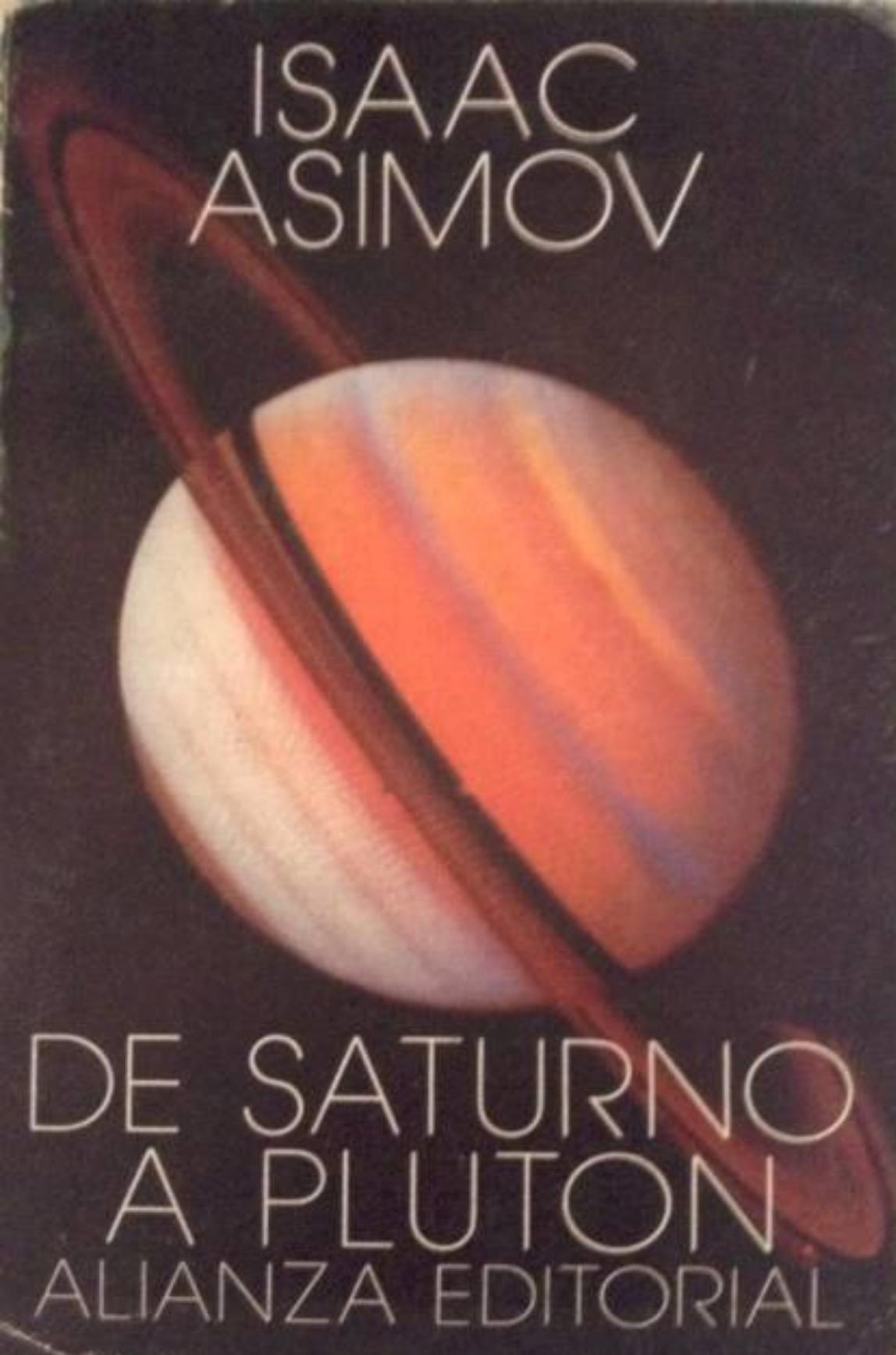


ISAAC
ASIMOV



DE SATURNO
A PLUTON
ALIANZA EDITORIAL

A la memoria de JOHN RAE JEPPSON

con cuya hija tuve la fortuna de casarme

Capítulo 1

El sistema solar original

Contenido:

- 1. Los planetas*
- 2. El planeta lento*
- 3. El planeta distante*
- 4. Distancia en kilómetros*
- 5. La forma del sistema solar*

1. Los planetas

Cuando los hombres comenzaron a observar el cielo con atención, se dieron cuenta de que en las noches claras lucía lleno de estrellas. Y éstas parecían hallarse en un esquema fijo que se repetía noche tras noche.

Daba la impresión de que el cielo entero, junto con las estrellas, cambiaba de posición lenta y regularmente al contemplarlo cada noche a la misma hora, por ejemplo, nada más ponerse el sol. Parecía que giraba toda la bóveda del cielo, y hacía falta un año entero para que diera una vuelta completa y regresara de nuevo a su posición original. Sin embargo, mientras el cielo giraba, las estrellas conservaban sus posiciones relativas.

En el cielo había siete objetos que sí cambiaban de posición en relación con el fondo de las «estrellas fijas».

Uno de ellos es el Sol, un círculo de luz resplandeciente que es, con mucha diferencia, el objeto más brillante del firmamento. Cuando está en el cielo, su luz hace que desaparezcan todas las estrellas. Y lo que es más, la dispersión de la luz solar da al cielo su color azul.

Poco antes de la salida del sol y poco después del ocaso es posible ver el conjunto de estrellas que están próximas a él. Teniendo en cuenta la forma en que cambia este conjunto, es claro que el Sol se mueve diariamente sobre ese fondo.

Luego está la Luna. Al igual que el Sol, es un círculo de luz, pero mucho más débil. Cuando brilla en el cielo, se siguen viendo las estrellas, por lo cual es fácil averiguar estelar.

La Luna se desplaza por el cielo a una velocidad que es mucho mayor que la del sol, lo cual quiere decir que cambia de posición con relación a éste. En algunos casos está próxima al Sol, y a veces llega a vérsela brillar débilmente durante el día cuando la luz solar no la hace desaparecer del todo. Por el contrario, hay veces en que está lejos del Sol y brilla en lo alto del cielo después del ocaso. Entonces su brillo es muy intenso.

La Luna brilla únicamente porque refleja la luz que le llega del Sol. Sus distintas partes reciben la luz solar en distintos momentos, según cuál sea su distancia al Sol. Esa es la razón por la que parece que la Luna cambia de forma. Unas veces la vemos como un círculo luminoso perfectamente redondo, otras como un semicírculo, y otras en forma de uña.

Además del Sol y de la Luna, hay en el cielo otros cinco objetos que se mueven sobre el fondo de las estrellas fijas; cada uno de ellos lo hace a su propia velocidad y a su

propia manera. Estos cinco astros parecen estrellas, pero brillan con más intensidad que éstas.

Entre estos objetos parecidos a estrellas hay dos que, al cambiar de posición, nunca se alejan demasiado del Sol, de forma que sólo los vemos en el cielo un cierto tiempo después del ocaso, si es al atardecer, o durante cierto período antes de la salida del Sol, si al amanecer. Estos objetos son Mercurio y Venus.

Como Mercurio y Venus están siempre cerca del Sol, nunca los vemos en el cielo a medianoche, cuando aquél brilla en el lado contrario de la Tierra. En ese momento Mercurio y Venus siguen estando cerca del Sol, como de costumbre, y por tanto brillan en la cara de la Tierra donde no se halla el observador.

Con esto, sólo quedan tres objetos brillantes que pueden aparecer a cualquier distancia del Sol y que por tanto pueden, a lo largo de sus desplazamientos, estar en el cielo en cualquier momento de la noche, incluso a medianoche. A estos objetos los llamamos Marte, Júpiter y Saturno.

Los antiguos griegos denominaban «planetes» a estos objetos que se movían, o erraban, sobre el fondo de las estrellas fijas. Es una palabra griega que significa «vagabundo, viajero», y de ella procede nuestro término «planeta».

Los hombres de la antigüedad contaban siete planetas: el Sol, la Luna, Mercurio, Venus, Marte, Júpiter y Saturno. Pensaban que todos estos planetas daban vueltas en torno a la Tierra, que para ellos constituía el centro del universo.

Sin embargo, en 1543, un astrónomo polaco, Nicolaus Copernicus (1473-1543), publicó un libro en el que demostraba que tenía más sentido suponer que los distintos planetas semejantes a estrellas —Mercurio, Venus, Marte, Júpiter y Saturno— daban vueltas alrededor del Sol, y que alrededor de la Tierra sólo giraba la Luna. Y lo que es más, la Tierra, seguida de cerca por la Luna, giraba también alrededor del Sol.

La nueva teoría fue aceptada poco a poco por los astrónomos, y de esta manera cambió su concepción de lo que podía ser un planeta, llegando a la conclusión de que un planeta era todo aquel cuerpo que daba vueltas en torno al Sol. El Sol, como es evidente, no daba vueltas alrededor de sí mismo, por lo cual dejó de considerársele como planeta. Y lo mismo la Luna, que daba vueltas alrededor de la Tierra, no alrededor del Sol.

Quedaban como planetas Mercurio, Venus, Marte, Júpiter y Saturno, a los que se añadió la Tierra misma.

El Sol y estos seis planetas, más la Luna, que acompañaba a la Tierra, recibieron el nombre de «sistema solar». En definitiva, el Sol es el centro y el que, según todas las apariencias, dirige a los planetas, por lo que parecía perfectamente lógico que él diera nombre al conjunto.

2. El planeta lento

El sistema solar, tal como lo conocía Copérnico, estaba formado exactamente por ocho cuerpos, y nada más que ocho: el Sol, los seis planetas y la Luna. Podemos llamar a este conjunto el sistema solar original, pues, como veremos, en el sistema solar, tal como lo conocemos hoy en día, hay mucho más de ocho cuerpos.

El planeta que está más próximo al Sol es Mercurio. Después, yendo hacia afuera, tenemos sucesivamente a Venus, la Tierra (más la Luna), Marte, Júpiter y Saturno. ¿Cómo sabemos que están en ese orden?

Si miramos al cielo, no podemos decir si un objeto concreto está más lejos o más cerca que cualquier otro. Pero, si miramos al cielo noche tras noche y observamos cómo se mueven los planetas entre las estrellas, vemos que cada uno de ellos se desplaza a una velocidad diferente. Si señalamos la posición de cada uno en comparación con la del Sol, vemos que algunos planetas dan una vuelta completa alrededor del Sol más rápidamente que otros.

El tiempo empleado en dar una vuelta completa alrededor del Sol se llama «período de revolución». En la tabla 1 tenemos los períodos de revolución de los seis planetas del sistema solar original.

Parece lógico suponer que cuanto más tiempo tarda un planeta en dar la vuelta al Sol, tanto más largo es su recorrido y por tanto más lejos debe estar de aquél.

Como Saturno tarda treinta años en realizar su revolución alrededor del Sol, dos veces y media más que Júpiter y dieciséis veces más que Marte, parece natural suponer que es el más distante de los planetas.

Fue esta misma lentitud de Saturno la que le dio su nombre.

Los griegos designaban a los planetas con nombres de sus dioses, y trataron de elegir un dios adecuado para cada uno.

Tabla 1. Período de revolución de los seis planetas**Período de revolución**

Planeta	Días	Años
Mercurio	88,0	0,241
Venus	224,7	0,615
Tierra	365,25	1,000
Marte	687,0	1,881
Júpiter	4.332,5	11,862
Saturno	10.759,3	29,458

Por ejemplo, el planeta que atraviesa el Cielo con mayor rapidez fue denominado Hermes, que era el mensajero de los dioses y tenía alas en los pies. Sin embargo, los romanos no conservaron los nombres griegos, sino que utilizaron los nombres de sus propios dioses, tratando de elegir los que consideraban como equivalentes de las divinidades griegas. Los romanos tenían un dios llamado Mercurio, que era el dios del comercio, y pensaron que se correspondía con el Hermes griego, por lo que dieron al más interior de los planetas el nombre de Mercurio. Nosotros hemos heredado los nombres romanos.

El segundo planeta es algunas veces más brillante que cualquiera del resto y hay ocasiones en que brilla en el Cielo del

atardecer como una joya preciosa. Por eso los griegos lo llamaron Afrodita, que era su diosa del amor y de la belleza. Los romanos utilizaron el nombre de la diosa correspondiente, Venus.

El tercer planeta es la Tierra.

El cuarto tiene unos destellos claramente rojizos, y los griegos lo asociaron con la sangre y la guerra. Le pusieron el nombre de su dios de la guerra, Ares, y los romanos lo cambiaron por su equivalente, Marte.

El quinto planeta es el más brillante, si exceptuamos a Venus. En el cielo de medianoche siempre están ausentes el Sol y Venus. Si en ese momento se halla en lo alto del cielo el quinto planeta y no hay luna, este quinto planeta es el objeto más brillante de la bóveda celeste. Y lo que es más, aunque Venus cambia de brillo según su posición en relación al Sol, el quinto planeta tiene un brillo bastante fijo, sea cual sea su situación en el cielo durante la noche. Los griegos le pusieron el nombre de su dios supremo, Zeus, y los romanos el del suyo, Júpiter.

Llegamos así al sexto planeta. Este se desplazaba con tanta lentitud, con una lentitud tan superior a la de todos los demás, que los griegos creyeron oportuno darle el nombre de un dios muy anciano, a quien la avanzada edad no le permitía avanzar con rapidez.

Según la mitología griega, Zeus no había sido desde siempre el jefe de los dioses. Antes de que existiera Zeus, era su padre, Crono, quien gobernaba sobre los dioses y el universo. Con el tiempo, Zeus se enfrentó con su padre, lo destruyó y ocupó su lugar. Crono siguió viviendo después, pero llevando una vida retirada, y los griegos lo representaron siempre con rasgos de anciano. En consecuencia eligieron el nombre de Crono para el sexto planeta, el que se mueve con mayor lentitud.

Los romanos no tenían un mito que se correspondiera con éste. Sin embargo, sí que tenían un dios llamado Saturno, que era su dios de la agricultura. Entre los griegos había quienes consideraban a Crono como dios de la agricultura. Por eso, los romanos

identificaron a Saturno con Crono y dieron al sexto planeta el nombre de Saturno.

En la Antigüedad, los hombres contaban siete planetas y tenían conocimiento de siete metales: oro, plata, cobre, mercurio, hierro, estaño y plomo, por lo cual les pareció natural suponer que cada uno de los siete metales se correspondía con uno de los siete planetas. No había duda de que el oro debía representar al Sol, y la plata a la Luna. El cobre, que era el tercero por su escasez y belleza, sería Venus, el objeto más brillante después del Sol y de la Luna.

El mercurio, metal líquido de gran movilidad, se asoció con el planeta de movimiento rápido que lleva dicho nombre. Al hierro, metal utilizado para las armas de guerra, se le asoció con Marte, y el estaño, metal blanquecino, con Júpiter, que tiene destellos blancos.

De esta manera quedaba el plomo para Saturno, lo cual era una elección muy acertada. El plomo es pesado, apagado y gris. Parecía simbolizar la pesadez y monotonía de la ancianidad y por tanto corresponderse con el lento caminar del anciano Crono.

Hoy en día seguimos asociando el plomo con Saturno. Una combinación de plomo y oxígeno, por ejemplo, es de color rojo intenso, y hay un nombre tradicional que a veces se le aplica: «rojo saturnino». El «cólico saturnino» es también un antiguo término médico para designar la intoxicación con plomo (saturnismo). Por otro lado, a las personas de carácter triste y lúgubre se les da a veces el apelativo de «Saturnino», porque antiguamente se pensaba que estaban bajo la influencia plúmbea del planeta Saturno.

Otro grupo de siete unidades es el formado por los días de la semana, y en la antigüedad cada uno de ellos estaba asociado con uno de los planetas. El séptimo día estaba asociado con Saturno y en inglés ese día recibe todavía el nombre de «Saturday».

3. El planeta distante

Los antiguos pensaban que los planetas daban vueltas en torno a la tierra describiendo círculos perfectos. Copérnico se dio

cuenta de que los planetas daban vueltas alrededor del Sol y no de la Tierra, pero se mantuvo fiel a la idea de los círculos perfectos. En la actualidad seguimos dando al recorrido de cualquier cuerpo astroómico alrededor de otro el nombre de «órbita», procedente de la palabra latina que significa «círculo».

Sin embargo, el recorrido que siguen realmente los planetas en el cielo no se acomodaba a lo que podía esperarse en el caso de un círculo. Los astrónomos griegos elaboraron complicados sistemas para buscar una explicación.

Las complicaciones terminaron por fin en 1609, cuando el astrónomo alemán Johannes Kepler (1571-1630) logró demostrar que las órbitas de los planetas no tenían forma de círculos sino de elipses.

Una elipse parece un círculo achatado cuyos extremos son exactamente iguales. En un círculo, toda recta que pase por el centro es un diámetro, y todos los diámetros de un círculo dado tienen la misma longitud. En una elipse, los diámetros tienen distintas longitudes (véase figura 1).

El diámetro más largo de una elipse va desde uno de los extremos más curvados al otro, y se llama «eje mayor». El diámetro más corto es el «eje menor». Los dos ejes se cruzan en ángulo recto (es decir, si uno de ellos va en sentido horizontal, el otro lo hace en sentido vertical). El punto donde se cruzan los ejes es el centro de la elipse. En el eje mayor de la elipse están situados dos puntos llamados «focos».

Los focos están en lados opuestos del centro y a la misma distancia de él. Están situados de tal manera que si se traza una línea recta desde un foco hasta cualquier punto de la elipse y desde ese punto hasta el otro foco, la suma de las longitudes de las dos líneas rectas es siempre igual a la longitud del eje mayor.

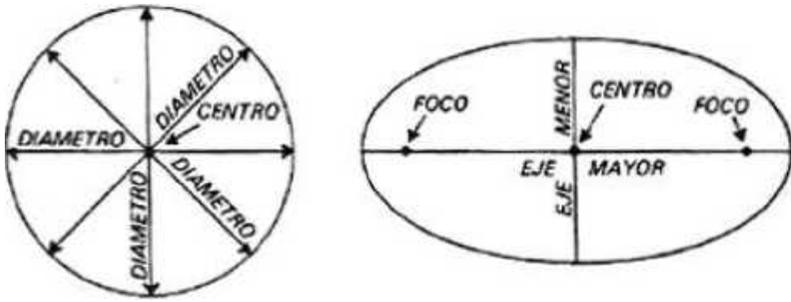


Figura 1. El círculo y la elipse

Cuanto más achatada sea una elipse, tanto más alejados están los focos del centro y más próximos a los extremos (véase figura 2).

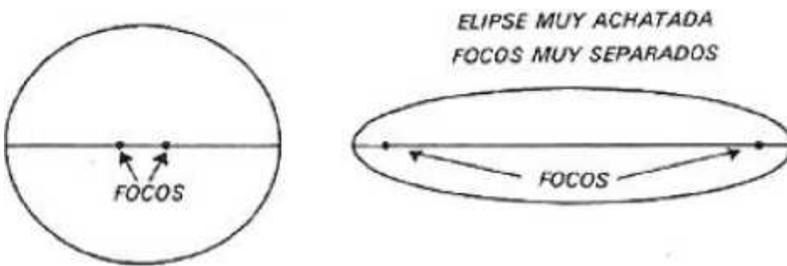


Figura 2. Diferentes elipses

La distancia de los focos al centro es la medida de la «excentricidad» de la elipse. Este término procede de las palabras griegas que significan «lejos del centro».

Si los focos están sólo a 1/100 parte de la distancia que hay del centro al extremo de la elipse, la excentricidad es de 0,01. Con una excentricidad tan pequeña, no se puede apreciar el achatamiento. Dicha elipse se parece tanto a un círculo, que es imposible notar la diferencia sin hacer mediciones muy precisas. (En el caso de un círculo, los focos están exactamente en el centro y la excentricidad es 0.)

Si los focos están a mitad de camino entre el centro y los extremos, la excentricidad es de 0,5 y la elipse parece un huevo con la misma curva en ambos extremos. Si los focos están a nueve décimos de la distancia entre el centro y el extremo, la excentricidad es de 0,9 y la elipse tiene forma parecida a la de un cigarro.

Cuando los astrónomos se dieron cuenta de que las órbitas planetarias eran elipses, pudieron calcular sus formas atendiendo a los cambios en las posiciones de cada planeta en el cielo y averiguar la excentricidad de cada una. Pueden verse los resultados en la tabla 2.

Tabla 2. Excentricidad orbital de los seis planetas

Mercurio	0,2056
Venus	0,0068
Tierra	0,0167
Júpiter	0,0934
Saturno	0,0485
Marte	0,0556

Ninguna de estas excentricidades es pronunciada. La órbita de Mercurio, si la dibujáramos en una hoja de papel, podría parecer un poco achatada, pero todas las demás darían la impresión de ser círculos. Fue precisamente su gran parecido con los círculos lo que hizo que los astrónomos de la antigüedad pensaran que lo eran. Si las órbitas elípticas hubieran tenido excentricidades realmente altas, los astrónomos habrían visto de inmediato que no tenía sentido hablar de círculos para describir las órbitas.

Cuando Kepler descubrió las órbitas elípticas de los planetas, no estaba en condiciones de decir cuál era su tamaño en las unidades que sirven para medir las distancias terrestres. En otras palabras, no pudo determinar su «tamaño absoluto». Sin embargo, sí que logró determinar que una órbita era 2 veces mayor que otra, ó 3,4 veces mayor. Lo que estableció fue su «tamaño relativo».

Supongamos, por ejemplo, que convenimos que la distancia de la Tierra al Sol es igual a 1 y que llamamos a dicha distancia «1 unidad astronómica» o, en abreviatura, «1 U. A.». Las demás distancias se pueden comparar con la de la Tierra y luego expresarse en U. A. Es lo que hacemos en la tabla 3, donde se observa que Saturno está casi diez veces más lejos del Sol que la Tierra.

Tabla 3. Distancia relativa de los seis planetas al sol.

Planeta Distancia al sol (UA)

Tierra 0,387

Júpiter 0,723

Saturno 1,000

Venus 1,524

Mercurio 5,203

Marte 9,539

Si las órbitas planetarias fueran círculos y si el Sol estuviera situado en el centro, la distancia del planeta al Sol permanecería idéntica en todos los puntos de la órbita. Sin embargo, las órbitas son elipses y Kepler demostró que el Sol no estaba en el centro de la elipse sino en uno de los focos.

Que el Sol está en un foco de la elipse quiere decir que está más cerca de un extremo de la elipse que del otro (véase figura 3). Cuando el planeta, al moverse en su órbita, pasa por el extremo del eje mayor que cae al mismo lado del foco donde se halla el Sol, está más cerca de éste que en cualquier otro punto de la órbita. Este punto de máximo acercamiento es el «perihelio», de las palabras griegas que significan «cerca del sol».

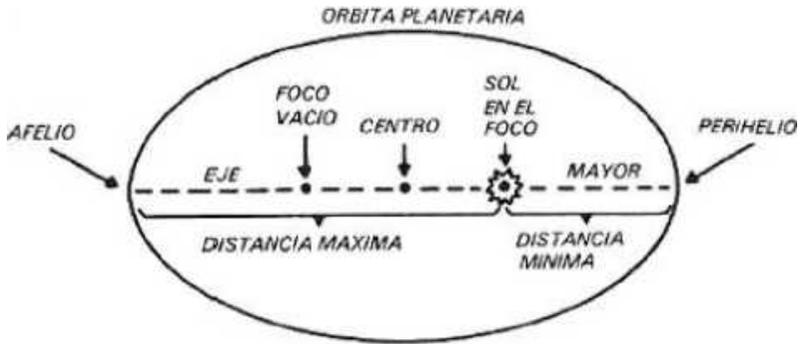


Figura 3. Perihelio y afelio

Al abandonar el perihelio, el planeta se va alejando cada vez más del Sol, hasta llegar hasta el orco extremo del eje mayor, momento en que está más lejos del Sol que en cualquier otro punto de la órbita. Dicho punto se llama «afelio», de las palabras griegas que significan «lejos del Sol».

Cuanto mayor es la excentricidad de una órbita planetaria, mayor es la diferencia de distancias entre el planeta y el Sol en el perihelio y en el afelio. Como las excentricidades de las elipses planetarias son tan pequeñas, la diferencia de dichas distancias no es muy grande en los seis planetas, exceptuando a Mercurio (véase tabla 4).

Tabla 4. Perihelios y afelios de los seis planetas.

Planeta	Distancia en el perihelio (UA)	Distancia en el afelio (UA)	Diferencia entre las dos distancias (porcentaje)
Mercurio	0,308	0,467	51,6
Venus	0,719	0,729	1,4
Tierra	0,984	1,017	3,4
Marte	1,381	1,666	20,6
Júpiter	4,951	5,455	10,2
Saturno	9,008	10,069	11,8