

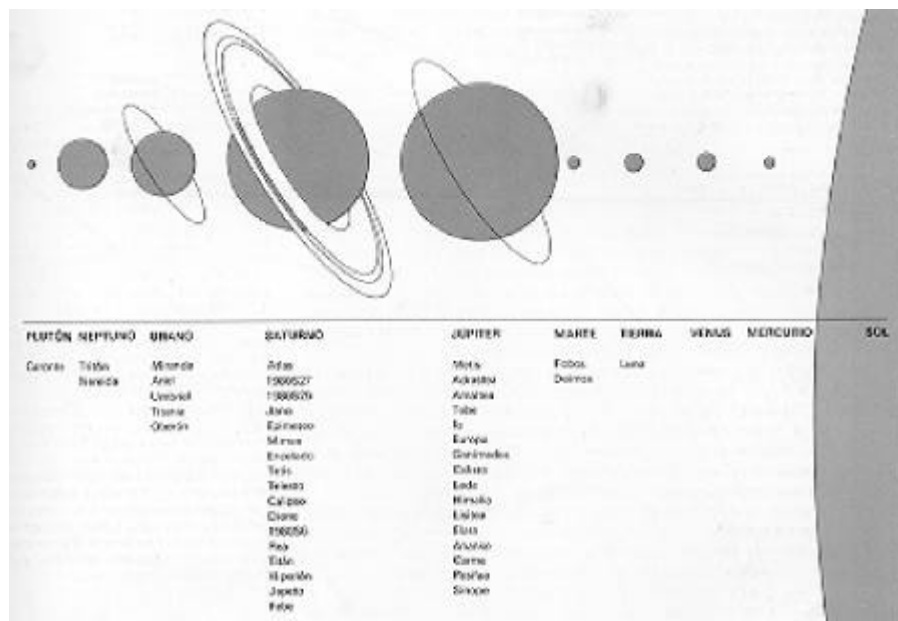
EL SISTEMA SOLAR (I)

Pedro Arranz y Alex Mendiola
de la Agrupación Astronómica Madrileña

*(¿Qué otra cosa vislumbras en la oscura
lejanía Solar?)
allá, en el abismo del tiempo?
(William Shekaspere)*

En las tres últimas décadas la cantidad de conocimientos acumulada sobre todos los cuerpos del sistema solar ha sido ciertamente colosal debido, especialmente, a las naves automáticas que la ya extinta URSS y, sobre todo, los Estados Unidos han enviado a su encuentro. A través de los «ojos» instalados en estas sondas interplanetarias, pudimos ver de cerca e, incluso, explorar «in situ» tanto los mundos próximos al nuestro, como los más lejanos e ignotos. Y eso que, prácticamente, no hemos hecho más que empezar. El futuro nos aguarda impaciente para visitar, esta vez con mayor detalle, algunos lugares escogidos, porque todavía queda mucho por saber, muchos interrogantes aún por contestar y muchas nuevas preguntas esperando su oportunidad...

Con este capítulo, comienza una serie de artículos en los que iremos viendo todos y cada uno de los «mundos» que pueblan este pequeño rinconcillo del Universo al que hemos llamado Sistema Solar. Como si de un viaje espacial se tratara, haremos un recorrido al completo por la corte del rey Sol. En el paso por cada componente de este reinado, tras una breve reseña histórica, procuraremos explicar cómo es el objeto en cuestión, cuáles son sus características físico-químicas, su comportamiento, sus



procesos atmosféricos, su relación con la vida. Y para que podamos hacernos con mayor facilidad una idea, trataremos de comparar sus datos globales más importantes con los equivalentes en la Tierra. También citaremos someramente las misiones espaciales que los visitaron, gracias a la cuales (como se citó anteriormente) se ha conseguido la mayor parte de la información disponible hoy día acerca de estos cuerpos. Finalmente, descenderemos hasta la «superficie» intentando describir lo que desde allí veríamos y sentiríamos, para de esta manera asimilar mejor los datos a los que anteriormente se hayan hecho referencia. Tampoco olvidaremos ofrecer unos apuntes breves acerca de la observación del planeta en cuestión a través de un telescopio normal de aficionado.

Somos conscientes de que cualquier día puede aparecer un descubrimiento que eche por tierra parte de lo escrito. Esto no debe

extrañar a nadie en los tiempos que corren. Pero no importa. Es más, mejor así. De momento, con la información actual tenemos combustible de sobra para este viaje en el que hemos puesto todo el empeño e ilusión. Un viaje donde el paisaje es lo bastante variopinto y los ambientes son lo suficientemente increíbles como para mantener despierto nuestro interés.

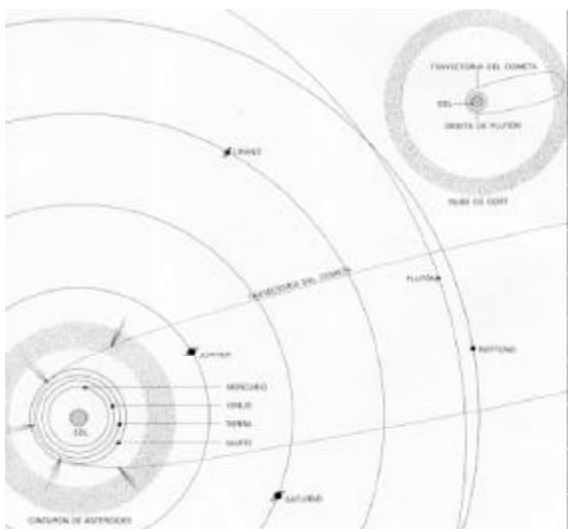
Permaneceremos con vosotros durante una larga temporada. Os animamos a que nos acompañéis en esta apasionante aventura cósmica. Merecerá la pena.

Comencemos pues nuestra excursión sin más preámbulos. Y una buena forma de hacerlo puede ser hablando del sistema solar en su conjunto...

EN BUSCA DE LOS ORIGENES DEL SISTEMA SOLAR

Hubo un momento en el pasado, hace ya más de 4.500 millones de años, en el que una inmensa nube fría y dispersa de polvo interestelar mezclado con hidrógeno y otros gases, empezó a colapsarse sobre sí misma; proceso que -según las últimas teorías- pudo ser desencadenado por la explosión como supernova de una estrella próxima. Bajo la acción de la gravedad, en su centro fue acumulándose materia, surgiendo un núcleo cada vez más denso. Al igual que una bailarina gira tanto más deprisa cuanto más pegados tenga los brazos a su cuerpo, la nube, a medida que seguía contrayéndose, aceleraba su rotación. La densidad, presión y temperatura del núcleo alcanzaron valores tan elevados que aquello tomó el aspecto de un verdadero «horno nuclear», en cuyo interior comenzaron a producirse reacciones de fusión atómica.

El corazón de la nube se había encendido. Una estrella se puso a brillar: el Sol acababa de nacer.



En torno a él, el resto de aquella joven nube proseguía su rotación, se fue aplanando por efecto de la fuerza centrífuga y adoptó la forma de un disco. Las partículas

las sólidas presentes en este disco en rotación que no llegaron a caer al centro, fueron colisionando y aglutinándose primero en granos de composición diversa y poco a poco en cúmulos de materia cada vez mayores (planetesimales). Cuando fueron lo suficientemente voluminosos, tomaron una forma casi esférica y se convirtieron en planetas.

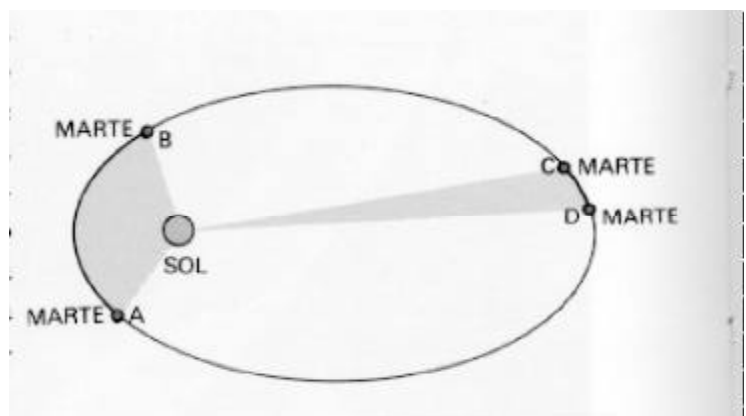
En la parte exterior del sistema solar, donde la temperatura era muy baja, se formaron pequeñas nubes compactas que sufrieron contracciones gravitacionales; pero como no tenían la suficiente materia para encender nuevas estrellas, sólo alcanzaron el grado de planetas gigantes. Su intensa gravedad favoreció la constitución de densas atmósferas de hidrógeno y helio; gases muy volátiles que subsistían en la nebulosa solar primitiva.

Cerca del sol, sin embargo, se crearon planetas relativamente pequeños y sólidos, puesto que su baja gravedad no pudo impedir que la cubierta gaseosa original, mayoritariamente compuesta por hidrógeno, fuera «barrida» por la acción del viento solar

(chorro continuo de partículas) y la radiación emitida por el Sol.

Pero aún quedaban muchos restos que fueron impactando sobre los cuerpos principales, lo que provocó importantes y rápidos cambios en la fisonomía de los recién nacidos. En los planetas cercanos al sol, como estaban muy calientes, la materia que iba cayendo sobre su superficie -más o menos pastosa- se iba fundiendo, hundiéndose los materiales densos (metales) y quedando encima los más ligeros (rocas). En su interior, la temperatura era muy elevada y los gases allí encerrados (fundamentalmente vapor de agua y óxidos de carbono) fueron escapando hacia fuera merced a bruscas erupciones volcánicas. Algunos planetas lograron retener estos gases y formaron una segunda atmósfera, siendo la atmósfera primigenia aquella que se formó en los inicios del Sistema Solar, y que en los planetas interiores desapareció cuando nació el Sol.

Poco a poco se van estabilizando las órbitas, a la vez que desaparecen los cuerpos con trayectorias inestables. En los planetas terrestres el calor originado en la formación del planeta



se va perdiendo a través de una gran actividad geológica que cambia el paisaje de la corteza y borra las huellas de los impactos más antiguos. En planetas exteriores, este calor interno provoca una activa circulación atmosférica, produciendo fuertes vientos, remolinos y ciclones. El bombardeo de partículas rocosas era cada vez menor, disminuyendo en la misma medida la frecuencia de formación de cráteres de impacto. Finalmente, queda consolidada la parte interna y externa de todos los planetas.

Parte de los escombros más pequeños del primitivo sistema solar, se instalaron a modo de separador de los planetas interiores y exteriores: es el conocido cinturón de asteroides entre las órbitas de Marte y Júpiter. En esta especie de anillo flotan cientos de miles de pequeños «pedruscos» cuyo destino no está en absoluto decidido. Las colisiones entre asteroides (que actualmente no son muy numerosas) producen múltiples fragmentos. Algunos de ellos pueden llegar hasta la superficie terrestre como «meteoritos» si logran sobrevivir a su paso por la atmósfera, mientras que la mayoría permanecen en órbita dentro de este cinturón, o bien son desviados a otros lugares. Así pues, no todos los asteroides vagan por esta franja: algunos recorren otras regiones del sistema solar, como los llamados «Troyanos», que siguen la órbita de Júpiter. A los asteroides, sobre todo a los más grandes (caso

como nube de Oort, donde se depositaron muchos fragmentos de hielo, producto de la formación del sistema solar. En esa zona tan distante del Sol, aquellos planetesimales conservaron sus hielos y son los progenitores de los cometas. Por causas todavía no totalmente esclarecidas, algunos de estos cuerpos son impulsados a las regiones internas, recorriendo órbitas muy alargadas (hiperbólicas o parabólicas) atraídos por la gravedad del Sol.

La importancia del estudio y conocimiento de los cometas, estriba principalmente en que estos cuerpos constituyen los residuos del primitivo sistema solar, los testigos glaciales de sus orígenes.

EL SISTEMA SOLAR EN EL UNIVERSO

Los primeros astrónomos, al observar minuciosamente el cielo, constataron que había un reducidísimo número de estrellas (tan pocas que podían contarse con los dedos de una mano), las cuales ¡se movían! por delante de las formaciones estelares «inmóviles» que daban forma a la noche. A estos astros dotados de continuo movimiento, los bautizaron como «estrellas errantes», para diferenciarlos del resto de sus congéneres «fijas». El término «planeta», que empleamos en la actualidad, proviene del griego y su traducción literal es precisamente «estrella errante».

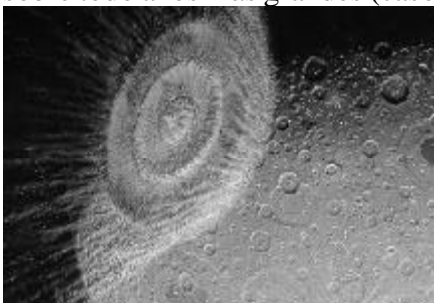
Desde la antigüedad y hasta el siglo XVIII, además de la Tierra, se conocían cinco planetas. Por aquél entonces, Saturno marcaba el límite del sistema solar. En 1781 esta frontera se vio ampliada al des-

cubrirse Urano. Seis décadas después, los astrónomos «localizaron» un nuevo planeta al que llamaron Neptuno. Tampoco éste señaló el confín del sistema planetario, ya que en el presente siglo (concretamente en el año 1930) se descubrió Plutón, el último miembro (esta vez parece que, definitivamente, sí) de la gran familia planetaria.

En los tiempos de los antiguos griegos, se tenía la creencia de que cada planeta poseía un carácter propio, el mismo que tenía el dios del cual tomaba nombre. Los romanos, grandes admiradores de la cultura helena, adoptaron una buena parte de la mitología griega; eso sí, transformando los nombres griegos de los planetas conocidos en aquella época en los nombres de sus dioses equivalentes. Estos nombres son los que han prevalecido hasta nuestros días. Así, por ejemplo, el Marte «actual» es la traducción de la denominación latina *Mars* empleada por los antiguos romanos que, a su vez, adaptaron el nombre griego de Ares.

Sin necesidad de mayores complicaciones, podemos definir al Sistema Solar como el conjunto de **planetas, satélites, asteroides y cometas** que giran con distintas velocidades alrededor de una estrella, el **Sol**, quien ejerce una intensa fuerza gravitacional que hace que estos cuerpos se mantengan a lo largo de sus órbitas.

El problema de la naturaleza del movimiento planetario quedó resuelto en el siglo XVII, cuando el astrónomo Johannes Kepler enunció sus tres famosas leyes, las cuales dedujo empíricamente en base al estudio de los movimientos



aparentes de los planetas en el cielo. Aunque son de sobra conocidas, dada su importancia, las iremos comentando, brevemente, a continuación.

La primera ley habla de que los planetas se mueven en torno al astro central siguiendo órbitas ligeramente elípticas, donde el Sol ocupa uno de los focos de la elipse. Como puede verse en la TABLA I, las órbitas se hallan prácticamente en el mismo plano (excepto las de Mercurio y Plutón). Al no hallarse el Sol exactamente en el centro de dichas órbitas, la distancia del pla-

neta al Sol varía continuamente. El punto más próximo se llama perihelio, y el más lejano afelio.

El enunciado de la segunda ley dice que el planeta recorre su órbita de modo que barre áreas iguales en tiempos iguales. Consecuentemente, cuanto menor es la distancia del planeta al Sol, más rápida es su velocidad de desplazamiento (máxima en el perihelio), y menor es el tiempo que emplea en describir su órbita (llamado período de traslación o revolución). Por el contrario, cuanto mayor es su separación del sol, más lentamente se desplazan y más tarda en dar una vuelta completa. Así, por ejemplo, Plutón (el más alejado) tarda 248 años, mientras que Mercurio (el más cercano) lo hace en tan sólo 88 días.

Kepler descubrió que había una relación entre la distancia de un planeta al Sol y su período de traslación, lo que le permitió formular su tercera ley: los cuadrados de los tiempos empleados por los planetas en completar sus órbitas, son proporcionales a los cubos de sus distancias medias al Sol. Así, sabiendo el período de revolución de un planeta, podremos saber su distancia media al

Sol, tomando como unidad la distancia media Tierra-Sol (1). Por ejemplo, si Júpiter tarda 12 años en dar una vuelta alrededor del Sol, su distancia media será:

$$(3\sqrt{12})^2 = 5,2 \quad ;$$

Júpiter dista del sol 5,2 veces más, aproximadamente, que la Tierra.

Naturalmente, las leyes de Kepler, también son aplicables a los satélites, puesto que ellos describen igualmente una elipse alrededor del planeta respectivo (ahora quien ocupa uno de los focos es el propio planeta).

Examinando los movimientos de los cuerpos del sistema solar, se comprueba que existe otra regularidad entre ellos. El matemático J.D. Titius, en 1772 se percató de que cada planeta se encuentra casi al doble de distancia del Sol que el anterior y estableció una relación numérica entre ambas distancias. Pocos años después, esta «ley» fue divulgada por el astrónomo J.E. Bode, por lo que se la conoce como «ley de Titius-Bode». Consiste básicamente en que suman-

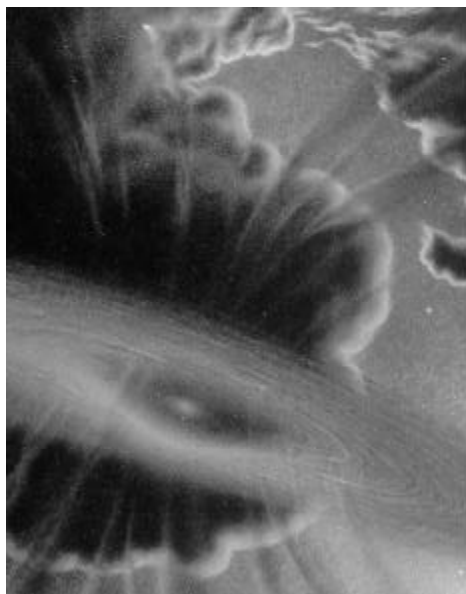


TABLA I. Inclínación de las órbitas de los planetas con respecto al plano de la órbita terrestre.

PLANETA	INCLINACION ORBITAL
Tierra	0°00''
Mercurio	7°00''
Venus	3°24''
Marte	1°51''
Júpiter	1°18''
Saturno	2°30''
Urano	0°46''
Neptuno	1°47''
Plutón	17°09''

do 4 a la progresión 0, 3, 6, 12, 24, 48... y dividiendo cada término por 10, se obtiene la distancia aproximada (expresada en unidades astronómicas) de los planetas al Sol. Como puede comprobarse en la TABLA II, los valores calculados según esta ley son casi idénticos (salvo los dos planetas más externos) a las distancias conocidas hoy día.

obstante, más similares a las de los terrestres, entre los que se le suele englobar.

En el cuadro siguiente (TABLA III) resumimos comparativamente las características más importantes de cada grupo.

Prácticamente, la masa de todo el sistema solar se concentra en el Sol; sólo el 0,2% del total se

presenta nuestro sistema solar en el Universo. Y, la verdad, hemos de decir que muy poquita cosa: tan sólo una parte infinitesimal del mismo. Esta es la conclusión que puede extraerse al saber que estamos situados en uno de los brazos exteriores (a unos 30.000 años-luz del centro) de una configuración en espiral a la que hemos denominado galaxia «Vía Láctea». Otro «sistema» mayor que contiene alrededor de cien mil millones de soles y se extiende a lo largo de unos 100.000 años-luz. Una galaxia que pertenece a un grupo de más una treintena de miembros, llamado Grupo Local, y que a su vez representa sólo una de las miles de millones de galaxias que se hallan esparcidas por la infinitud cósmica...

TABLA II. Distancias de los planetas al Sol.

	DISTANCIA REAL (en UA)	DISTANCIA SEGUN LEY TITIUS-BODE
Mercurio	0,39	0,40
Venus	0,72	0,70
Tierra	1,00	1,00
Marte	1,52	1,60
Ceres (Asteroides)	2,78	2,80
Júpiter	5,20	5,20
Saturno	9,54	10,00
Urano	19,18	19,60
Neptuno	30,06	38,80
Plutón	39,40	77,20

Aunque cada planeta presenta su propio «perfil», el conjunto puede dividirse en dos grandes grupos o familias: los interiores o terrestres (2): Mercurio, Venus, Tierra y Marte, y los exteriores o gigantes (3): Júpiter, Saturno, Urano y Neptuno. El noveno planeta, Plutón, escapa un poco a esta clasificación, ya que si bien por su posición debería encajar entre los exteriores, sus características son, no

reparte entre los demás componentes. Entre éstos, Júpiter acapara el 71% de la masa restante, Saturno casi el 22%, mientras que la del conjunto de los planetas terrestres no llega ni al 0,5%.

Vamos a finalizar este capítulo inicial de la larga serie que nos ocupa, preguntándonos lo que

(1) La distancia media Tierra-Sol equivale aproximadamente a 150.000.000 kms., y es también conocida como Unidad Astronómica (1UA)

(2) También se les llama «rocosos» o «telúricos» (del latín *Tellus* = Tierra)

(3) También se les llama «gaseosos» o «jovianos» (del latín *Iupiter/Iovi* = Júpiter)

TABLA III. Características diferenciadoras entre los planetas interiores y exteriores.

PLANETAS INTERIORES	PLANETAS EXTERIORES
Cercanos al Sol	Lejanos al sol
Pequeño tamaño	Enorme tamaño
Lenta velocidad de rotación	Rápida velocidad rotación
Elevada densidad media	Baja densidad media
Atmósfera poco desarrollada	Espesa cubierta nubosa
Superficie diferenciada	Superficie poco diferenciada
Pocos o ningún satélite	Numerosos satélites
No poseen anillos	Sistemas de anillos