



Curso de Astronomía
Taller de Ciencia para Jóvenes
CIMAT 18-22 de enero 2021

Raúl Mújica García
INAOE
rmujica@inaoep.mx
Tel: 2222663100 ext. 2308
Fb: raul.mujicagarcia
Tw: raulmujicag



**¿Qué es?
¿Qué representa?
¿Qué año?
¿Lugar?**

¿Qué es?

¿Qué representa?

¿Qué año?

¿Lugar?



An aerial photograph of a baseball field during a game. The field is green with brown dirt base paths. Several players in dark uniforms are visible on the field, with their long shadows cast across the grass. The text is overlaid on the right side of the image.

¿Qué es?

¿Qué representa?

¿Qué año?

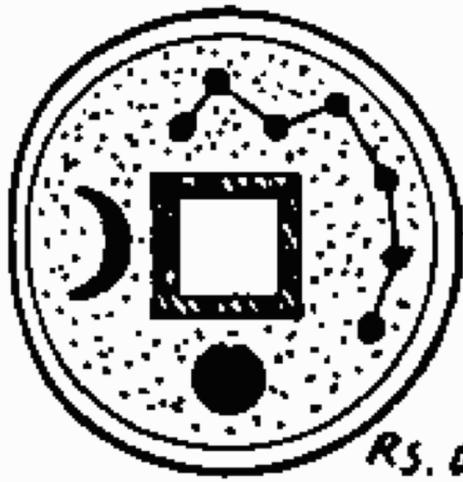
¿Lugar?

¿Qué es?

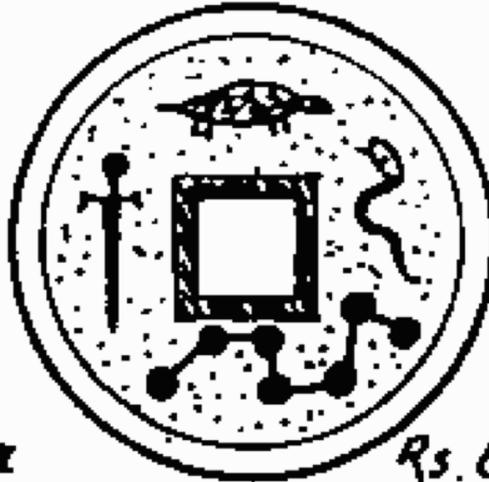
¿Qué representa?

¿Qué año?

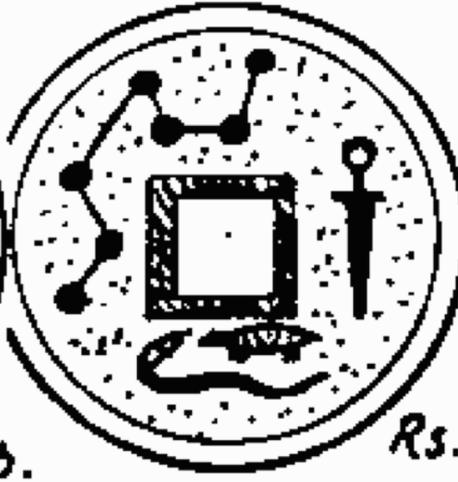
¿Lugar?



Rs. a.



Rs. b.



Rs. c.



Rs. d.



¿Qué es?

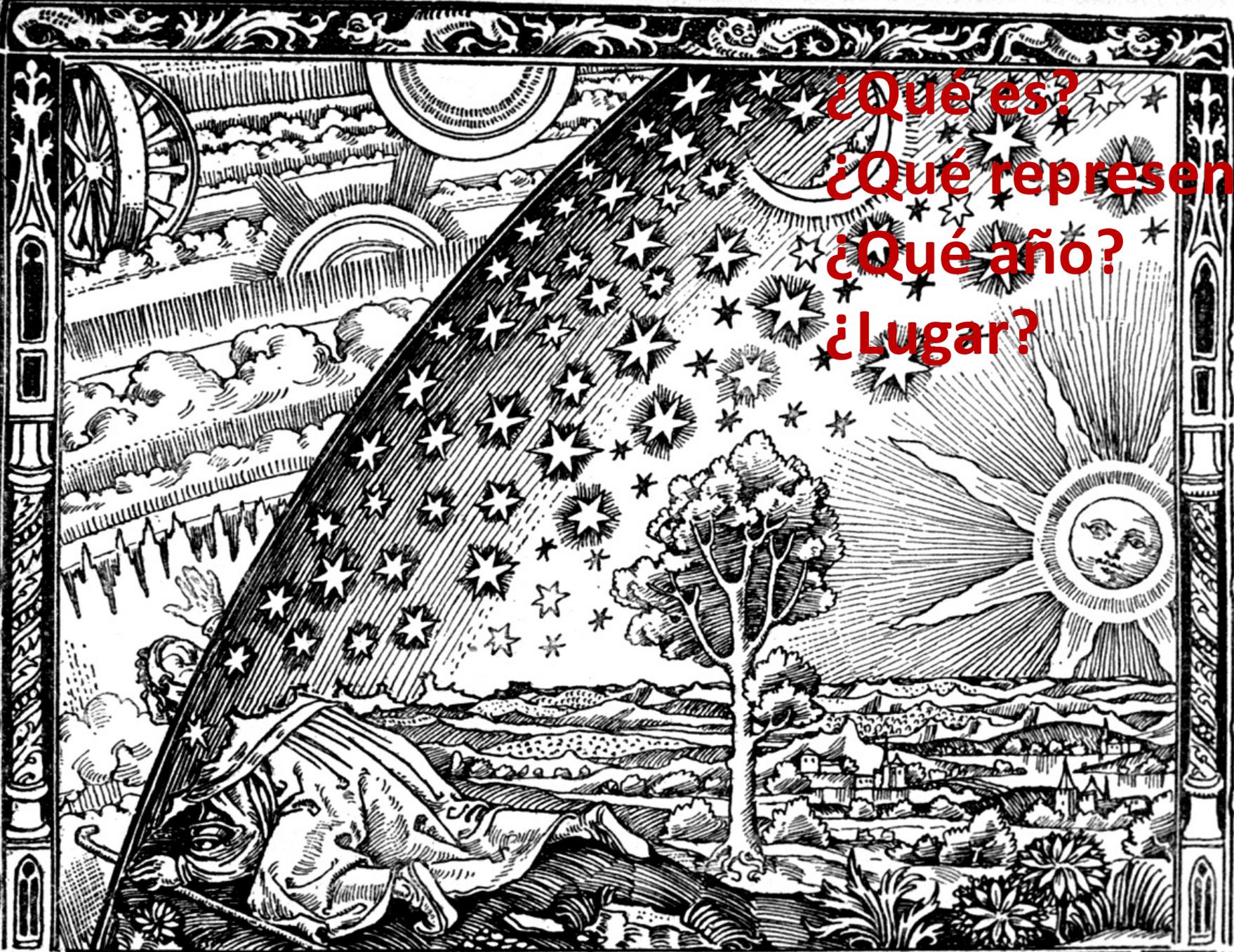
¿Qué representa?

¿Qué año?

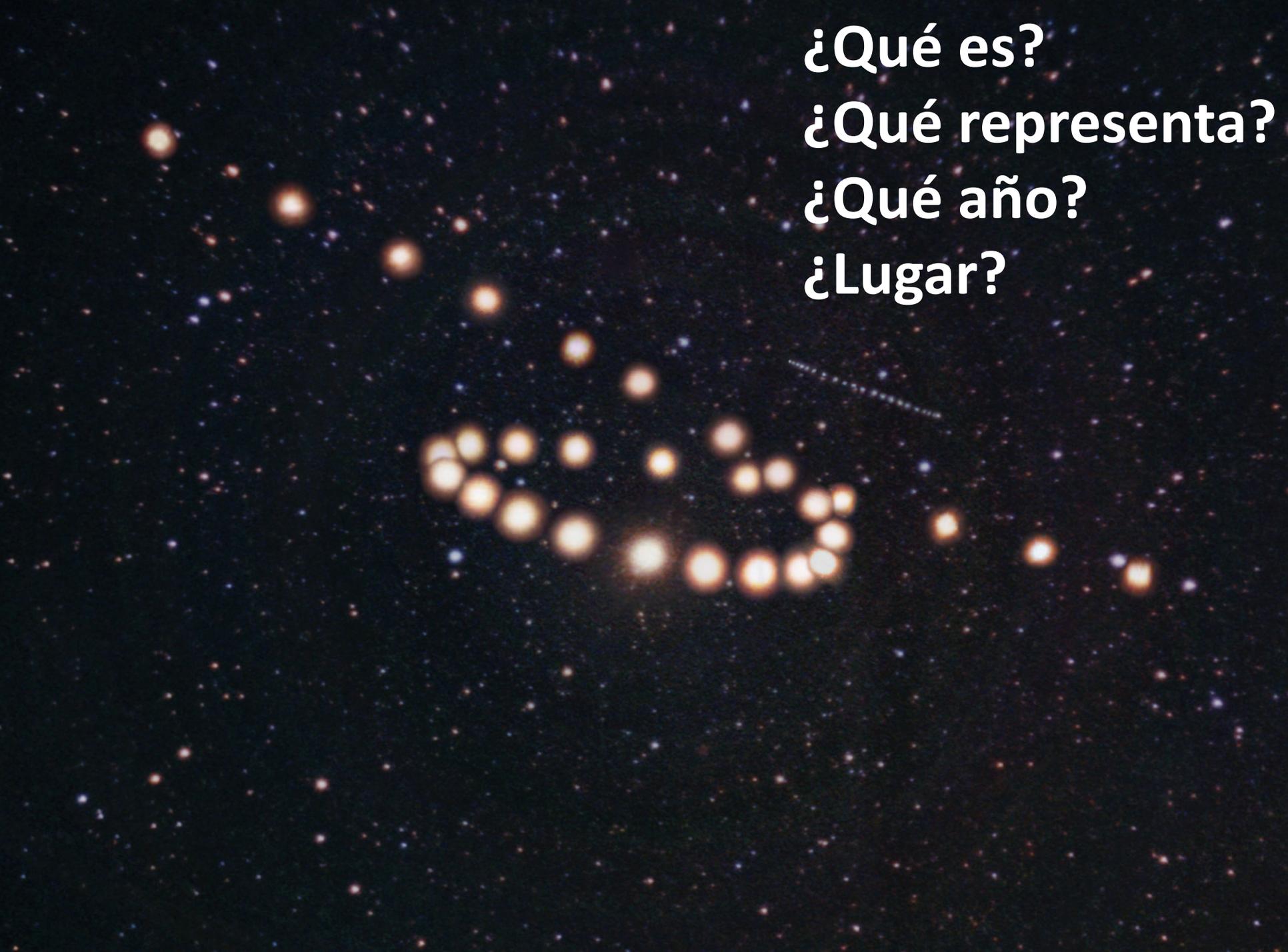
¿Lugar?

**¿Qué es?
¿Qué representa?
¿Qué año?
¿Lugar?**





¿Qué es?
¿Qué representa?
¿Qué año?
¿Lugar?



¿Qué es?

¿Qué representa?

¿Qué año?

¿Lugar?

¿Qué es?

¿Qué representa?

¿Qué año?

¿Lugar?

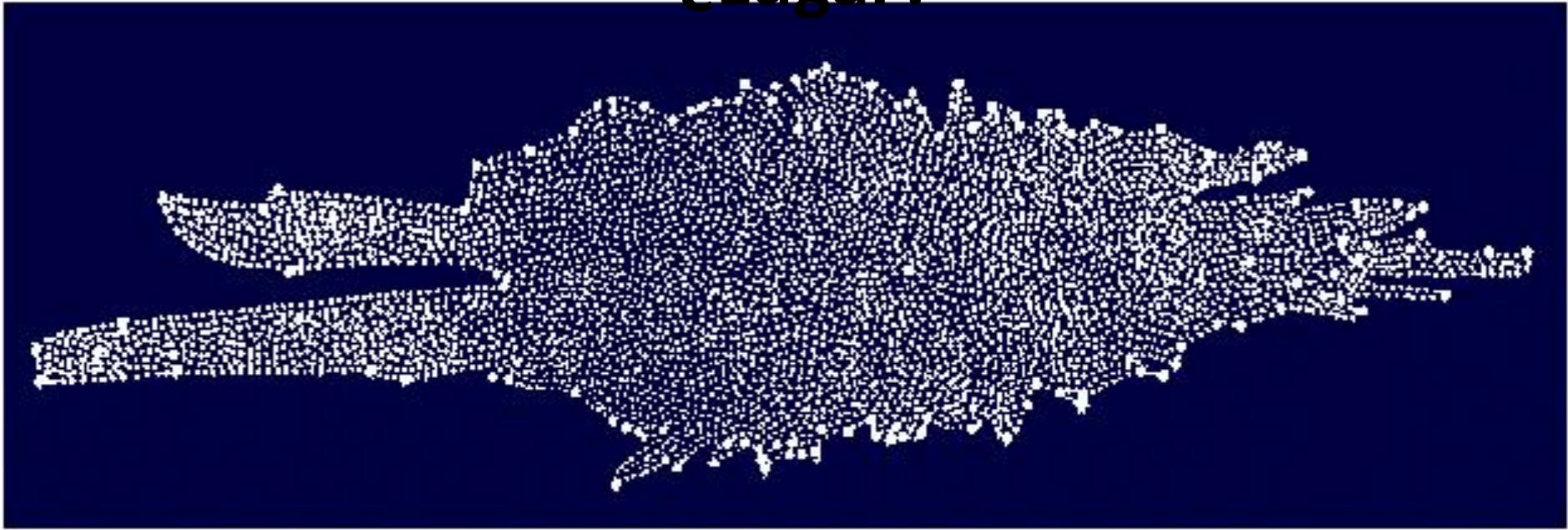


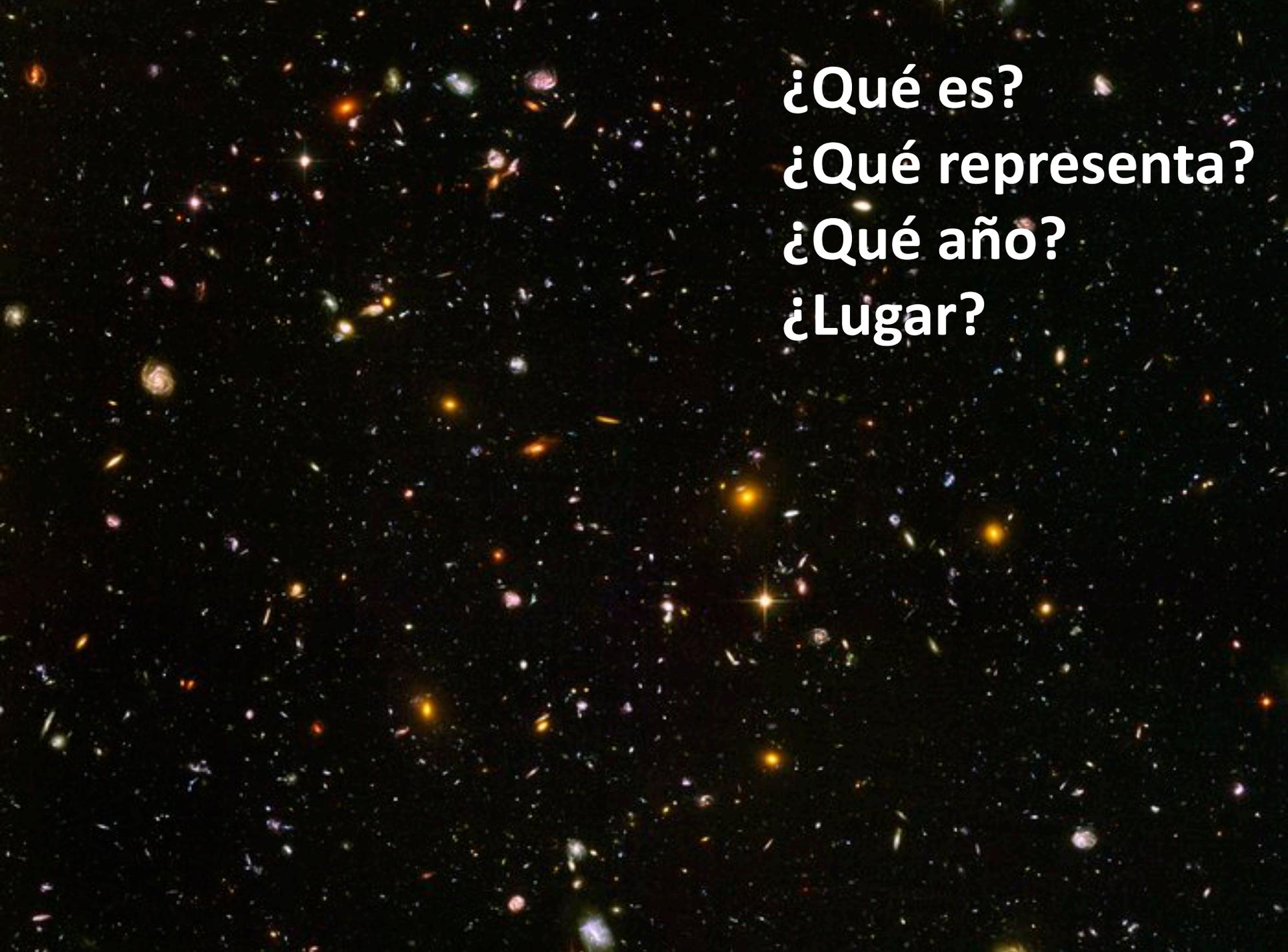
¿Qué es?

¿Qué representa?

¿Qué año?

¿Lugar?



A vast field of galaxies, each with a unique color and shape, scattered across a dark, starry background. The galaxies range from small, distant points of light to larger, more complex structures. The colors include bright yellows, oranges, reds, pinks, purples, blues, and greens, suggesting different stages of galaxy evolution or different types of galaxies. The overall appearance is that of a rich, multi-colored galaxy population.

¿Qué es?
¿Qué representa?
¿Qué año?
¿Lugar?

INAOE

Instituto Nacional de Astrofísica, Óptica y Electrónica



El Observatorio Astrofísico Nacional de Tonantzintla,

Inaugurado el 17 de Febrero de 1942



The dawn of astrophysics in Mexico (Paris Pismis)

σα μή

προβέρεσθαι μόρον



Luis Enrique Erro

(1897-1955)



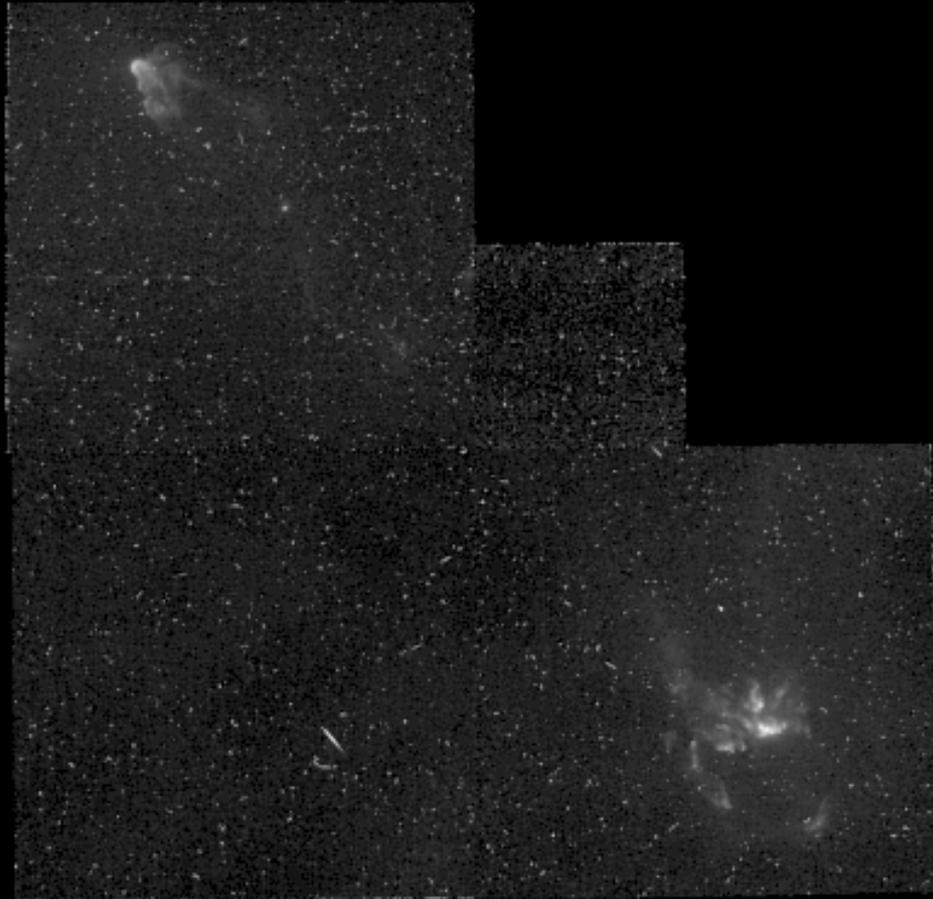
Guillermo Haro

(1913-1988)



Objetos Herbig-Haro

HH 1-2



Visible • WFPC2

Infrared • NICMOS

HH111
Hubble Space Telescope
WFPC2 • NICMOS



El Sitio del GTM

Volcán Sierra Negra



EI GTM



Dr. Miguel Chávez (INAOE)
Director científico GTM

HAWC



Dr. Ibrahim Torres
Encargado del sitio HAWC



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.

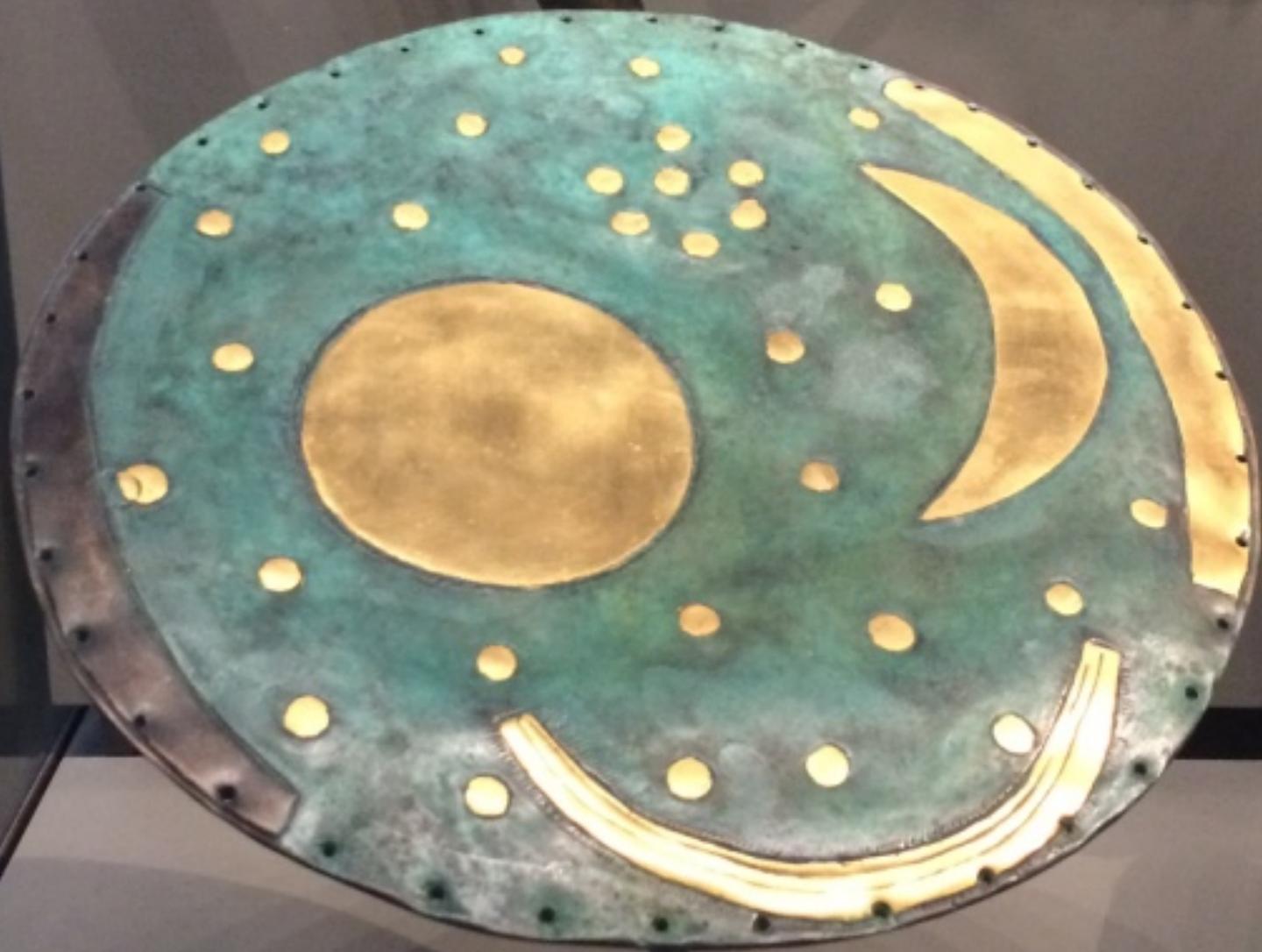


http://news.bbc.co.uk/hi/english/sci/tech/newsid_975000/975360.stm
<http://www.culture.fr/culture/arcnat/lascaux/en/>
<http://www.culture.gouv.fr/culture/arcnat/chauvet/en/index.html>
http://news.bbc.co.uk/hi/english/sci/tech/newsid_871000/871930.stm

Fases



Historias de 30 días



Disco de Nebra 1,600 AC



Sky disc (copy)

Nebra, Germany
Middle Bronze Age, 1600 BC

This bronze disc inlaid with gold symbols is the oldest depiction of the cosmos ever found. It was re-worked several times. Originally it showed the night sky with stars as well as a full moon, a crescent moon, and the Pleiades star cluster.

Golden arcs were later added to show the rising and setting of the sun. During a third phase a third golden arc was added, which is interpreted as being a sun boat. Even later, holes were punched into the edge of the disc and it was mounted.

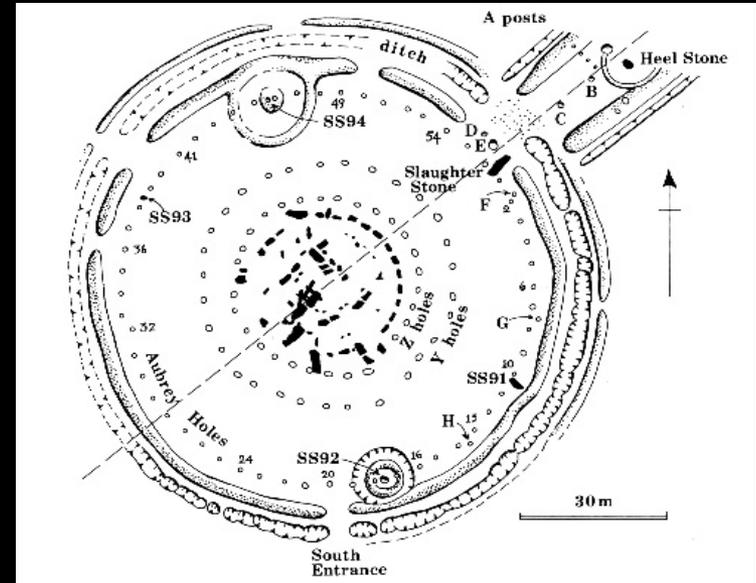
The original Nebra sky disc is on display in the State Museum of Prehistory in Halle an der Saale (Germany).

deutsch english

Stonehenge (2500 - 1700 AC)

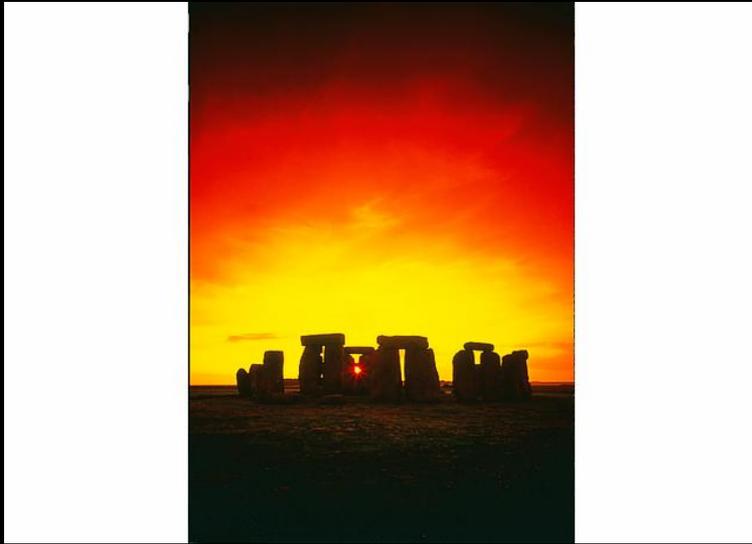


Stonehenge (2500 - 1700 AC)



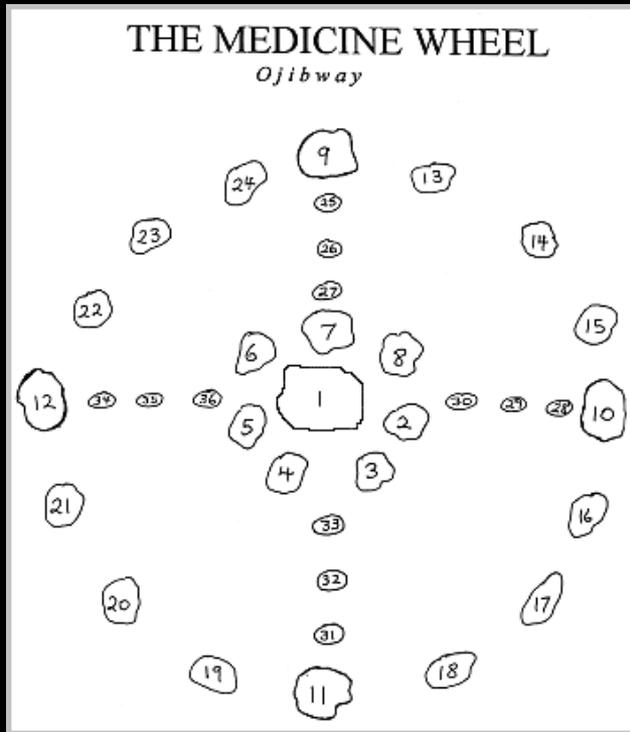
- **Círculos concéntricos** construídos en Salisbury Plain, al Sur de Inglaterra
- El eje principal de Stonehenge está alineado con la salida del Sol durante el solsticio de verano (sobre una estructura denominada "Heel Stone")
- Otras alineaciones importantes: salidas de la Luna en los puntos más al Norte y más al Sur sobre el horizonte
- Posiblemente Stonehenge haya sido un observatorio solar y un instrumento para pronosticar eclipses
- Stonehenge es sólo uno de los más de 900 círculos megalíticos que existen en las Islas Británicas.

Stonehenge (2500 - 1700 AC)

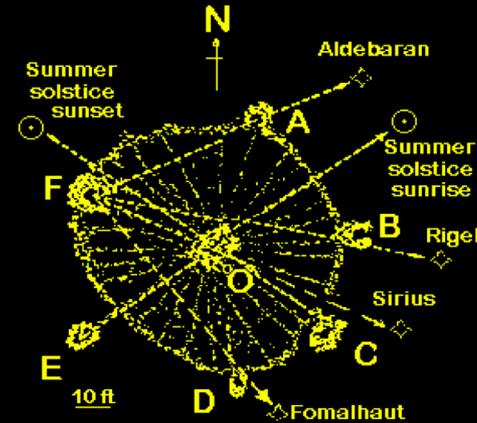


No son exclusivos de Europa.

La Rueda de la Medicina (1500 - 1700 DC)

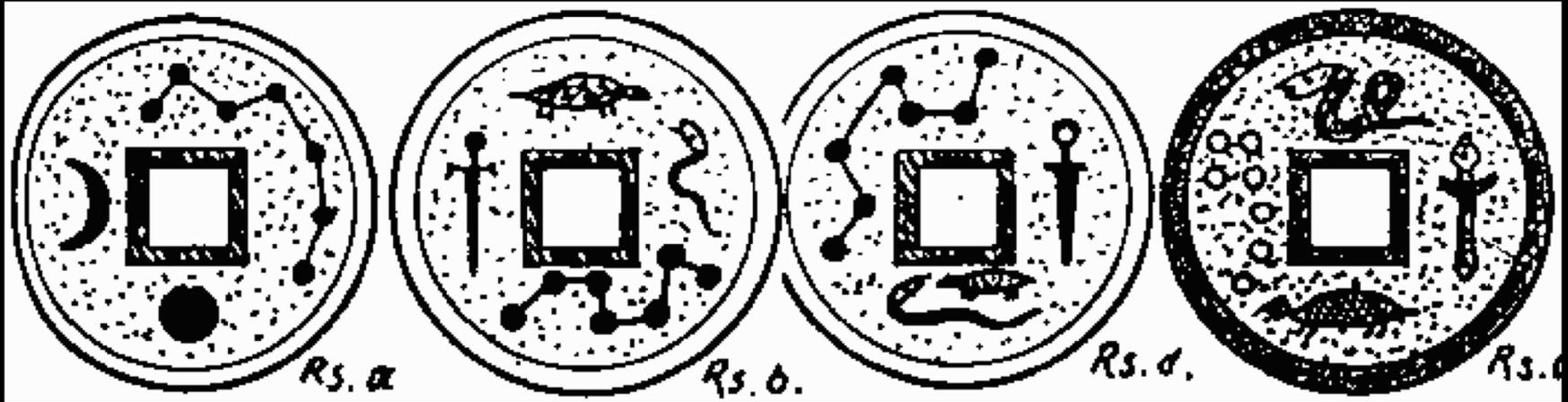


Esquemas de la Rueda de la Medicina



La Rueda de la Medicina, construída por los Nativos Americanos en Wyoming hace 4 siglos es otro ejemplo. Círculo de 30 yardas de diámetro que muestra alineaciones con la salida y puesta del Sol durante el solsticio de verano.

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



- Fines prácticos: calendario, agricultura.
- Astrología: predicción del futuro.

* 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 Taurus).

Los egipcios



Ra

Nut

Geb

Osiris et al.

Códice Vidobonensis







Nueve viento (Quetzalcoatl) en el acto de creación del cielo. Códice Mixteco Vindobonensis.

EL UNIVERSO MIXTECO, ZAPOTECO Y MIXE

CONCURSO DE ENSAYO

En el marco del Año Internacional de la Astronomía, el Instituto Nacional de Astrofísica, Óptica y Electrónica, el Observatorio Municipal del Estado de Oaxaca y la Secretaría de Cultura del Gobierno del Estado de Oaxaca convocan al concurso de ensayo infantil y juvenil con el tema *El Universo Mixteco, Zapoteco y Mixe*. El concurso tiene como objetivo incentivar en los niños y jóvenes el rescate y conservación de la información sobre los nombres

Historia de Antelmo



"Introducción:"

Yo hice esto porque me interesa mucho + lo dividí en 4 partes que son:
como una observación a las estrellas, leyenda,
lo que sabía + lo que no sabía + por último
son las estrellas + sus nombres en
mixe + español.

Las hojas que vienen allí son originales
yo las hice cuando miraba las estrellas,
lo hice cuando le preguntaba a mi
abuela y si hay algunos errores es que
yo no escribo bien pero escribo lo que pude
captar. Y también si algunas de las hojas
hay unas letras son porque es una hoja
usada que yo todavía lo ocupo. lo arranque
de un cuaderno de un viejo de mis hermanos.

Antelmo Jiménez López Gdo. 1º Gpo. "A"
Telesecundaria de Sta. María Yacochi
Municipio: Sta. Ma. Tlahuilotepéc, Oaxaca.



Escribir una bitácora

Astronomía Mesoamerican

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 añaden 5 días llamados **Nemontemi**.
- **Xiuhmolpilli** (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

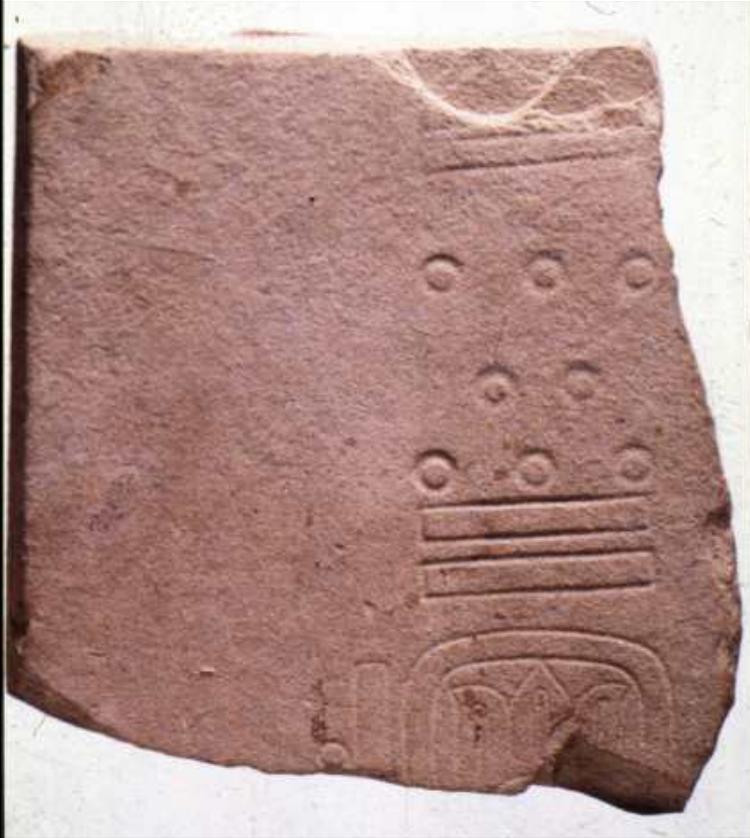
- San José Mogote, Valle de Oaxaca, 600 AC. (Cultura zapoteca)



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



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

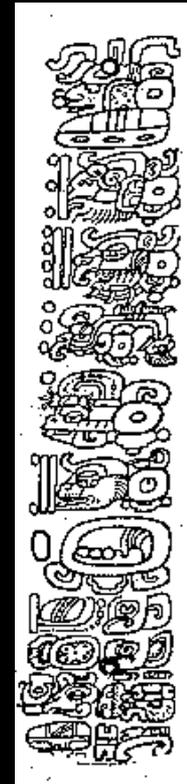
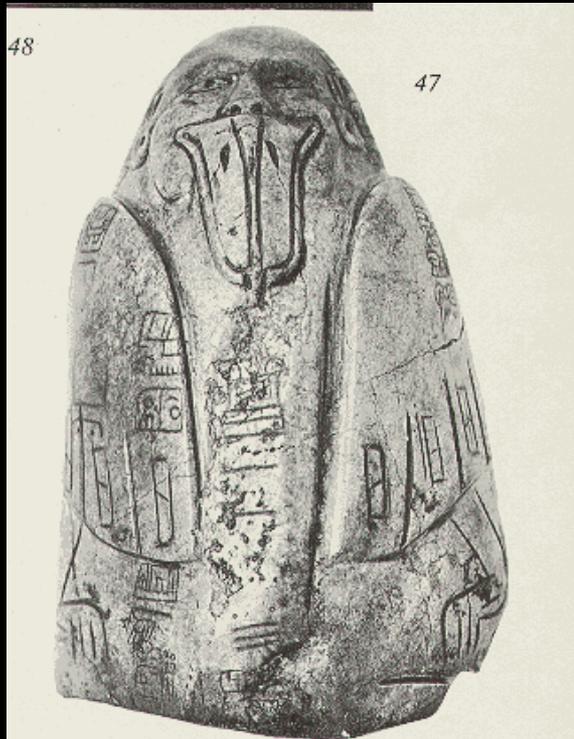


• Estela C de Los Tres Zapotes,
Veracruz, 31 AC. (cultura
olmeca)



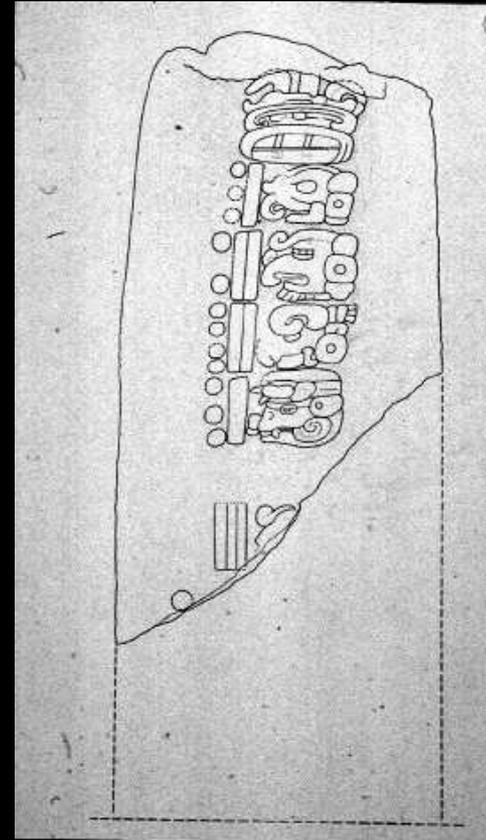
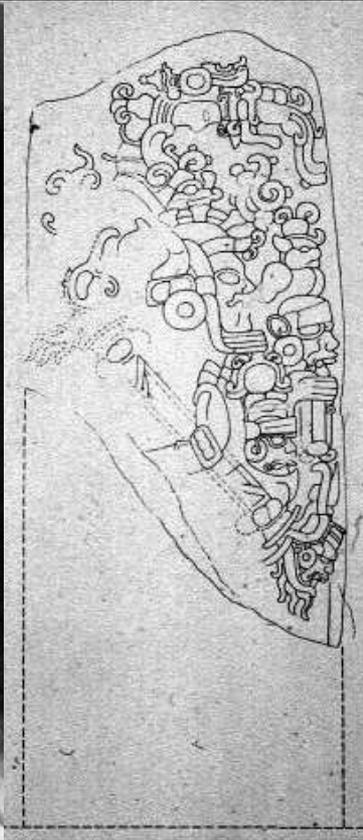
- " Estela 1 de El Baúl, Guatemala, 36 DC.
- " Las Estatuas de San Andrés Tuxtla, 162 DC. (preclásico maya).

- Leiden Plaque, 320 DC. (maya clásico temprano).



	•	• •	• • •	• • • •	—	•	• •	• • •	• • • •
0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
10	11	12	13	14	15	16	17	18	19

" Estela 29 de Tikal, Guatemala, 292 DC. (maya clásico temprano).



Orientación calendárico-astronómica

* Posiciones astronómicas importantes.

- Puntos N,S,E,W, Cada uno asociado con un color, dos deidades, un árbol y un ave.
- Posiciones extremas del Sol (solsticios). (Cholula; Pirámide del Sol, Teotihuacan; Templo de la Cruz, Palenque)
- Posiciones extremas de la Luna (paradas mayores y menores).
- Posiciones medias del Sol (equinoccios).
- Posiciones importantes de estrellas brillantes y planetas. (Uxmal; Huexotla, Texcoco; Templo de Venus, Copan, Honduras)
- Posiciones del Sol en el cenit. (Templo del Dios Descendente, Tulum; Edzná Campeche)

* Estructuras arquitectónicas orientadas hacia esas direcciones.

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.

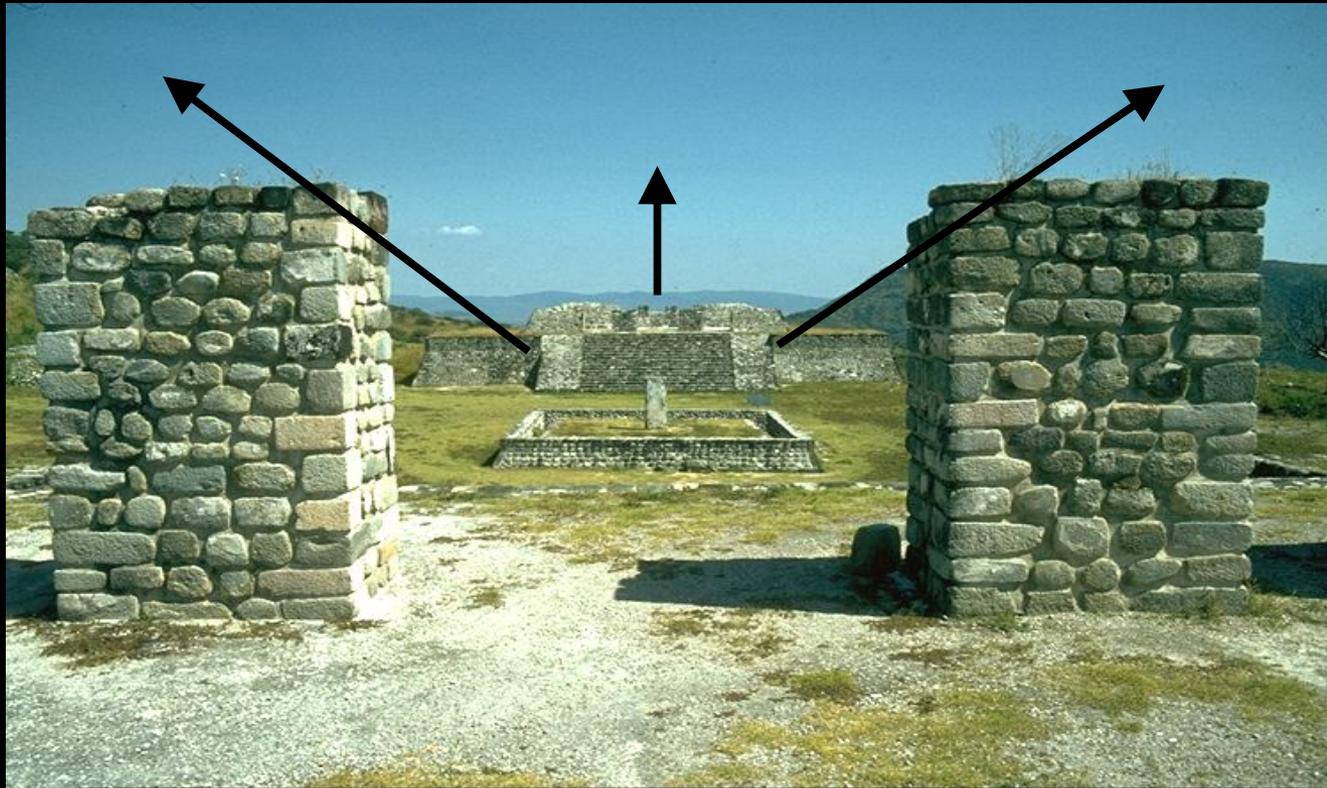
- " **Pirámide de Cholula. Alineación solar** durante el ocaso del solsticio de verano. La alineación ocurre con el Cerro Tehuicocone al Norte de la cabeza del volcán Iztaccihuatl.



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

Tubo cenital de Xochicalco

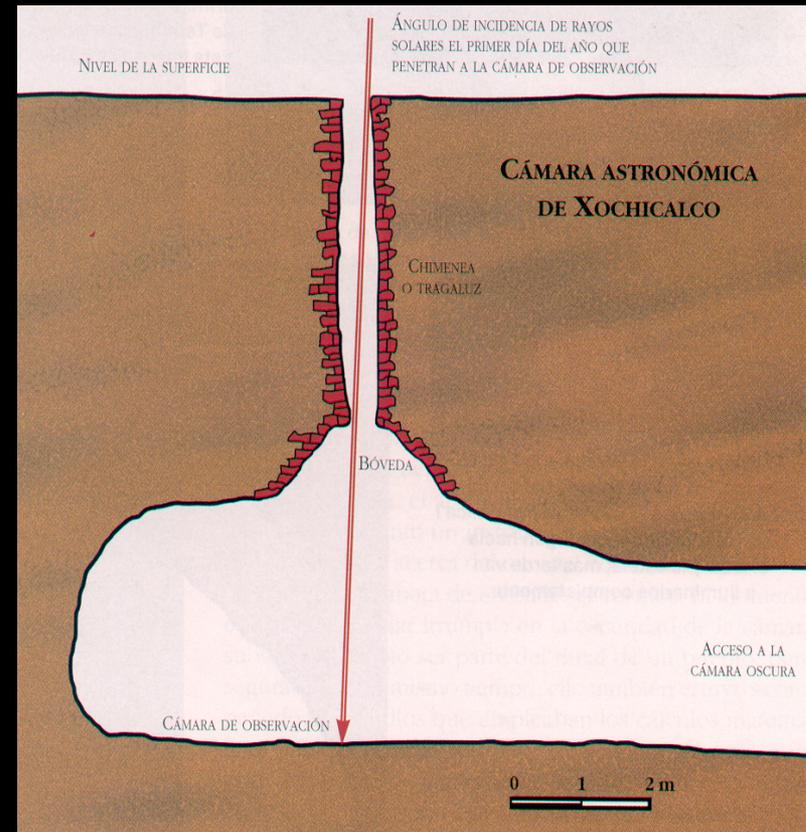
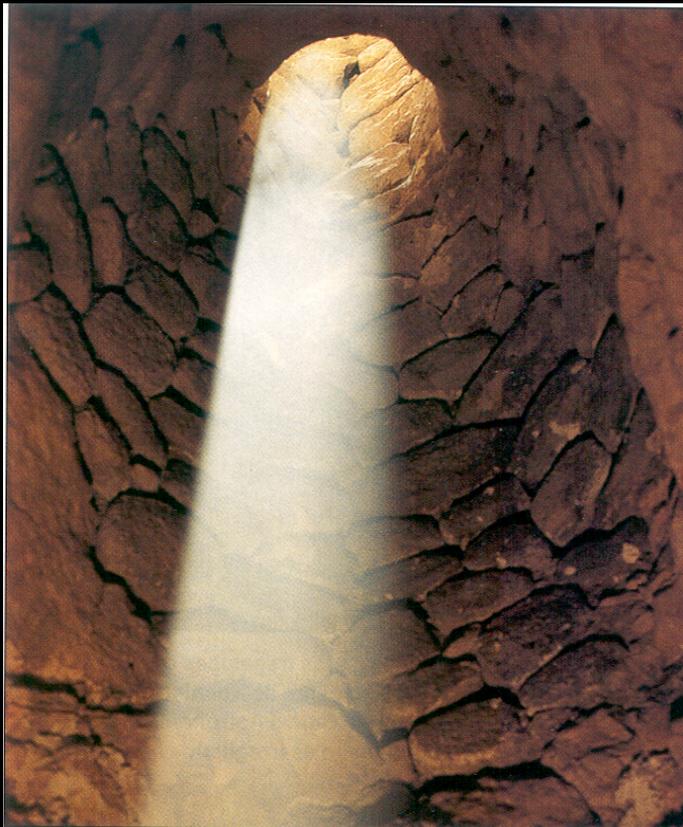


Tubo cenital de Monte Albán



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)

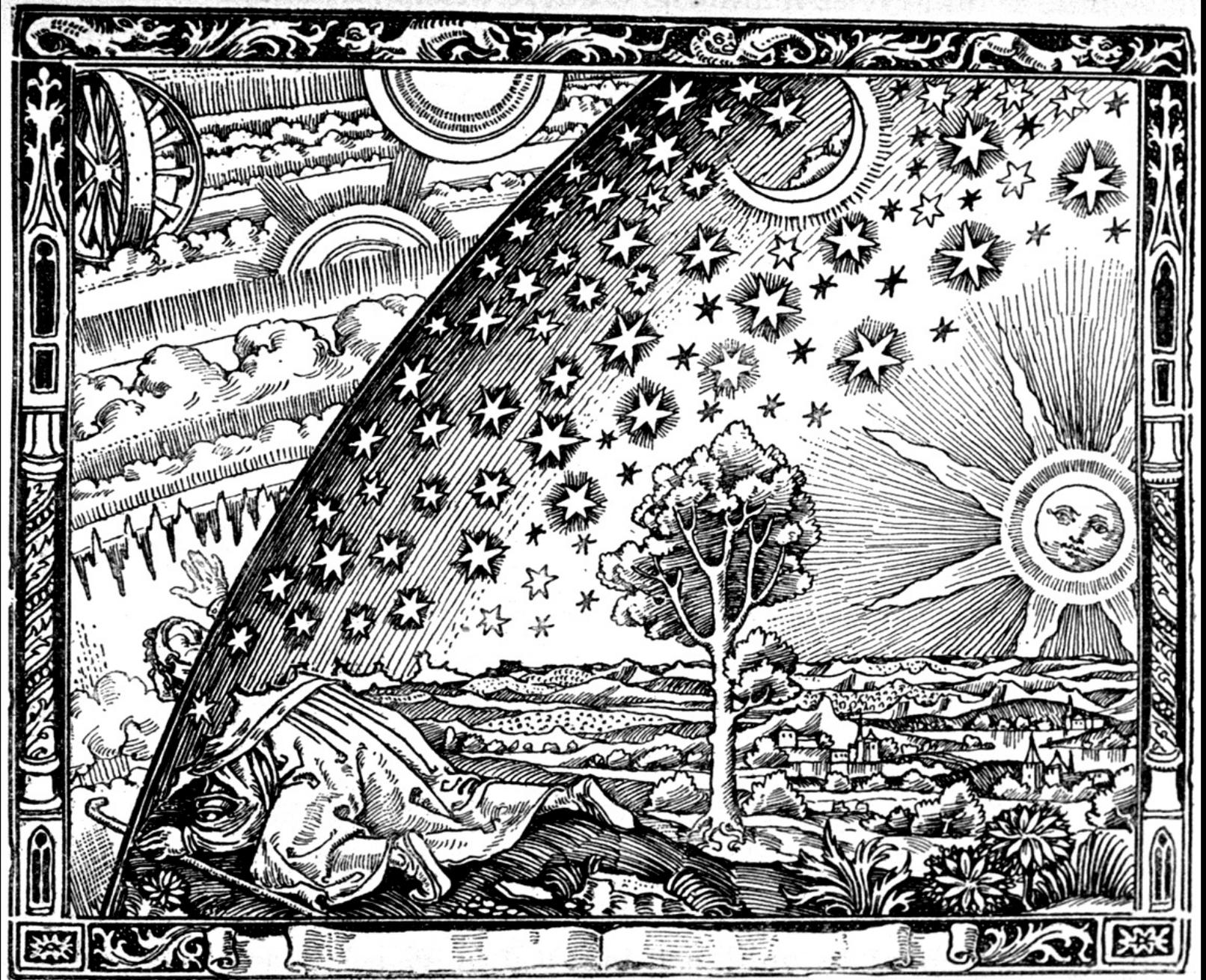


El Caracol, Chichen Itzá

- * 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>



Un missionnaire du moyen âge raconte qu'il avait trouvé le point où le ciel et la Terre se touchent...

CAMILLE FLAMMARION

L'ATMOSPHERE

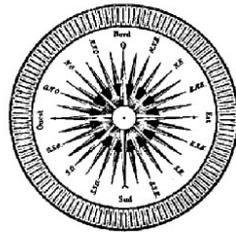
MÉTÉOROLOGIE POPULAIRE

OUVRAGE CONTENANT

QUINZE PLANCHES TIRÉES EN CHROMOTYPOGRAPHIE

DEUX CARTES EN COULEUR

ET TROIS CENT SEPT FIGURES INSÉRÉES DANS LE TEXTE



PARIS
LIBRAIRIE HACHETTE ET C^{ie}

79, BOULEVARD SAINT-GERMAIN, 79

1888

Droits de traduction et de reproduction réservés.

1888

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

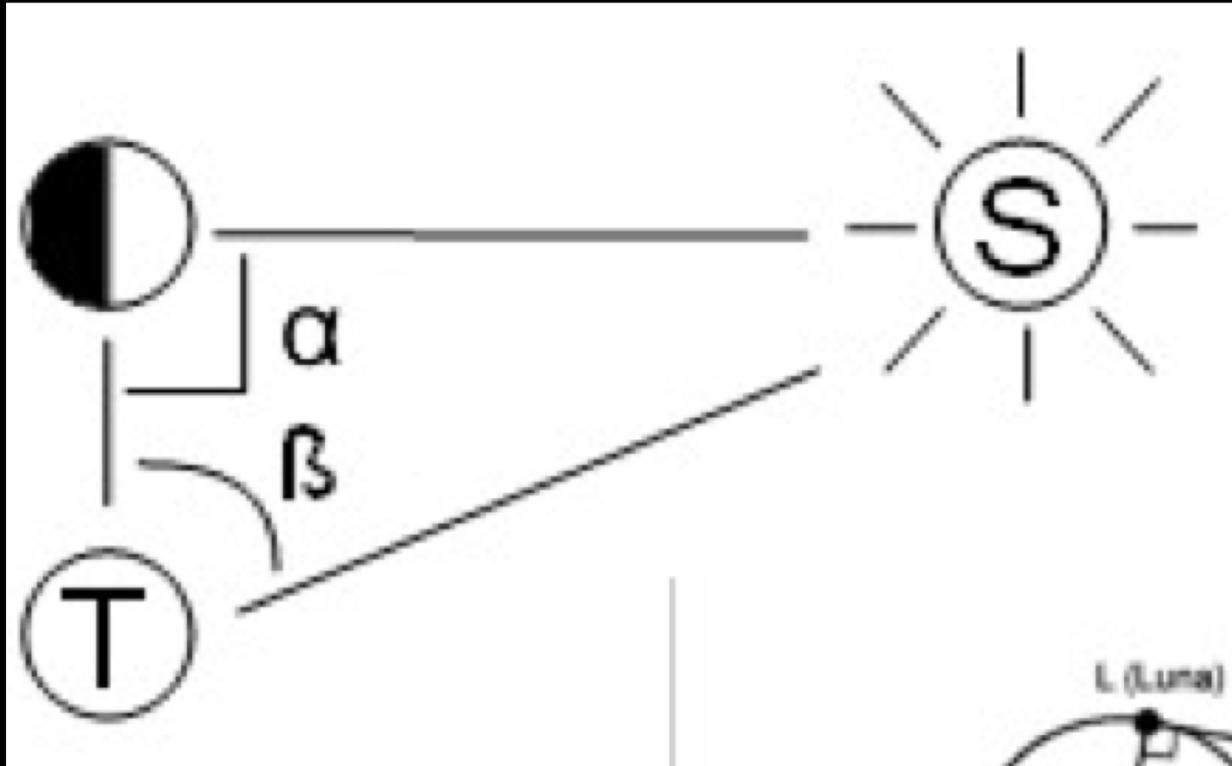
Surge el concepto de la Esfera Celeste (una esfera cristalina con las estrellas incrustadas y con la Tierra en el centro)

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.**

Aristarco de Samos



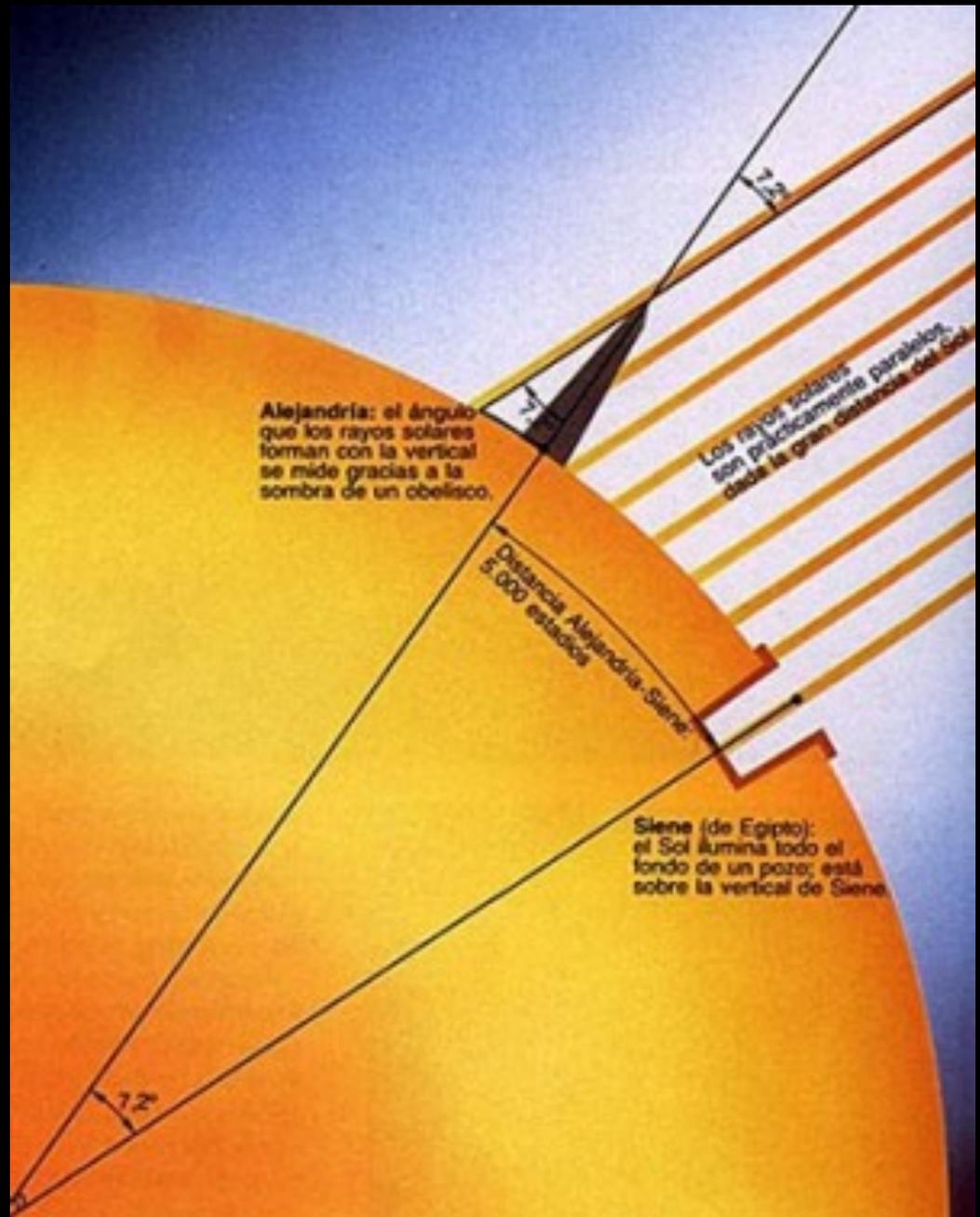
87 grados

89.85 grados

Eratóstenes

1 estadio ~170 m

Circunferencia 40 mil km



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.

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

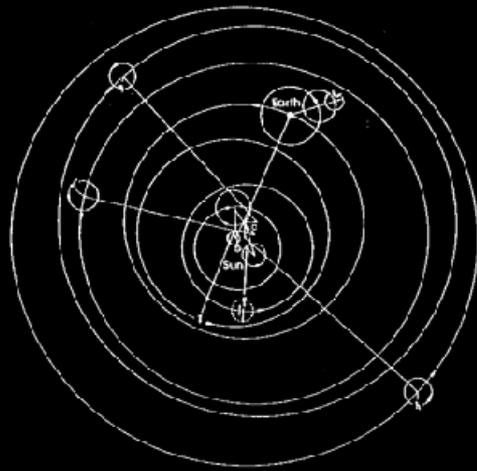


Figura 1. The Copernican model

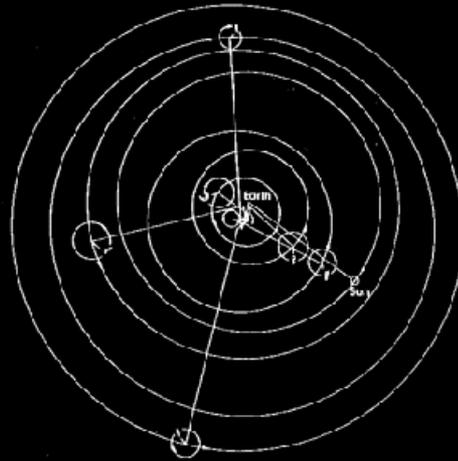
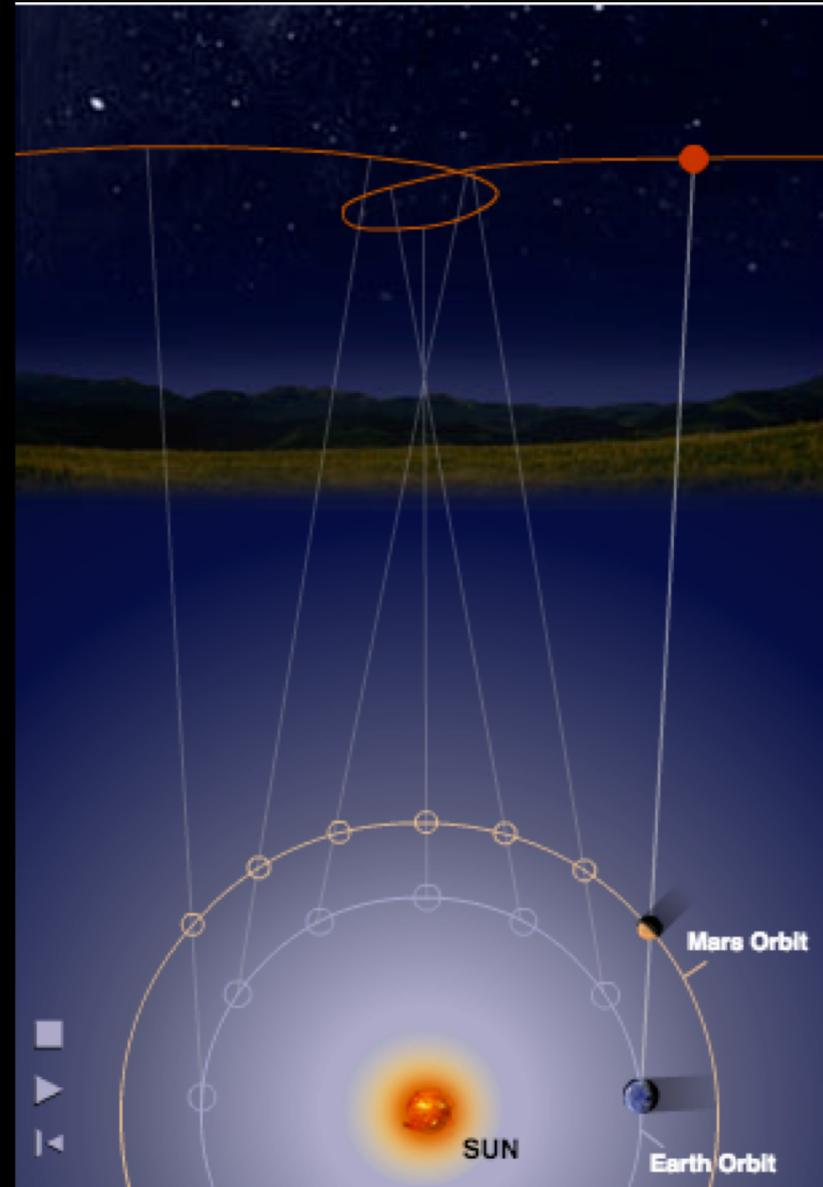


Figura 2. The Ptolemaic model



- ♃ = Mercury
- ♀ = Venus
- ♂ = Mars
- ♃ = Jupiter
- ♄ = Saturn
- ⊕ = Earth
- ☉ = Sun
- ☾ = Moon

¿Los griegos, como los Simpsons?



Demócrito de Abdera iba diciendo que la Vía Láctea no era más que polvillo de estrellas.

En Agrigento, Empédocles insinuaba que la luz de los astros empleaba determinado tiempo para llegar a la Tierra.

Parménides de Elea exponía graves dudas sobre que la Tierra es plana y más bien se inclinaba a creer que fuese redonda.

En Chíos, Enópidas preanunciaba la oblicuidad de la elipse.

¿Intuiciones?

Nicolás Copernicus (1473-1543) y las revoluciones



- 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) y su nariz

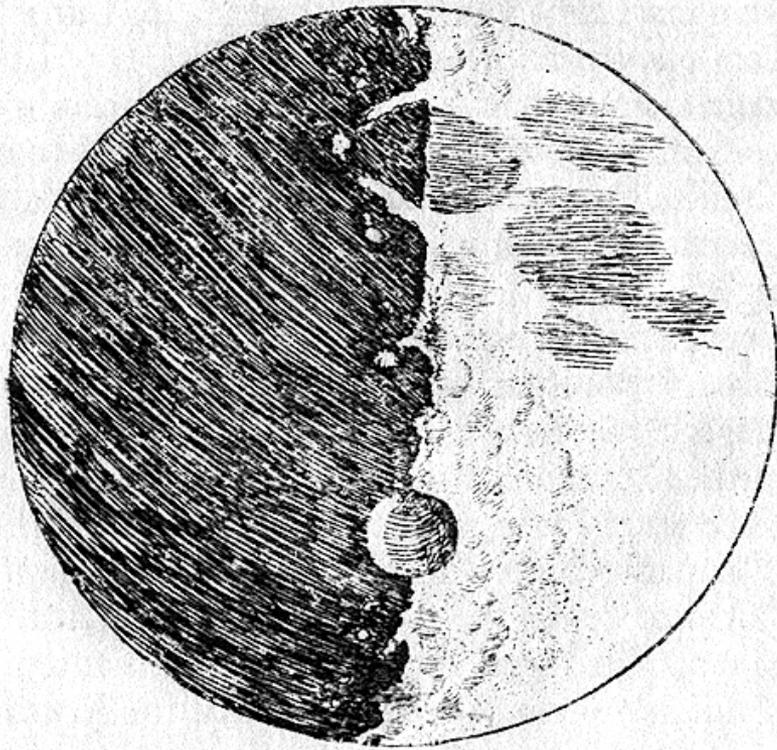


- Realizó meticulosas observaciones de los planetas.
- Observó una SN en 1572 y un cometa en 1577. Sus mediciones de las paralajes demostraron que estos objetos estaban más allá de la órbita de la Luna. Sus mediciones de brillo de la SN mostraron su variabilidad.
- En 1599 se traslada a Praga para continuar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

Galileo Galilei (1564-1642) y sin embargo se mueve

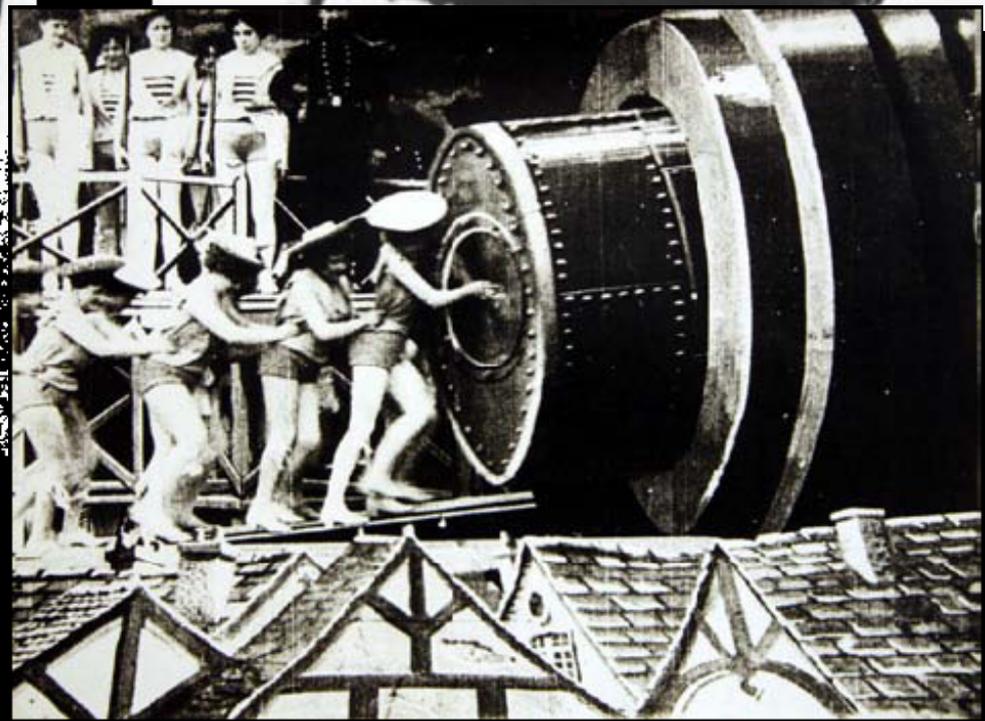
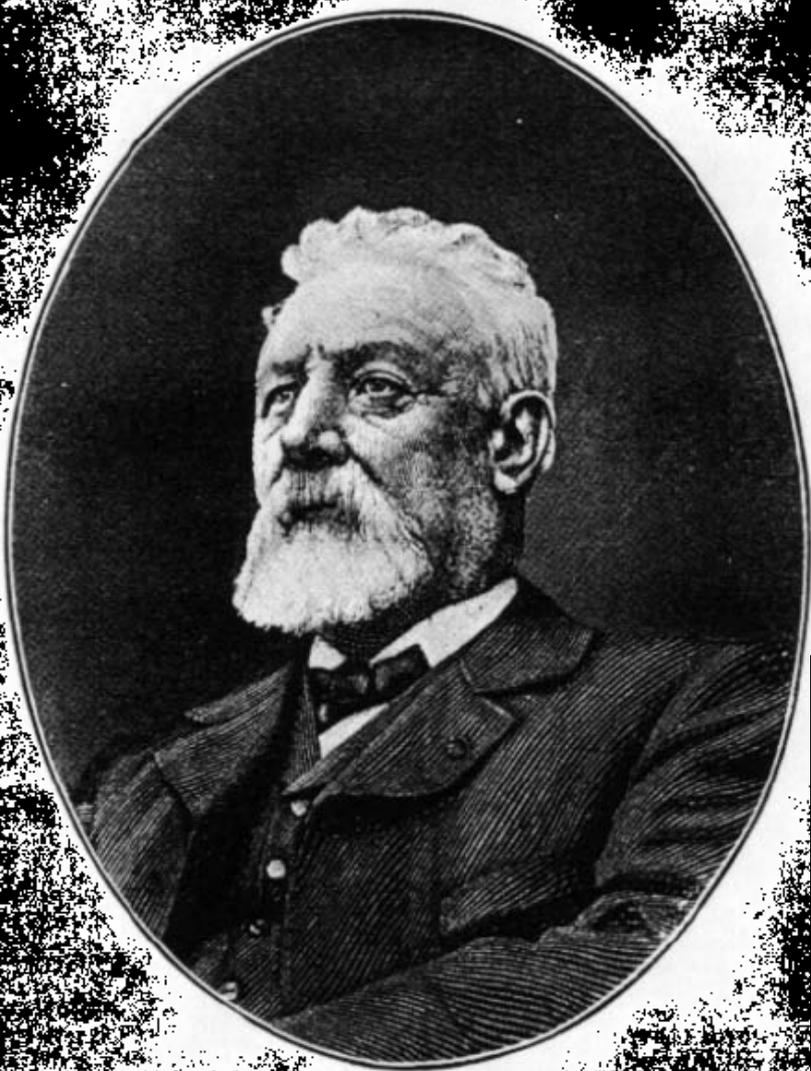


- Considerado el primer científico moderno. Introdujo a las matemáticas como el lenguaje de las ciencias. Desarrollo varios experimentos en Mecánica
 - desarrolló el concepto de la inercia.
 - demostró que la aceleración de la gravedad es independiente de la masa.
 - Primera Teoría de la Relatividad.



La tragedia de la Luna. Asimov

<https://lelibros.online/libro/descargar-libro-la-tragedia-de-la-luna-en-pdf-epub-mobi-o-leer-online/>







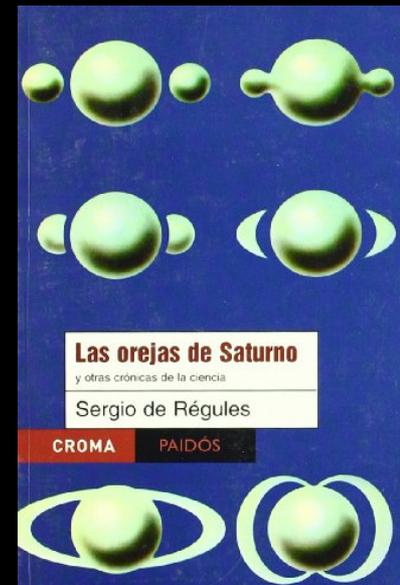
Patio con lunáticos. Goya





No sé... piénsalo...

Las Orejas de Saturno

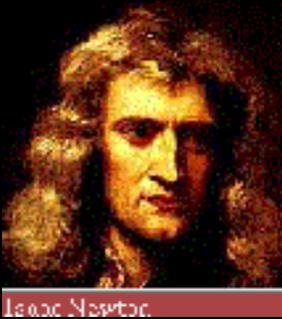


Johannes Kepler (1571-1630) y Los copos de nieve



- 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) y...

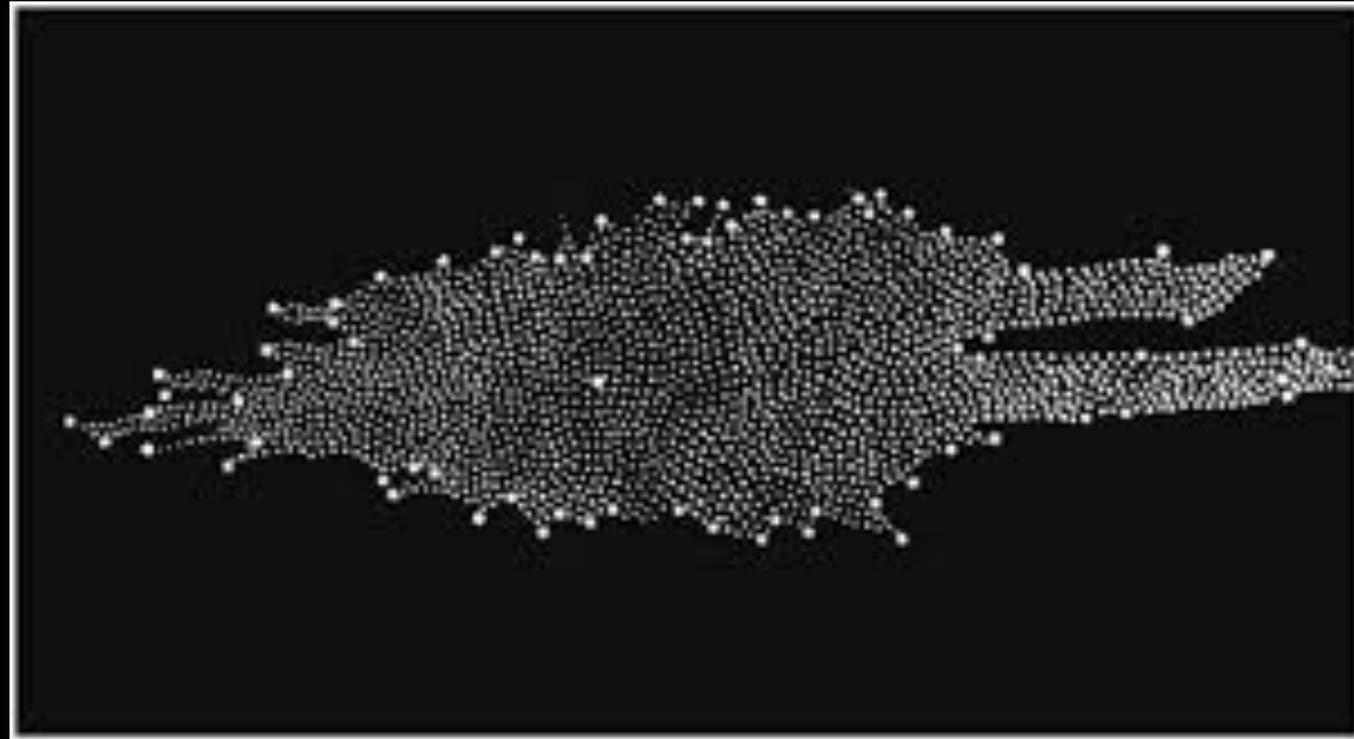


- Considerado el mayor físico clásico, desarrolló la Mecánica tal como la conocemos hoy en día.
- Desarrolló las leyes de movimiento.
- Introdujo el cálculo como herramienta matemática
- Publicó *Principia Mathematica* en 1687 (*Leyes de Mecánica y un análisis de la Gravedad*).

Los demás planetas:

- 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





**William Herschel
(1738-1822)**

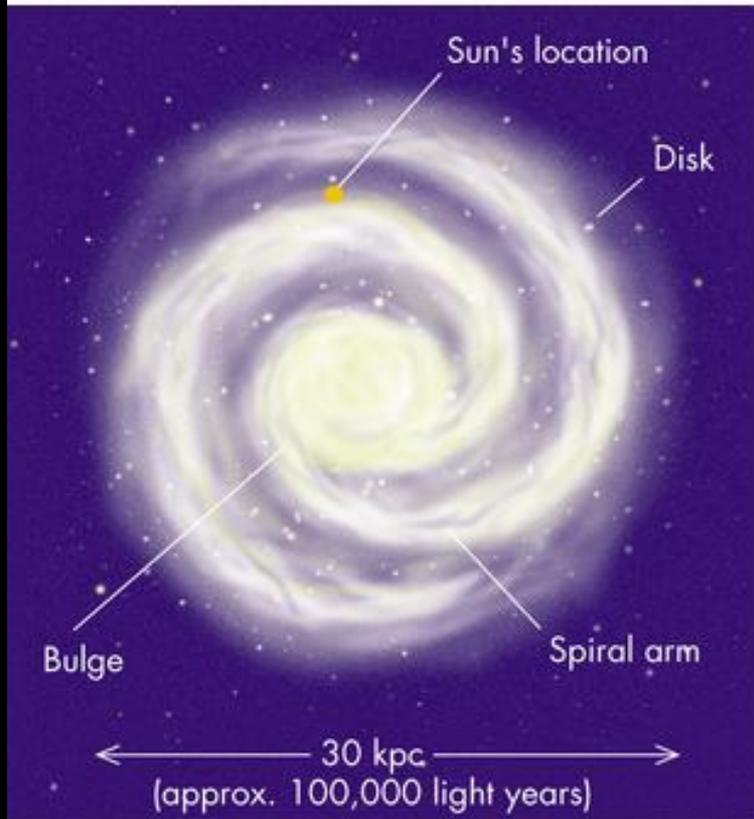
- Siglo XVII, Galileo Galilei y su telescopio.
- Siglo XVIII, William Herschel realizó el primer intento de estimar las dimensiones de la Galaxia a partir del conteo de estrellas en diferentes direcciones. Asumiendo que todas las estrellas tienen la misma luminosidad, determinó la distancia a las mismas y creó un mapa de la Galaxia.

- Siglo XIX, Jacobus Kapteyn El Sol se encontraba en el centro del sistema. Este modelo conocido como el Universo de Kapteyn tenía unas dimensiones de 50 000 AL y un ancho de unos 6 000 AL.
- En 1918 Harlow Shapley y la distribución del sistema de cúmulos globulares.

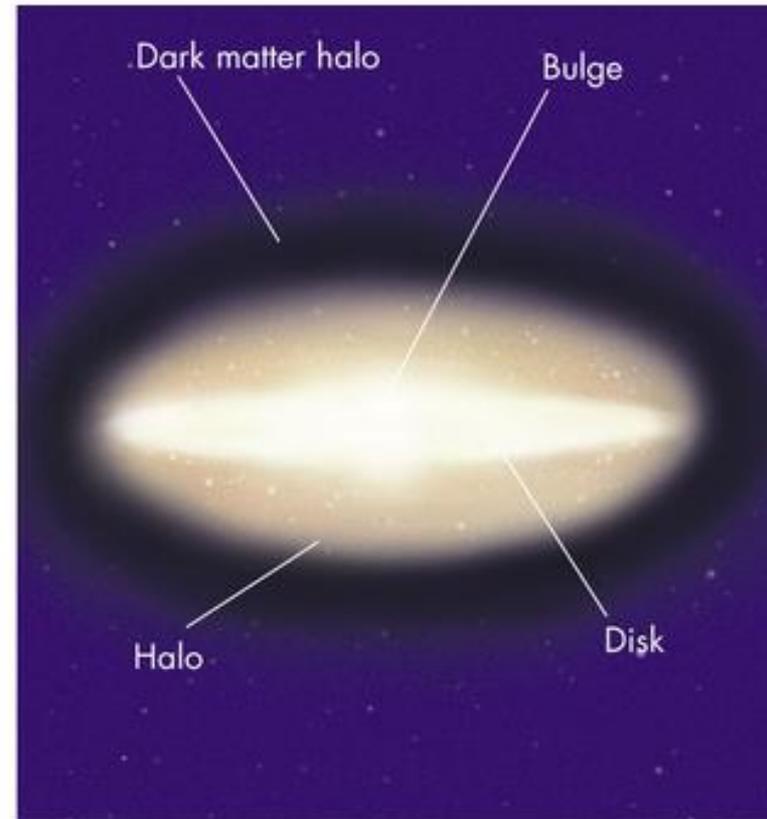
El Universo de Cristal. Dava Sobel



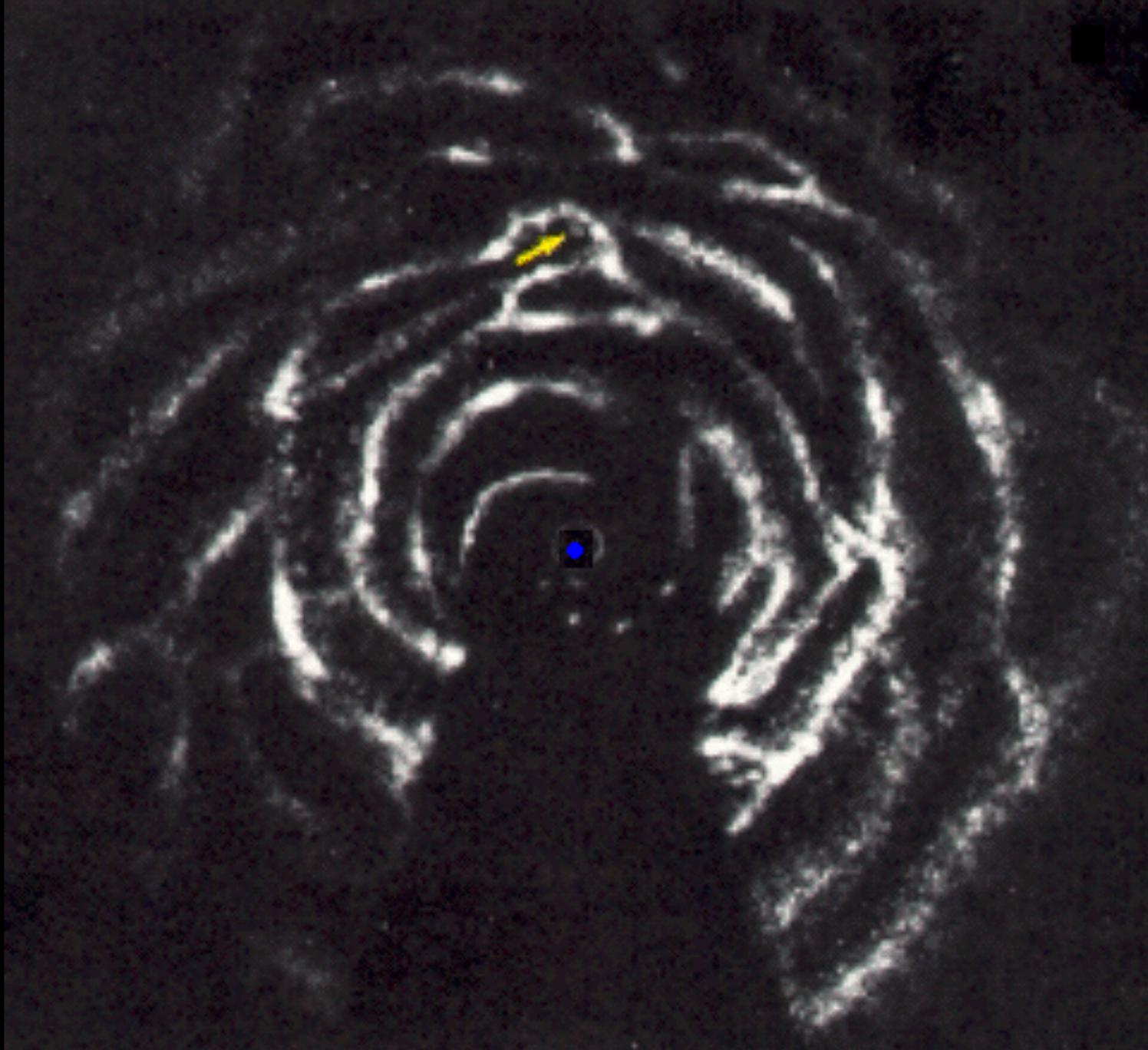
Estructura de la Vía Láctea



Top View



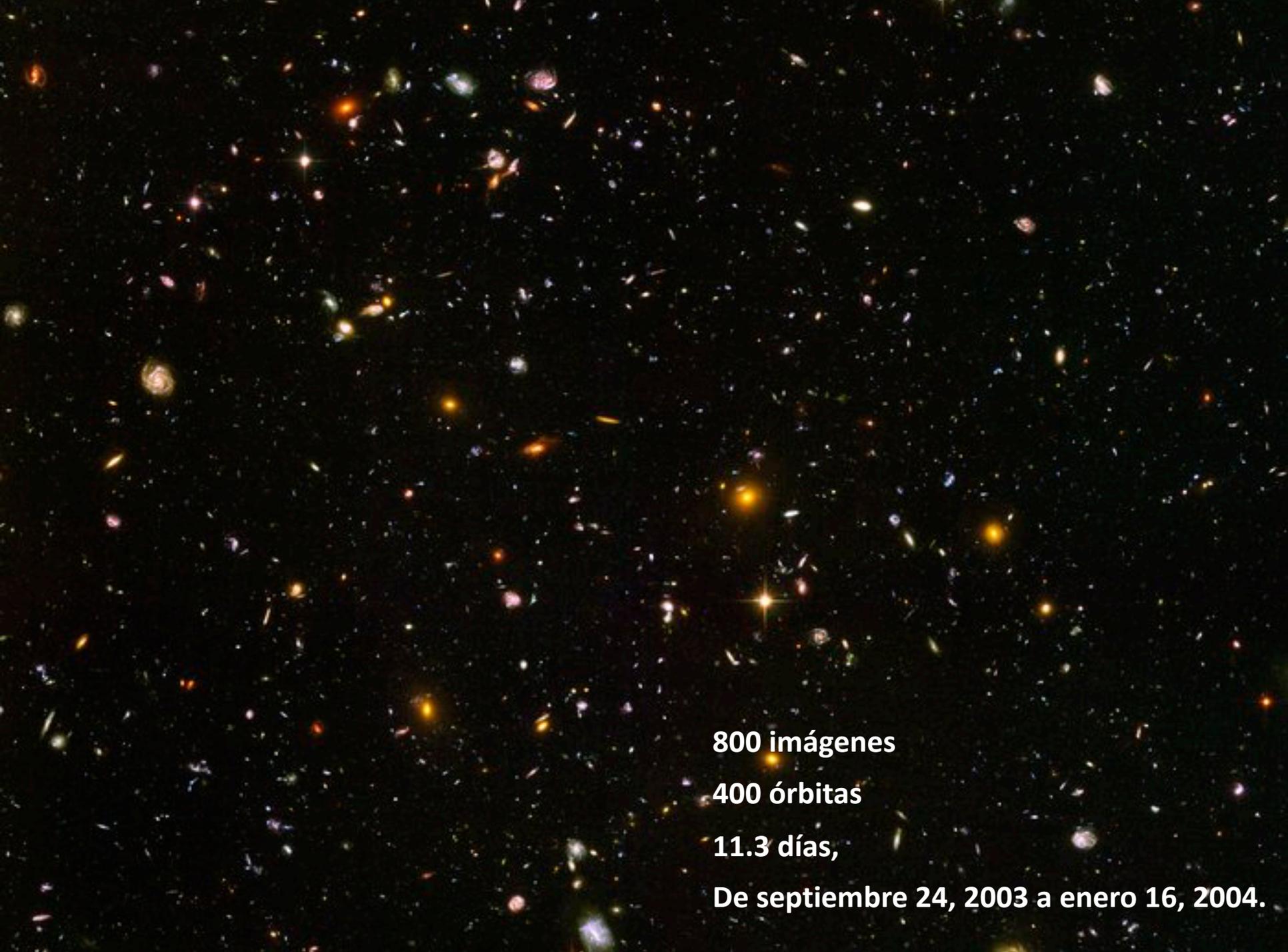
Side View





Las galaxias

- **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**



800 imágenes

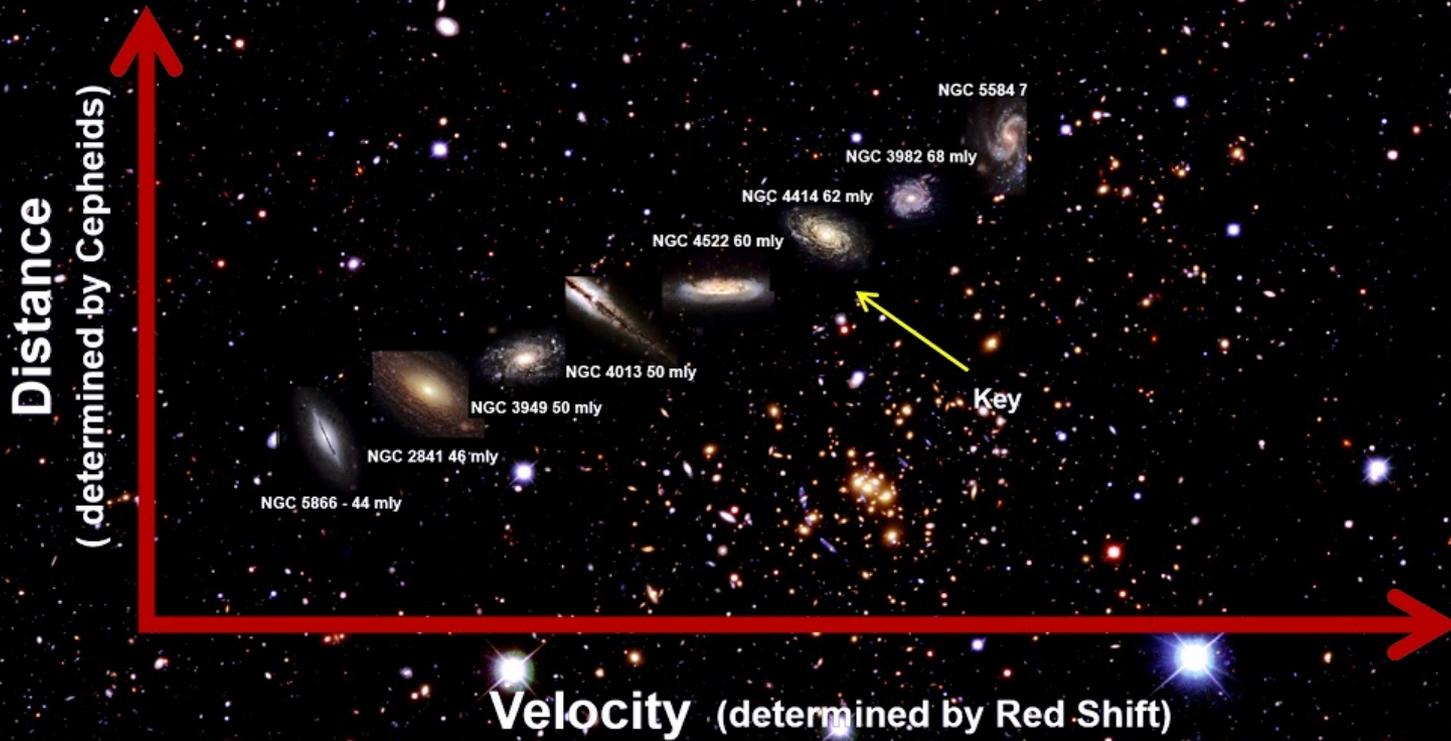
400 órbitas

11.3 días,

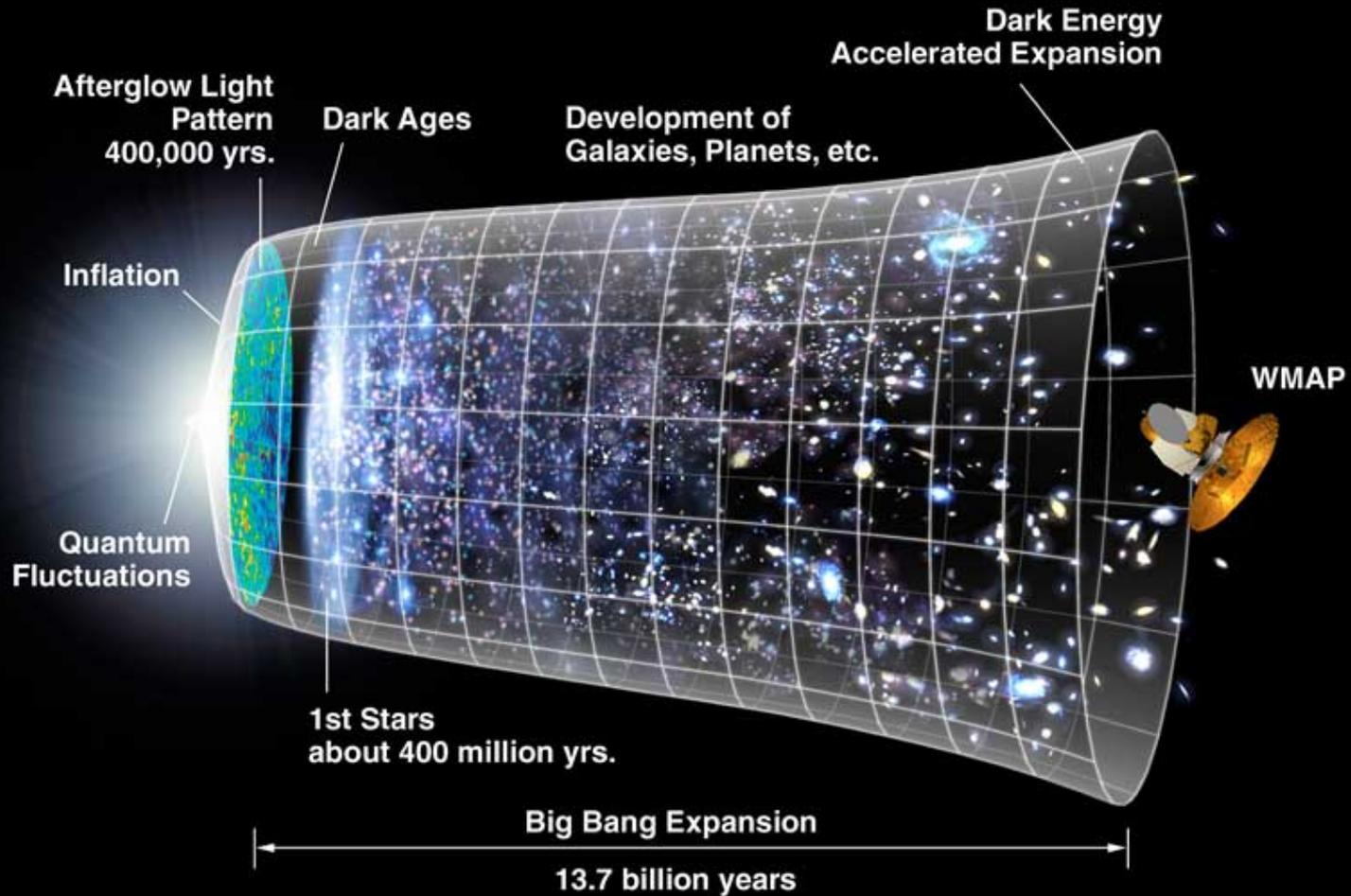
De septiembre 24, 2003 a enero 16, 2004.

Ley de Hubble

Receding Velocity vs. Distance



Historia del Universo

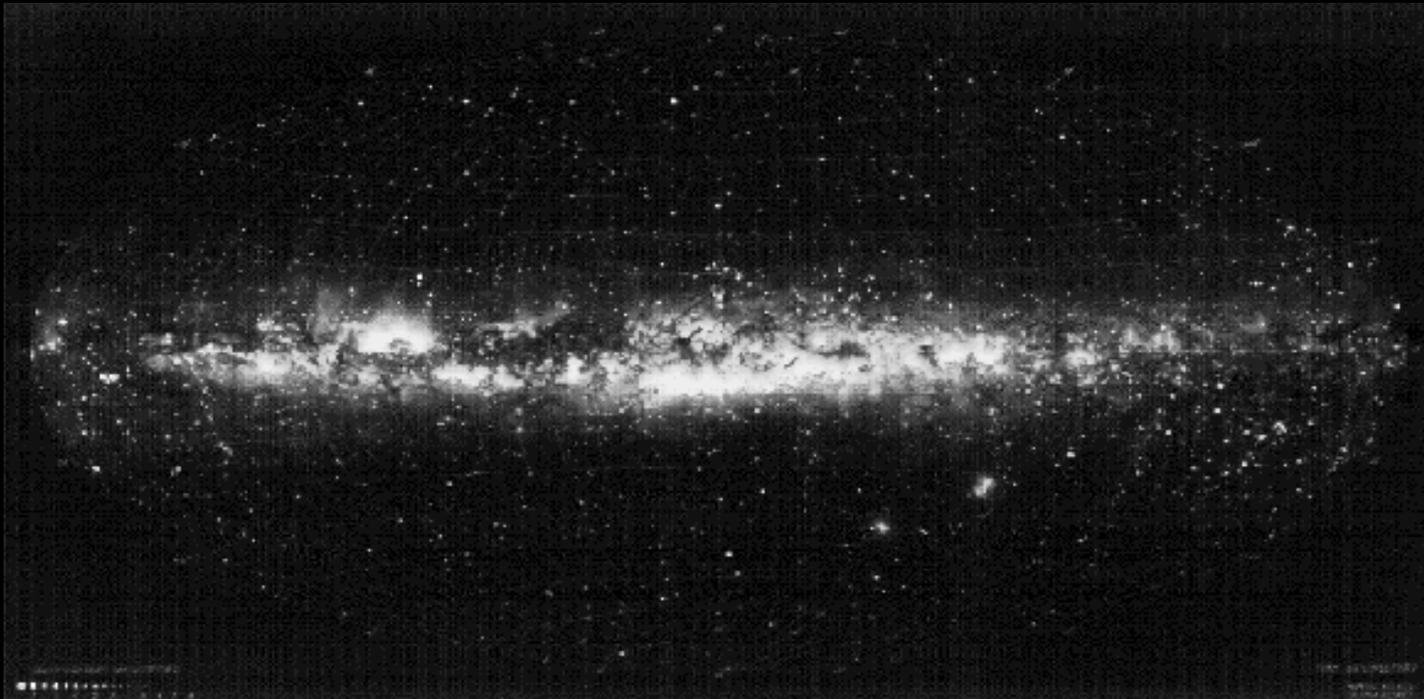


El papel de la Astronomía como ciencia

Historia rapidísima

Ramas de la Astronomía

La escala 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

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**

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 Miltom 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.