

# INAOE

Instituto Nacional de Astrofísica, Óptica y Electrónica





# El Sitio del GTM

## Volcán Sierra Negra







# Introducción a la Astronomía

¿Para qué sirve?

**Raúl Mújica**

INAOE-Astrofísica

[rmujica@inaoep.mx](mailto:rmujica@inaoep.mx)

Tel. (222) 2663100 Ext. 2308

Cel: 2223 253484

FB: [raul.mujicagarcia](#)

Tw: [raulmujicag](#)

IG: [raulmujicagarcia](#)



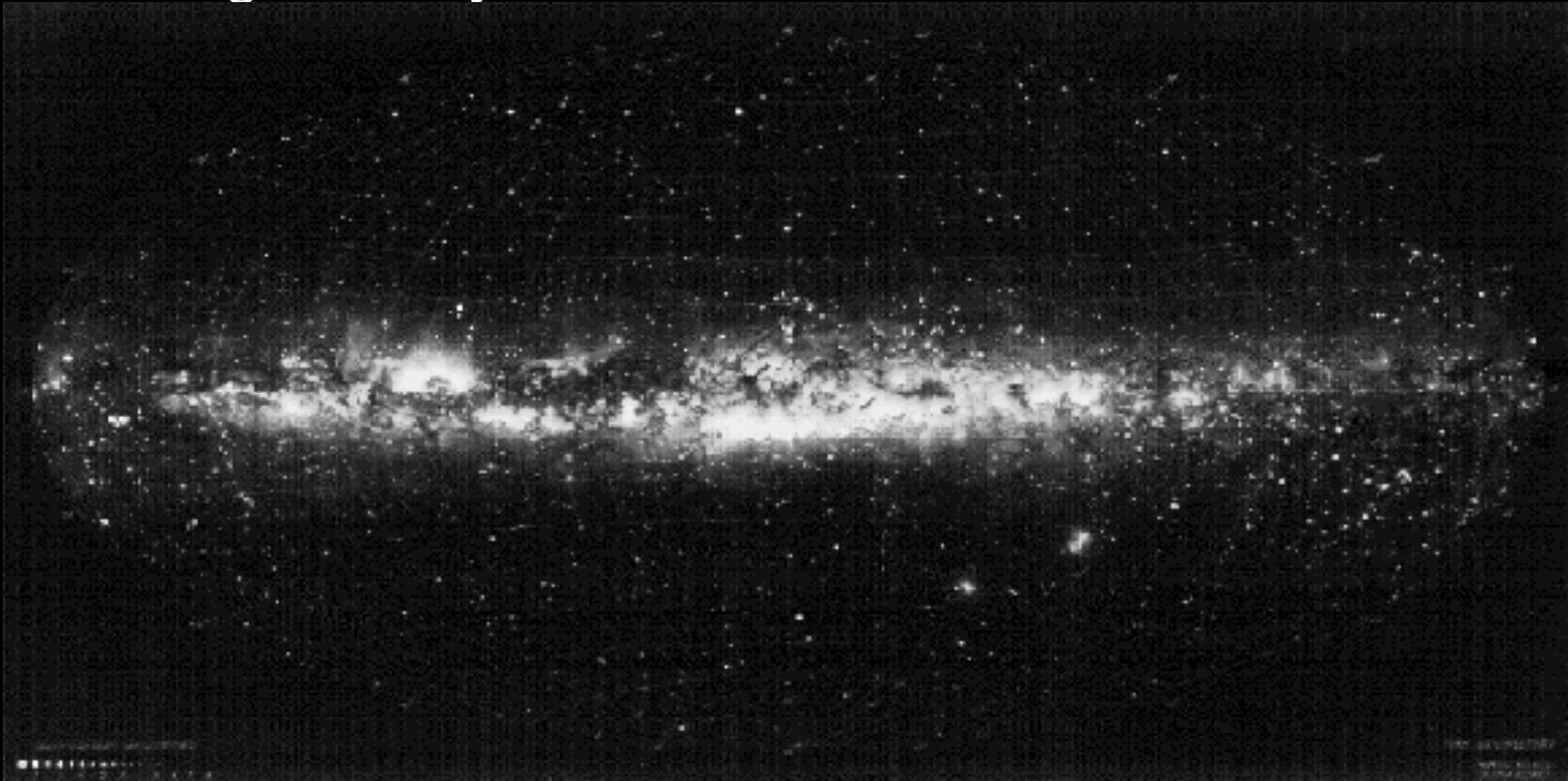
# Plan

El papel de la Astronomía como ciencia

Historia

Ramas de la Astronomía

Las magnitudes y escalas del Universo



# El papel de la Astronomía

## Astronomía Ciencia del Universo

**Objetos individuales:** planetas, estrellas, galaxias.

**Estructura a gran escala:** Cúmulos de Galaxias, Universo como un todo.

### Objetivos:

- \* Naturaleza de los objetos celestes
- \* Comportamiento de estos objetos
- \* Fuerzas que rigen el comportamiento de la materia y la radiación
- \* Origen, evolución y futuro del Universo

## Astronomía Ciencia Observacional

Estudiar la radiación proveniente de objetos distantes

Desarrollo de hipótesis y teorías

Nuevas observaciones

## Astronomía Moderna. Ciencia fundamental

### Concepción científica del Universo

Modelo del Universo basado en las observaciones

Es la naturaleza de la investigación **básica** lo que nos impide predecir que saldrá de este trabajo, excepto que probablemente nos sorprenda.

Cuando Kepler y Newton trabajaron para elaborar la Mecánica Celeste, no estaban pensando en satélites climatológicos o CNN.

Investigación **fundamental** sobre la naturaleza del universo en el que vivimos.

Busca respuestas a algunas de las preguntas más grandes que podemos formular: ¿cómo inició el universo? (¿inició?)  
¿Qué tan grande es? ¿Qué tan viejo? ¿Cómo terminará?  
(¿terminará?)

La astronomía es parte vital de la **cultura** humana.

Una persona sin conocimientos básicos de Astronomía está **lisiada** culturalmente.

Cuando los astrónomos comunican **nuevos descubrimientos**, enriquecen la vida intelectual de millones.

# Aportaciones

Calendario y medición del tiempo

**Matemáticas** como resultado de investigación astronómica:

Trigonometría, inventada por Hiparco, astrónomo griego.

Logaritmos por necesidades astronómicas.

Cálculo: Base de la ciencia moderna e ingeniería, inventada por Sir Issac Newton para?

**Navegación:** ayer y hoy! Desde barcos hasta naves espaciales

Las primeras **computadoras** para ?

**Satélites:** gravedad y órbitas, quién?

Procesado de **imágenes:** las señales más débiles y difíciles de analizar? ==> Imágenes médicas!

**Instrumentación astronómica:** electrónica, ingeniería mecánica, computación..

## Física de la materia y la energía:

Aeroplanos

Transistor

Radio

Láseres

## Condiciones extremas:

Densidades de estrellas de neutrones

Temperaturas dentro de supernovas

Gravedad en agujeros negros

# Algunas áreas

**Astronomía Esférica**

**Observaciones e Instrumentos**

**Conceptos Fotométricos y  
Magnitudes**

**Mecanismos de Radiación y  
Temperaturas**

**Mecánica Celeste**

**El Sistema Solar**

**Espectros Estelares**

**Estrellas Binarias y Masas  
Estelares**

**Estructura y Evolución Estelar**

**Estrellas Variables**

**Estrellas Compactas**

**Medio Interestelar**

**Cúmulos Estelares y  
Asociaciones**

**La Vía Láctea**

**Galaxias y Núcleos Activos de  
Galaxias**

**Cosmología**

# La Astronomía en la Antigüedad

Considerada como la Ciencia más antigua. Las especulaciones sobre la naturaleza del Universo se remontan a la época pre-histórica

Cro-magnón (30,000 AC) conocían las fases de la Luna (Caverna de Lascaux, Francia). Documento astronómico más antiguo.



[http://news.bbc.co.uk/1/hi/english/sci/tech/newsid\\_975000/975360.stm](http://news.bbc.co.uk/1/hi/english/sci/tech/newsid_975000/975360.stm)

<http://www.culture.fr/culture/arcnat/lascaux/en/>  
<http://www.culture.gouv.fr/culture/arcnat/chauvet/en/index.html>

[http://news.bbc.co.uk/1/hi/english/sci/tech/newsid\\_871000/871930.stm](http://news.bbc.co.uk/1/hi/english/sci/tech/newsid_871000/871930.stm)

**-Registros astronómicos de los chinos, babilonios, asirios y egipcios (3,000 AC)**

- Fines prácticos: calendario, agricultura
- Astrología: predicción del future

**\* Aportación de la Astronomía China.**

**-Varios siglos AC utilizaban un calendario de 365 días**

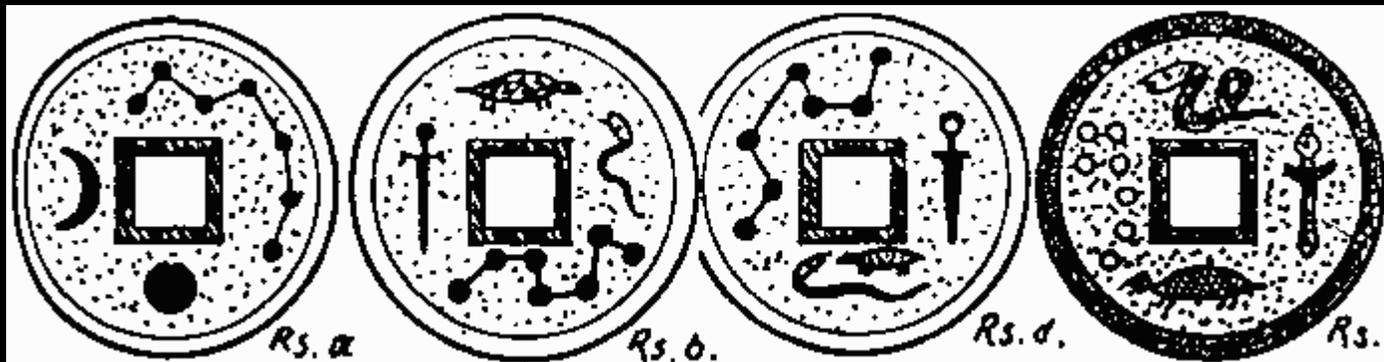
**-Registros de anotaciones precisas de las posiciones de cometas**

**-Meteoros y meteoritos desde el 700 AC**

**-Registros del cometa Halley desde el 240 AC, probablemente desde el 1059 AC**

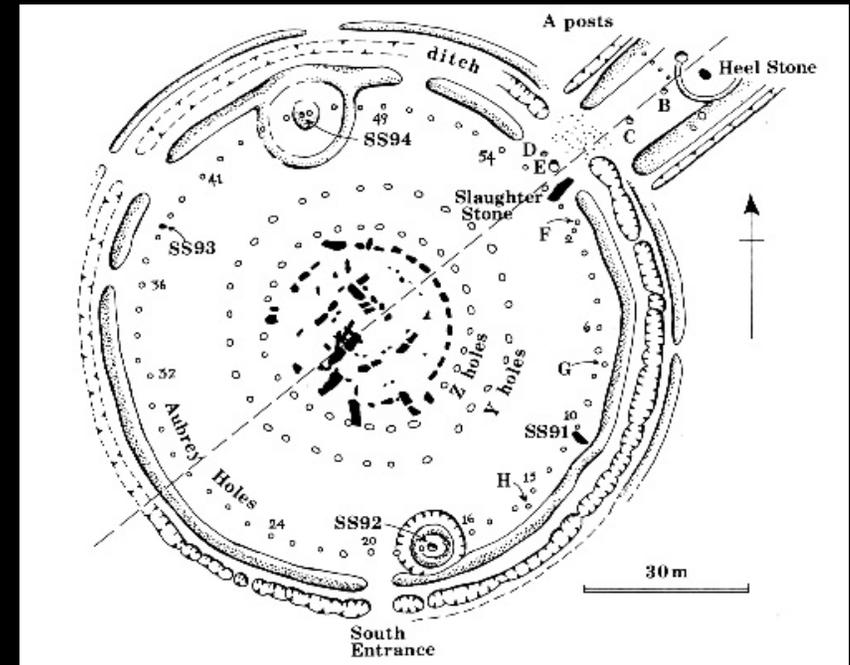
**-Observaciones de estrellas novas y supernovas**

**-Reporte de la SN de la Nebulosa del Cangrejo (Julio 1054 DC en Tauro)**

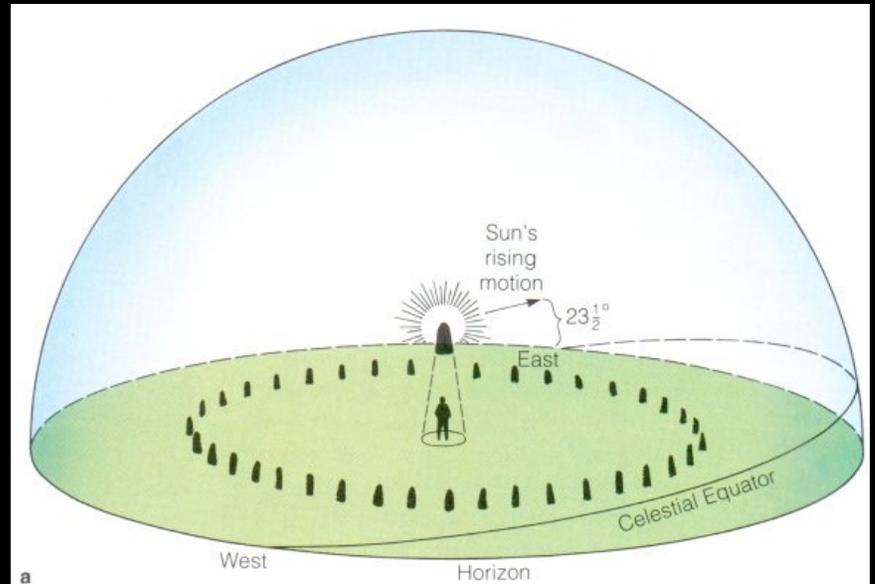
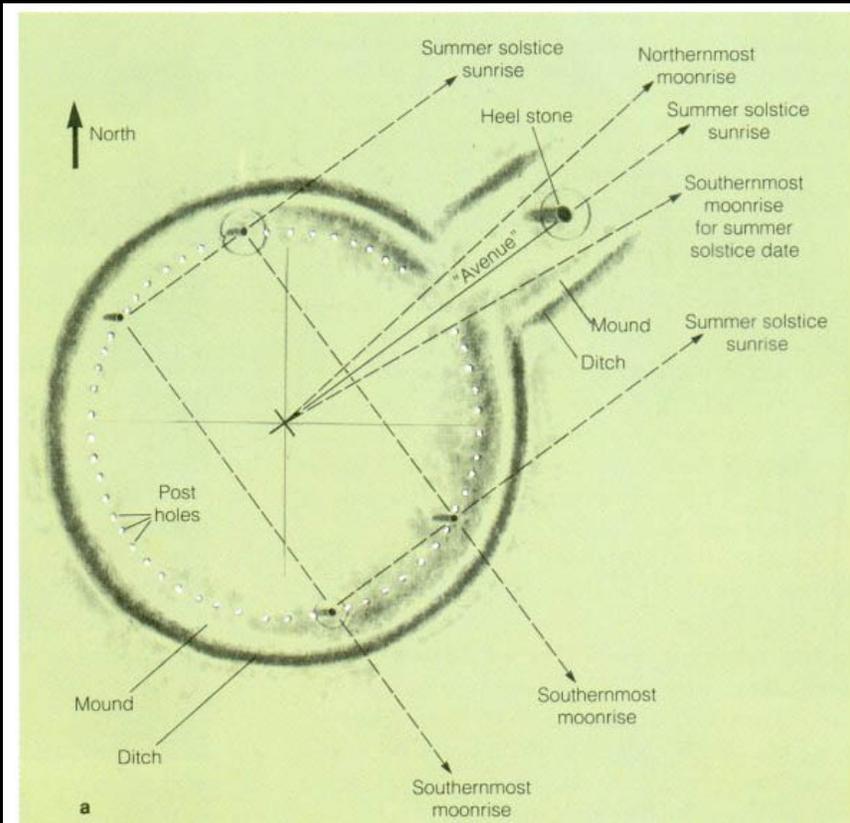


**Representación China de la Osa Mayor**

# Stonehenge (2500 - 1700 AC)



- **Círculos concéntricos** construídos en Salisbury Plain, al Sur de Inglaterra
- El eje principal de Stonehenge está alineado con la salida del Sol durante el solsticio de verano (sobre una estructura denominada "Heel Stone")
- Otras alineaciones importantes: salidas de la Luna en los puntos más al Norte y más al Sur sobre el horizonte
- Posiblemente Stonehenge haya sido un observatorio solar y un instrumento para pronosticar eclipses



a

a

b

# Astronomía Mesoamericana

Observaciones ==> Explicación del comportamiento de los astros.

Regularidad del movimiento aparente de los astros ==> Desarrollo del Calendario.

## \* Calendario solar o Xihpohualli

- 365 días divididos en 18 grupos de 20 días
- se añadían 5 días llamados **Nemontemi**
- **Xihmolpilli** (atadura de los años) unidad cíclica mesoamericana. Periodo de 52 años; el doble periodo, 104 años (**Huehuetiliztli**), se le considera un siglo mesoamericano.
- cada día del mes recibía su nombre, dependiendo de la región mesoamericana. Lo mismo sucedía con los meses.

## \* Calendario Tonalpohualli (cuenta de los destinos o signos)

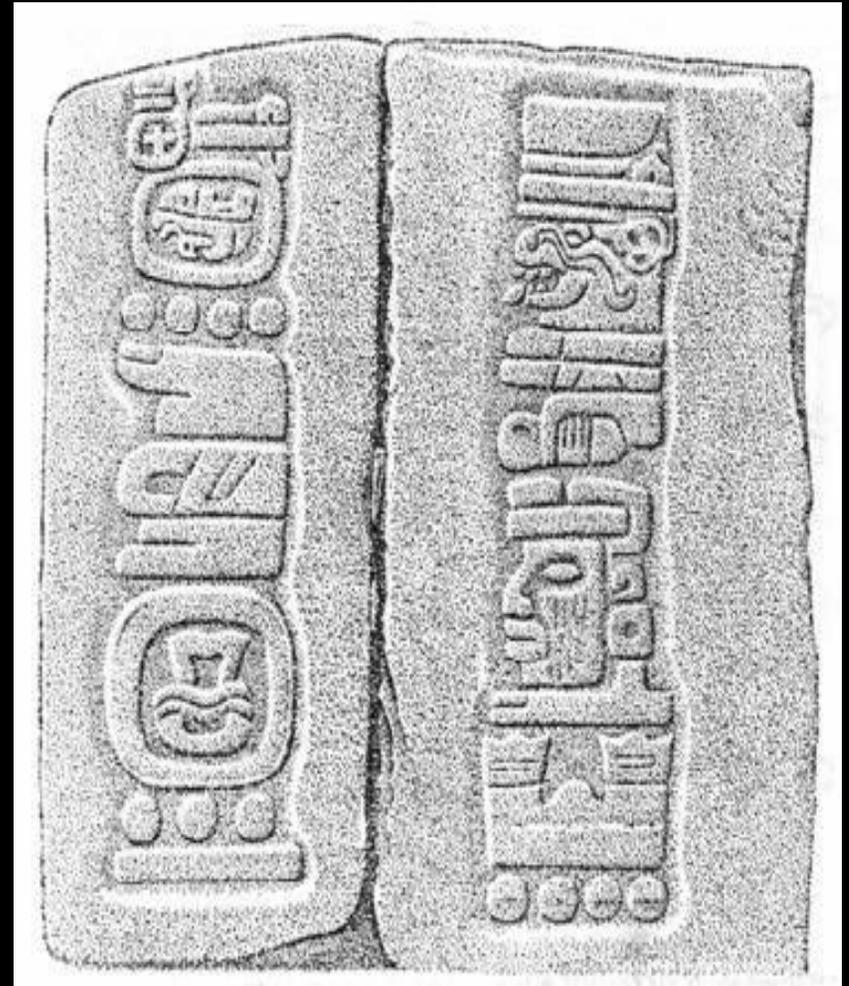
- periodo de 260 días, estructurado en 20 conjuntos de 13 días
- calendario ritual, utilizado para adivinar el destino de los recién nacidos.
- el inicio de ambos calendarios coincidía cada 52 años. Se realizaba una gran celebración conocida como el Encendido del Fuego Nuevo.

# Primeras inscripciones calendáricas

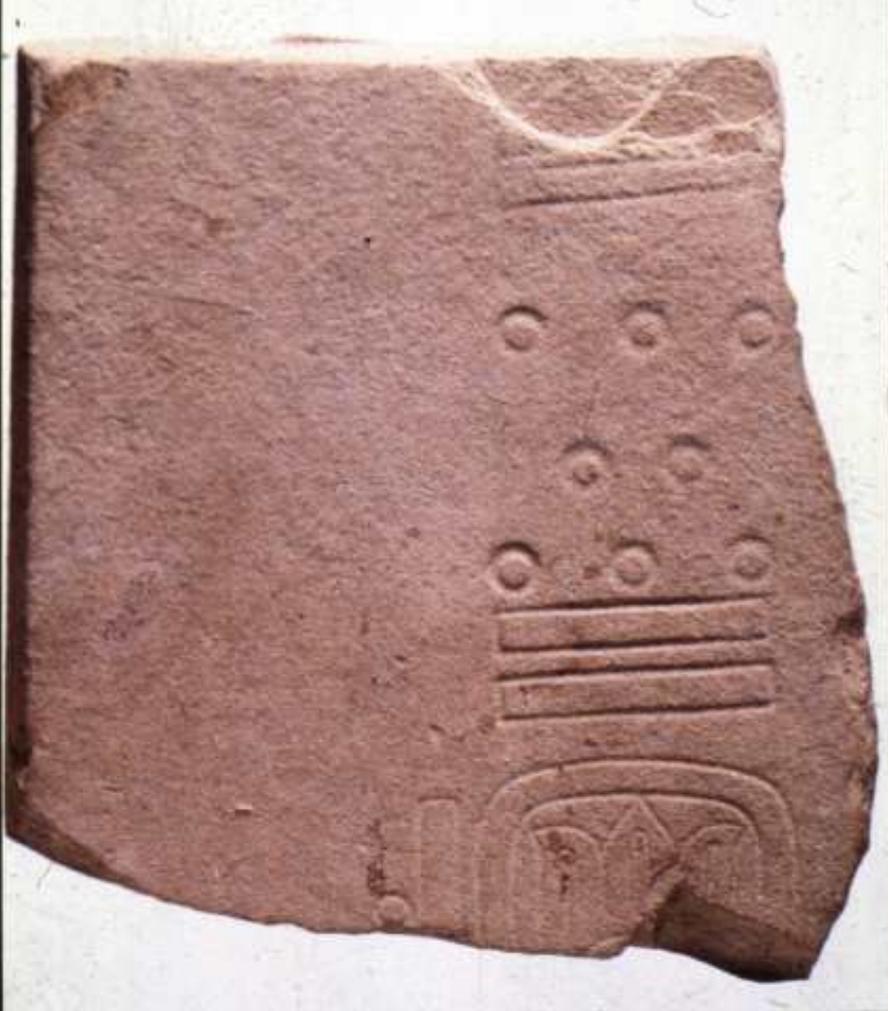
San José Mogote, Valle de Oaxaca, 600 AC. (Cultura zapoteca)



Estelas 12 y 13 de Monte Albán, 500-400 AC.



Estela 2 de Chiapa de Corzo,  
Chiapas, 36 AC.



Estela C de Los Tres Zapotes,  
Veracruz, 31 AC. (cultura  
olmeca)



# Alineaciones solares

## Pirámide del Sol, Teotihuacan

-El eje de la ciudad (Calzada de los Muertos) desviación de 15 grados con respecto al Norte celeste.

-La puesta del Sol se alinea con la Pirámide del Sol los días 13 de agosto y 29 de abril, fechas importantes del calendario azteca.

-Orientación fijada por la posición en el horizonte donde se ponían Las Pléyades (marcadores TEO1 y TEO5).

- Posible orientación con la puesta de la estrella Sirio.

## Pirámide de Cholula

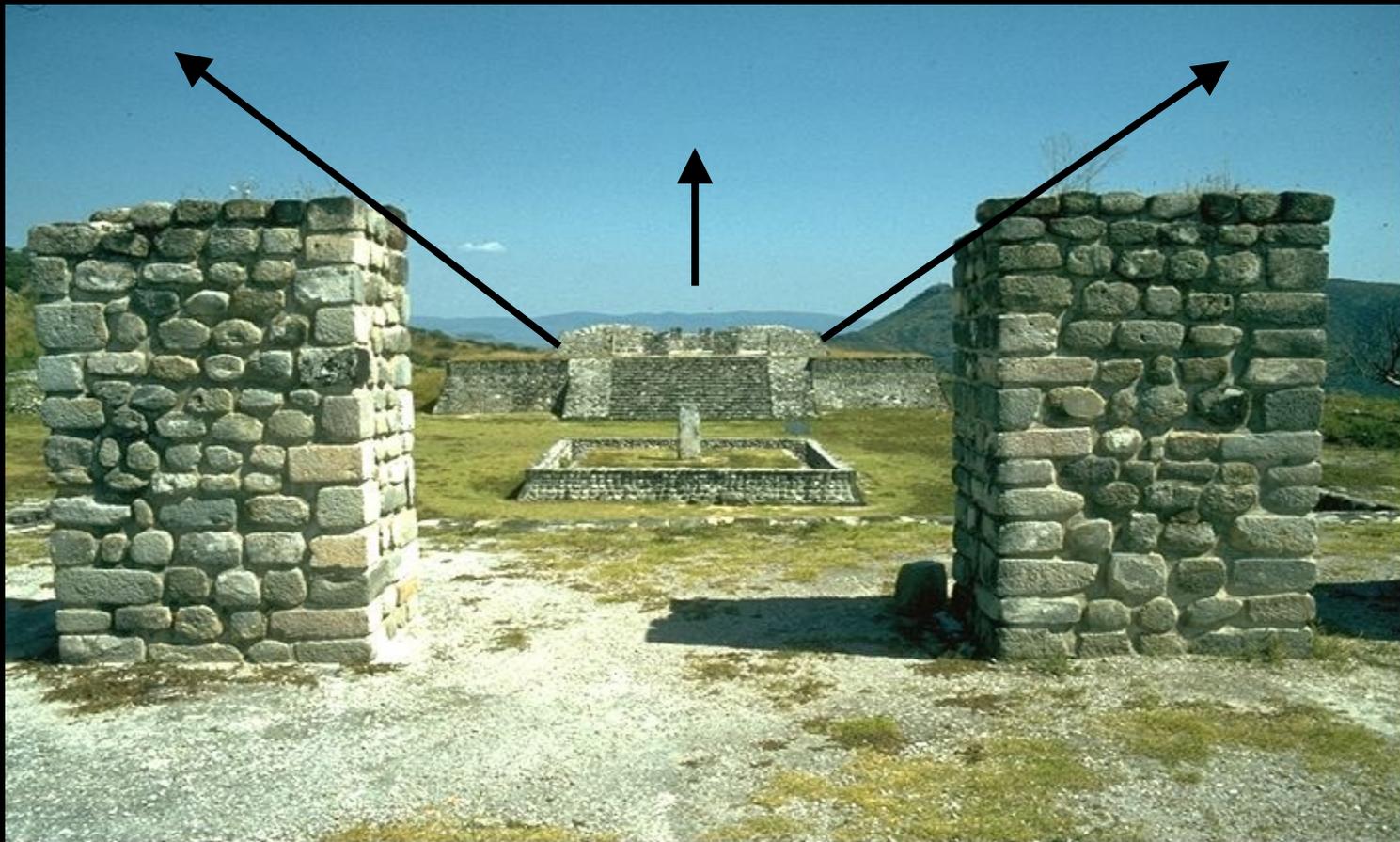
**Alineación** solar durante el ocaso del solsticio de verano. La alineación ocurre con el Cerro Tehuicocone al Norte de la cabeza del volcán Iztaccihuatl.



# Observatorios de Horizonte

## Plaza de la Estela de los Dos Glifos, Xochicalco, Morelos.

- El eje de simetría del conjunto difiere 57' del Este astronómico
- Marca la salida del Sol los días 23 de marzo y 20 de septiembre, equinoccios.
- Hacia el Oriente se observa la salida del Sol en los solsticios de invierno y verano en los bordes Norte y Sur del basamento del Edificio C.
- La puesta del Sol en el borde Norte del basamento del Edificio D, señala la llegada de los días del paso cenital del Sol.



# Observatorios cenitales

- Edificio P de Monte Albán
- Cuevas astronómicas de Teotihuacan
- Observatorio cenital de Xochicalco

Tube cenital de Xochicalco

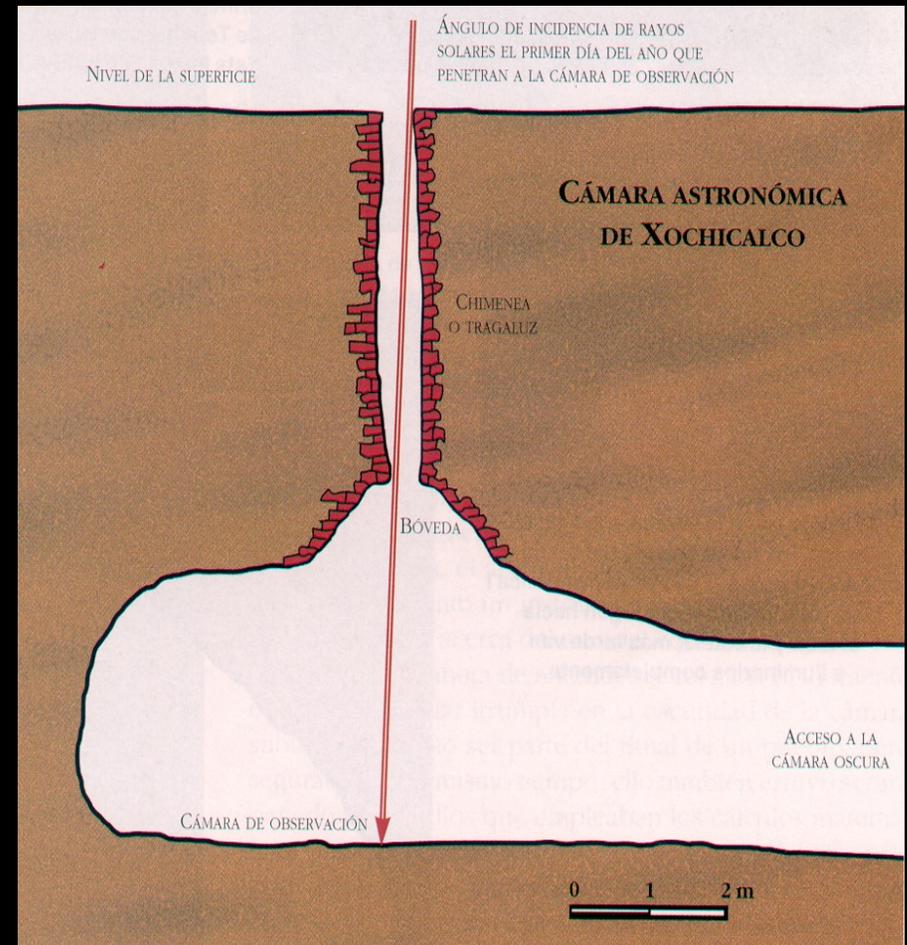
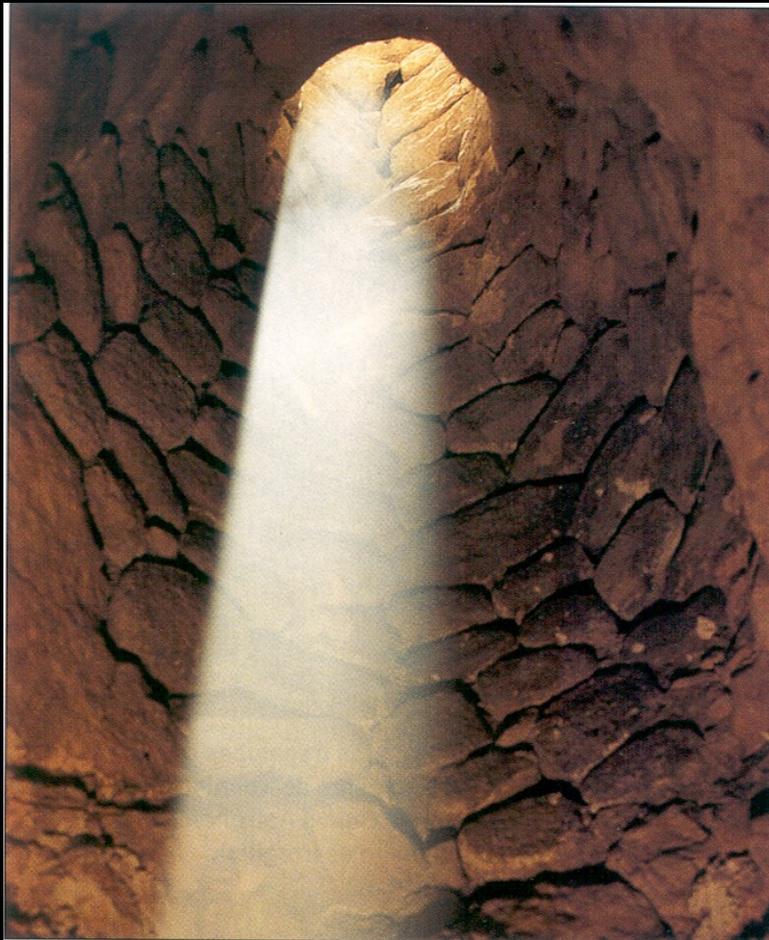


Tube cenital de Monte Albán



# Cámara astronómica de Xochicalco

- Primera entrada de los rayos solares: 30 de abril
- Última entrada de los rayos solares: 12 de agosto
- Días con entrada solar: 105
- Días sin entrada solar: 260
- Cada 4 años, la entrada del Sol se retrasa un día (año bisiesto)
- En un ciclo de 4 años: 1461 días entre la primera entrada solar del primer año y la primera entrada solar del último año ==>  $1461/4=365.25$  (un año trópico= $365.2422$  días)



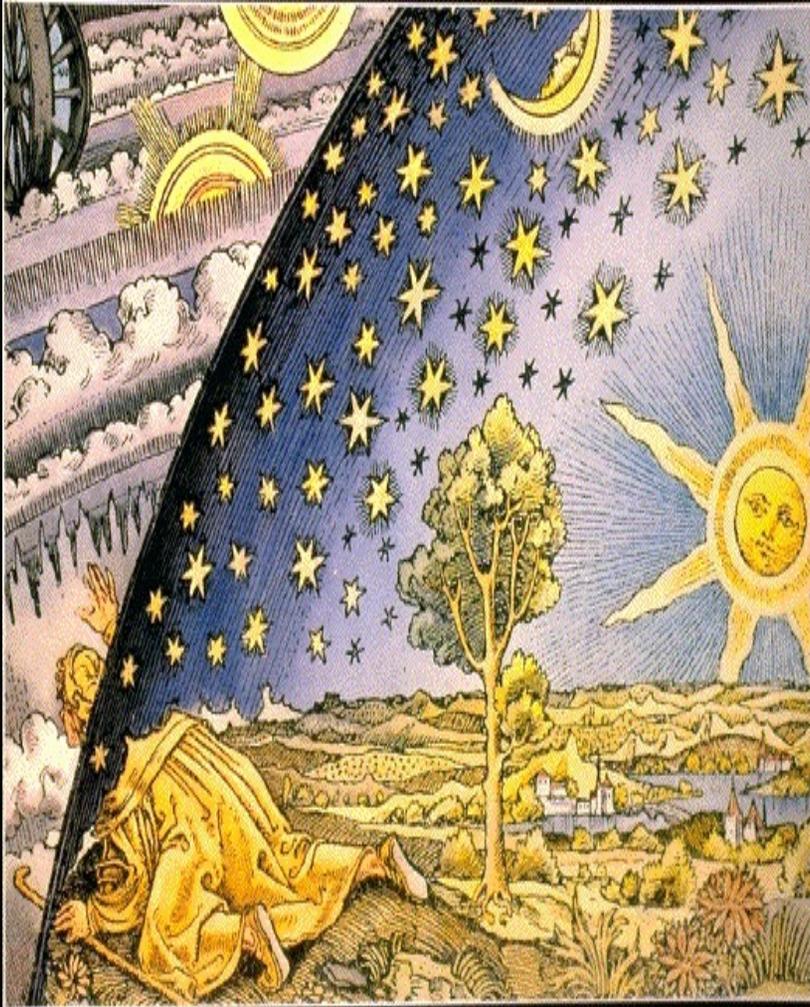
# El Caracol, Chichen Itzá

- \* A través de su orientación y de elementos constructivos propios fijo direcciones singulares del movimiento de varios objetos celestes.
- \* Construido en la época tolteca, en el transcurso del siglo X.



<https://www.youtube.com/watch?v=dumon3qmcuY>

# Astronomía en la Grecia Antigua



**Desarrollo de la Ciencia en la Grecia Antigua (600 - 400 AC). Modelo científico del Universo basado en sus conocimientos de la aritmética y la geometría**

**Surge el concepto de la Esfera Celeste (una esfera cristalina con las estrellas incrustadas y con la Tierra en el centro)**

**Desconocedores de la rotación de la Tierra, pensaban que la Esfera Celeste rotaba alrededor de un eje que pasaba por la Tierra**

**Los cuerpos celestes se movían en órbitas perfectamente circulares con velocidades perfectamente constantes**

**Introducen el concepto de la eclíptica y las constelaciones zodiacales**

# **Astrónomos Notables de la Grecia Antigua**

## **Aristóteles de Estagira (384-322 AC)**

- Explicó que las fases de la Luna dependen de la fracción del disco lunar iluminado por el Sol
- Explicó por que ocurren los eclipses de Sol y de Luna
- Argumentó a favor de la esfericidad de la Tierra por la forma de la sombra de la Tierra durante los eclipses de Luna
- Aseguraba que el Universo era finito y esférico

## **Hiparco de Nicéia (160-125 AC)**

- Considerado el mayor astrónomo de la era pre-cristiana
- Construyó un observatorio en la Isla de Rodas
- Compiló un catálogo con la posición y las magnitudes de 850 estrellas
- Definió correctamente la posición de los polos celestes

# Astrónomos Notables de la Grecia Antigua

## Claudius Ptolomaeus (85-165 DC).



- Fue el último astrónomo importante de la Antigüedad
- Compiló una serie de 13 Volúmenes sobre Astronomía (Almagesto) que fue la mayor fuente de conocimiento astronómico en la Grecia Antigua.
- Su contribución más importante fue la representación geométrica de un sistema solar geocéntrico, con círculos y epiciclos, que permitía calcular con gran precisión la posición de los planetas. Fue utilizado hasta el siglo XVI.

# Sistema Geocéntrico de Ptolomaeus

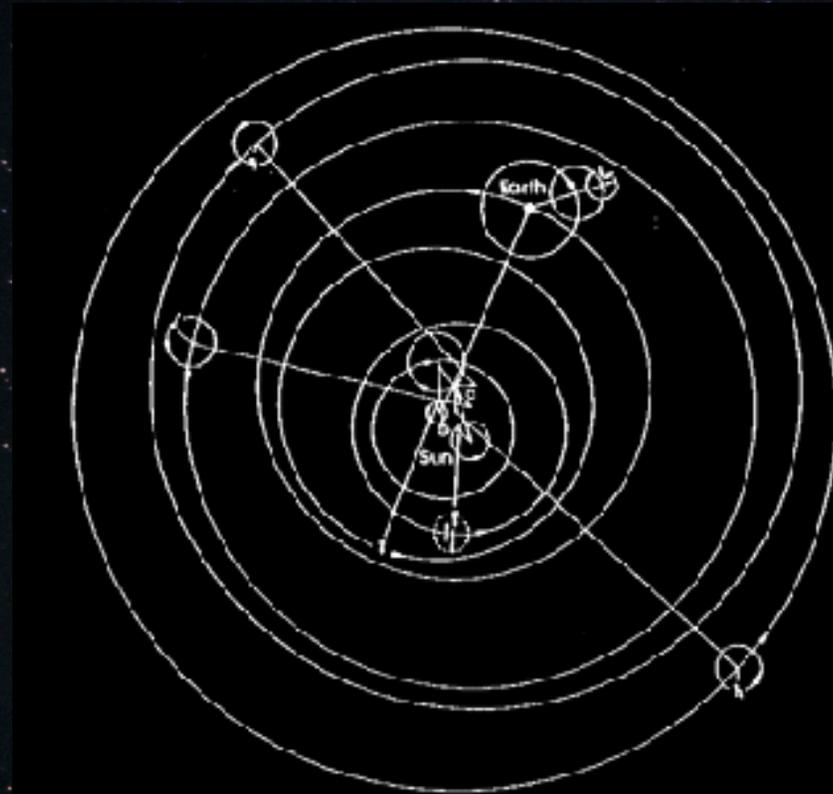
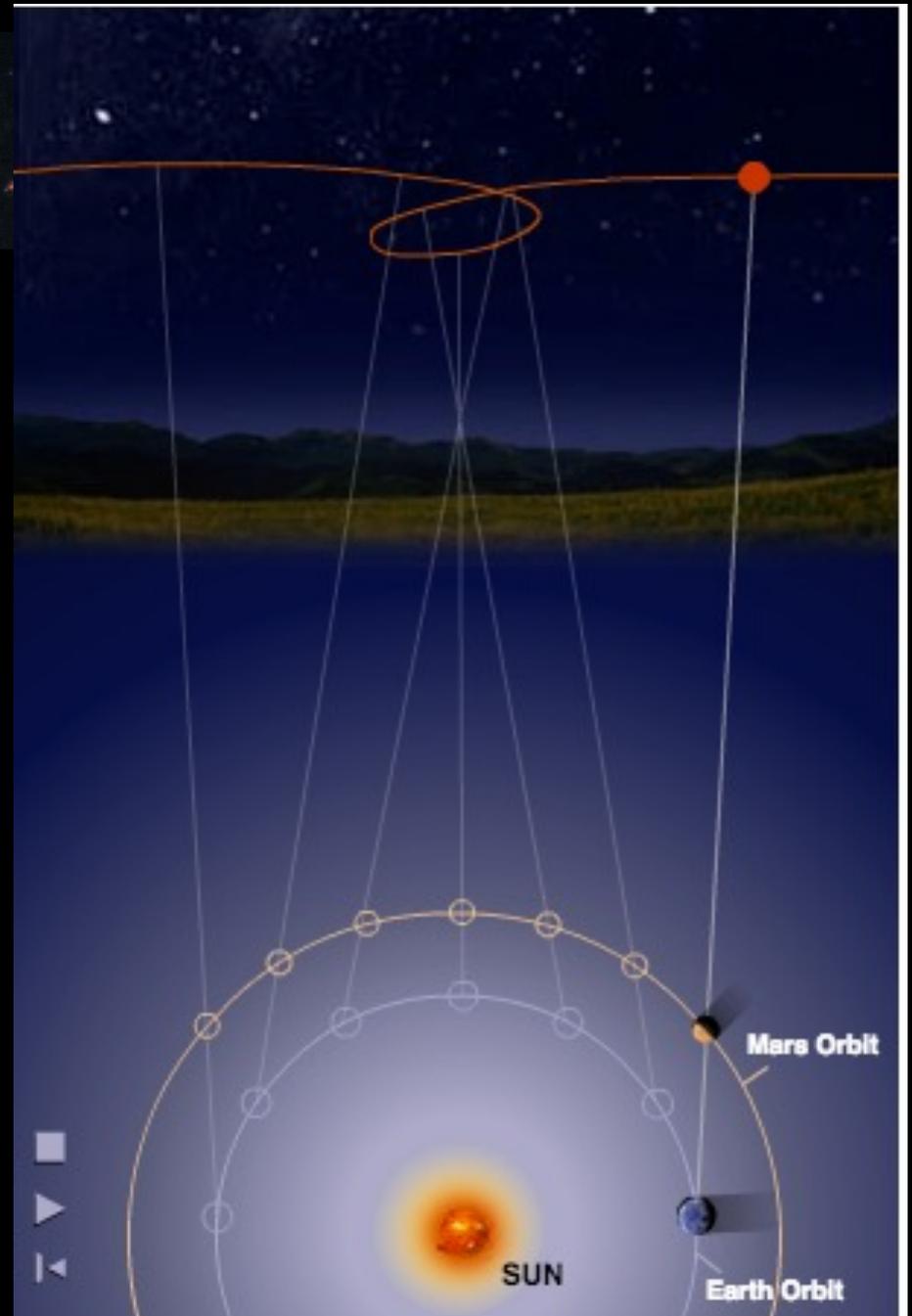


Figure 1. The Copernican model

☿ = Mercury  
♀ = Venus  
♂ = Mars  
♃ = Jupiter  
♄ = Saturn

⊕ = Earth  
☉ = Sun  
☾ = Moon



## Nicolás Copernicus (1473-1543)



- Matemático y Astrónomo.
- Desarrolló un modelo heliocéntrico del Sistema Solar, que mantenía los movimientos circulares pero sitúa al Sol en el centro del sistema.
- Su teoría fue publicada en 1543 en **De Revolutionibus Orbium Celestium**.

## Tycho Brahe (1546-1601)



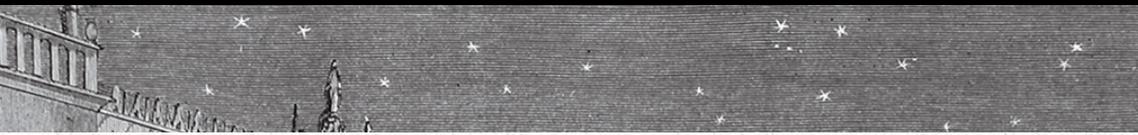
- Realizó meticulosas observaciones de los planetas.
- Observó una SN en 1572 y un cometa en 1577. Sus mediciones de las paralajes demostraron que estos objetos estaban mas allá de la órbita de la Luna. Sus mediciones de brillo de la SN mostraron su variabilidad.
- En 1599 se traslada a Praga para continuar sus observaciones de los planetas junto a Johannes Kepler.

## Galileo Galilei (1564-1642)



- Considerado el primer científico moderno. Introdujo a las matemáticas como el lenguaje de las ciencias. Desarrollo varios experimentos en Mecánica
  - desarrolló el concepto de la inercia
  - demostró que la aceleración de la gravedad es independiente de la masa
  - Primera Teoría de la Relatividad

# Galileo



Ori.

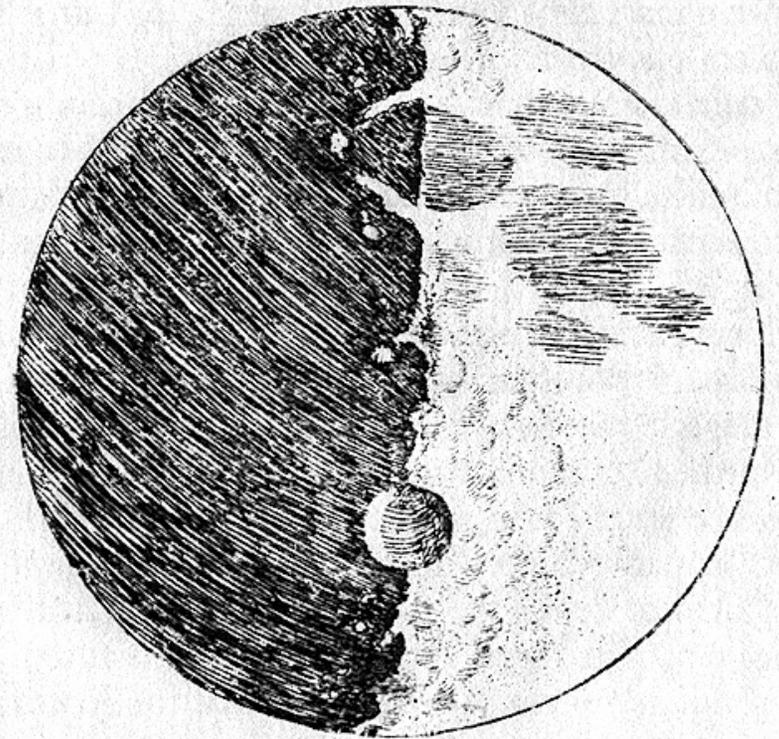


Occ.

Ori.



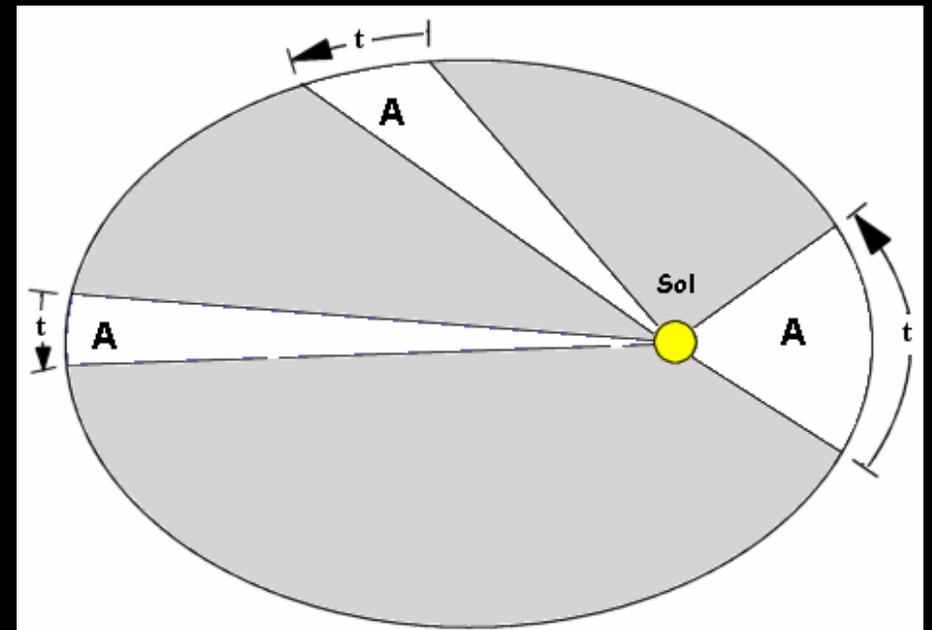
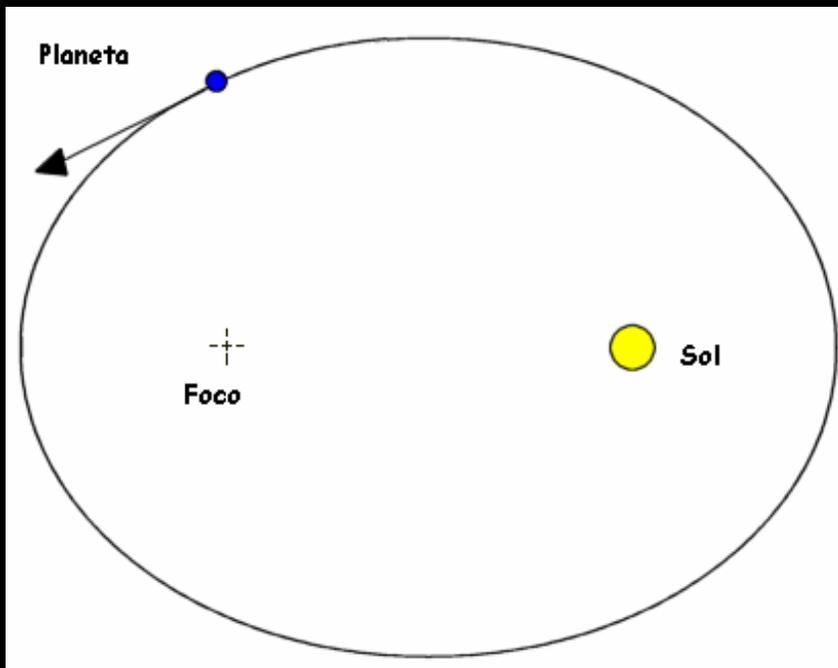
Occ.



# Johannes Kepler (1571-1630)



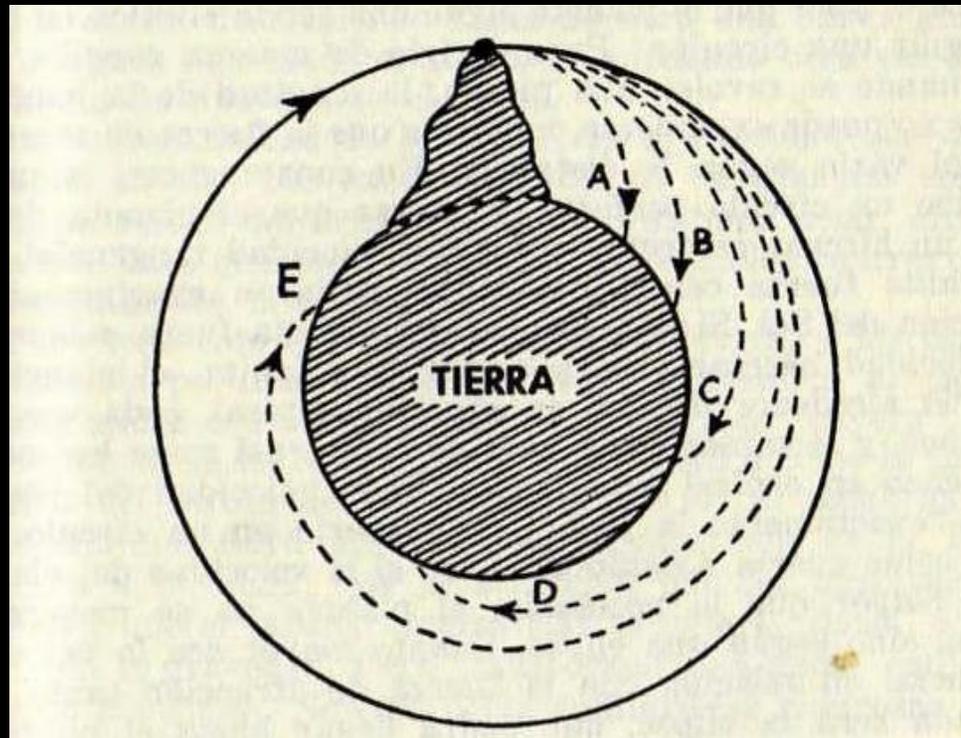
- Utilizando las observaciones de Tycho Brahe realizó cálculos precisos de las órbitas de los planetas.
- Enunció las 3 leyes matemáticas para las órbitas de los planetas.



# Isaac Newton (1642-1727)



- Considerado el mayor físico clásico, desarrolló la Mecánica tal como la conocemos hoy en día.
- Desarrolló las Leyes de movimiento.
- Introdujo el cálculo como herramienta matemática
- Publicó *Principia Mathematica* en 1687 (*Leyes de Mecánica y un análisis de la Gravedad*).



# Otros avances astronómicos importantes

**Siglo XVIII, William Herschel descubre Urano.**

**Siglo XIX, Adams y LeVerrier calculan que debe existir otro planeta más allá de Urano.**

**1846, Hohan Galle observa por primera vez a Neptuno.**

**1930, Clyde Tombaugh descubre Plutón**

**1910, Harlow Shapley estima las dimensiones de la Vía Láctea**

**Pickering y Cannon calculan la temperatura superficial de las estrellas.**

**1905, Einstein desarrolla la Teoría Especial de la Relatividad.**

**Cecilia Payne y Henry Russell determinan la composición química de las estrellas.**

**1924, Edwin Hubble establece que Andrómeda y otras "nebulosas espirales" son sistemas similares a la Vía Láctea**

**1929, Hubble y Milton Humason descubren que el Universo está en expansión**

**1938, Hans Bethe determina que la energía del Sol proviene de reacciones termonucleares de fusión**

**1940, Karl Jansky observa que el centro de la Vía Láctea y otros objetos astronómicos son potentes radiofuentes.**

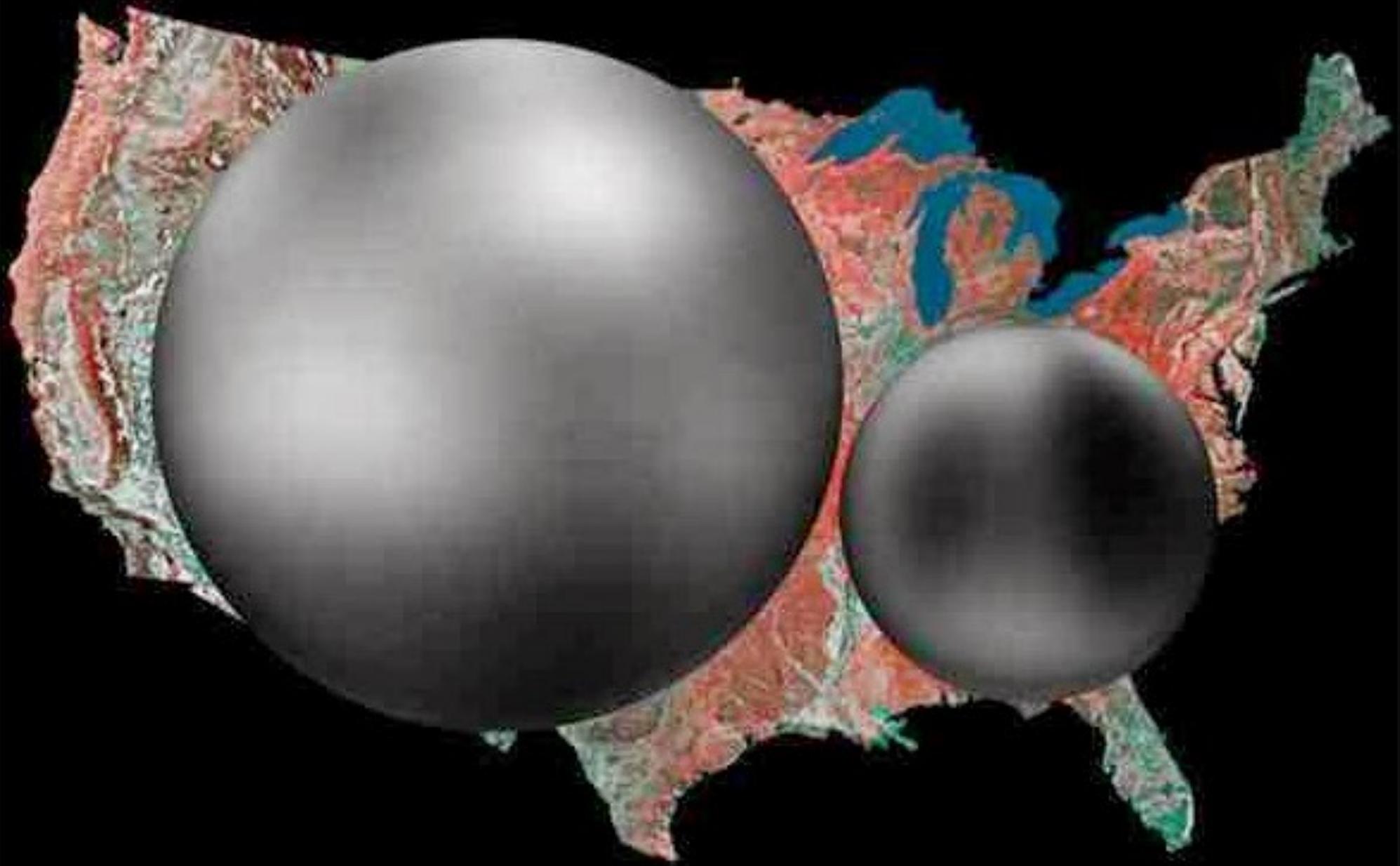
**1948, George Gamov desarrolla la teoría del Big Bang del origen del Universo.**

**1954, se descubren las radiogalaxias.**

**1960-1963, se descubren los Cuasares.**

**1960's, se desarrollan la Astronomía de rayos X e IR.**

**1968, Jocelyn Bell y Anthony Hewis descubren los pulsares.**



# Otros avances astronómicos importantes

**Siglo XVIII, William Herschel descubre Urano.**

**Siglo XIX, Adams y LeVerrier calculan que debe existir otro planeta más allá de Urano.**

**1846, Hohan Galle observa por primera vez a Neptuno.**

**1930, Clyde Tombaugh descubre Plutón**

**1910, Harlow Shapley estima las dimensiones de la Vía Láctea**

**Pickering y Cannon calculan la temperatura superficial de las estrellas.**

**1905, Einstein desarrolla la Teoría Especial de la Relatividad.**

**Cecilia Payne y Henry Russell determinan la composición química de las estrellas.**

**1924, Edwin Hubble establece que Andrómeda y otras "nebulosas espirales" son sistemas similares a la Vía Láctea**

**1929, Hubble y Milton Humason descubren que el Universo está en expansión**

**1938, Hans Bethe determina que la energía del Sol proviene de reacciones termonucleares de fusión**

**1940, Karl Jansky observa que el centro de la Vía Láctea y otros objetos astronómicos son potentes radiofuentes.**

**1948, George Gamov desarrolla la teoría del Big Bang del origen del Universo.**

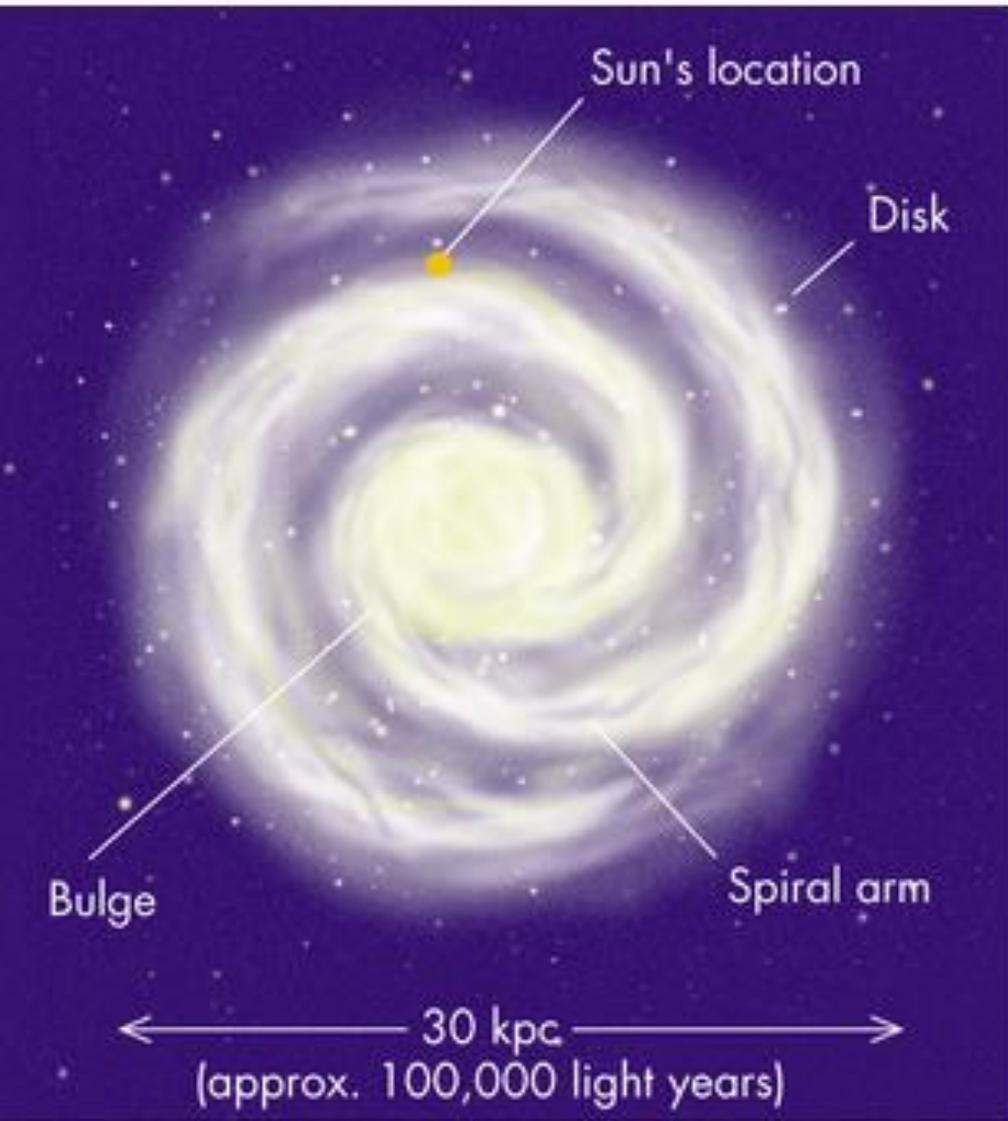
**1954, se descubren las radiogalaxias.**

**1960-1963, se descubren los Cuasares.**

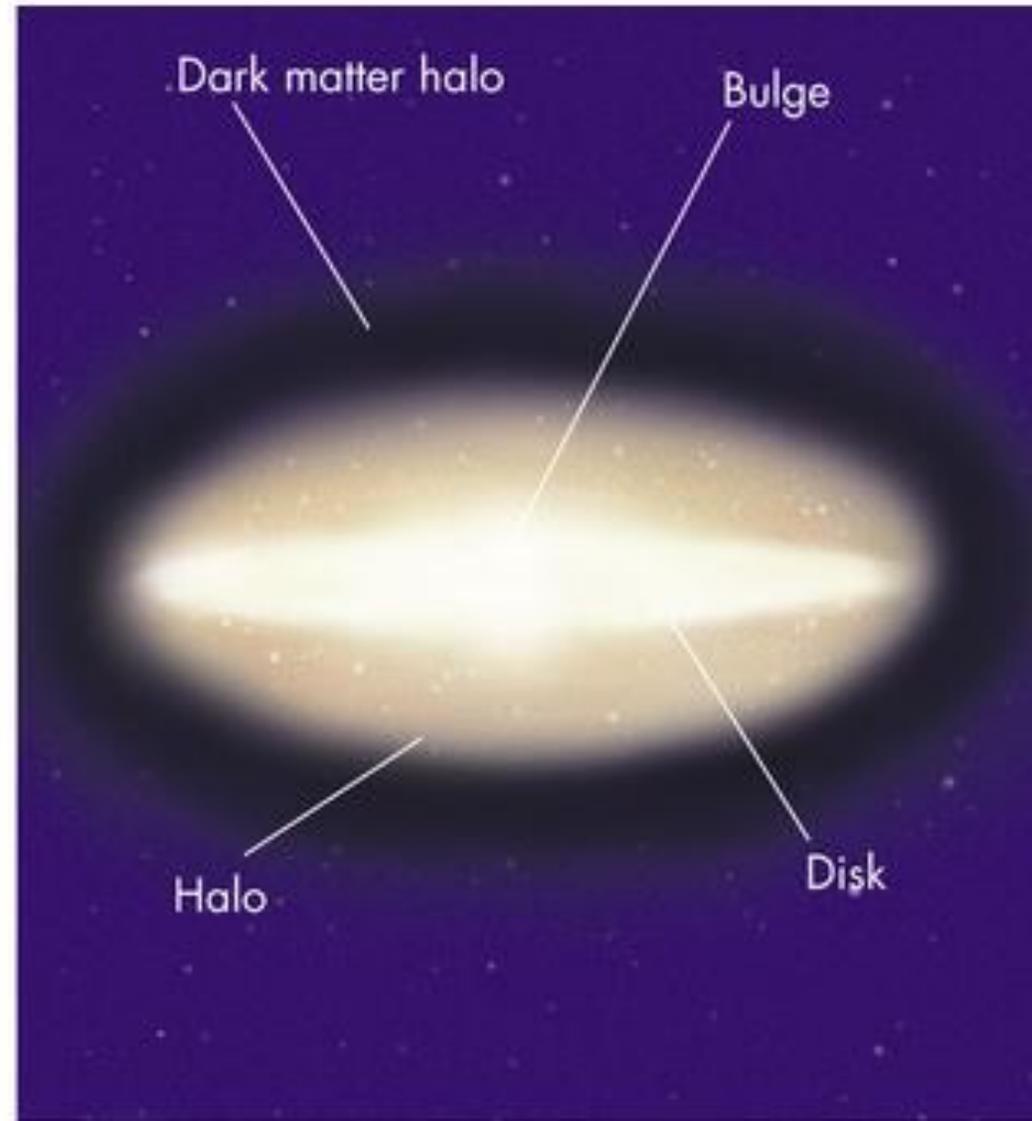
**1960's, se desarrollan la Astronomía de rayos X e IR.**

**1968, Jocelyn Bell y Anthony Hewis descubren los pulsares.**

# Estructura de la Vía Láctea



Top View



Side View

# Otros avances astronómicos importantes

Siglo XVIII, William Herschel descubre Urano.

Siglo XIX, Adams y LeVerrier calculan que debe existir otro planeta más allá de Urano.

1846, Hohan Galle observa por primera vez a Neptuno.

1930, Clyde Tombaugh descubre

1910, Harlow Shapley estima las dimensiones de la Vía Láctea

Pickering y Cannon calculan la temperatura superficial de las estrellas.

1905, Einstein desarrolla la Teoría Especial de la Relatividad.

Cecilia Payne y Henry Russell determinan la composición química de las estrellas.

1924, Edwin Hubble establece que Andrómeda y otras "nebulosas espirales" son sistemas similares a la Vía Láctea

1929, Hubble y Milton Humason descubren que el Universo está en expansión

1938, Hans Bethe determina que la energía del Sol proviene de reacciones termonucleares de fusión

1940, Karl Jansky observa que el centro de la Vía Láctea y otros objetos astronómicos son potentes radiofuentes.

1948, George Gamov desarrolla la teoría del Big Bang del origen del Universo.

1954, se descubren las radiogalaxias.

1960-1963, se descubren los Cuasares.

1960's, se desarrollan la Astronomía de rayos X e IR.

1968, Jocelyn Bell y Anthony Hewis descubren los pulsares.



# Otros avances astronómicos importantes

**Siglo XVIII, William Herschel descubre Urano.**

**Siglo XIX, Adams y LeVerrier calculan que debe existir otro planeta más allá de Urano.**

**1846, Hohan Galle observa por primera vez a Neptuno.**

**1930, Clyde Tombaugh descubre**

**1910, Harlow Shapley estima las dimensiones de la Vía Láctea**

**Pickering y Cannon calculan la temperatura superficial de las estrellas.**

**1905, Einstein desarrolla la Teoría Especial de la Relatividad.**

**Cecilia Payne y Henry Russell determinan la composición química de las estrellas.**

**1924, Edwin Hubble establece que Andrómeda y otras "nebulosas espirales" son sistemas similares a la Vía Láctea**

**1929, Hubble y Milton Humason descubren que el Universo está en expansión**

**1938, Hans Bethe determina que la energía del Sol proviene de reacciones termonucleares de fusión**

**1940, Karl Jansky observa que el centro de la Vía Láctea y otros objetos astronómicos son potentes radiofuentes.**

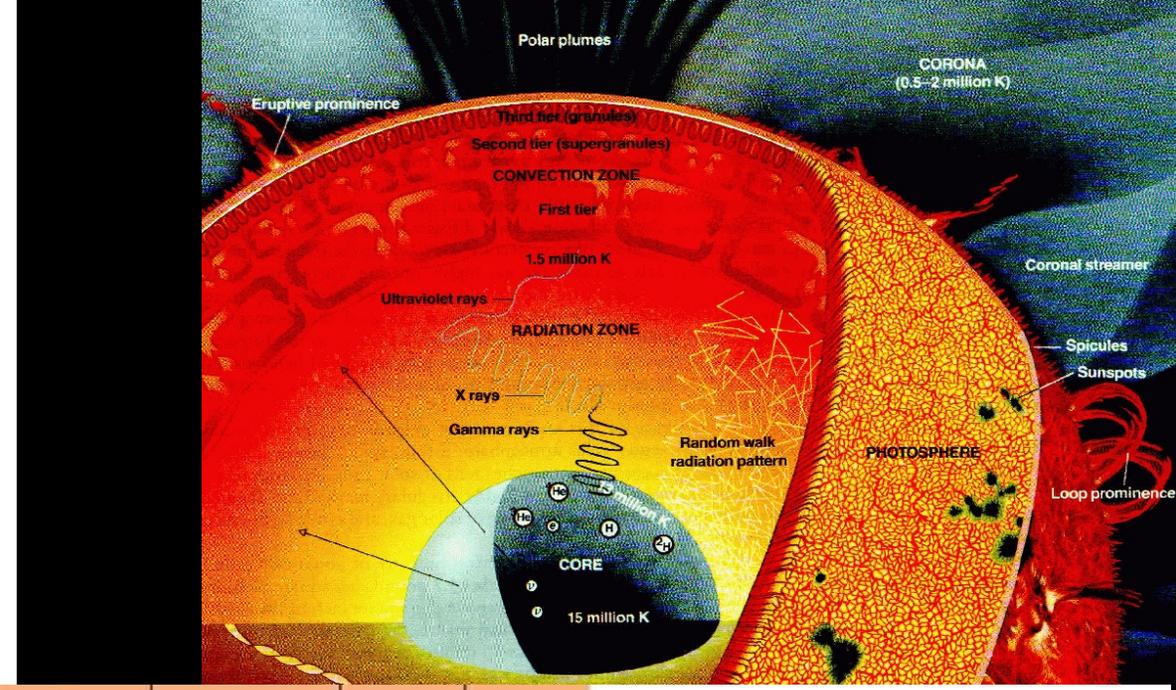
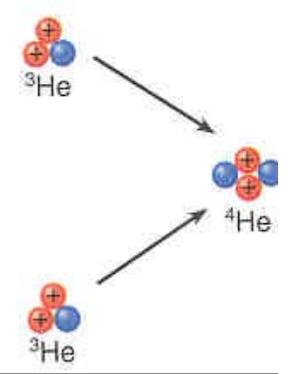
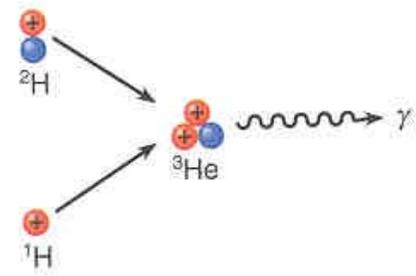
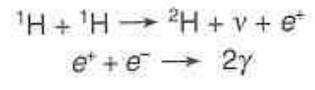
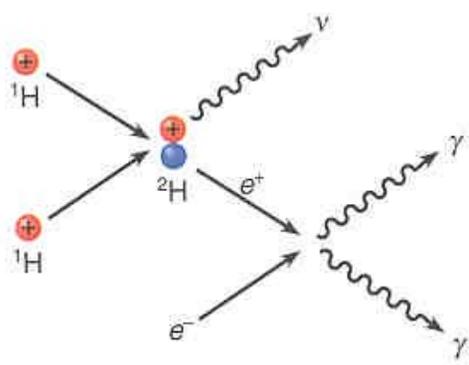
**1948, George Gamov desarrolla la teoría del Big Bang del origen del Universo.**

**1954, se descubren las radiogalaxias.**

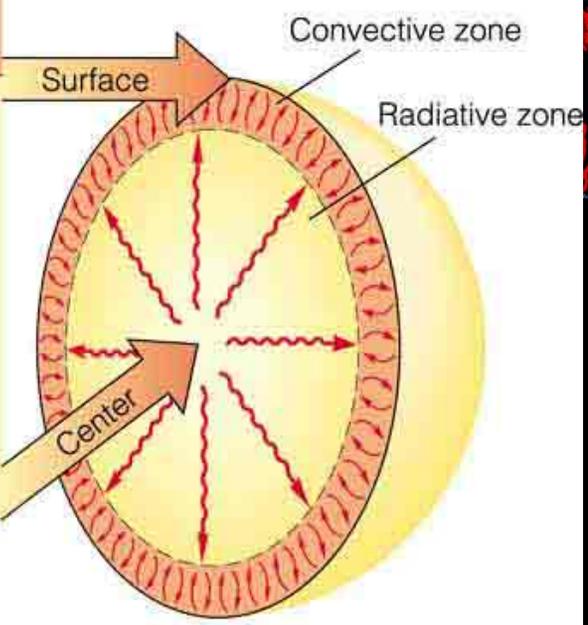
**1960-1963, se descubren los Cuasares.**

**1960's, se desarrollan la Astronomía de rayos X e IR.**

**1968, Jocelyn Bell y Anthony Hewis descubren los pulsares.**



$R/R_{\odot}$	$T$ ( $10^6$ K)	Density ( $\text{g}/\text{cm}^3$ )	$M/M_{\odot}$	$L/L_{\odot}$
1.00	0.006	0.00	1.00	1.00
0.90	0.60	0.009	0.999	1.00
0.80	1.27	0.035	0.996	1.00
0.70	1.80	0.12	0.990	1.00
0.60	2.42	0.40	0.97	1.00
0.50	3.42	1.3	0.92	1.00
0.40	4.74	4.1	0.82	1.00
0.30	6.65	13.	0.63	0.99
0.20	9.35	36.	0.34	0.91
0.10	12.65	85.	0.073	0.40
0.00	14.62	134.	0.000	0.00



$$\frac{dM}{dr} = 4\pi r^2 \rho$$

$$\frac{dL}{dr} = 4\pi r^2 \rho \epsilon$$

$$\frac{dT}{dr} = \frac{-3}{16\pi ac} \frac{\bar{\kappa} p}{T^3} \frac{L}{r^2}$$

$$\frac{dP}{dr} = -\frac{GM}{r^2} \rho$$



# Carina Nebula





# Otros avances astronómicos importantes

**Siglo XVIII, William Herschel descubre Urano.**

**Siglo XIX, Adams y LeVerrier calculan que debe existir otro planeta más allá de Urano.**

**1846, Hohan Galle observa por primera vez a Neptuno.**

**1930, Clyde Tombaugh descubre**

**1910, Harlow Shapley estima las dimensiones de la Vía Láctea**

**Pickering y Cannon calculan la temperatura superficial de las estrellas.**

**1905, Einstein desarrolla la Teoría Especial de la Relatividad.**

**Cecilia Payne y Henry Russell determinan la composición química de las estrellas.**

**1924, Edwin Hubble establece que Andrómeda y otras "nebulosas espirales" son sistemas similares a la Vía Láctea**

**1929, Hubble y Milton Humason descubren que el Universo está en expansión**

**1938, Hans Bethe determina que la energía del Sol proviene de reacciones termonucleares de fusión**

**1940, Karl Jansky observa que el centro de la Vía Láctea y otros objetos astronómicos son potentes radiofuentes.**

**1948, George Gamov desarrolla la teoría del Big Bang del origen del Universo.**

**1954, se descubren las radiogalaxias.**

**1960-1963, se descubren los Cuasares.**

**1960's, se desarrollan la Astronomía de rayos X e IR.**

**1968, Jocelyn Bell y Anthony Hewis descubren los pulsares.**



<http://www.inaoep.mx>