



## Johannes Kepler

Nació en 1571 en lo que hoy es Alemania

**Fue un astrónomo y matemático de gran trascendencia para el surgimiento de la ciencia moderna.**

Se crió en una familia protestante de bajos recursos.

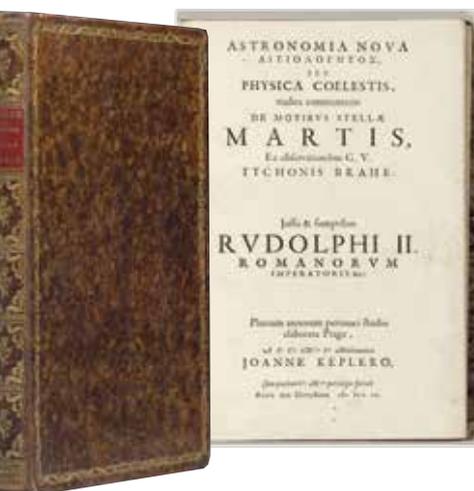
**Su padre** era un mercenario al servicio del duque de la región, poco presente en su vida, hasta que desapareció en una de las campañas de guerra.

**Su madre** era curandera y herborista y, siendo ya Kepler adulto, fue acusada de brujería, procesada y encarcelada por la Inquisición, encargándose el mismo Kepler de su defensa y de los costos del encierro, hasta que fue absuelta después de largos años.

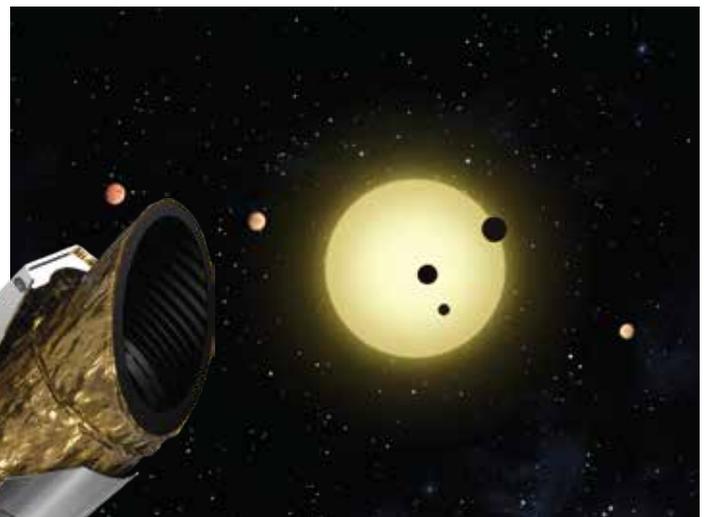
Kepler sufrió toda su vida de una salud frágil, de enfermedades crónicas y de miopía, lo que no le impidió ser uno de los padres de la óptica moderna.

Fue un declarado defensor del modelo copernicano y colaboró con el astrónomo imperial Tycho Brahe hasta la muerte de éste.

**Entre 1609 y 1619 formuló las leyes que hoy llevan su nombre.**



Murió en 1630, con parte de sus escritos prohibidos por la Inquisición.



Hoy, además de sus leyes, un telescopio espacial de la NASA lleva su nombre, igual que numerosas estrellas con sistemas planetarios descubiertos con este instrumento.

# 1era Ley

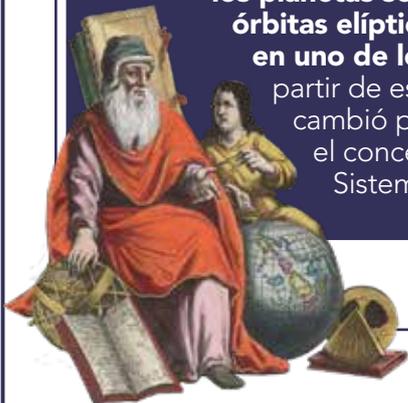
Los planetas se trasladan alrededor del Sol pero sus **órbitas** no son círculos sino **elipses**.

## El círculo y la astronomía

Desde Aristóteles hasta Copérnico, se consideró que los planetas se movían en órbitas circulares perfectas.

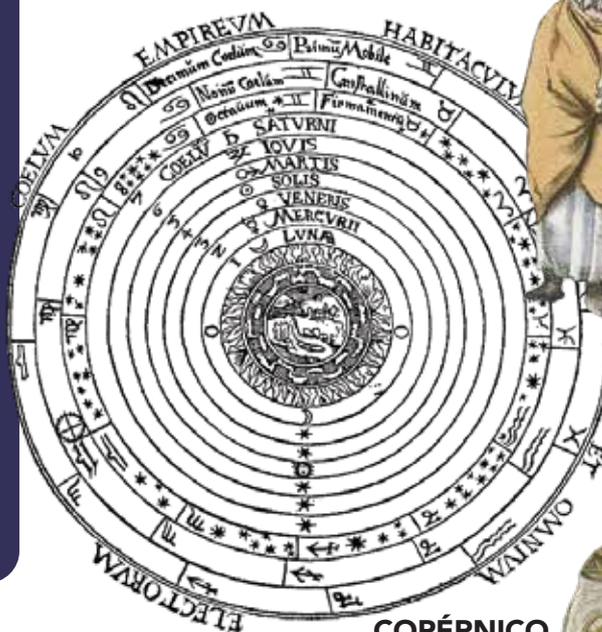
Para **Aristóteles** y **Ptolomeo**, giraban alrededor de la Tierra, en cambio para **Copérnico** los planetas se movían en círculos alrededor del Sol.

Fue **Kepler** quien logró deshacerse del prejuicio del círculo, **postuló que los planetas se mueven en órbitas elípticas con el Sol en uno de los focos** y a partir de ese momento cambió para siempre el concepto del Sistema Solar.



**PTOLOMEO**  
100 d.C. - 170 d.C.

Schema huius praeiudicis diuisionis Sphaerarum.



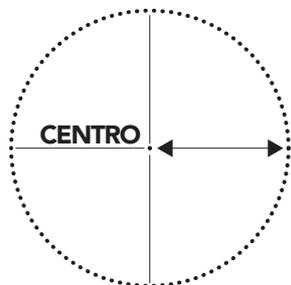
**ARISTÓTELES**  
384 a.C. - 322 a.C.



**COPÉRNICO**  
1.473 d.C. - 1.543 d.C.

## ¿Qué es una elipse?

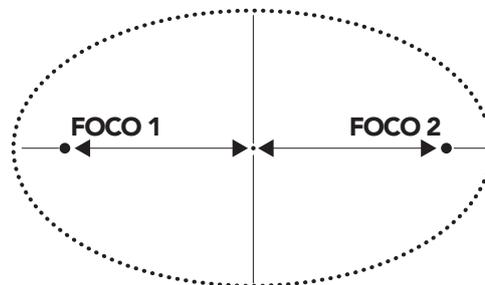
Un **círculo** tiene un **centro** y todos los puntos que se encuentren en su circunferencia siempre están a la misma distancia de ese centro.



Todos a la misma distancia del centro

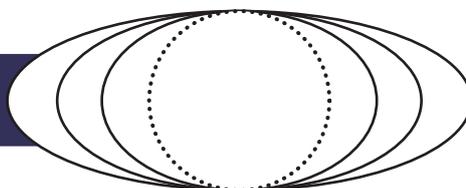
Para comprender qué es una elipse, necesitamos recordar qué define a un círculo.

Podemos imaginar a la **elipse** como un círculo estirado, donde desde el centro se separan **dos puntos llamados focos**.



## La excentricidad

es la medida de cuánto se aleja una elipse del círculo.



## ¿Cómo dibujar una elipse?

### Con la computadora

Podés sacar una foto o simplemente dibujar un círculo en tu computadora, tablet o celular. Si buscás cualquier aplicación de edición gráfica, podrás y estirar o contraer uno de los ejes y tu elipse estará lista

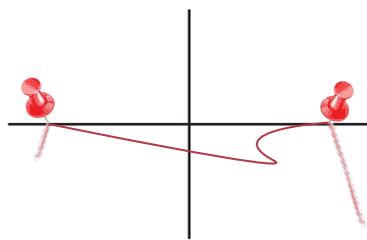


### Proyección de sombra de círculo

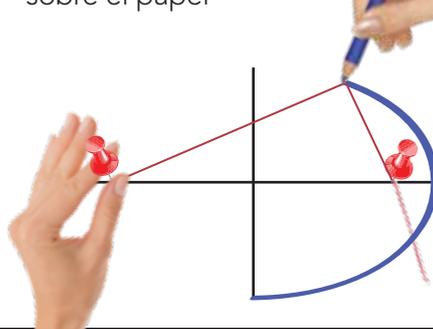
Podés probar con un plato o una moneda, jugando con la inclinación de la luz

### Elipse del jardinero

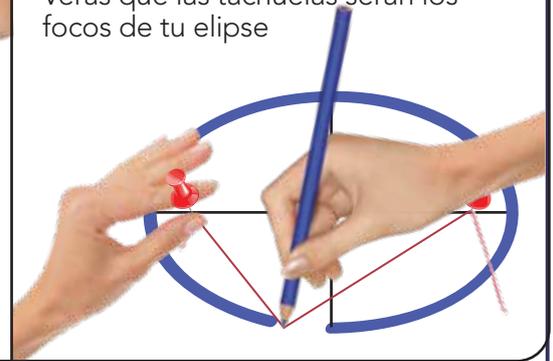
Colocás dos tachuelas en una hoja, sosteniendo firmemente un hilo lo suficientemente largo como para trazar la figura



Enganchás un lápiz y manteniendo estirado el hilo, dibujás la figura sobre el papel

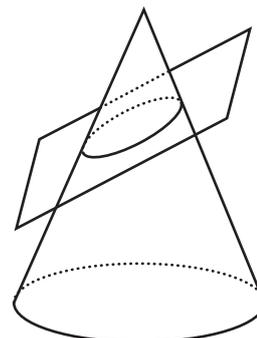
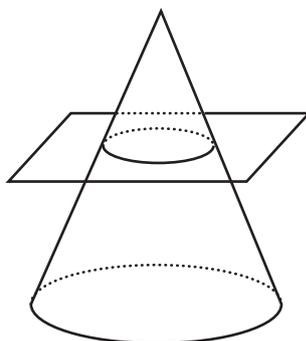


Es muy importante que en todo momento mantengas tenso el hilo. Verás que las tachuelas serán los focos de tu elipse



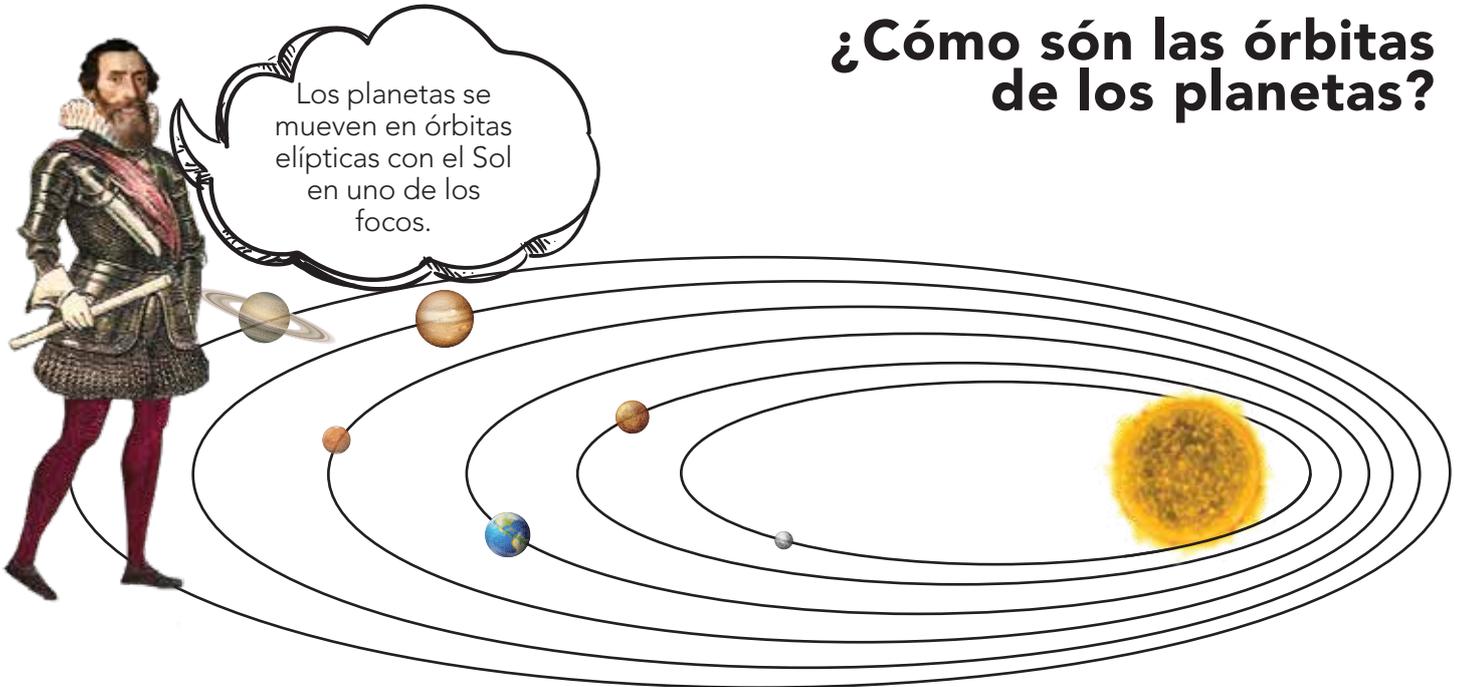
### Cono cortado por plano

Si atravesamos un cono con un plano (una hoja) paralelo a la base, veremos que la figura que queda recortada es un círculo.



Si atravesamos el mismo cono con el mismo plano pero inclinamos el corte, la figura que se formará será una elipse

# ¿Cómo són las órbitas de los planetas?



**La órbitas...  
¿son taaaan  
exéntricas  
como muestran  
los libros?**

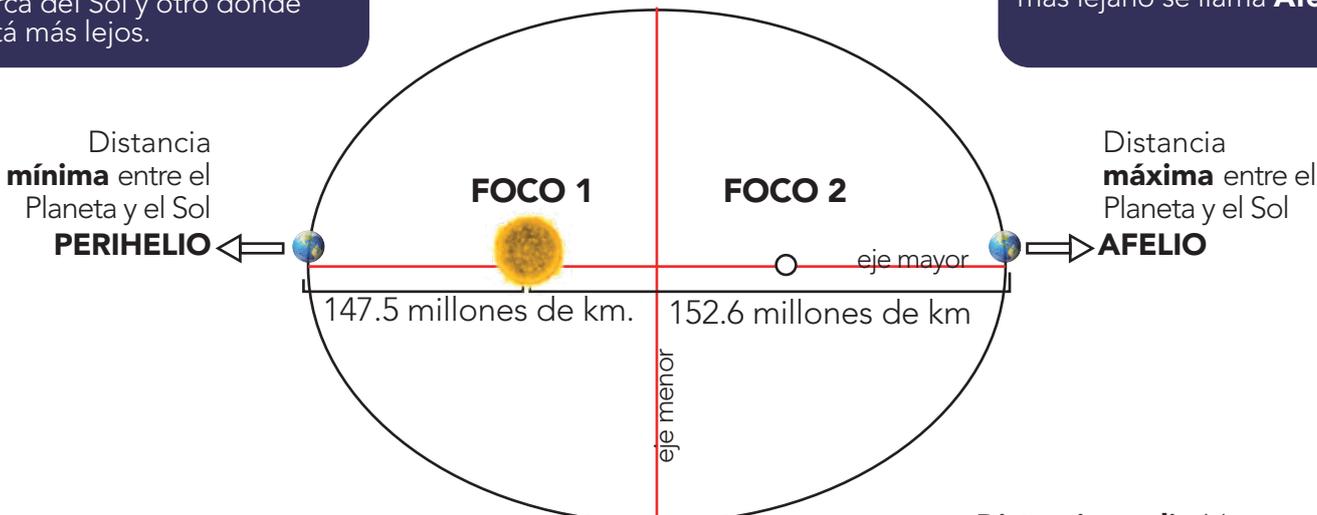
Si bien las órbitas de la Tierra y de la Luna dibujan una elipse, la diferencia entre el eje mayor y el eje menor es tan pequeño que si la dibujáramos con precisión o si pudiéramos observarla desde el espacio, nuestro ojo la vería como un círculo.

**aunque lo parezca ¡¡este NO ES UN CÍRCULO!!!**

Elipse realizada manteniendo la relación de la órbita terrestre.  
Excentricidad orbital ≈ 0.0167

Como la órbita no es un círculo hay un momento del año donde la Tierra está más cerca del Sol y otro donde está más lejos.

El punto más cercano al Sol se llama **Perihelio** y el punto más lejano se llama **Afelio**.



**Pero entonces...  
¿A qué distancia está la Tierra del Sol?**

Si sumamos la distancia al Perihelio con la del Afelio y lo dividimos por 2, tenemos la distancia media de la Tierra al Sol (a).

**Distancia media (a)**

$$\frac{\text{PERIHELIO} + \text{AFELIO}}{2} = a$$

Distancia media **a** =



¿Cuando la Tierra está más cerca del Sol es verano y cuando está más lejos es invierno?

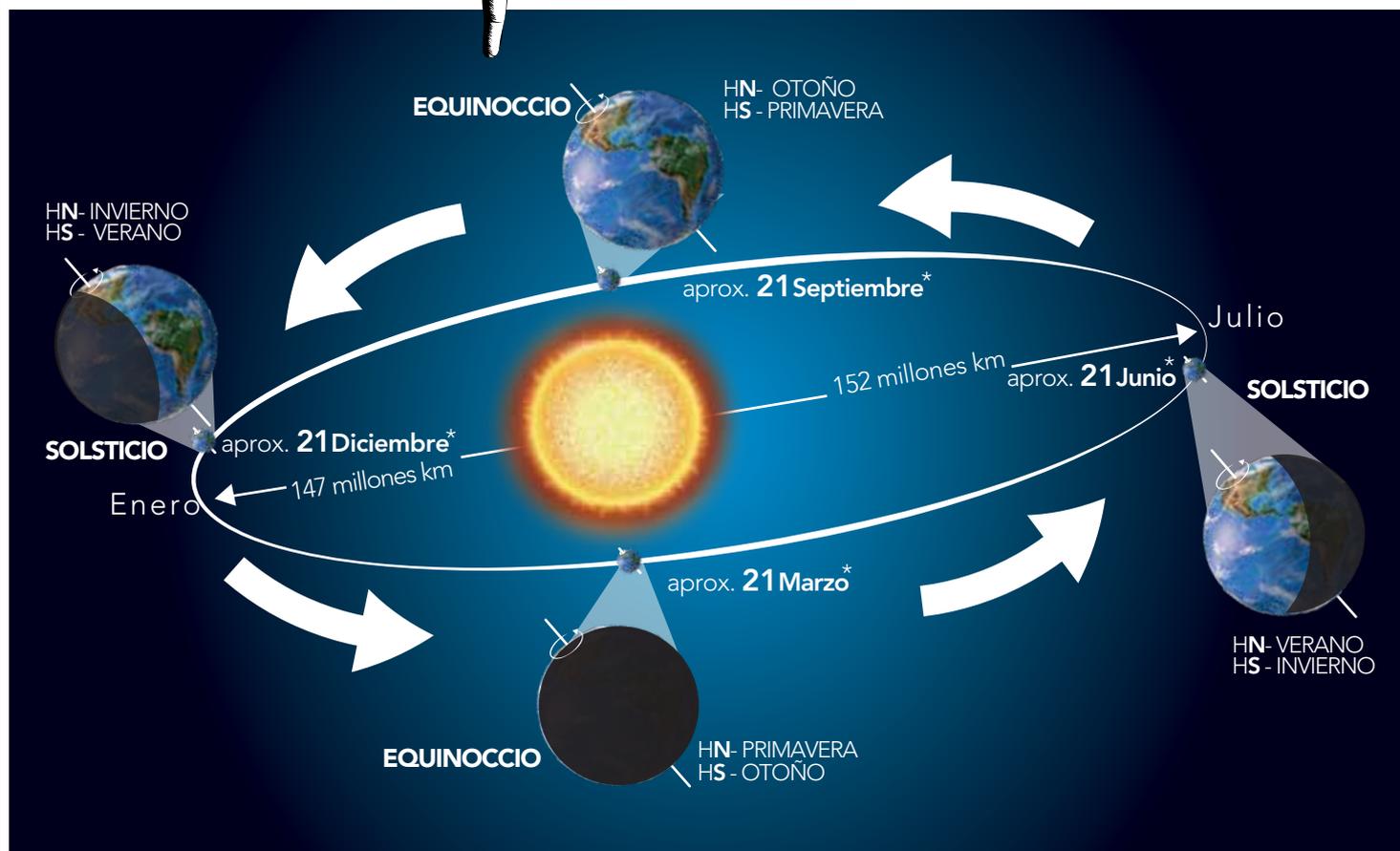
**En nuestro planeta:**  
Entre el **2 y el 4 de enero** ocurre el **Perihelio**  
Entre el **4 y el 6 de julio** el **Afelio**

**¡¡Esto NO es la causa de las estaciones!!.**  
Sí así fuese en enero sería verano en todo el planeta y en julio sería invierno en todo el planeta!!  
Sabemos que mientras en el Hemisferio Sur es verano en el Hemisferio Norte es invierno y viceversa.

La causa de **las estaciones** se debe a:



- La **inclinación del eje de rotación** de la Tierra
- **Cómo llegan (inciden) los rayos solares** en ambos hemisferios a lo largo del año.



\* Las fechas de equinoccios, solsticios, perihelio y afelio, si bien mantienen el mes, cambian año a año

# ¿Sólo los planetas tienen órbitas elípticas?

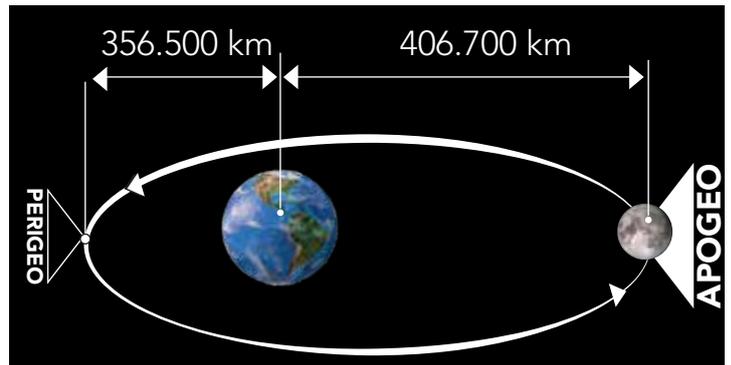
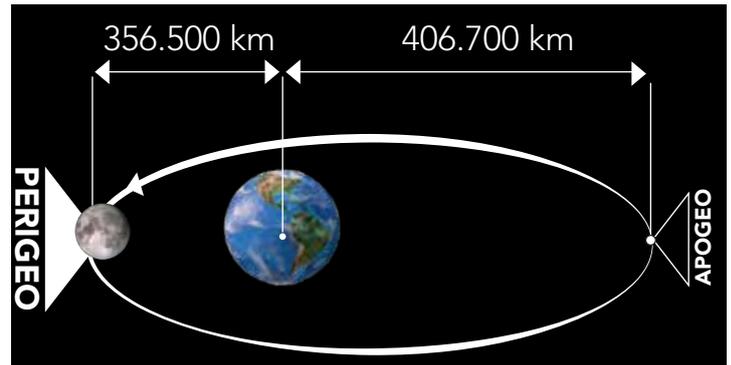
Por supuesto que no. Podemos encontrar muchos más ejemplos dentro y fuera del Sistema Solar

## La Luna

Los satélites también pueden tener órbitas elípticas.

Nuestra Luna posee un punto en la órbita de mayor acercamiento llamado Perigeo y otro de mayor alejamiento llamado Apogeo.

Si al producirse un eclipse de Sol la Luna se encuentra próxima al Perigeo el eclipse será total. Si el eclipse se produce cuando la Luna está en el Apogeo ésta no alcanzará a tapar completamente al Sol, entonces el eclipse será anular.



## Y... ¿Qué es una Superluna?

En los medios suelen difundirse títulos rimbombantes. Si la fase de Luna Llena coincide con el Perigeo se le suele llamar Superluna. Pero en realidad, a simple vista, es muy difícil notar que su tamaño aparente es mayor al de la misma fase cuando la Luna está a su distancia media de la Tierra.

Luna en apogeo



Punto más lejano de la Tierra

Luna en perigeo

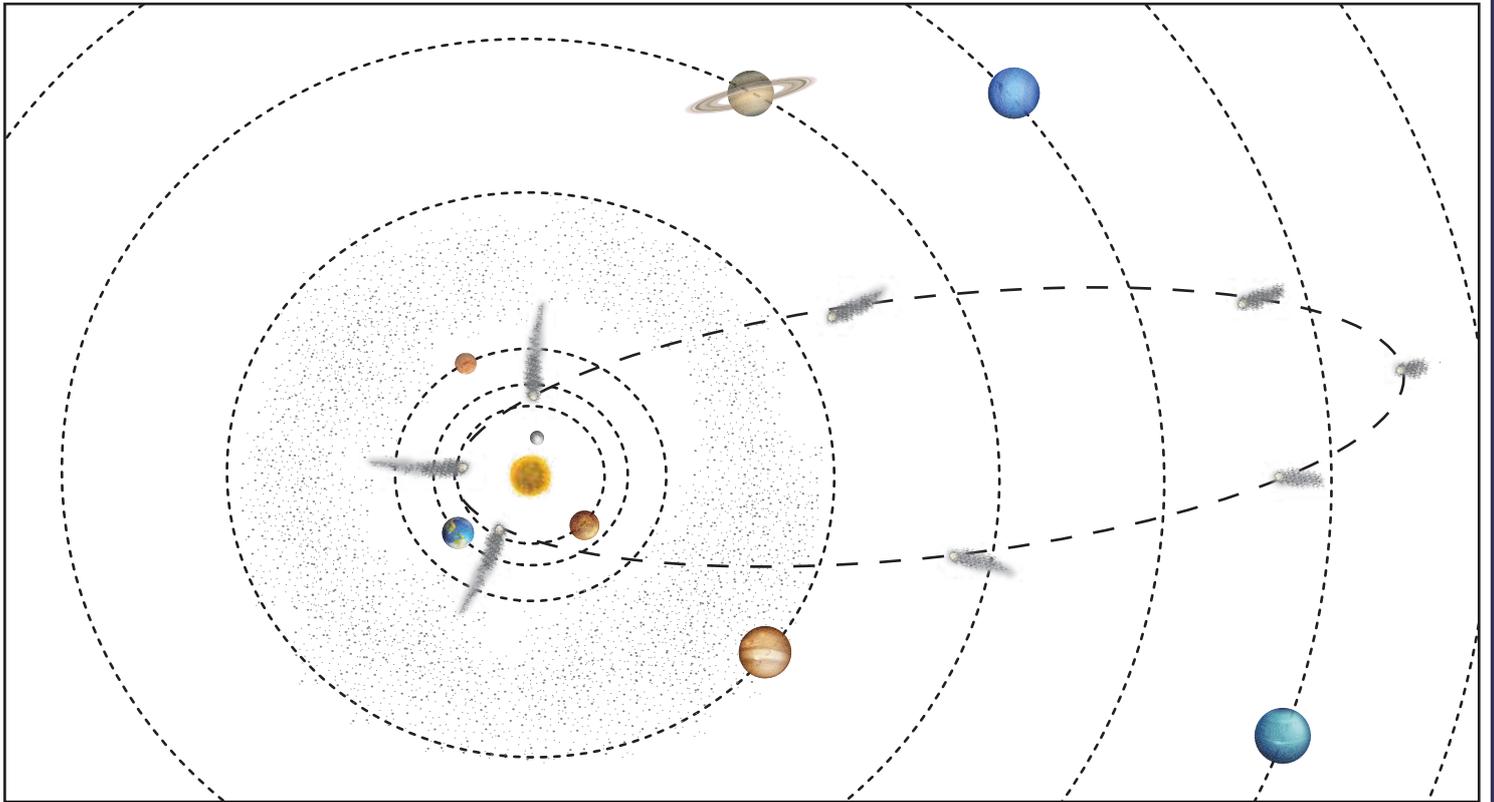
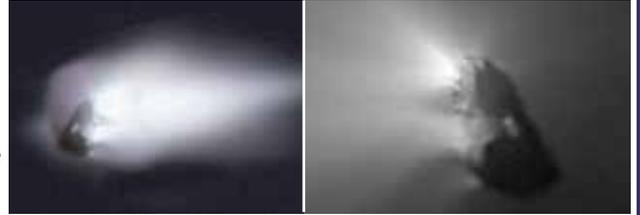


Punto más cercano de la Tierra  
La luna llega a verse un **14%** más grande que en el apogeo

## Cometas

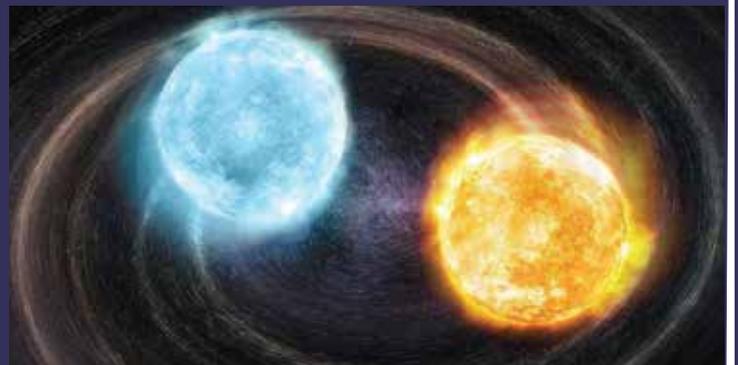
Algunos cometas poseen órbitas elípticas, que en su mayoría son tan grandes y excéntricas que solo se acercan al Sol cada muchos años.

El más famoso de todos es el cometa **Halley** que se acerca al Sol cada 76 años aproximadamente.



## Fuera del sistema Solar Exoplanetas

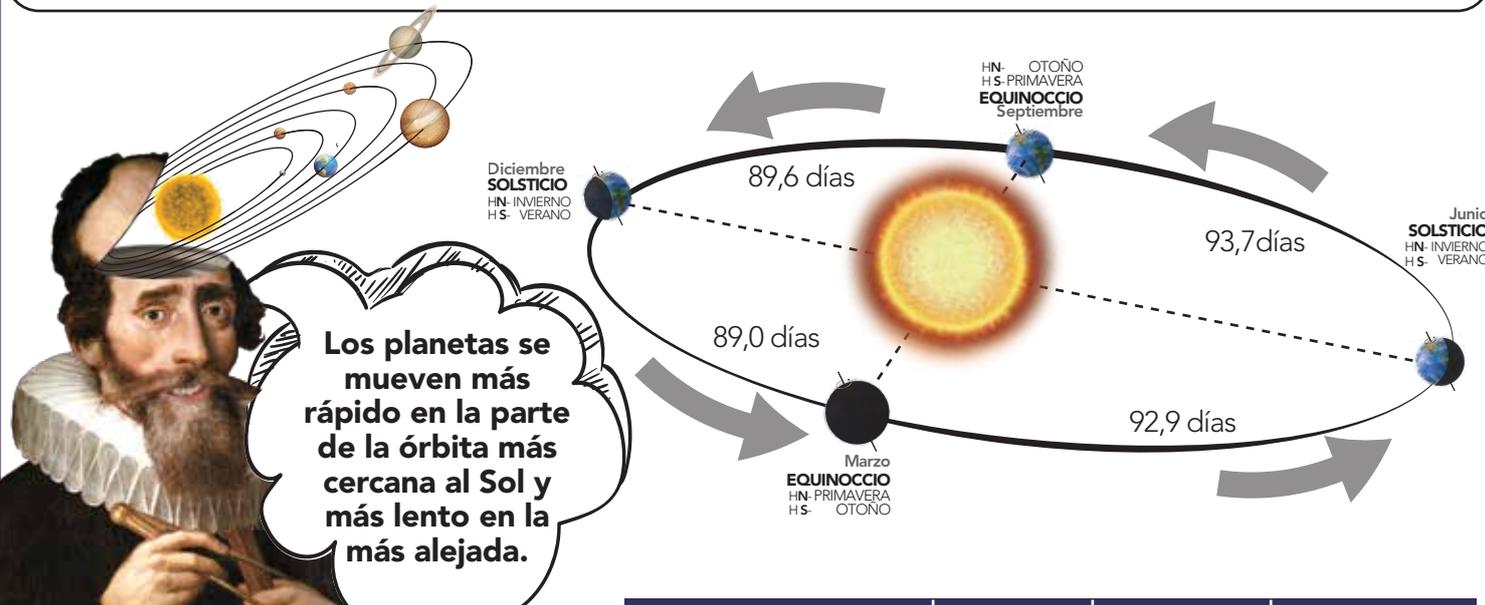
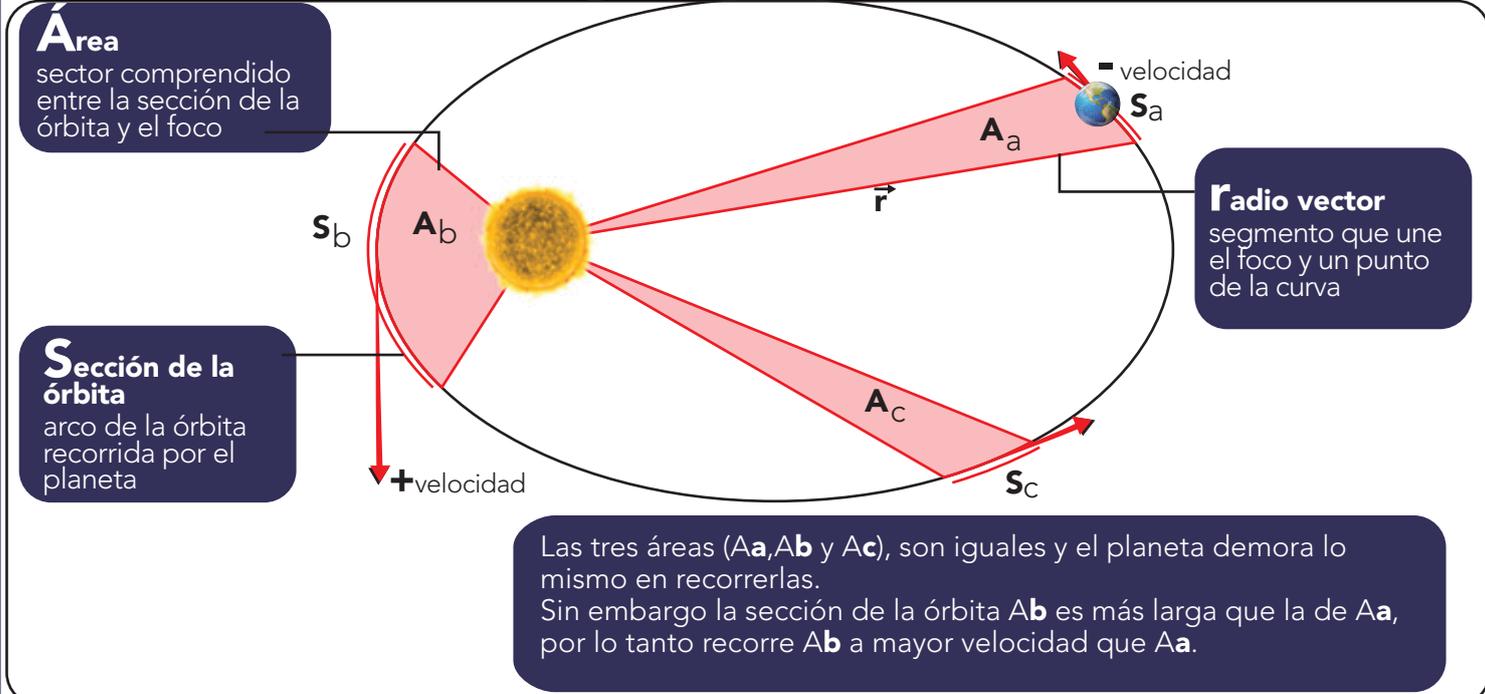
Los exoplanetas (planetas que orbitan otras estrellas) y los sistemas de estrellas (dos o más estrellas orbitando en torno a un centro de masa común) también poseen órbitas elípticas.



# 2da Ley



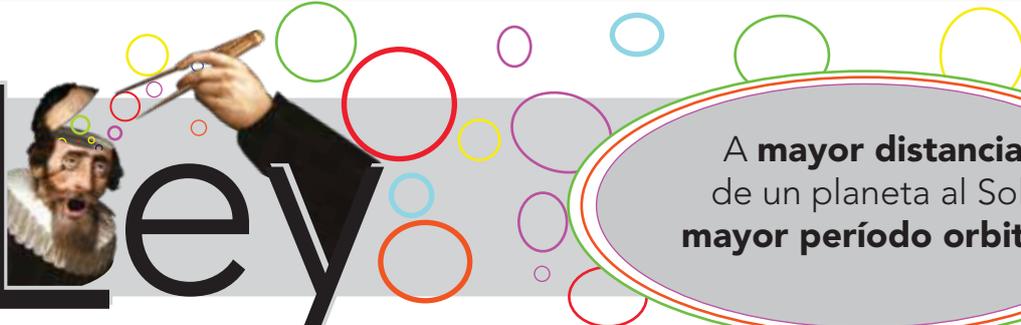
**El radio vector** que une al planeta con el Sol barre **áreas iguales en tiempos iguales.**



Por este motivo, en la Tierra las estaciones **no tienen igual duración.**

	Comienzo	H Norte	H Sur	Duración
20-21	Marzo	Primavera	Otoño	92,9 días
20-22	Junio	Verano	Invierno	93,7 días
20-24	Septiembre	Otoño	Primavera	89,6 días
21-22	Diciembre	Invierno	Verano	89,0 días

# 3era Ley



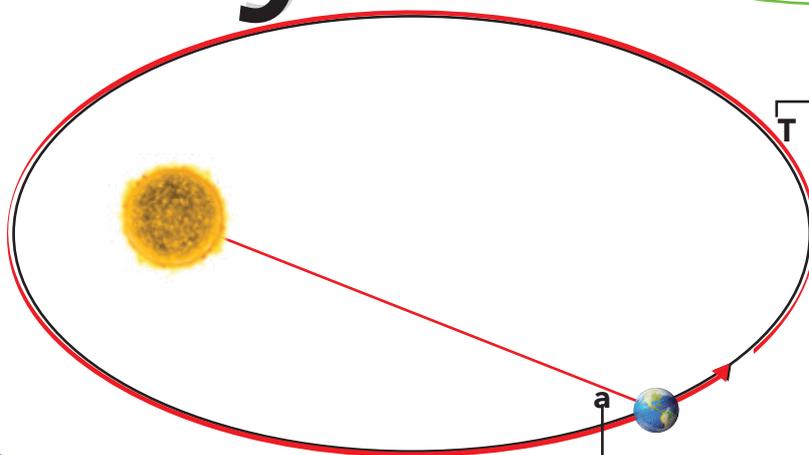
A mayor distancia de un planeta al Sol, mayor período orbital.

El cuadrado del período orbital de cualquier planeta es directamente proporcional a su distancia media al Sol elevado al cubo

Matemáticamente:

$$\frac{T^2}{a^3} = \text{constante}$$

(un valor que se repite en los demás planetas)



**T** período orbital del planeta, es decir cuánto tarda en dar una vuelta completa al Sol

**a** la distancia media al Sol

## ¿Cómo podemos hacer cálculos con la 3era Ley de Kepler?

Operando con los valores de la Tierra:

- período orbital medido en años  $T = 1$  año
- distancia media medida en unidades astronómicas (UA)\*  $a = 1$  UA

Reemplazando en la ecuación, tenemos:  $\frac{T^2}{a^3} = \frac{1^2}{1^3} = 1$

Si las unidades son años y UA, la constante -válida para todos los planetas- es 1

Esto nos permite, despejando, calcular valores que no conocemos. Veamos un ejemplo:

Sabiendo que Saturno tarda en dar una vuelta completa al Sol unos 29,45 años, podemos calcular cuánto vale su distancia media al Sol.

$$\frac{29,45^2}{a^3} = 1$$

Como nuestra incógnita es **a**, despejamos

$$29,45^2 = 1 \cdot a^3$$

Luego despejamos la potencia y nos queda:

$$\sqrt[3]{29,45^2} = a$$

Resolviendo, obtenemos la distancia media de Saturno al Sol:

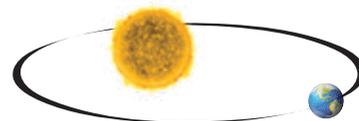
$$a = 9,53 \text{ UA}$$

# ATENCIÓN

## \*1 UA

equivale a unos 150.000.000 km, que es la distancia media de la Tierra al Sol.

Los cálculos sobre las distancias y las velocidades también podés hacerlos en km, sólo que obtendrás como resultado números enormes.



## ¿Te animás a completar la tabla?

PLANETA	PERÍODO ORBITAL (en años)	DISTANCIA MEDIA AL SOL (en UA)
 <b>Mercurio</b>	<b>0,24</b>	
 <b>Venus</b>	<b>0,61</b>	
 <b>Tierra</b>	<b>1</b>	<b>1</b>
 <b>Marte</b>		<b>1,52</b>
 <b>Júpiter</b>		<b>5,20</b>
 <b>Saturno</b>	<b>29,45</b>	
 <b>Urano</b>	<b>84,02</b>	
 <b>Neptuno</b>		<b>30,07</b>

**Las Leyes de Kepler** valen para todos los cuerpos que orbitan en torno al Sol (planetas, planetas enanos, asteroides, cometas) y para los satélites (naturales y artificiales) que orbiten a los planetas.

También para exoplanetas que orbiten otras estrellas y para sistemas binarios o múltiples de estrellas orbitando en torno a un centro de masa.

**¿Se podrán aplicar también estas leyes el movimiento de rotación de las galaxias?**

