*: es un cuerpo celeste que:
    - (a) está en órbita alrededor del Sol,
    - (b) tiene suficiente masa como para que su propia gravedad supere las fuerzas de cuerpo rígido, de manera que ha alcanzado el equilibrio hidrostático (forma aproximadamente esférica), y
    - (c) ha barrido todo el material alrededor de su órbita.
  
  - (2) Un “*planeta enano*”: es un cuerpo celeste que:
    - (a) está en órbita alrededor del Sol,
    - (b) tiene suficiente masa como para que su propia gravedad supere las fuerzas de cuerpo rígido, de manera que ha alcanzado el equilibrio hidrostático (forma aproximadamente esférica),
    - (c) no ha barrido el material alrededor de su órbita y
    - (d) no es un satélite.
  
  - (3) Todos los demás objetos, excepto los satélites, que orbitan el Sol deben llamarse *Cuerpos Pequeños del Sistema Solar*. Esto incluye a la mayoría de los asteroides, la mayoría de los objetos transneptunianos, cometas y otros cuerpos pequeños.
- La IAU resuelve además que:

Plutón es un “*planeta enano*”, según la definición anterior y se lo reconoce como el prototipo de una nueva categoría de objetos transneptunianos (más allá de Neptuno).

Estas resoluciones se basan en las teorías y observaciones que conocemos hasta el momento sobre nuestro Sistema Solar. Particularmente los puntos (b) de las definiciones de planeta y “planeta enano” significan en pocas palabras que los objetos hayan alcanzado la forma esférica. El punto (c) tiene que ver con un paso crucial en el proceso de la formación planetaria y es

básicamente lo que distingue un planeta de un “planeta enano”. Los planetas se forman a partir de un disco de gas y polvo alrededor del Sol. Los granos de polvo se van agrupando en granos cada vez más grandes; en este proceso cuando se forma un objeto con masa suficiente como para “tragar” o dispersar todos los objetos pequeños de su alrededor entonces el producto es un planeta, si esto no sucede y quedan objetos pequeños alrededor, entonces el proceso de formación planetaria no pudo concluir y el objeto se denomina “planeta enano”.

La naturaleza y la forma de todos los cuerpos del Sistema Solar son el resultados de procesos físicos, químicos y dinámicos durante su origen y subsecuente evolución, y de las complejas interacciones entre ellos.

El estudio de los cuerpos del Sistema Solar individual y colectivamente, es la forma de entender aquellos procesos y pasos que lo han llevado a su forma actual.

## **2 Nuestro Sistema Solar**

Nuestro Sistema Solar está formado entonces por el Sol (la estrella central) ocho planetas: Mercurio, Venus, Tierra, Marte, Júpiter, Saturno, Urano y Neptuno; hasta el momento cinco “planetas enanos”: Ceres, Plutón, Eris, Makemake y Haumea; asteroides, cometas y objetos transneptunianos llamados cuerpos pequeños, gas y polvo interplanetario, 4 sistemas de anillos (alrededor de Júpiter, Saturno, Urano y Neptuno) y los satélites naturales. Se formó a partir de la condensación de una nube interestelar de gas y polvo llamada nebulosa solar, la que dió origen a un disco de gas y polvo alrededor del Sol del cual se formaron todos los objetos del Sistema.

## **3 Los planetas**

Los planetas orbitan el Sol, todos aproximadamente en un mismo plano, llamado la eclíptica. Se dividen en dos grupos principales según su composición. Los planetas “terrestres”: Mercurio, Venus, Tierra y Marte, caracterizados por composiciones de silicatos con núcleos de hierro y delgadas atmósferas gaseosas (con excepción de Mercurio). Esto se debe a que se formaron más cerca del Sol, donde las altas temperaturas no permitieron que los hielos con-

densen y por tener menores masas no pudieron retener los gases de hidrógeno y helio de la nebulosa solar. Tienen todas superficies sólidas, modificadas por impactos de meteoritos y por procesos internos (movimientos tectónicos, clima, etc). Los planetas “jovianos” o “gaseosos”: Júpiter, Saturno, Urano y Neptuno, están caracterizados por una gruesa atmósfera de hidrógeno y helio, y dadas su alta temperatura y presión internas, no tendrían superficies sólidas. Sin embargo, existen teorías que afirman que pueden tener núcleos de silicatos y hierro de algunas veces la masa terrestre en sus centros. Los satélites de los planetas gaseosos son mayormente cuerpos congelados, ricos en hielo de agua, con algunas excepciones.

Una diferencia notoria entre los planetas terrestres y gaseosos es su tamaño. Como se puede ver de la tabla 1 los planetas gaseosos son mucho más grandes que los terrestres.

Las órbitas de los planetas alrededor del Sol son elipses es decir círculos achatados. El grado de achatamiento de la órbita se denomina excentricidad y para las elipses es un número entre 0 y 1. Cuanto más achatada es, mayor es la excentricidad. En general los planetas tienen órbitas casi circulares con excepción de Mercurio que es algo excéntrica. Otro parámetro importante en la elipse es el semieje mayor que describe cuan “grande” es la órbita y representa la distancia media al Sol. Los cuerpos en órbitas elípticas no están siempre a la misma distancia del Sol, sino que ésta varía desde su mínimo valor en un punto, llamado perihelio, hasta su máximo valor en un punto, llamado afelio.

En la tabla 1 y 2 se dan los tamaños y semiejes mayores de los planetas y de los “planetas enanos” respectivamente. Como puede observarse también la escala de distancias para los planetas terrestres y gaseosos es muy diferente, mientras que los terrestres quedan dentro de las 1,5 UA, los gaseosos cubren un rango mucho más amplio, desde 5,2 UA hasta las 30 UA.

## 4 Los “planetas enanos”

Los “planetas enanos” son hasta el momento cinco: Plutón, Eris, Ceres, Makemake y Haumea.

Ceres fue hasta hace muy poco el primer asteroide descubierto y tiene un diámetro aproximado de 1000 kilómetros. Es un objeto rocoso y es el objeto mayor del Cinturón de asteroides entre las órbitas de Marte y Júpiter.

Plutón fue hasta el año 2006 el noveno planeta y fue descubierto en el año 1930 por el astrónomo norteamericano Clyde Tombaugh. Cuando pasa por el perihelio se encuentra más cerca del Sol que Neptuno. Tiene una fina atmósfera probablemente de nitrógeno, metano y monóxido de carbono y una superficie sólida de metano congelado. Tiene tres satélites: Caronte cuyo diámetro es alrededor de la mitad del de Plutón y los satélites exteriores Nix e Hydra, descubiertos el 31 de octubre de 2005 por el Telescopio Espacial Hubble.

Eris (2003  $UB_{313}$ ) fue el objeto que provocó el replanteo de la terminología en el Sistema Solar, justamente el nombre elegido para él significa, en la mitología griega, la diosa de la discordia. Es el mayor objeto transneptuniano, o sea es de los objetos que se encuentran más allá de la órbita de Neptuno, en Nuestro Sistema Solar. Tiene una órbita bastante excéntrica e inclinada y un período de 557 años y actualmente se encuentra a una distancia de aproximadamente 100 UA del Sol (1 Unidad Astronómica (U.A.) es la distancia de la Tierra al Sol). Tiene un tamaño levemente superior al de Plutón y un satélite llamado Disnomia, que en la mitología es la hija de Eris.

Makemake (2005  $FY_9$ ), se descubrió el 29 de Julio de 2005, con el telescopio espacial Spitzer. Tiene un diámetro de aproximadamente 1500 km, una órbita poco excéntrica aunque inclinada.

Haumea (2003  $EL_{61}$ ), es también un objeto transneptuniano y tiene un diámetro de aproximadamente 1700 km. Fue descubierto el 28 de diciembre de 2004. Tiene una órbita poco excéntrica e inclinada. Tiene dos satélites naturales, conocidos como Hi'iaka y Namaka.

## 5 Cuerpos pequeños del Sistema Solar

### 5.1 Los asteroides

Los asteroides son cuerpos sólidos pequeños distribuidos por todo el Sistema Solar pero en su gran mayoría se concentran en un cinturón entre las órbitas de Marte y Júpiter, llamado cinturón principal. En general son rocosos algunos metálicos y los más alejados del Sol son ricos en agua, materiales volátiles y carbón.

La persona que descubre el asteroide elige qué nombre ponerle y además se le asigna un número que indica el orden de su descubrimiento. En general son

nombres de mujer aunque hay una gran cantidad de asteroides con nombres de personajes famosos como por ejemplo John, Paul, George y Ringo (Los Beatles). El primer asteroide, fue descubierto por el astrónomo italiano J. Piazzi en 1801, se lo llamó Ceres y se le asignó el número 1. Ahora Ceres es un “planeta enano”. Pallas y Vesta son entonces ahora los asteroides más grandes que miden alrededor de la mitad de Ceres. Desde entonces se han identificado más de 350000 asteroides y continúan descubriéndose nuevos. No se sabe exactamente el número total de asteroides pero se cree que puede haber más de 1 millón de ellos de más de 1 kilómetro de diámetro.

A medida que se fueron descubriendo más asteroides, los astrónomos notaron que muchos de ellos tenían elementos orbitales similares, así se agrupaban en “Familias” según semieje mayor, excentricidad e inclinación. Estas Familias de asteroides son seguramente el resultado de la fragmentación por un choque en el pasado de un gran asteroide “padre” en pequeños fragmentos. El tiempo y la influencia de los cuerpos del Sistema Solar han dispersado gradualmente las órbitas de estos fragmentos pero no lo suficiente como para borrar las características de la familia.

Desde el Observatorio Astronómico se han observado asteroides desde casi su fundación. Se han descubierto varios, por ejemplo, (965) Angélica, (1029) La Plata, (1254) Erfodia, (1569) Evita. En el año 2006, inclusive, se ha nombrado el asteroide 5289, descubierto el 29 de mayo de 1990 desde desde la Estación Carlos Ulrico Cesco del Observatorio Félix Aguilar, de la Universidad Nacional de San Juan, Argentina, con el nombre de una prestigiosa astrónoma del Observatorio de La Plata, la Dra Virpi Niemela.

Los asteroides chocan con la Tierra todo el tiempo, regularmente, se detectan explosiones producidas por pequeños asteroides que chocan con la atmósfera superior. Los impactos de asteroides son un hecho común y ordinario en el sistema solar. La prueba está en los cráteres que presentan las superficies de cualquier cuerpo sólido del Sistema Solar. En la Tierra, los procesos geológicos borran los cráteres de impacto rápidamente y la atmósfera filtra los pequeños impactores.

Es razonable esperar que un asteroide de aproximadamente 4 metros de diámetro entre en la atmósfera una vez por año y cada miles de años uno de aproximadamente 50 metros de diámetro. Un evento de este tipo se produjo en Tunguska (Siberia) en 1908, cuando un objeto de aproximadamente 60 metros de diámetro (probablemente un cometa) detonó en la capa inferior de la atmósfera derribando e incendiando árboles en una gran área. Cada 1

millón de años se puede esperar el impacto de un asteroide de 1 kilómetro de diámetro que provocaría devastación de grandes áreas y cada 100 millones de años se esperaría un impacto de un asteroide de aproximadamente 10 kilómetros de diámetro; un impacto de este tipo probablemente provocó la extinción de los dinosaurios hace 65 millones de años.

Los asteroides que tienen chances de chocar con la Tierra se los denomina NEOS (Asteroides cercanos a la Tierra) y existen programas en el mundo que se dedican a la búsqueda y seguimiento de estos objetos para prevenir los posibles impactos.

## 5.2 Los cometas

El otro gran grupo de cuerpos primitivos del Sistema Solar son los cometas. Junto con los asteroides se piensa que son los “residuos” de la formación planetaria. Se cree que se formaron en la parte externa de la nebulosa solar cerca de las órbitas de los planetas Jovianos, y como producto de la formación de estos planetas fueron dispersados hacia el exterior. Mayormente, durante el proceso de formación de Urano y Neptuno gran cantidad de objetos fueron dispersados por estos planetas y fueron de alguna manera “acumulándose” dentro de una esfera de entre aproximadamente 1000 y 100 mil Unidades Astronómicas, llamada “Nube de Oort”. Esta región es el reservorio de los cometas llamados de largo período (períodos mayores a 200 años) y no periódicos.

El segundo reservorio de cometas es el “Cinturón de Edgeworth-Kuiper” más allá de la órbita de Neptuno. Cuando algún objeto interactúa gravitatoriamente con Neptuno su órbita puede cambiar de manera que se acerque al Sol y puede entonces transformarse en un cometa visible. Esta es la fuente de los llamados cometas de período corto (períodos menores a 20 años) e intermedio (períodos entre 20 y 200 años).

Como los cometas se formaron lejos del Sol son objetos congelados, contienen principalmente hielo de agua y en menor proporción otros materiales volátiles como CO, CO<sub>2</sub>, etc. Permanecen sin actividad lejos del Sol, pero cuando se acercan a el, subliman sus hielos, produciéndose así la “cola del cometa”. Sin duda este fenómeno es uno de los más hermosos de la naturaleza. El reciente paso del cometa Mc Naugh en enero de 2007 nos permitió tener la experiencia de contemplar a simple vista en el cielo la cola de un cometa. Como se puede apreciar en la fotografía de la Figura 1, la cola se

extiende varios grados en el cielo.

### 5.3 Los objetos transneptunianos

En los últimos años, el número de objetos conocidos como transneptunianos ha crecido enormemente gracias a los avances en la observación astronómica. El número de objetos descubiertos asciende a aproximadamente 1100. Incluso, muy recientemente comenzaron a descubrirse objetos binarios en la región transneptuniana y es de esperar que estos descubrimientos no sean casos aislados en estas zonas, sino que por el contrario sean bastante comunes.

En esta región se pueden distinguir tres tipos de objetos según sus características dinámicas. Los objetos clásicos, los objetos resonantes y los objetos del disco extendido. Estos últimos son cuerpos en órbitas muy elípticas (con alta excentricidad) con distancias perihélicas mayores a 30 UA (aproximadamente 30 UA es el semieje mayor de la órbita de Neptuno).

Además estos objetos son cuerpos congelados con una composición similar a la de los cometas.

Los “planetas enanos” Eris y Plutón son objetos transneptunianos. Eris es un objeto del Disco extendido y Plutón un objeto resonante, particularmente un “plutino”. Los plutinos están en resonancia 2:3 con Neptuno, es decir, que los períodos de revolución alrededor del Sol están sincronizados de modo que cada 2 vueltas de los plutinos, Neptuno da 3 vueltas.

Cuando un objeto transneptuniano es enviado hacia el Sistema Solar interior, pasa entre las órbitas de Júpiter y Neptuno antes de transformarse en cometa. En este estadio se llaman “*Centauros*”.

## 6 Conclusiones

Nuestro conocimiento y entendimiento de nuestro Sistema Solar y de los cuerpos que lo forman ha cambiado desde las primeras observaciones y teorías astronómicas. Seguramente continúe cambiando a medida que se refinan las teorías y se mejoran las técnicas de observación. Lo que hoy definimos y afirmamos puede volver a ser redefinido en el futuro, así como sucedió en el año 2006 con la definición de planeta, simplemente, así avanza el conocimiento científico. Lo importante, es que podamos tener la tranquilidad y convicción

**Tabla 1**

Planeta	Radio [km]	a [UA]
Mercurio	2439	0.387
Venus	6051	0.723
Tierra	6378	1.000
Marte	3396	1.524
Júpiter	70850	5.203
Saturno	60330	9.575
Urano	25400	19.310
Neptuno	24300	30.481

Table 1: Radio y semieje mayor, a (distancia media al Sol) de los planetas.

**Tabla 2**

“Planeta enano”	Radio [km]	a [UA]
Eris	1199	67.695
Plutón	1150	39.482
Ceres	457	2.768
Makemake	750	45.8
Haumea	700	2.768

Table 2: Radio y semieje mayor, a (distancia media al Sol) de los “planetas enanos”.

para afrontar los cambios como algo constructivo y positivo para tratar de entender, solo un poco más, la naturaleza.

Figure 1: Fotografía del cometa Mc Naught tomada por el fotógrafo Guillermo E. Sierra de la Facultad de Ciencias Astronómicas y Geofísicas de la UNLP. Esta imagen fue tomada al atardecer del 20 de enero de 2007 desde el Instituto Argentino de Radioastronomía (Villa Elisa, Pcia de Bs. As.). La antena en la fotografía tiene un diámetro de 30 metros.

