

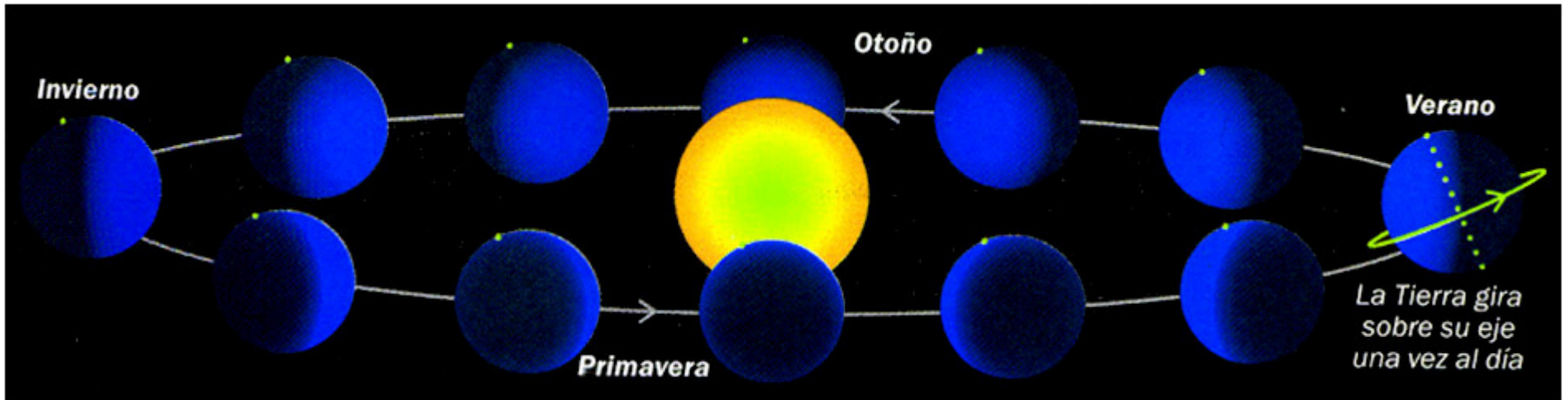
Grandes Hitos de la Astronomía y la Cosmología

David Ramírez

Grandes Hitos de la Astronomía y la Cosmología

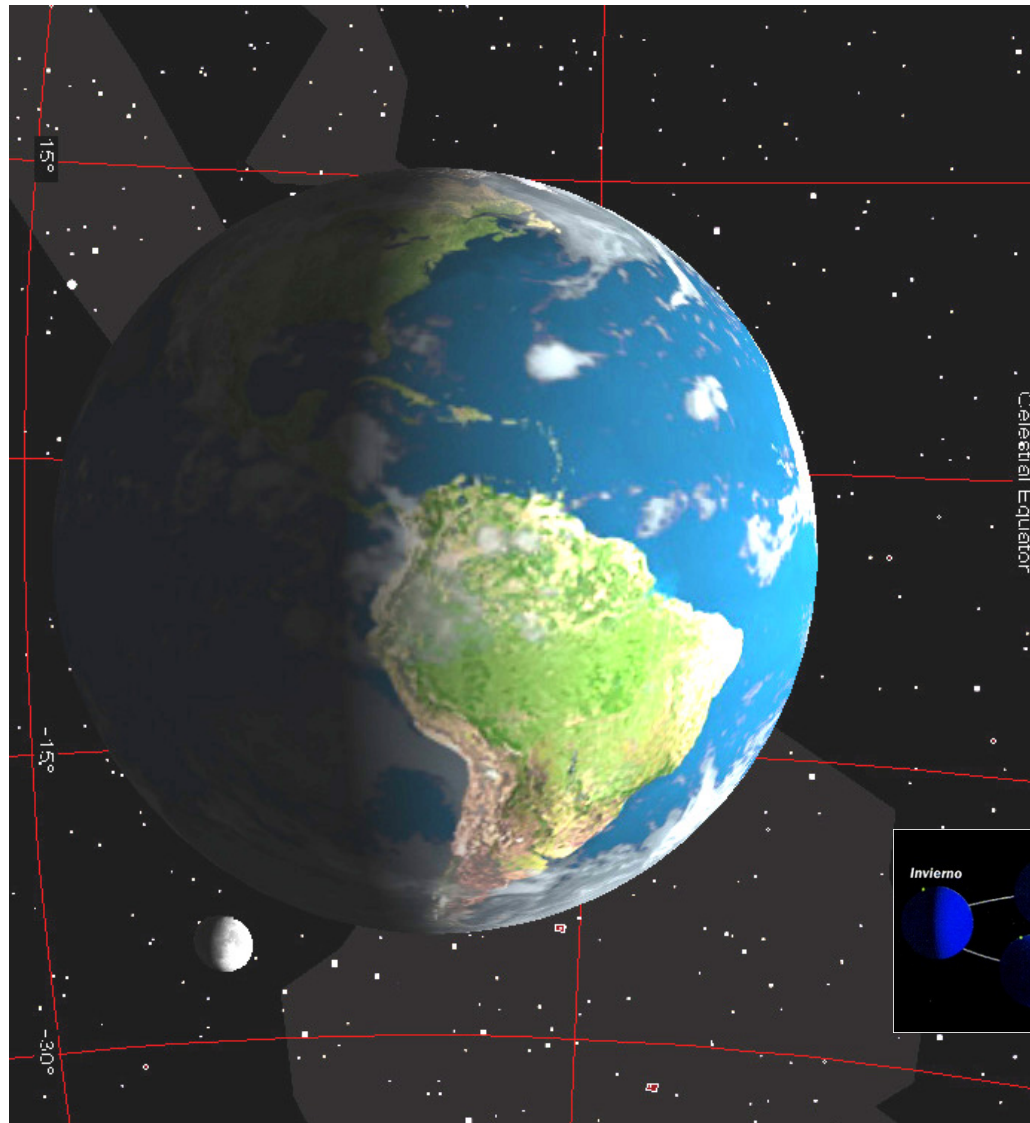
- Movimiento de la Tierra y coordenadas celestes**
 - Astronomía Babilonia**
 - Astronomía Egipcia**
 - Astronomía Griega**
 - Galileo, Newton y Einstein**
-

Movimiento de la Tierra en torno al Sol



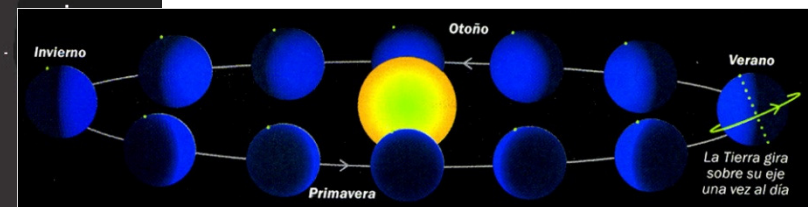
La Tierra se traslada en torno al Sol en un año, y gira 365 veces en torno a su eje en ese tiempo.

Movimiento de la Tierra en torno al Sol

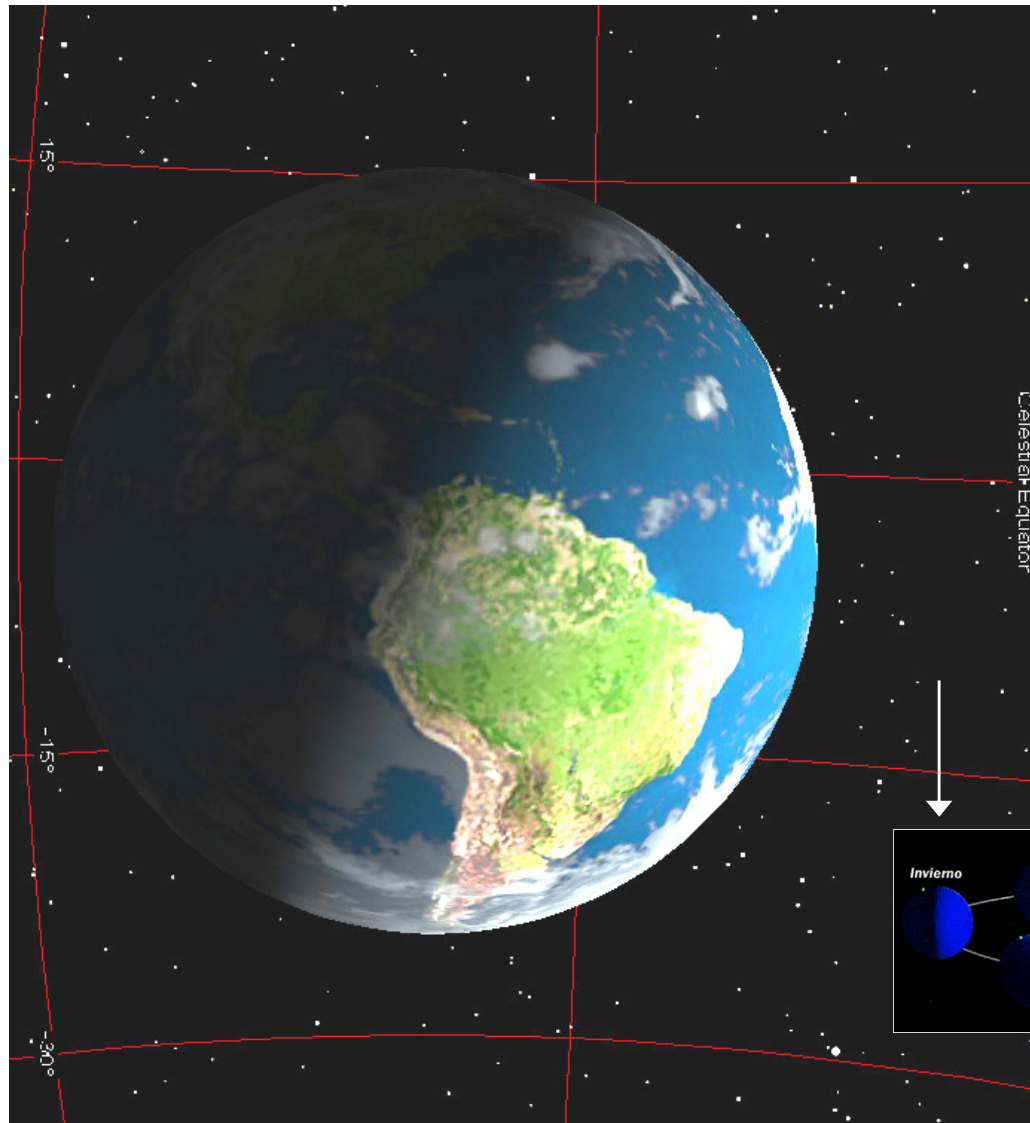


21 Sep

Equinoccio
(otoño)

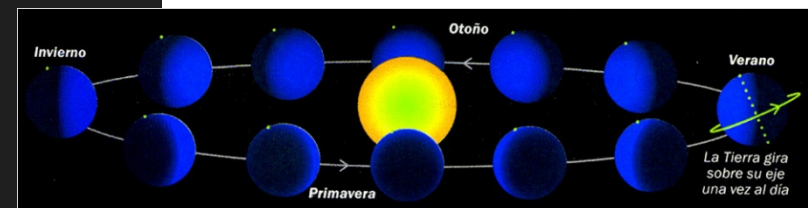


Movimiento de la Tierra en torno al Sol

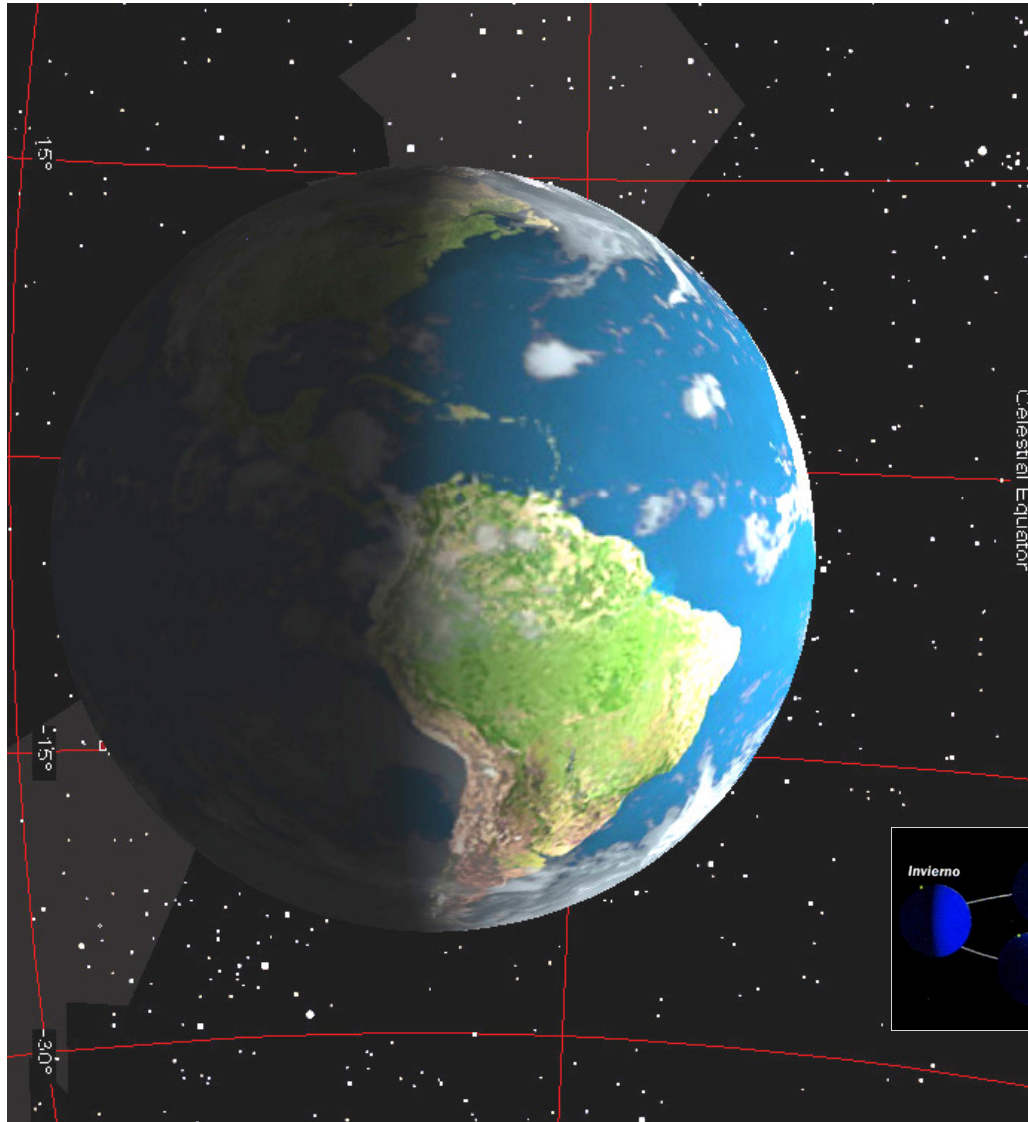


21 Dic

Solsticio
(invierno)

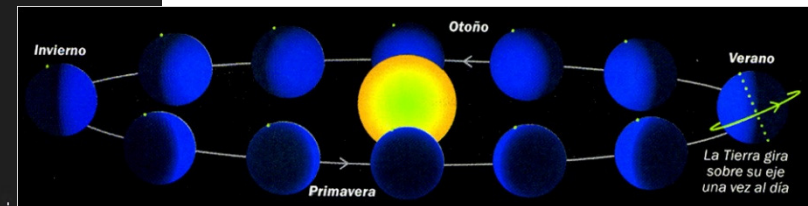


Movimiento de la Tierra en torno al Sol

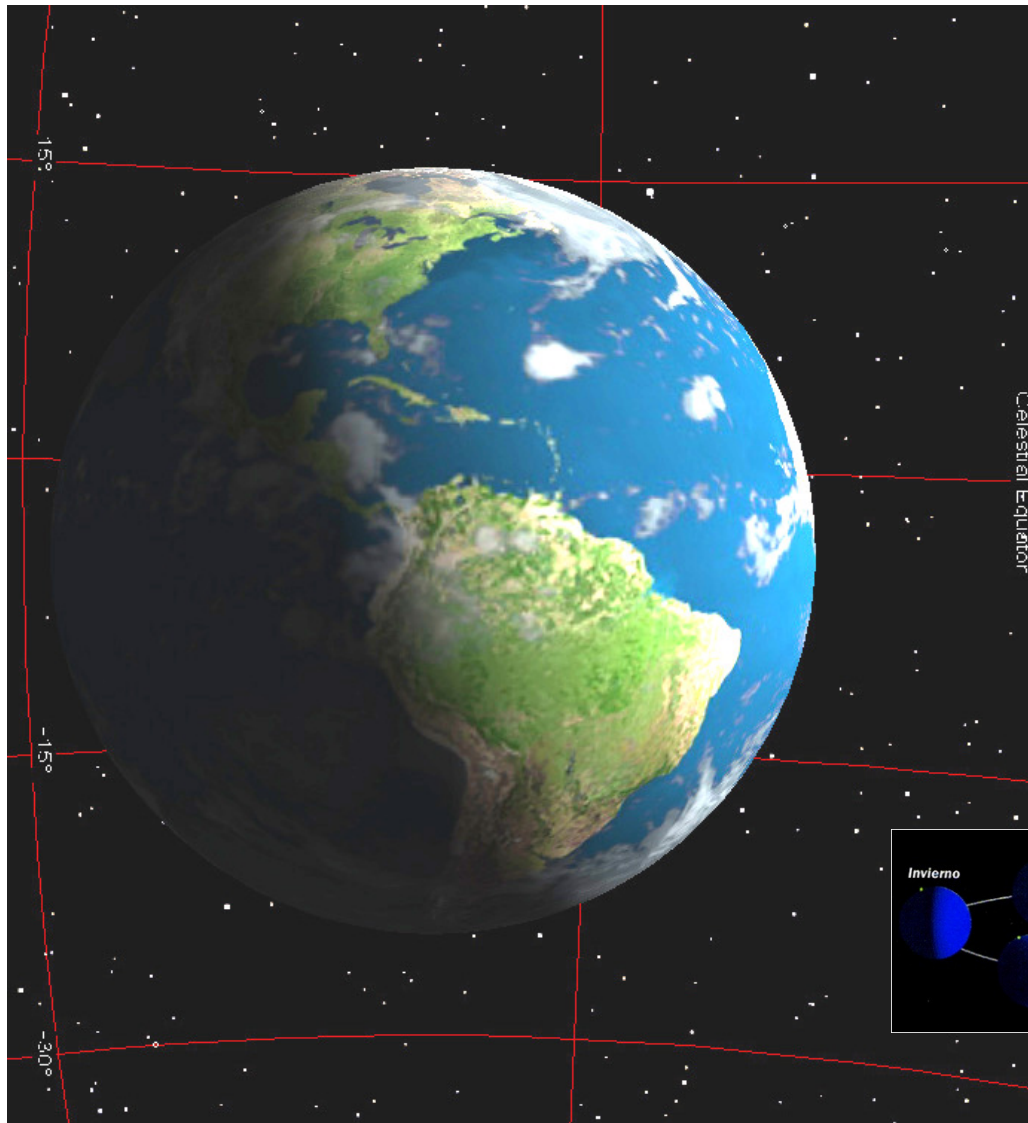


21 Mar

Equinoccio
(primavera)

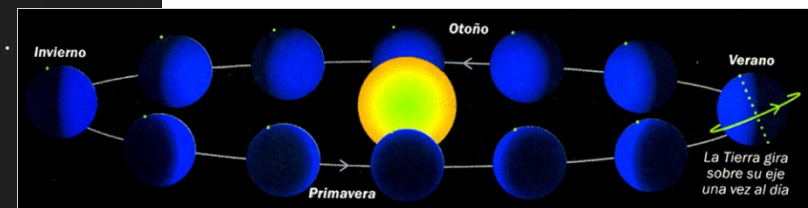


Movimiento de la Tierra en torno al Sol

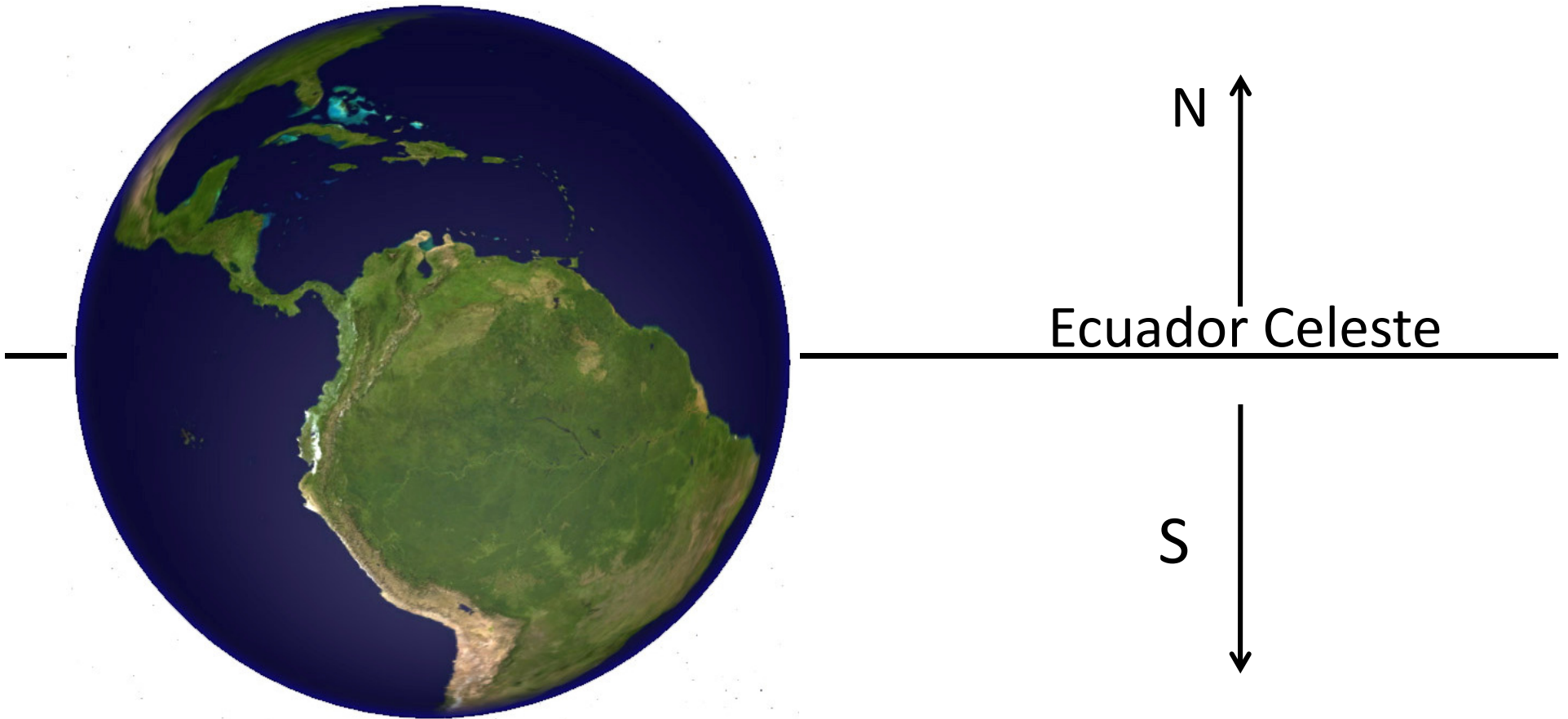


21 Jun

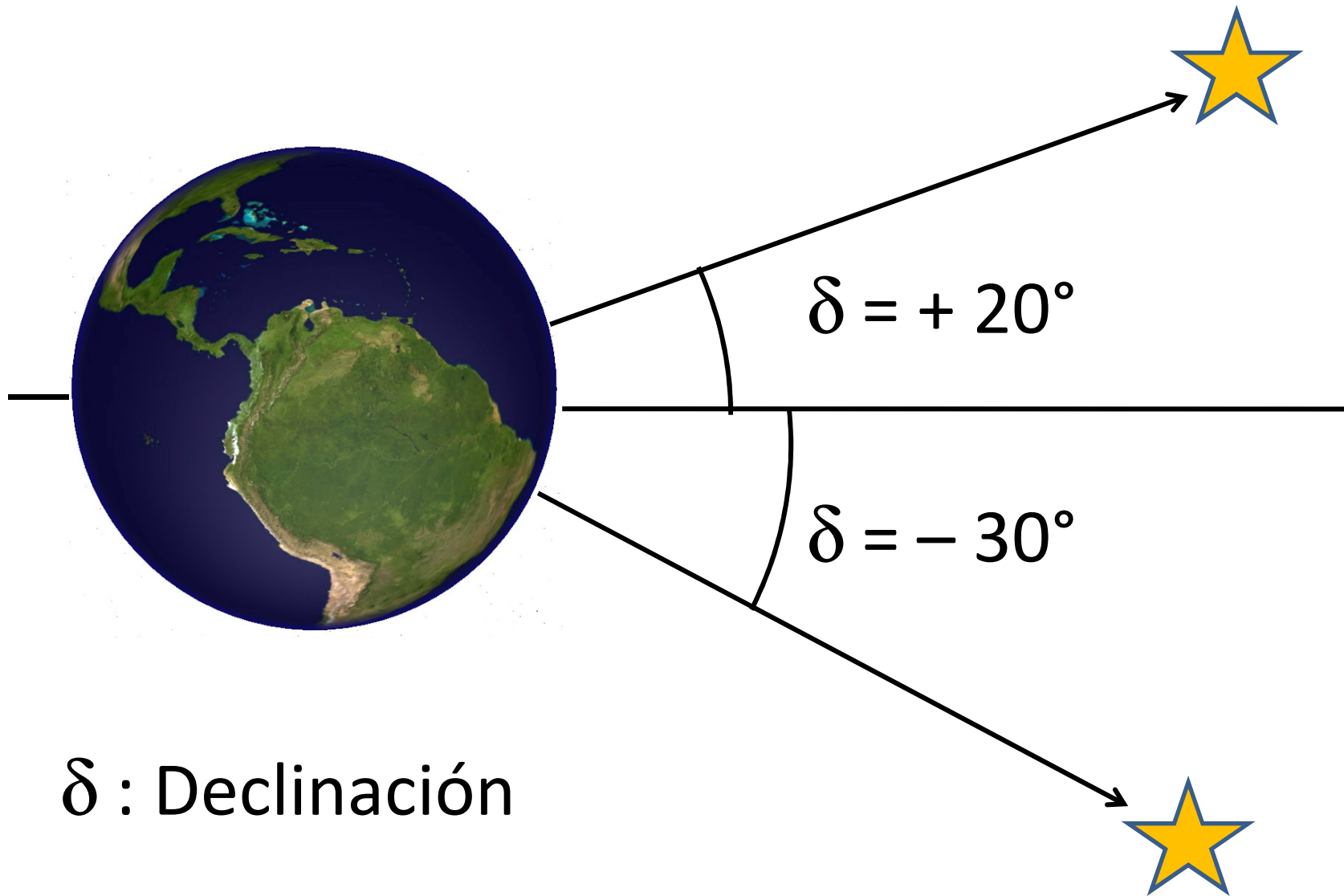
Solsticio
(verano)



Coordenadas Celestes



Coordenadas Celestes



δ : Declinación

Astronomía Antigua en Babilonia



Fragmento del
MUL.APIN

Astronomía Antigua en Babilonia

Lista de Estrellas Circular

Los babilonios visualizaban el cielo como
dividido en 3 cinturones

3 divinidades:

“El camino de Ea”

“El camino de Anu”

“El camino de Enlil”

Las estrellas de Anu están en un cinturón
ancho ocupando el Ecuador Celeste

Las estrellas de Ea están al sur del
cinturón de Anu

Las estrellas de Enlil están al norte del
cinturón de Anu (incluyendo circumpolares)

“El Arado, Enlil, quien va en frente de las estrellas de Enlil.

El Lobo, el sembrador del Arado.

El Anciano, Enmešarra.

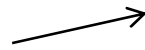
El Bastón, Gamlum.

Los Grandes Gemelos, Lugalgirra y Meslamtaea...”

Astronomía Antigua en Babilonia

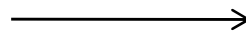
MUL.APIN menciona unas 32 estrellas (ó grupos de estrellas) en el cinturón de Enlil

Añadido a las estrellas de Enlil está Júpiter, “La estrella de Marduk”, dios principal de Babilonia



Se dice explícitamente que Júpiter cambia de posición constantemente

Luego vienen 19 estrellas del cinturón de Anu

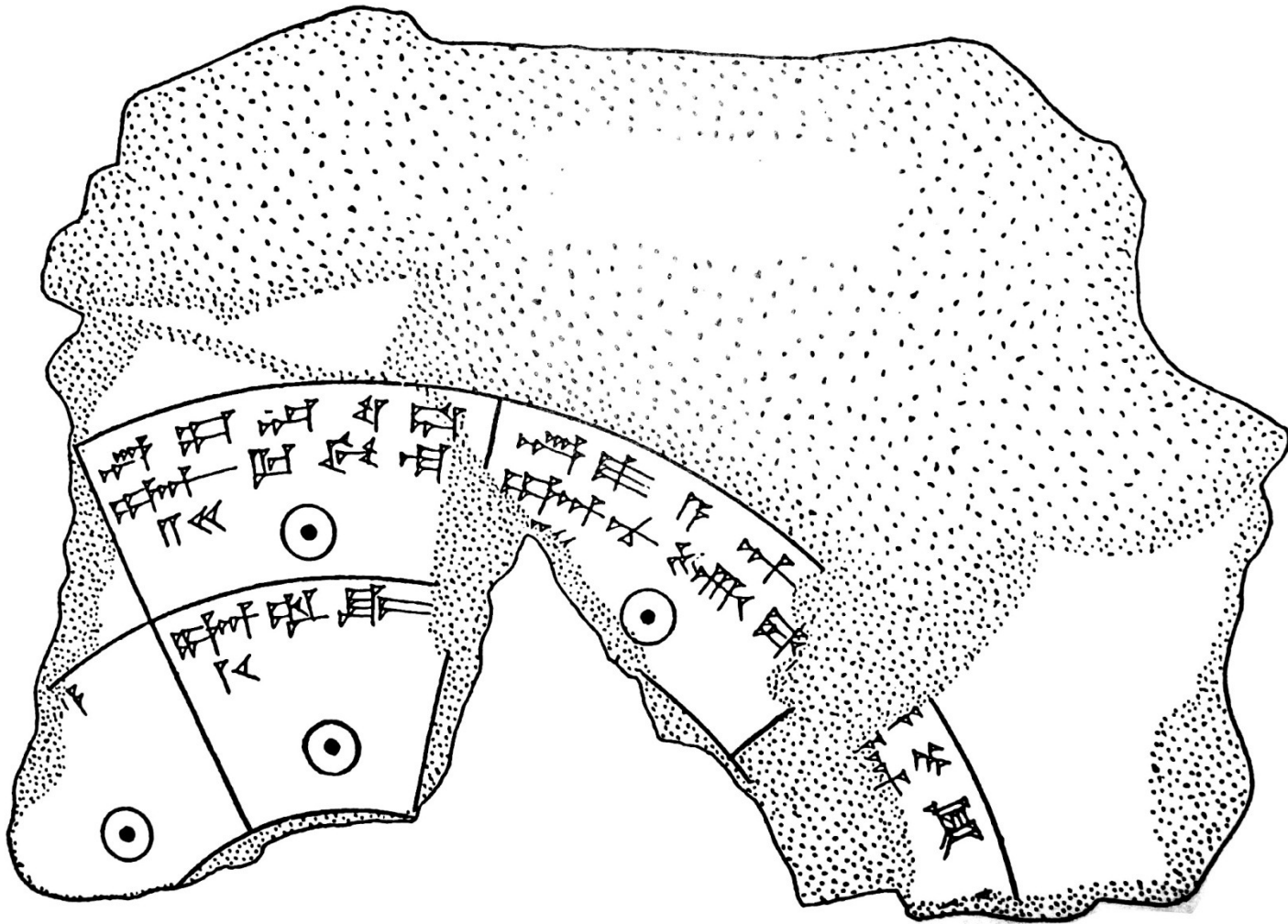


Asociados a las estrellas de Anu están los planetas Venus, Marte, Saturno y Mercurio

La lista de constelaciones concluye con 15 estrellas (ó grupos) de Ea

Otros textos contienen listas de 36 estrellas, 1 de cada cinturón, por cada mes del año (salidas heliacales).

Astronomía Antigua en Babilonia



Fragmento de lista circular de estrellas,
650 AC (reinado de Asurbanipal)

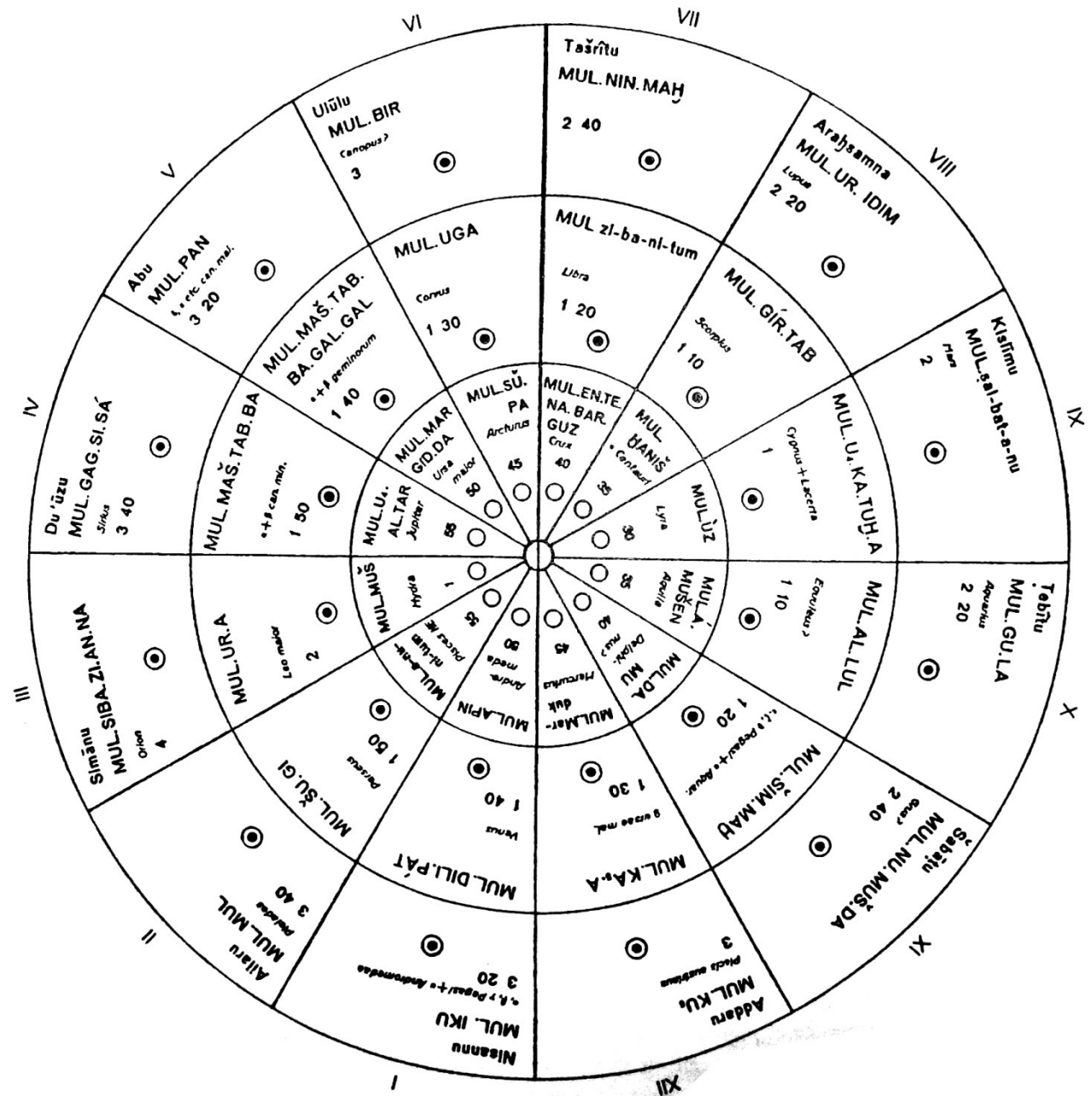
Astronomía Antigua en Babilonia

Lista circular de
estrellas, reconstruida

Cinturones exterior,
medio y centro:
Ea (sur), Anu (eq),
Enlil (norte)

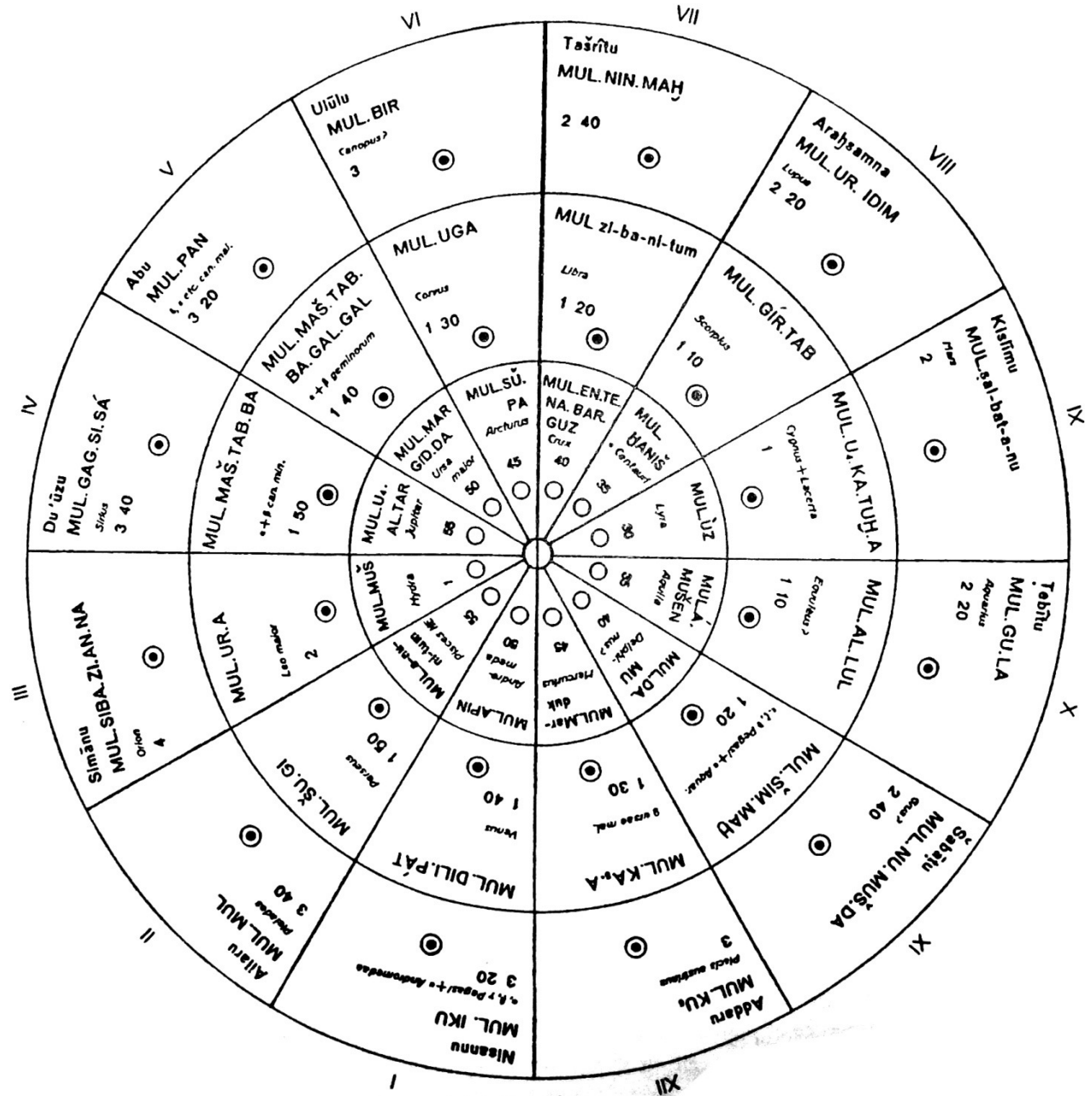
Números romanos:
meses del año,
iniciando con Nisannu

La estrella del arado,
MUL.APIN, aparece
en Enlil, en la franja I:
el arado sale en la
mañana en el mes de
Nisannu



Astronomía Antigua en Babilonia

Las Estrellas
(Pléyades) MUL.MUL,
aparece en Ea, en la
franja I:
Pléyades salen en la
mañana en el mes de
Ajjaru



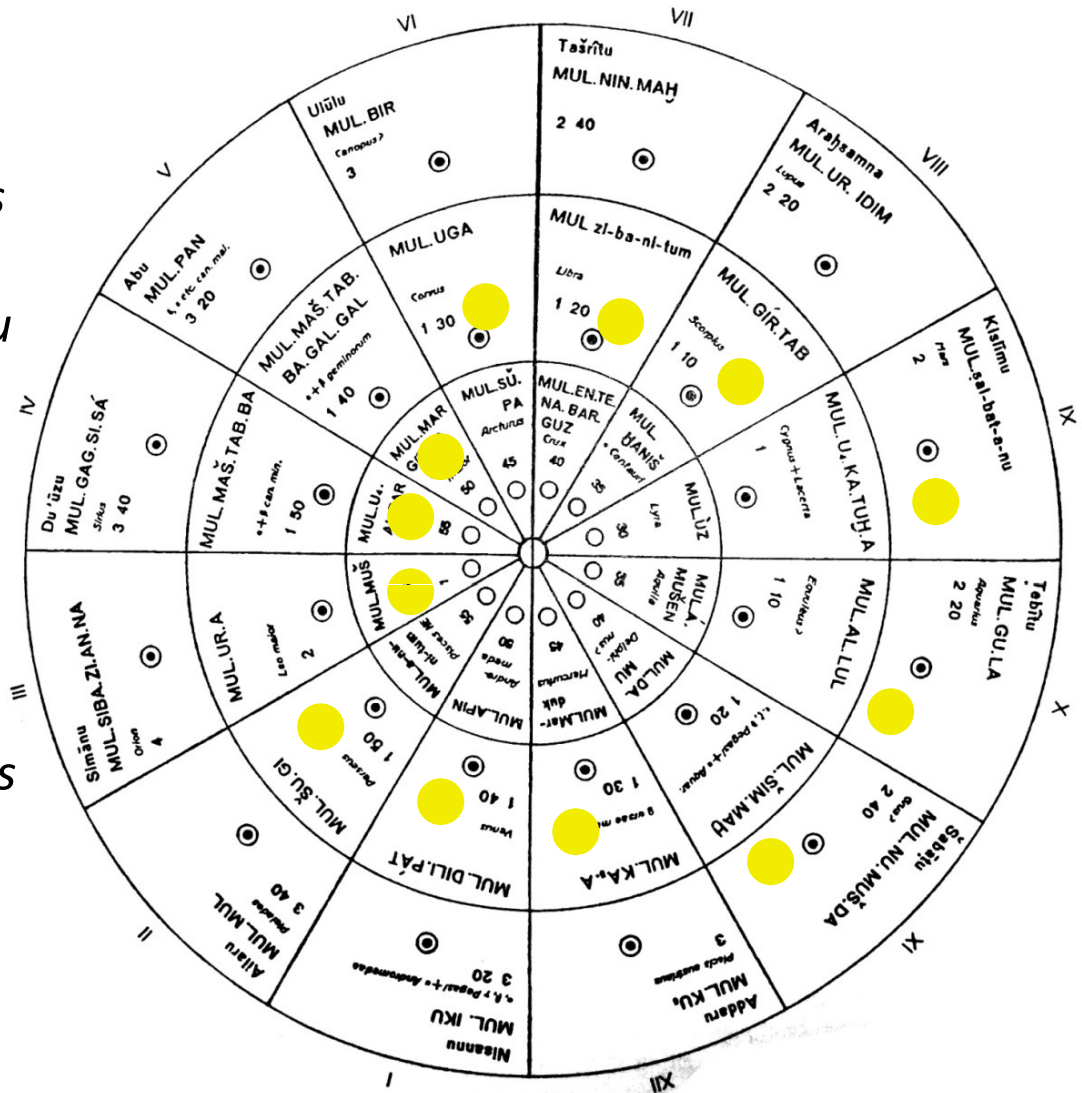
Astronomía Antigua en Babilonia

“Del 1° de Addaru hasta el 30° de Ajaru el Sol está en el camino de las estrellas de Anu; viento.

Del 1° de Simanu hasta el 30° de Abu el Sol está en el camino de las estrellas de Enlil; cosecha y calor.

Del 1° de Ululu hasta el 30° de Arahsamnu el Sol está en el camino de las estrellas de Anu; viento.

Del 1° de Kislimu hasta el 30° de Šabatu el Sol está en el camino de las estrellas de Ea; frío.”



Cinturones exterior, medio y centro:
Ea (sur), Anu (eq), Enlil (norte)

Astronomía Antigua en Babilonia

Un ejemplo del significado de la política y la religión en la astronomía Babilonia está en la lista de presagios del MUL.APIN:

“Si las estrellas del León..., el rey será victorioso en cualquier sitio al que vaya.”

“Si Júpiter es brillante, lluvia e inundación.”

“Si el Yoke es tenue cuando sale, vendrá inundación tardía.”

“Si el Yoke sigue reluciendo como fuego cuando sale, la cosecha prosperará.”

Yoke: otro nombre para Júpiter

Astronomía Antigua en Babilonia

Existen porciones de una amplia colección de presagios, llamada *Enuma Anu Enlil* (mucho más antigua que el MUL.APIN)

De los documentos que sobreviven del *Enuma Anu Enlil*, se cree que llenaba unas 60 tablillas, con miles de presagios individuales.

Los astrólogos del templo enviarían reportes al rey, dando información de las observaciones más recientes, además de la relevante interpretación según la lista de presagios en el *Enuma Anu Enlil*.

Generalmente, los presagios babilonios antiguos aplican al rey ó a la nación, no a individuos.

Otra información en MUL.APIN:

- El cambio en la **duración** del día entre **solsticios** y **equinoccios** y la variación de la distancia de las sombras en un día (aunque los números no eran basados en observaciones reales).
- El inicio de una **teoría** para los **planetas** (valores numéricos para los periodos de visibilidad e invisibilidad de planetas).

Astronomía Antigua en Babilonia

Constelaciones Babilonias y Griegas

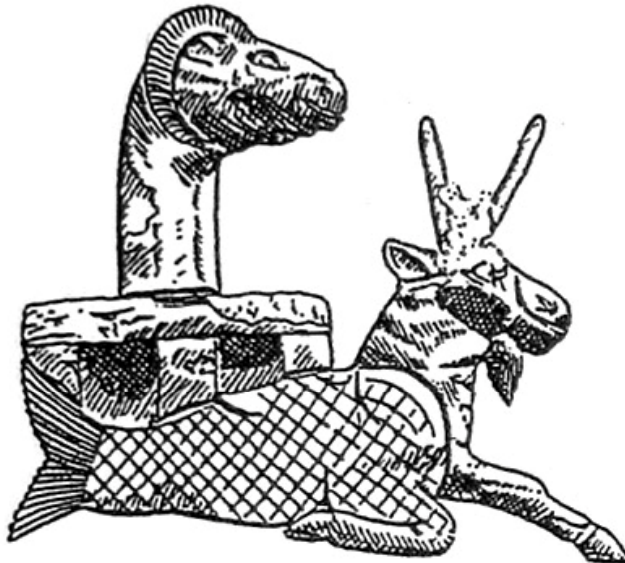


Sagitario

Izquierda: Constelación babilonia (1200 AC);
derecha: Constelación Greco-Egipcia, templo Dendera, Egipto, 25 DC.

Astronomía Antigua en Babilonia

Constelaciones Babilonias y Griegas



Capricornio

Izquierda: Constelación babilonia (1200 AC);
derecha: Constelación Greco-Egipcia, templo Dendera, Egipto, 25 DC.

Astronomía Antigua en Babilonia

Constelaciones Babilonias y Griegas



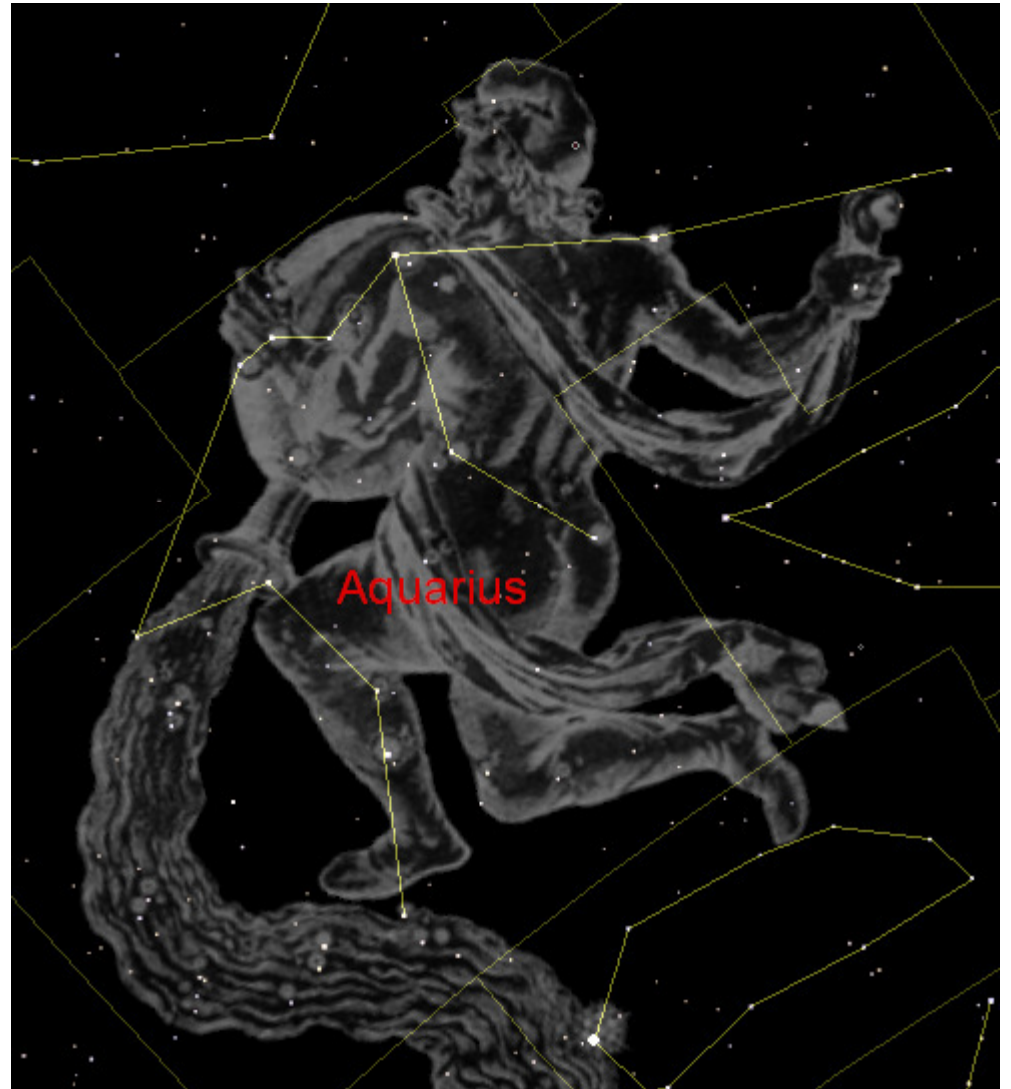
Acuario

Izquierda: Constelación babilonia (1200 AC);
derecha: Constelación Greco-Egipcia, templo Dendera, Egipto, 25 DC.
Sistema de 12 constelaciones zodiacales: 900 AC.
Signos Zodiacales, de 30° cada uno: finales del sexto siglo AC.

Astronomía Antigua en Babilonia



Acuario suele identificarse con el hermoso Ganimedes; su belleza excepcional llamó la atención de Zeus quien disfrazado de águila lo sacó del Olimpo. Hera, esposa de Zeus estaba enojada, pero tuvo que tolerar a Ganimedes, quien se quedó para servir a los dioses el néctar de su jarra.



Astronomía Antigua en Babilonia

Astrología en Babilonia

“Aquellos que, según la posición de las estrellas a la hora del nacimiento y por medio de diversos cálculos y adivinaciones [...], determinaban el destino de las personas”, eran la base de este culto a los astros. (*Gesenius's Hebrew and Chaldee Lexicon, traducción al inglés de S. P. Tregelles, 1901, págs. 166, 167.*)

En esta pseudociencia de la astrología se creía que sobre cada sección de los cielos regía un dios diferente. Se afirmaba que todos los movimientos y fenómenos celestes, como la salida y la puesta del Sol, los equinoccios y los solsticios, las fases de la Luna, los eclipses y los meteoros, eran obra de estos dioses.

Existía la creencia de que todos los asuntos, tanto públicos como privados, los controlaban estos dioses de los cielos. Como consecuencia, no se tomaban decisiones políticas ni militares hasta que los astrólogos leían e interpretaban los agüeros y daban su consejo. De esta manera la clase sacerdotal llegó a tener un enorme poder e influencia en la vida de la gente.

Astronomía Egipcia



Astronomía en Egipto

Práctica de momificación de cadáveres, enterrados en tumbas grandiosas, pintadas con escenas de la vida en ese tiempo.



Estas inscripciones nos permiten aprender sobre la cultura egipcia antigua.

Las creencias religiosas que motivaron estas prácticas fueron incorporadas al calendario que incluía observaciones astronómicas de planetas y estrellas “fijas” que representaban deidades (animales/cabezas de animales).

Astronomía en Egipto

Se identificaba al faraón como el hijo del Sol
(una deidad encarnada).

Las tumbas y templos egipcios enfatizaban la
importancia del Sol, la Luna y las estrellas

*Amduat ó “Libro de lo que hay en el
inframundo”*

(Tumba de Tutmosis III, Valle de los Reyes)
12 capítulos de horas, que marcan las horas de la
noche y representan el pasaje del alma del rey por
el inframundo para renacer (como el Sol).



Muestra la importancia de la astronomía en la
religión y el calendario.

Astronomía en Egipto

“Las escrituras en la cámara secreta, los lugares donde las almas, los dioses y los espíritus están. Lo que hacen. El inicio del Cuerno de Oeste, la puerta del Horizonte Oeste. Este es el conocimiento del poder de aquellos en el Inframundo. Este es el conocimiento de lo que hacen: el conocimiento de sus rituales sagrados a Ra; el conocimiento de los poderes misteriosos; conocimiento de lo que hay en las horas así como de sus dioses, conocimiento de lo que les dice; conocimiento de los que son poderosos y de los aniquilados”.

Durante la primera hora, el Sol le ordenaba al cuerpo muerto del rey abrir las puertas del inframundo.



Proveer al inframundo de luz y vida y despertar a sus dioses, hora tras hora.

Astronomía en Egipto

El rey es restaurado a la vida,
luego de un encuentro con
el dios escarabajo.



El dios escarabajo sube el Sol
por el horizonte, hacia el
este.

Mito de Osiris

1. Asesinato y desmembramiento de Osiris por su hermano, Seth.
2. La persistencia y éxito en la reconstitución del cuerpo de Osiris por su esposa (y hermana) Isis.
3. Osiris alcanza la vida eterna
4. La unión entre Isis y Osiris, de donde nace Horus, quien venga a su padre.

“El cuarto creciente es el símbolo del renacimiento de Osiris como rey de los muertos y de su hijo y sucesor Horus como rey de los vivos.” Parker, 1950

El ciclo lunar



La luna orbita la tierra en algo más de 27 días.

Sentido de la rotación terrestre y del movimiento de la luna (Occidente a Oriente):

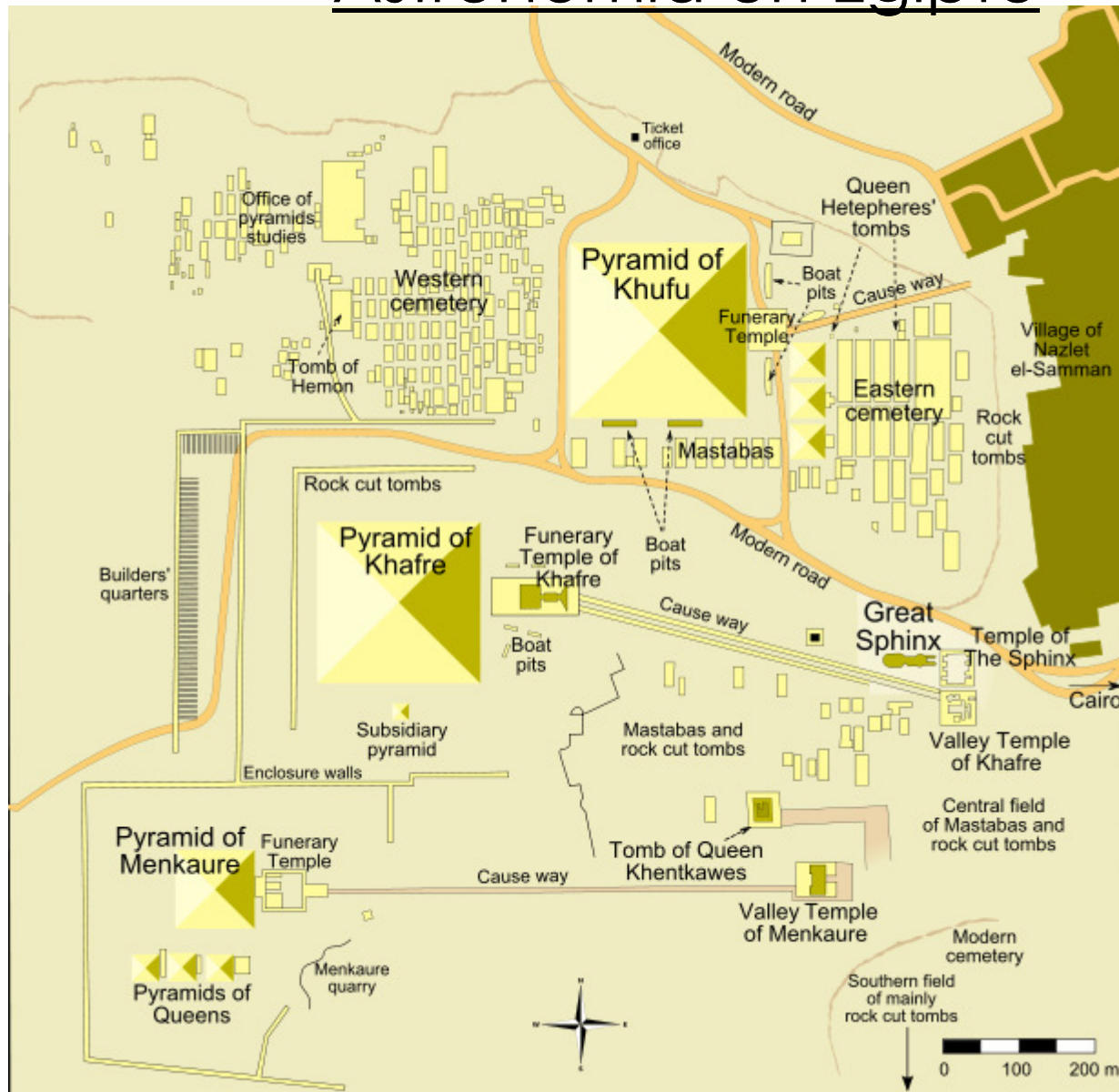


Astronomía en Egipto



Complejo de
pirámides, Giza

Astronomía en Egipto



Complejo de pirámides, Giza

Astronomía en Egipto



La gran pirámide de Giza (Khufu), Egipto.
(Latitud= $29^{\circ}58'51''$)

Construida hacia el año 2560 A.C. (20 años)

Dimensiones:

Base: 230.38m

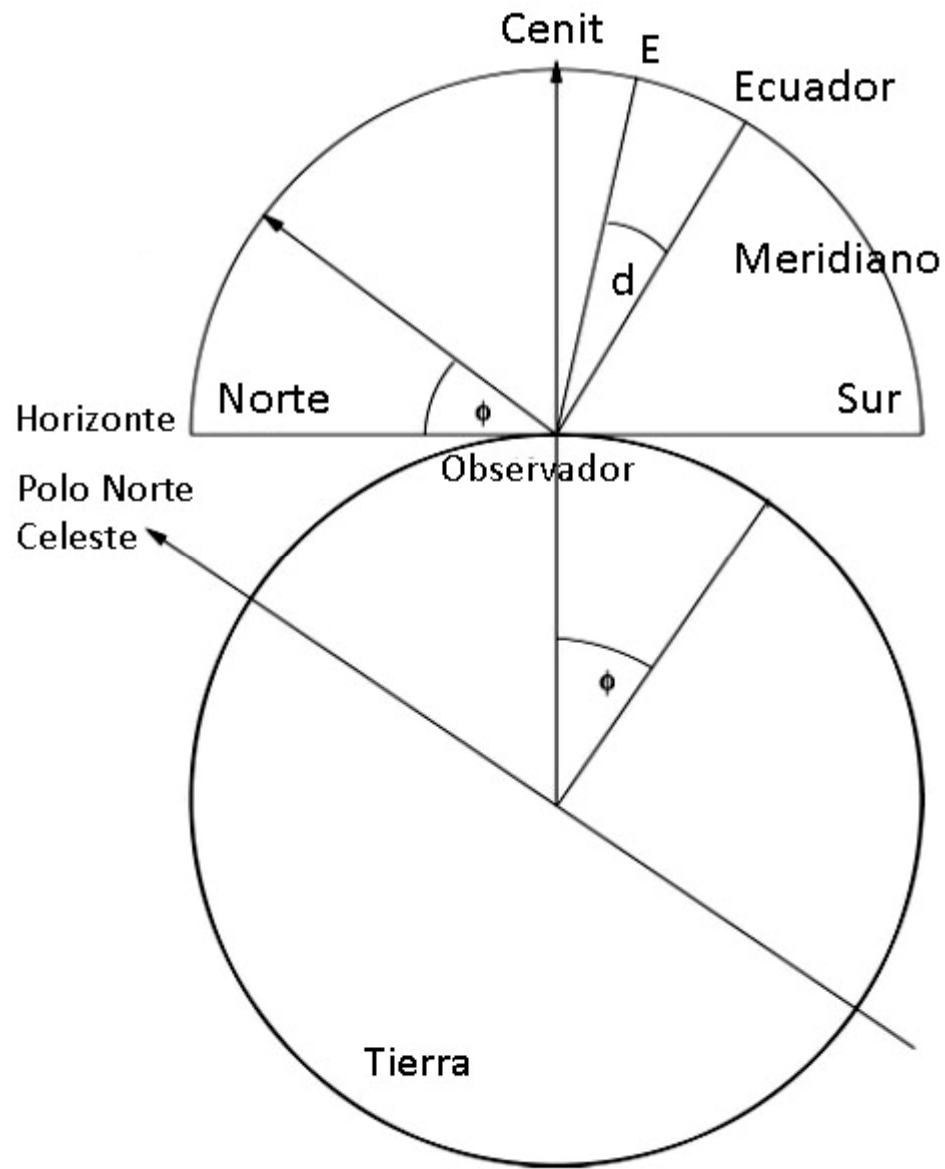
Altura: 146.5m

Pendiente: $51^{\circ}50'$

2.5 millones de bloques

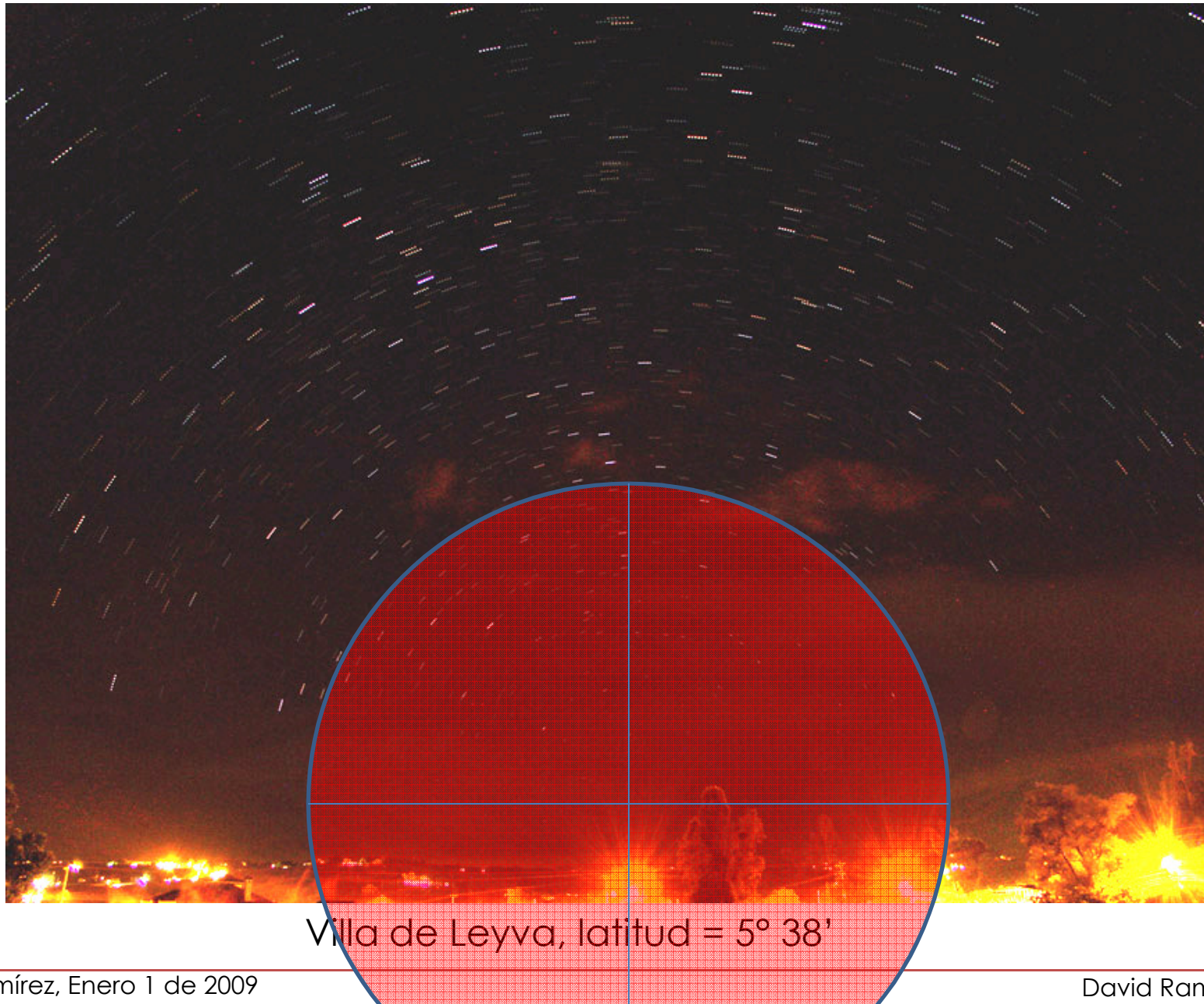
6 – 7 ton/bloque

Estrellas Circumpolares

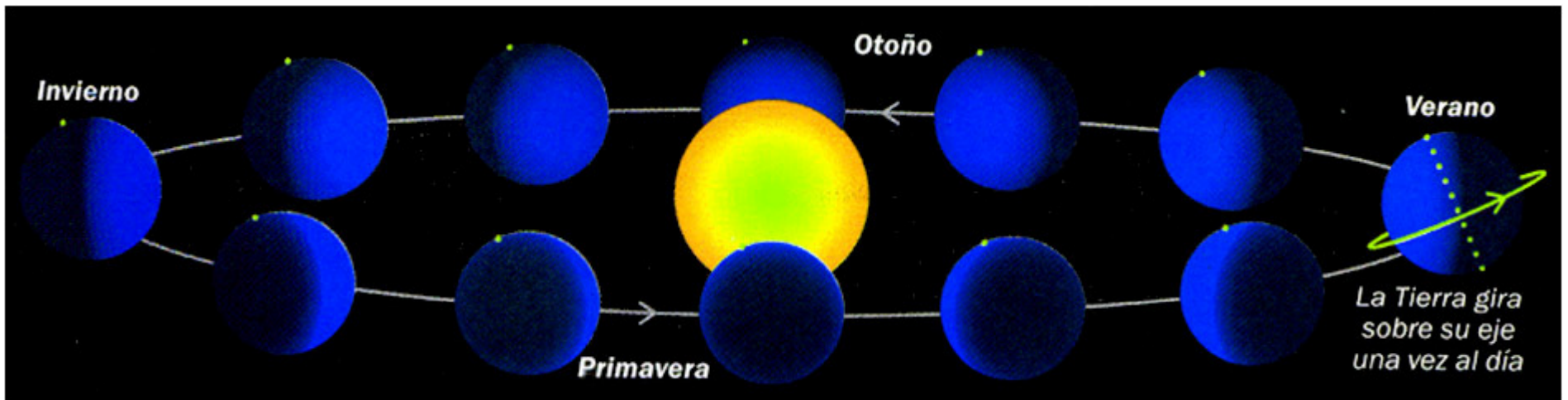


El ángulo al que se encuentre un observador con respecto al ecuador (latitud), equivale al ángulo que tendrá el Polo Norte Celeste con el horizonte (altitud del PNC).

Estrellas Circumpolares



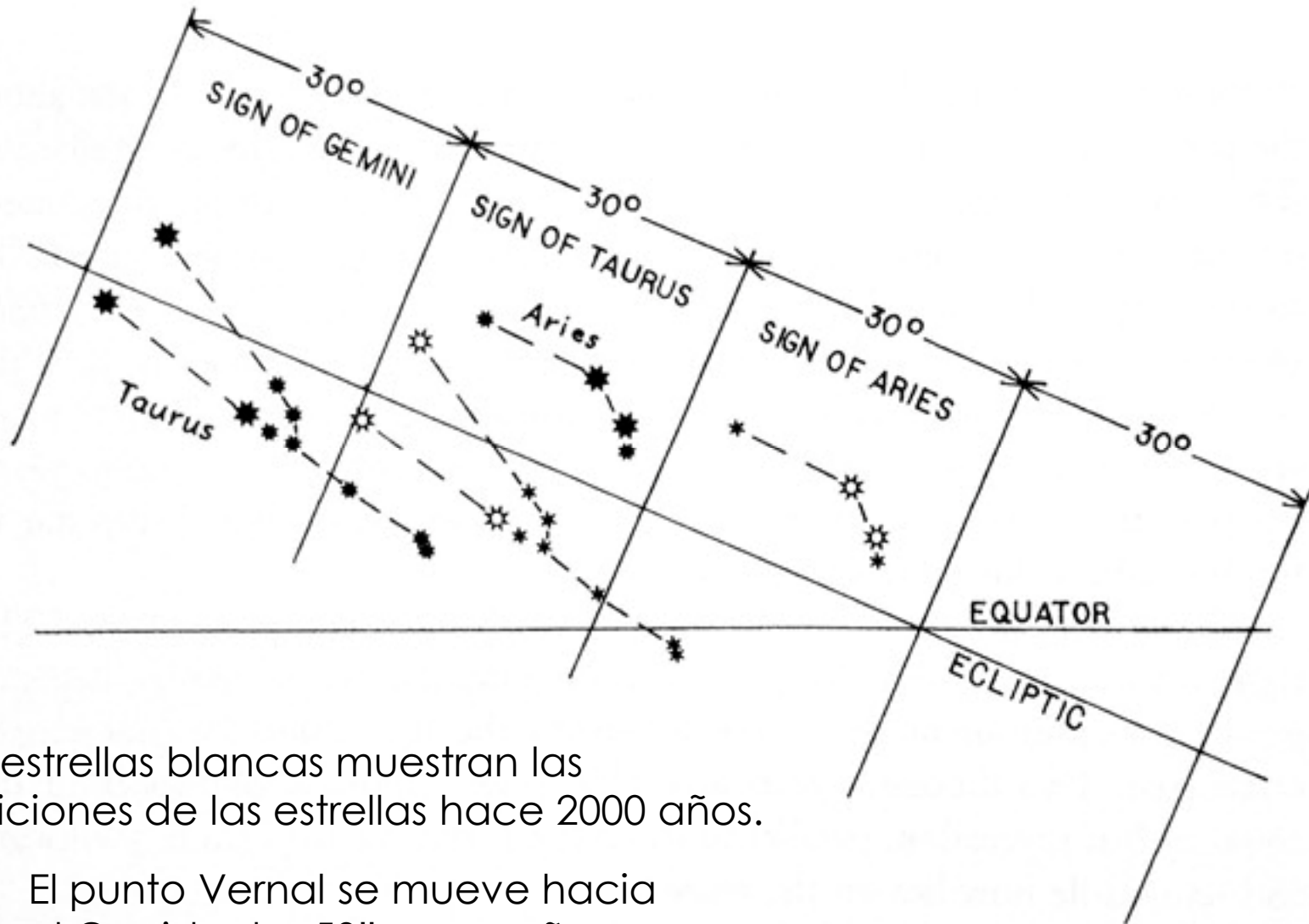
Precesión del eje de la Tierra



La Tierra se mueve como un trompo, el Polo Norte Celeste cambia de posición en el cielo con los años.

Hoy sabemos que el punto vernal se mueve 1° cada 72 años, ó $50''$ cada año.

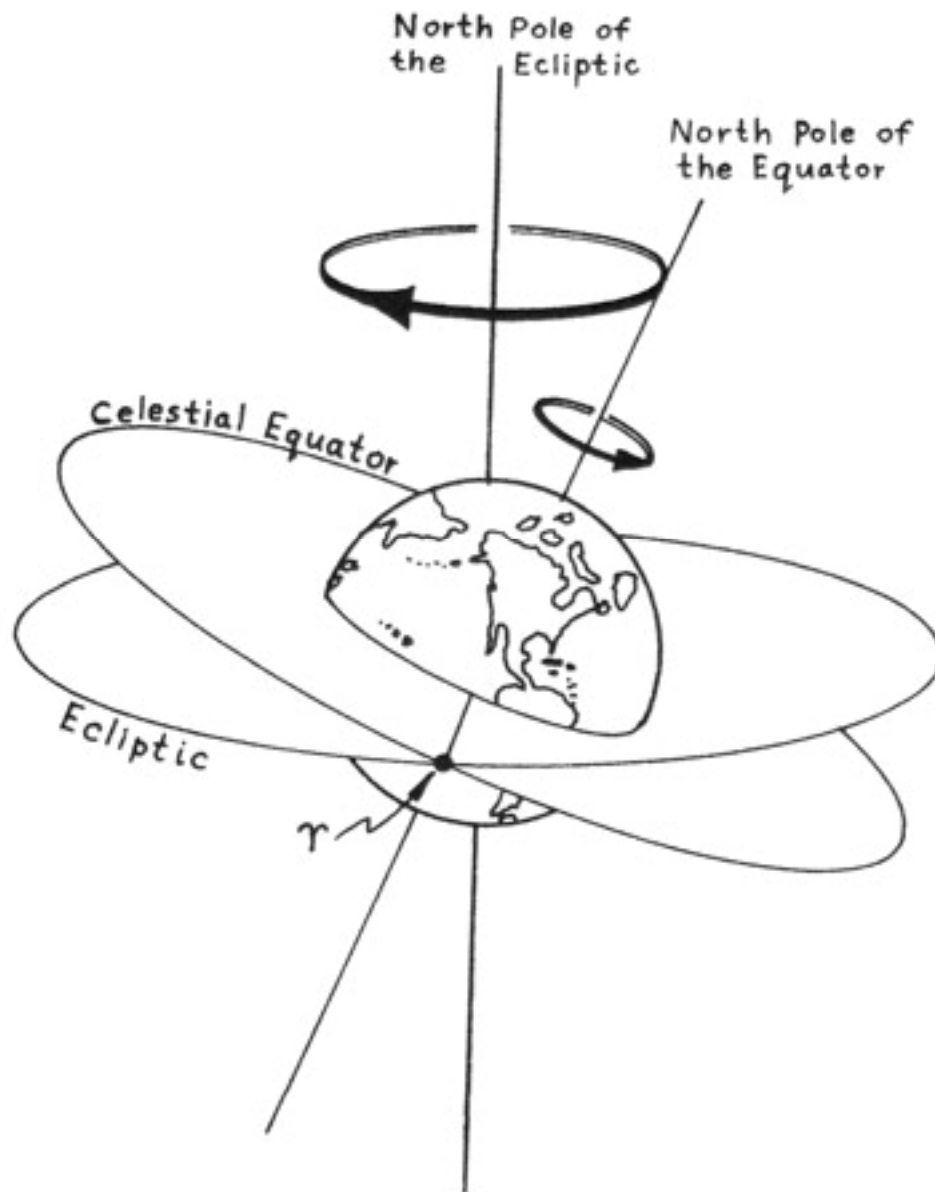
Precesión del eje de la Tierra



Las estrellas blancas muestran las posiciones de las estrellas hace 2000 años.

El punto Vernal se mueve hacia el Occidente, 50" en un año.

Precesión del eje de la Tierra

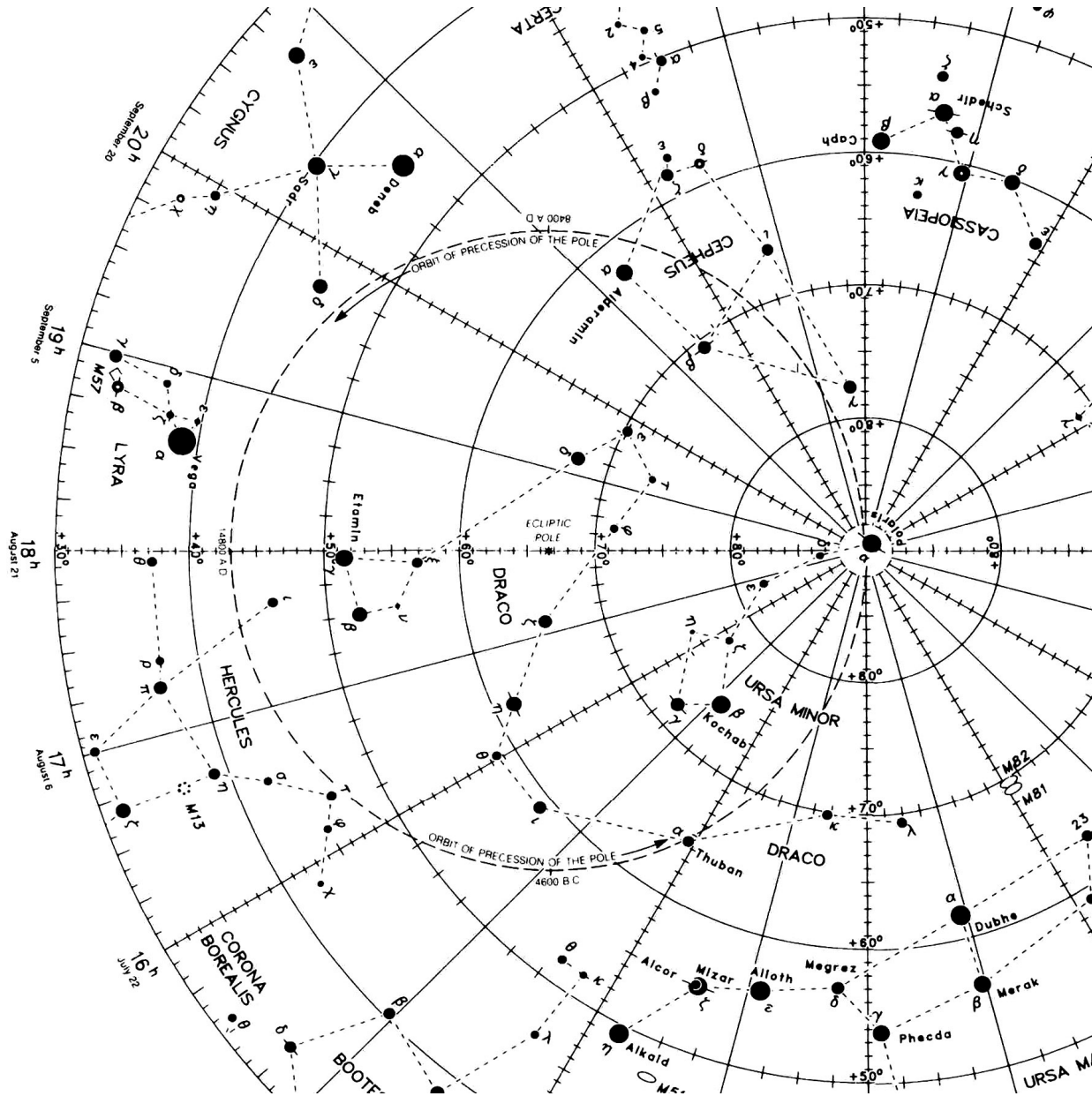


La Tierra se mueve como un trompo, y el eje de rotación describe un círculo en torno al Polo Norte de la Eclíptica.

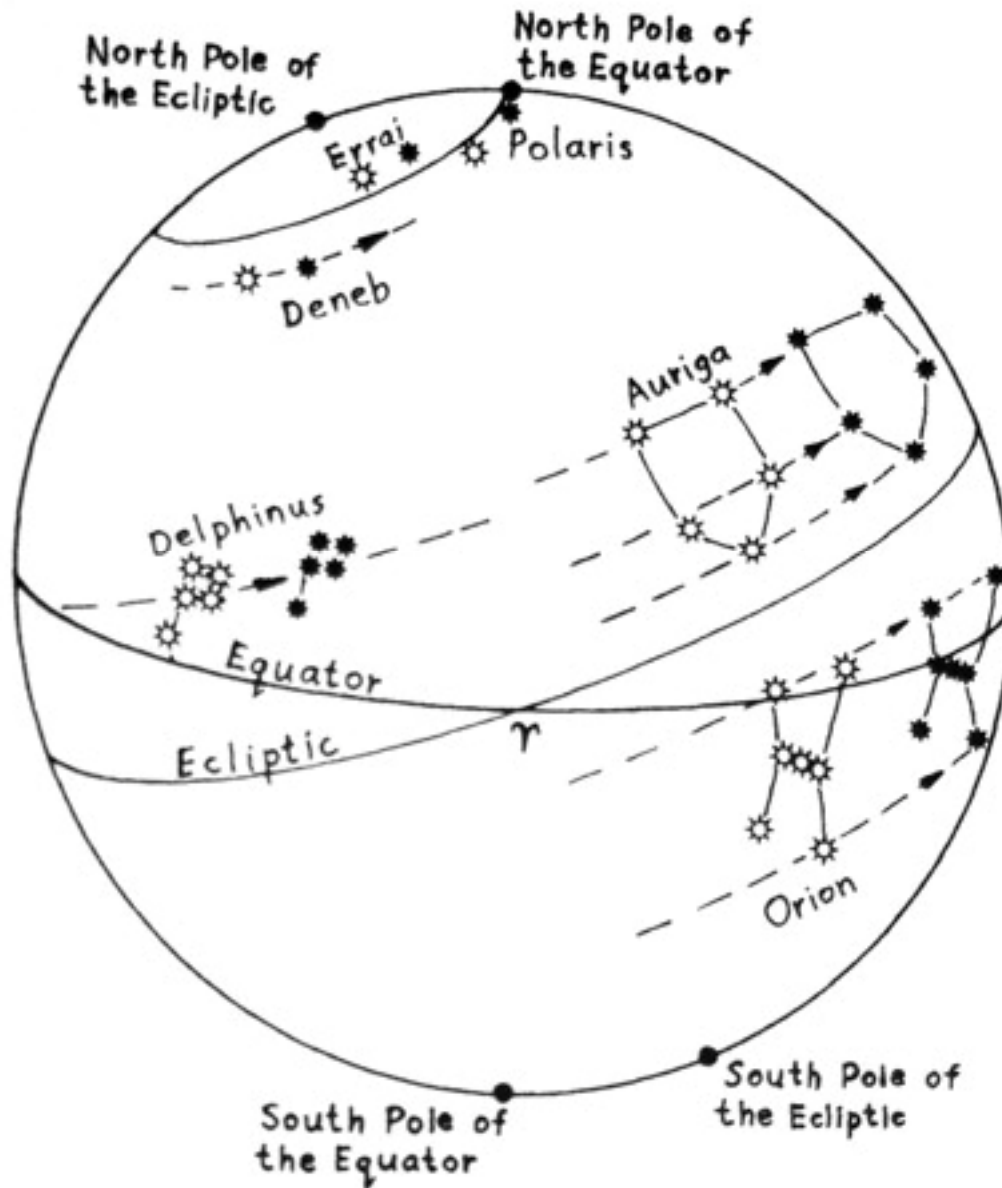
Precesión del eje de la Tierra

Hoy sabemos que el punto vernal se mueve 1° cada 72 años, ó $50''$ cada año.

Esto
corresponde
a 25920 años
para
completar
una vuelta.



Precesión del eje de la Tierra

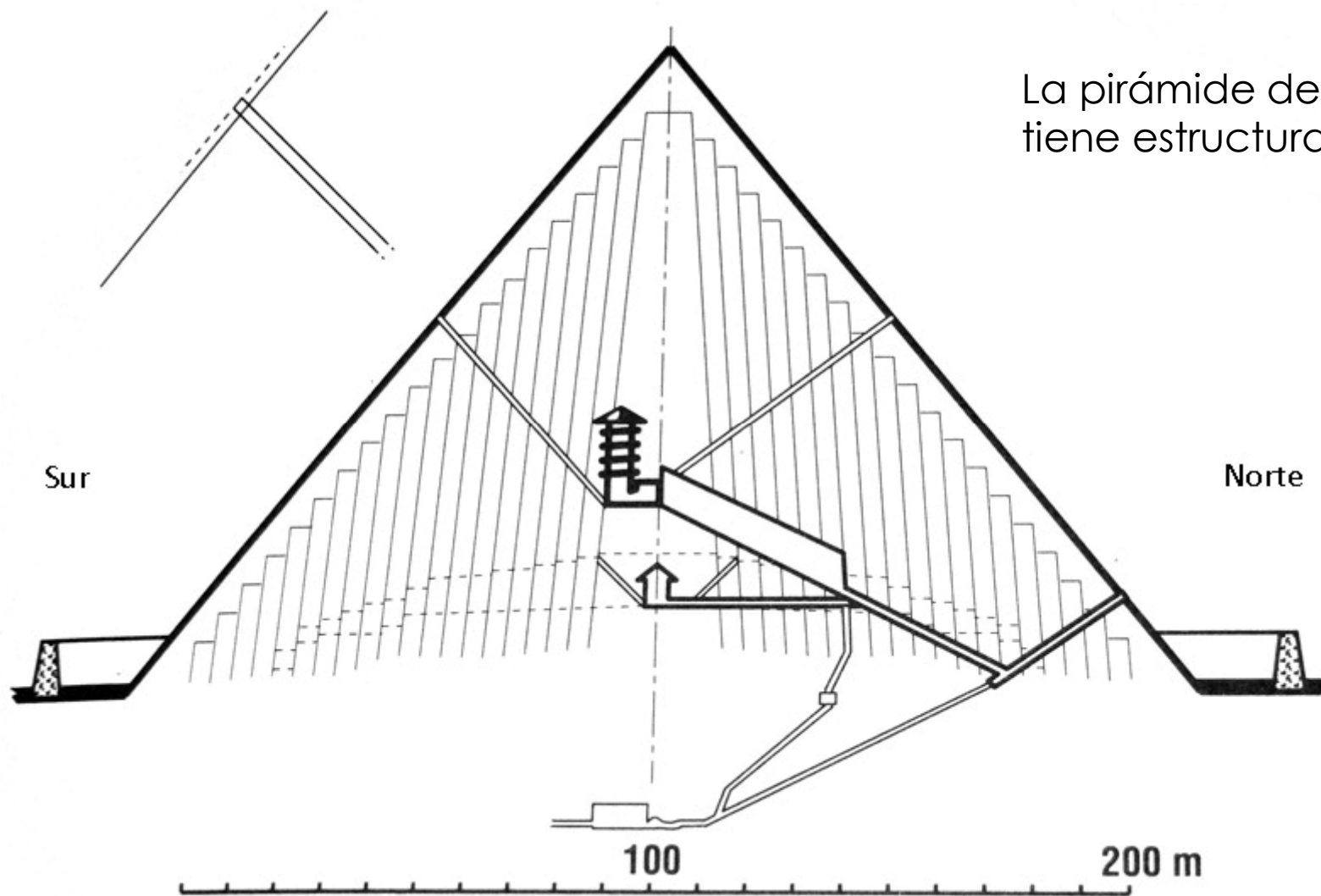


Otro punto de vista:

La esfera celeste, vista desde afuera.

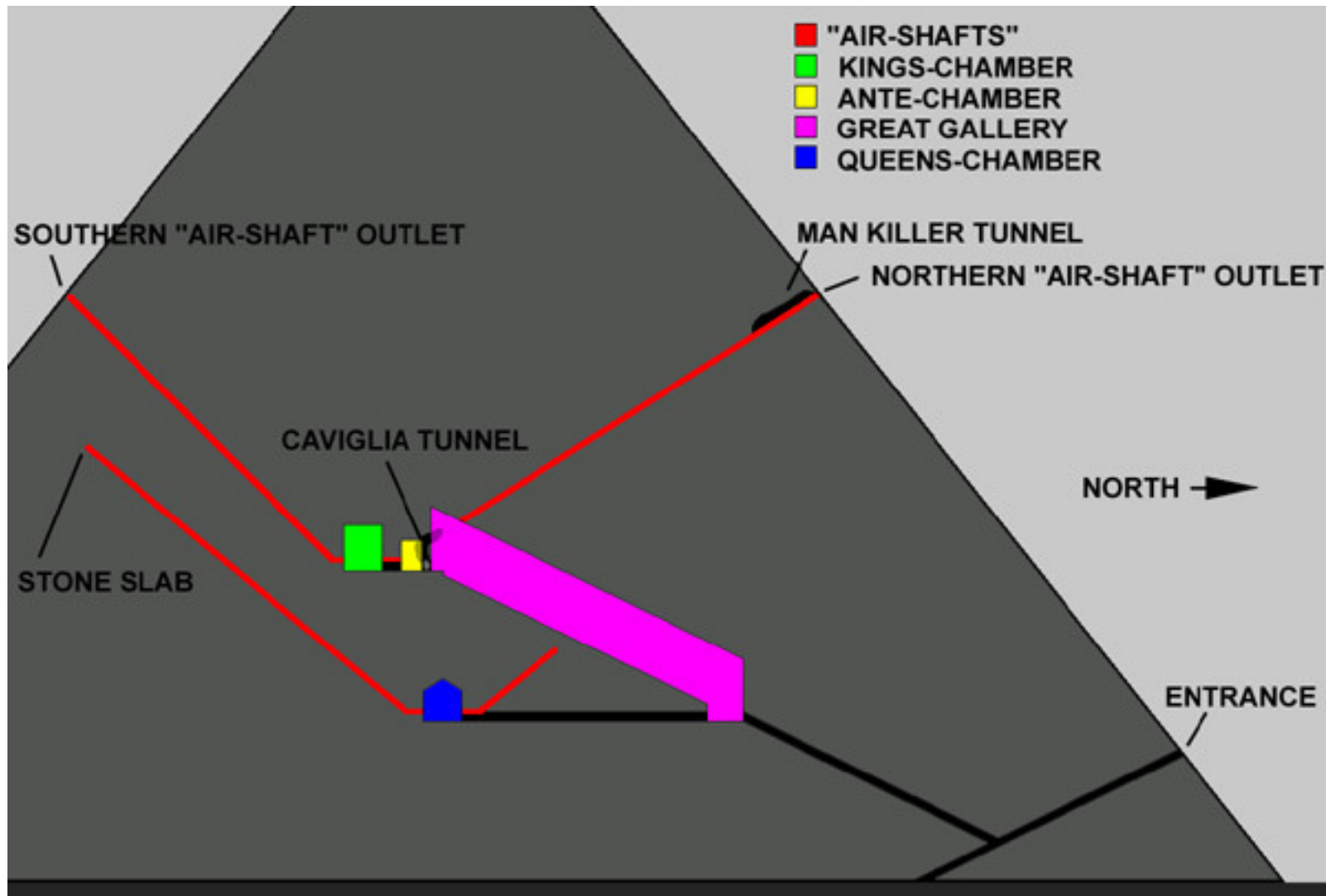
Las estrellas se mueven paralelas a la eclíptica.

Astronomía en Egipto



La pirámide de Keops tiene estructura interna.

Astronomía en Egipto

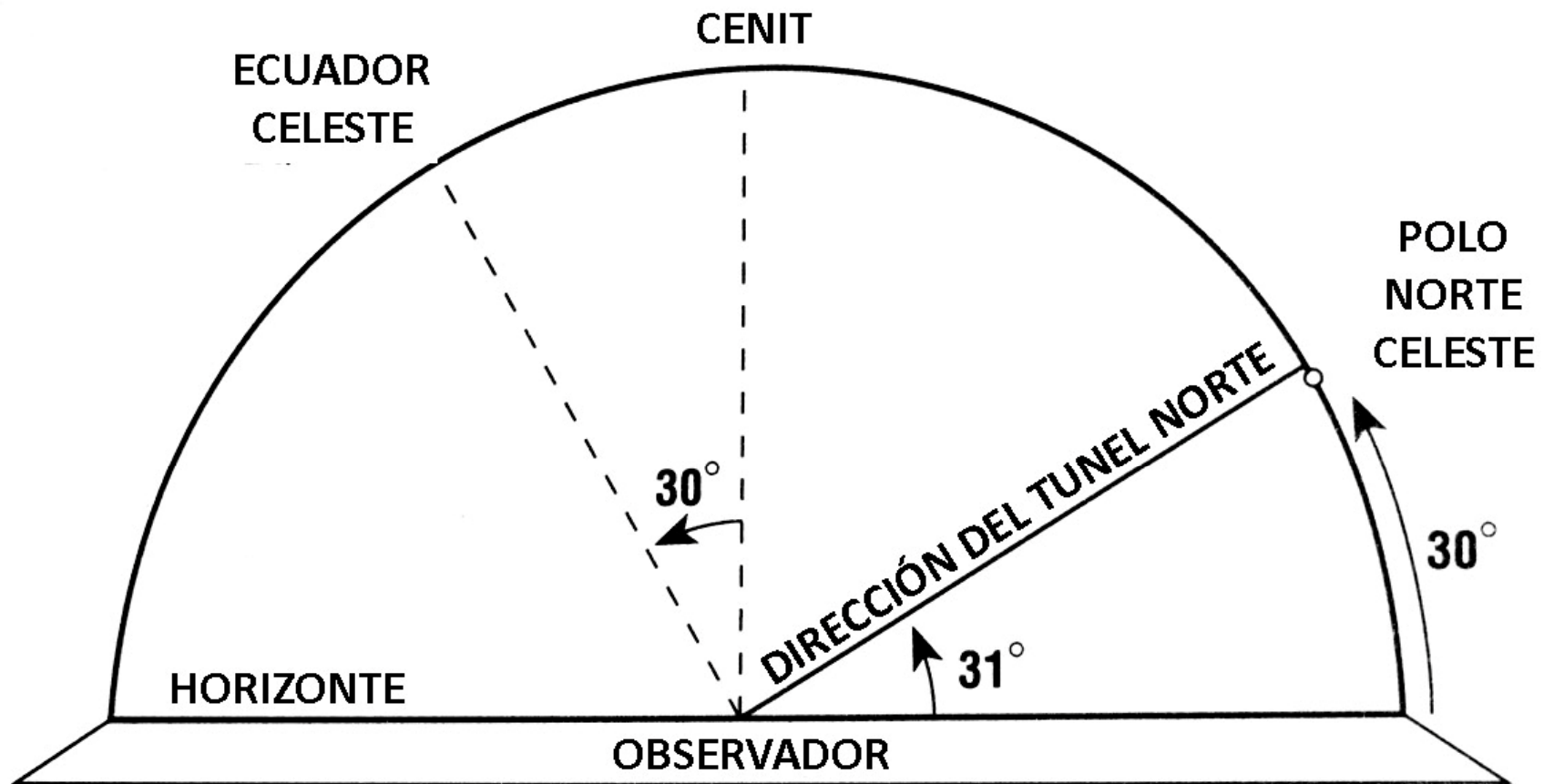


Astronomía en Egipto



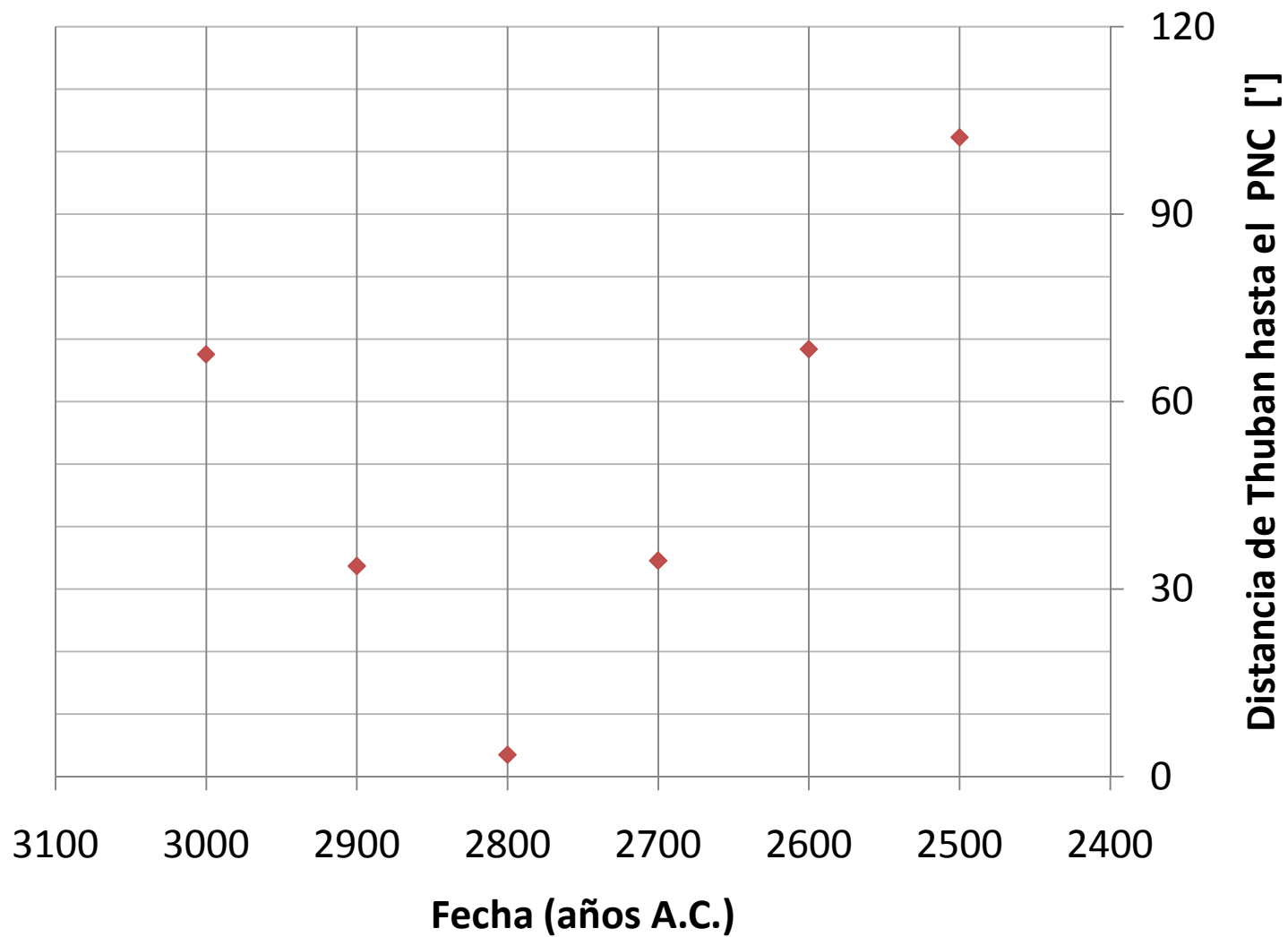
Salida del
túnel Sur

Astronomía en Egipto

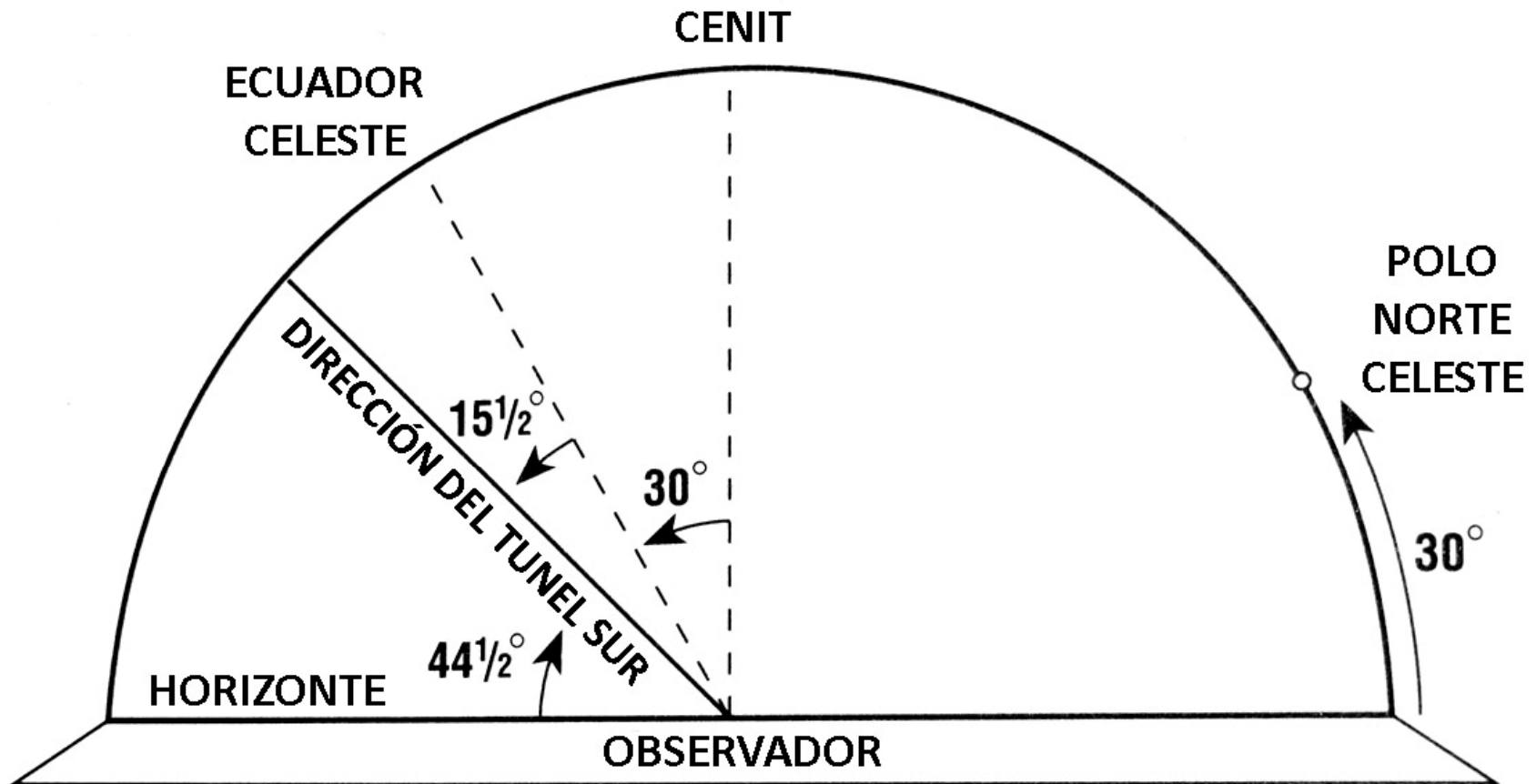


El ángulo entre el horizonte y el Polo Norte Celeste equivale a la latitud del observador.
(Latitud de Giza = 30°)

Astronomía en Egipto

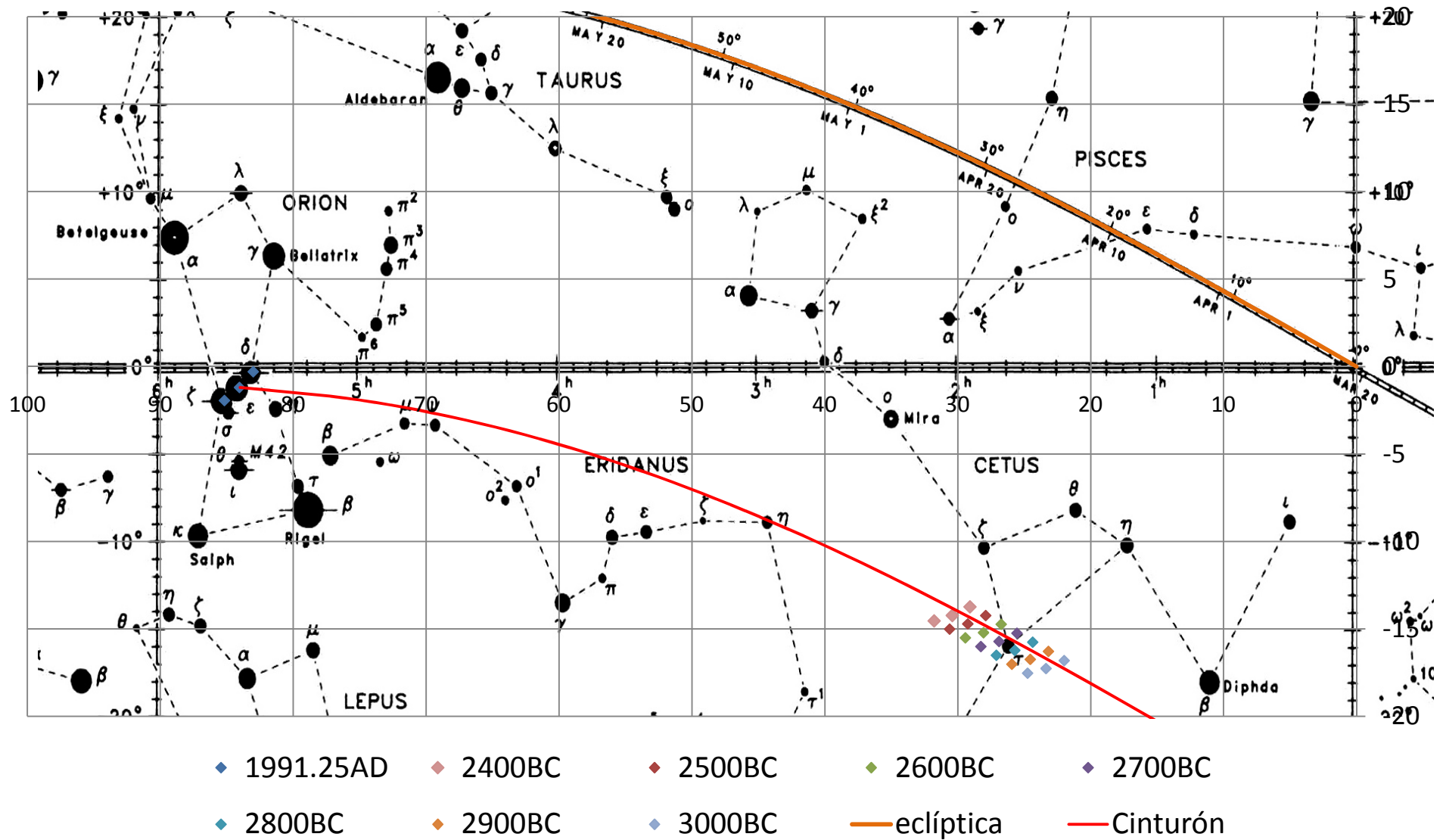


Astronomía en Egipto

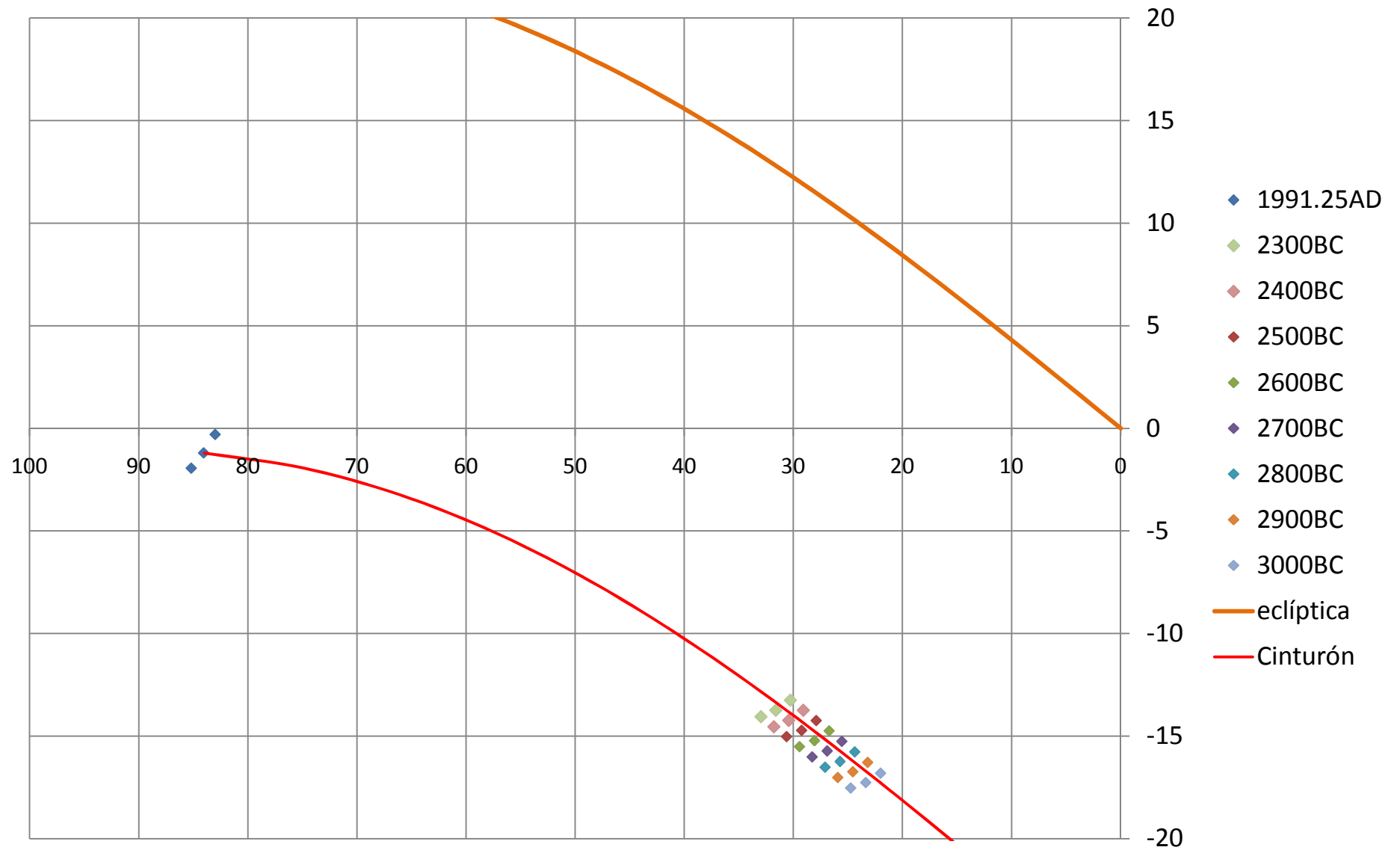


El ángulo entre el horizonte y el túnel hacia el Sur equivale a declinación -15.5°

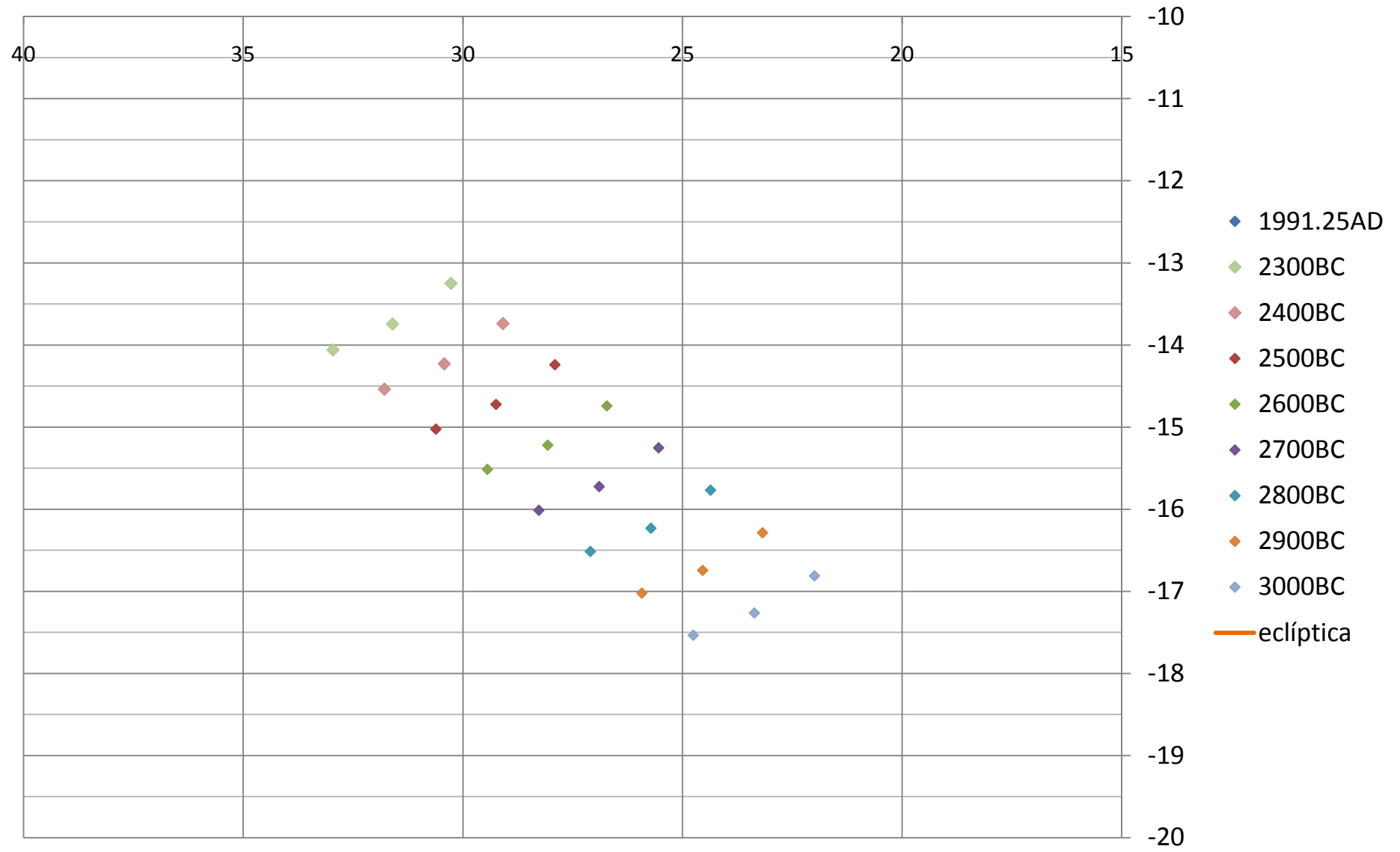
Astronomía en Egipto



Astronomía en Egipto



Astronomía en Egipto



Astronomía Griega

Palabras de Aristóteles (384-322AC):

*“Quiero decir que son muchos los **cambios** que se aprecian en las estrellas que levitan sobre nosotros, y las estrellas que vemos parecen distintas, puesto que unas se desplazan hacia el norte mientras que otras lo hacen hacia el sur. En verdad, algunas de las estrellas visibles desde Egipto y en la vecindad de Chipre no pueden verse desde las regiones norteñas; y las estrellas que en el norte nunca dejan de observarse en aquellas regiones nacen y se ponen. Todo ello demuestra no solo que la Tierra posee una **forma circular**, sino que es una esfera de tamaño no muy grande: de no ser esto cierto, el efecto causado por tan escaso desplazamiento no resultaría ni tan rápido ni tan aparente.”*

Astronomía Griega

Palabras de Aristóteles (384-322AC):

*“Entonces uno no debería estar tan seguro de la incredibilidad de la visión de aquellos que conciben que hay continuidad entre las partes cerca de las Columnas de Hércules y las partes cerca de India, y en este sentido **el océano es uno**. Como mayor evidencia en favor de esto ellos citan el caso de los elefantes, una especie que se encuentra en cada una de estas regiones extremas, sugiriendo que la característica común de estos extremos es explicada por su **continuidad**.*

*También aquellos matemáticos que tratan de calcular el tamaño de la circunferencia de la Tierra llegan a la figura de **400,000** estadios. Esto indica no solo que la masa de la Tierra es de forma esférica, pero también que comparada con las estrellas no es de gran tamaño.”*

Astronomía Griega

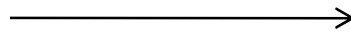
Ideas de Aristóteles (384-322AC):

1. El universo es finito, porque un universo infinito no puede tener un centro (la Tierra).
2. La esfera de las estrellas fijas era la principal movible, (el mas grande dios); debajo de esa esfera estaba un impulsador inmóvil, influenciando todas las otras, como el “amado” influencia al “amante” (este punto de vista puede hacer referencia a la idea de Platón de ver el mundo como un alma viviente).
3. La Tierra es esférica, y no de tremendo tamaño; el cita los resultados de algunos matemáticos (Eudoxio y Calipo (?)) de la circunferencia de la Tierra: 400,000 Estadios ó unos 63,000km.
4. Los cometas y la Vía Láctea eran fenómenos atmosféricos, “fieras exhalaciones”.

La idea de una Tierra esférica viene de una escuela de pensadores (los Pitagóricos, s. VI y V AC), especialmente dotados para la música y las matemáticas.

Astronomía Griega

Eratóstenes



Primera medición
detallada del
tamaño de la Tierra
(244 AC)

Conocía un relato de un capitán de la marina mercante llamado Piteas, que contaba los rumbos adoptados durante el viaje hacia el norte (bordeando España y Francia y luego hacia las islas Órcadas y las Shetland, alcanzando latitudes cercanas a las del sol de medianoche):

“Los bárbaros nos mostraron donde poder ver el Sol durante la noche, pues en estas regiones la noche es extremadamente corta, a veces de dos o tres horas, de tal suerte que un brece intervalo separa la puesta de Sol del amanecer.”





Astronomía Griega

Eratóstenes

En Siena (Asuán): al mediodía del primer día de verano el Sol no proyectaba sombra en los pozos profundos.

En Alejandría, 5000 estadios al norte, en la misma fecha sí se observaba una sombra.

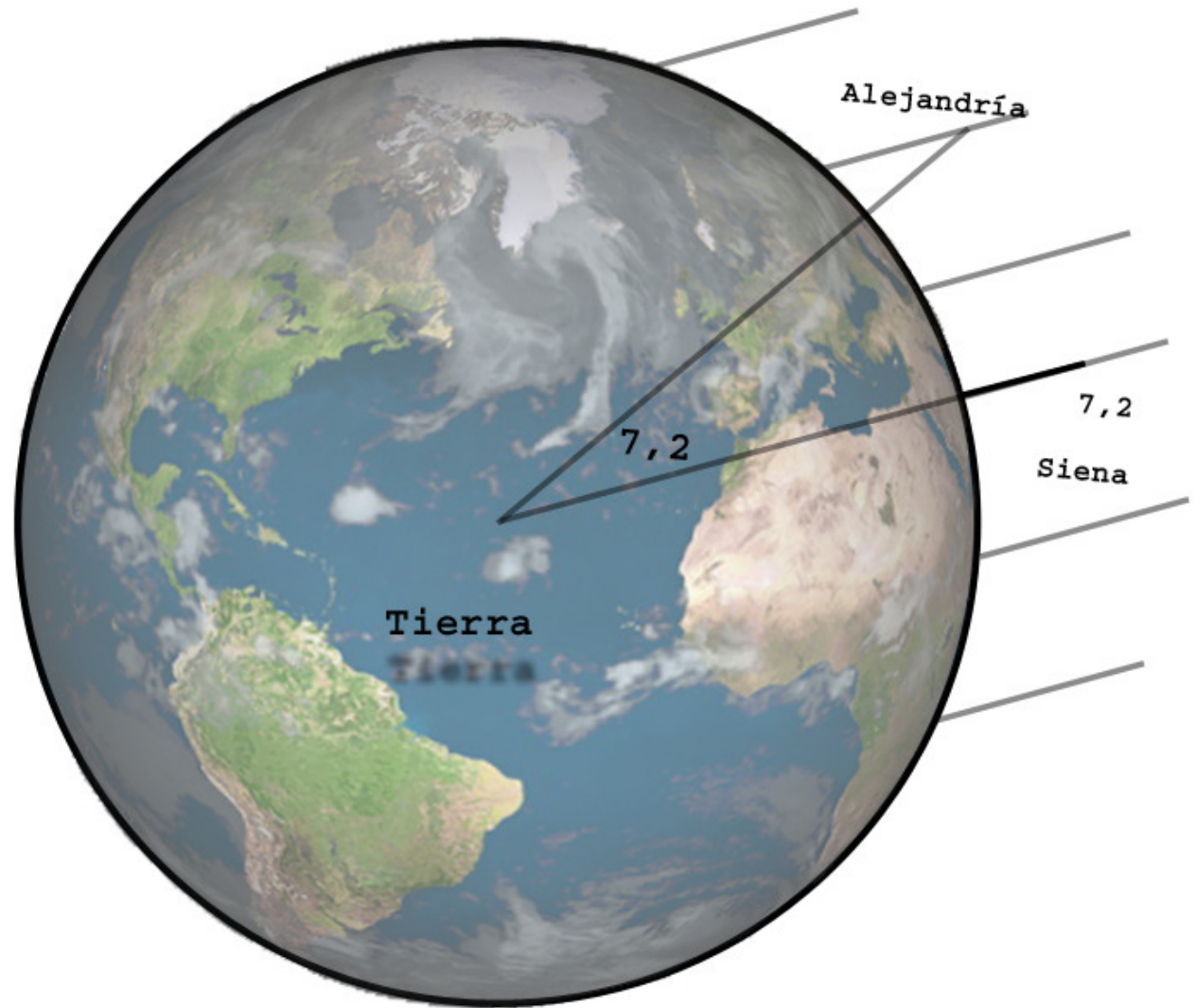


Astronomía Griega

Eratóstenes

En Siena (Asuán): al mediodía del primer día de verano el Sol no proyectaba sombra en los pozos profundos.

En Alejandría, 5000 estadios al norte, en la misma fecha sí se observaba una sombra.



Astronomía Griega

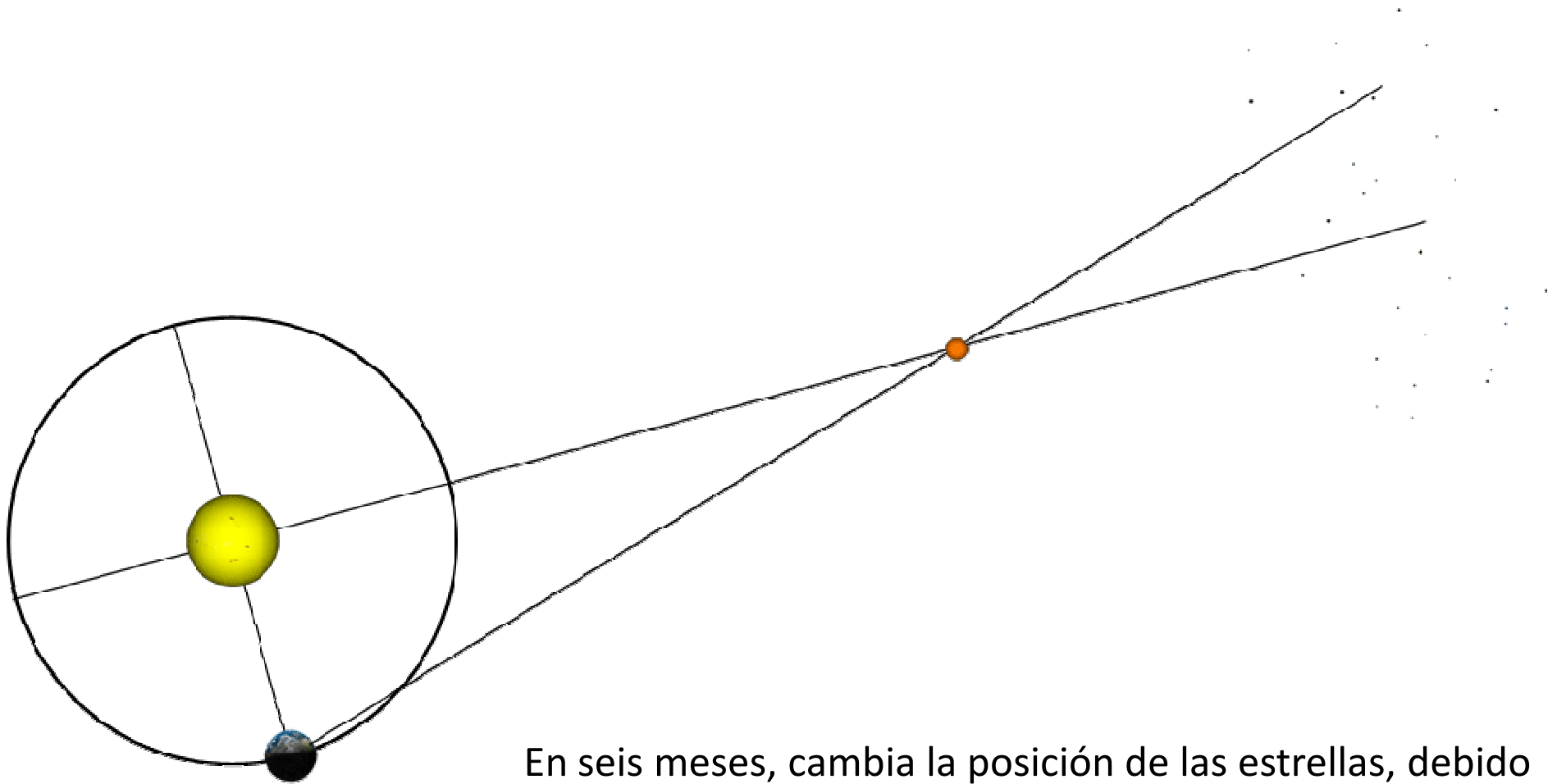
Aristarco de Samos (vivió entre 310 y 230 AC)

Tenía la idea de que la Tierra se movía en torno al Sol;
en palabras de Arquímedes:

“Aristarco de Samos trajo un libro que consiste en algunas hipótesis, en las que las premisas conducen al resultado de que el cosmos es muchas veces más grande de lo que se cree ahora. Sus hipótesis son que las estrellas fijas y el Sol permanecen inmóviles, que la Tierra revoluciona en torno al Sol en la circunferencia de un círculo, estando el Sol en el centro de la órbita, y que la esfera de las estrellas fijas, situada en el mismo centro que el Sol, es tan grande que el círculo en el que él supone que la Tierra se mueve tiene tal proporción a la distancia de las estrellas fijas como el centro de la esfera tiene a su superficie”.

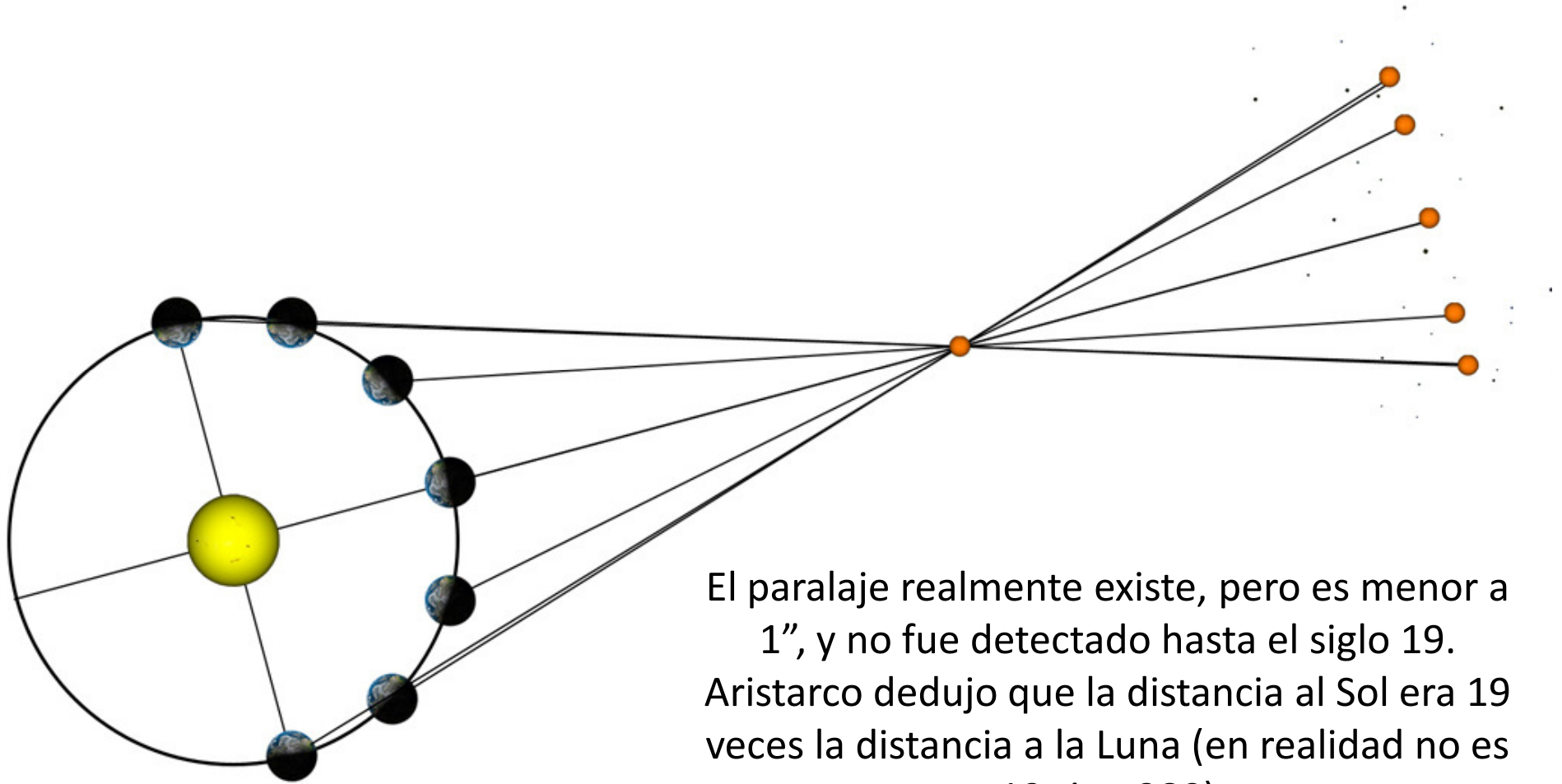
Si la idea de Aristarco era correcta, debía existir el efecto
de *paralaje anual*.

Paralaje Anual



En seis meses, cambia la posición de las estrellas, debido a la órbita de la Tierra.

Paralaje Anual



El paralaje realmente existe, pero es menor a 1", y no fue detectado hasta el siglo 19. Aristarco dedujo que la distancia al Sol era 19 veces la distancia a la Luna (en realidad no es 19 sino 380)

Astronomía Griega

Concepción del
Universo de Ptolomeo
(s. II a.C.)

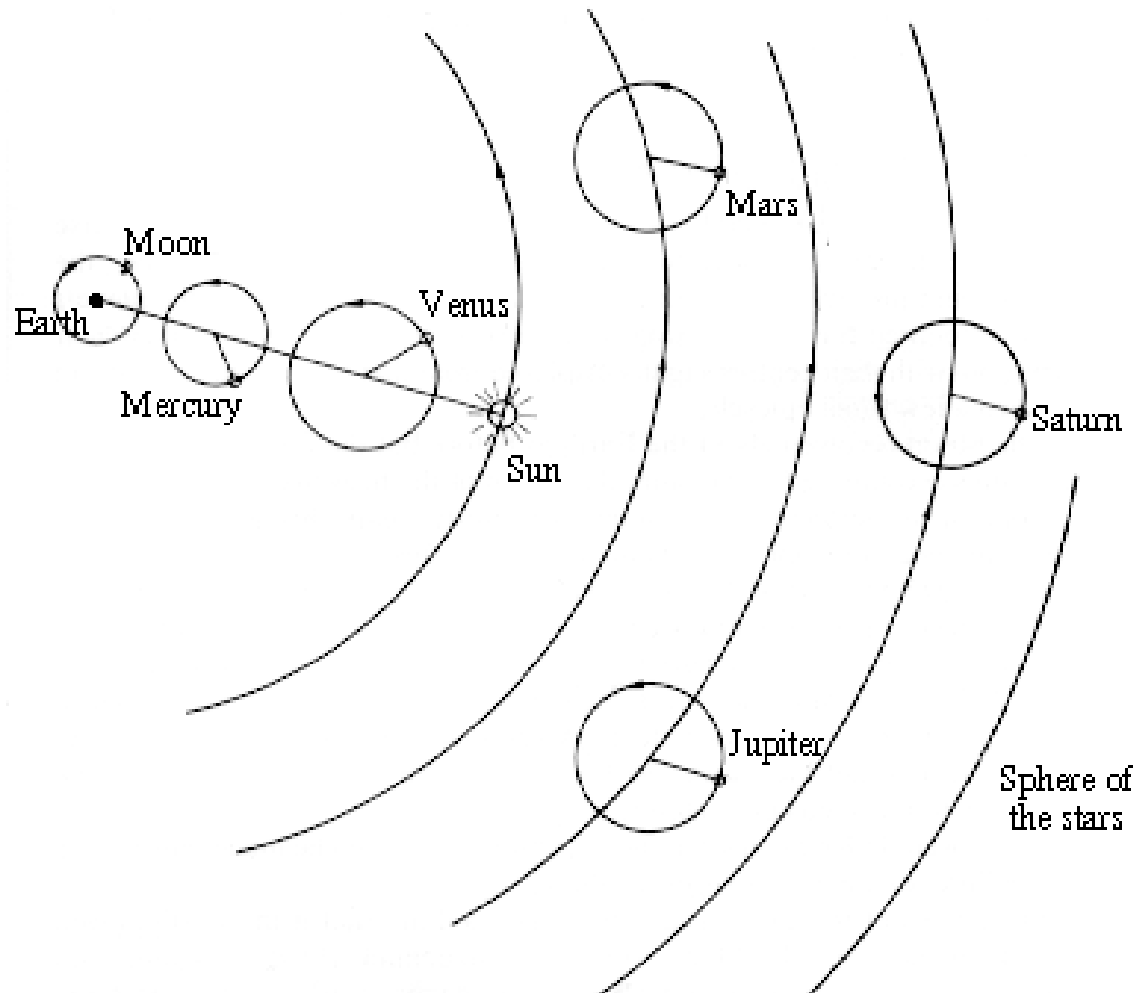


Atlas Coelestis seu Harmonica Macrocosmica, Andreas Cellarius (1661)

David Ramírez

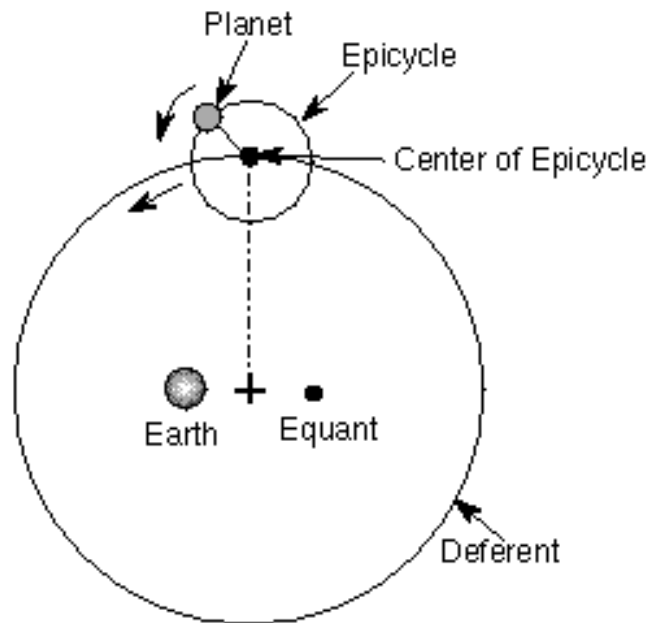
Astronomía Griega

Modelo Geocéntrico de Tolomeo

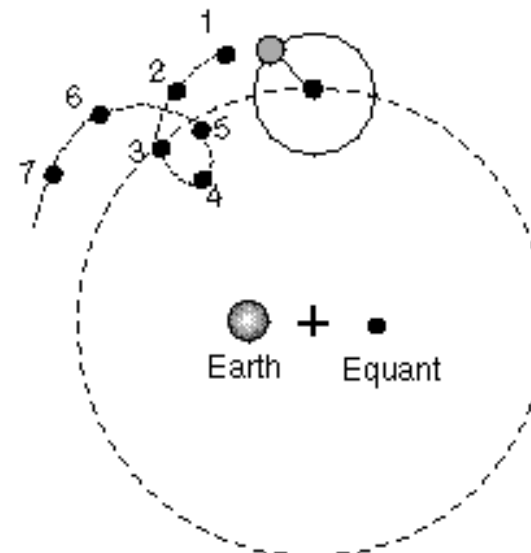


Astronomía Griega

Modelo Geocéntrico de Tolomeo



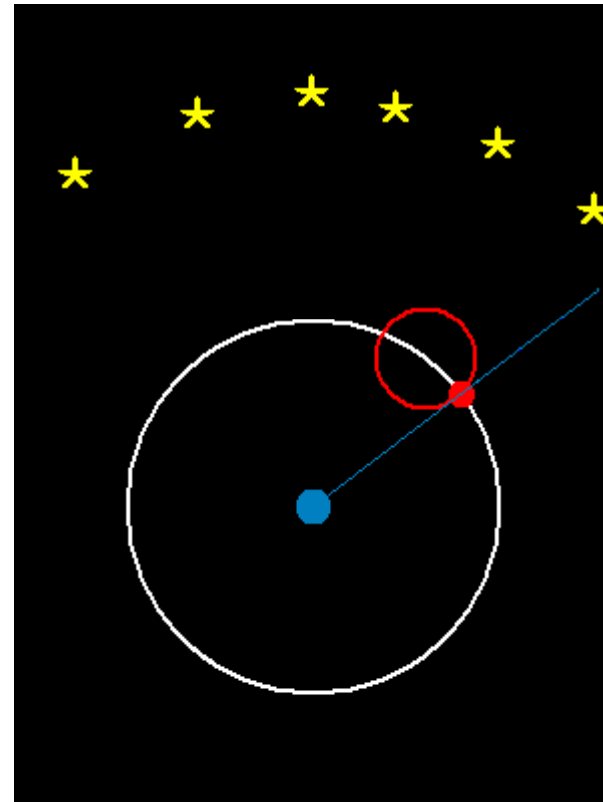
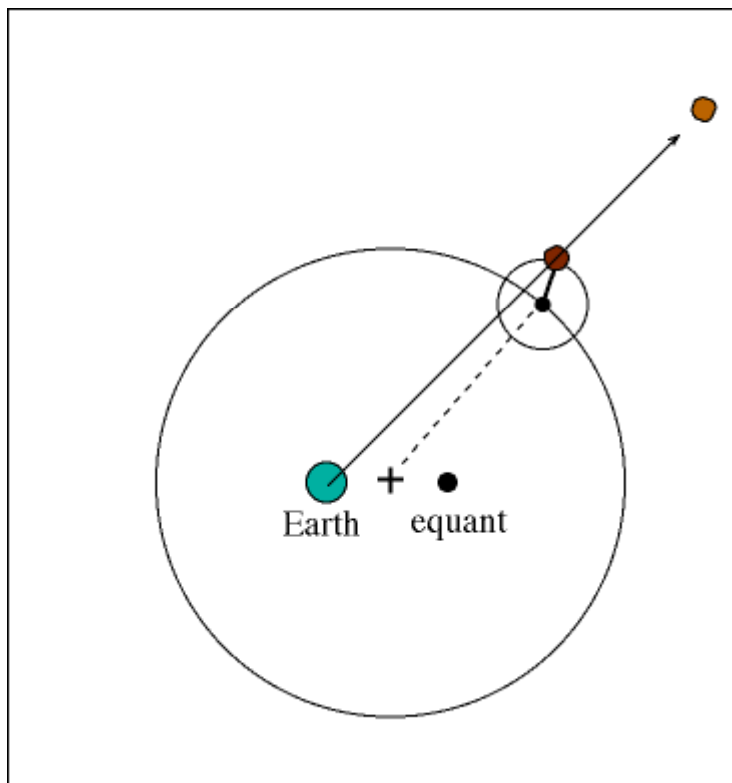
Center of epicycle moves counter-clockwise on deferent and epicycle moves counterclockwise. Epicycle speed is uniform with respect to equant. The combined motion is shown at right.



Deferent motion is in direction of point 1 to 7 but planet's epicycle carries it on cycloid path (points 1 through 7) so that from points 3 through 5 the planet moves backward (retrograde).

Astronomía Griega

Modelo Geocéntrico de Tolomeo



Modelo Geocéntrico

Sistema de Tolomeo

“Si nuestro planeta se moviera, los animales y otros elementos pesados quedarían flotando en el aire, y la Tierra caería rápidamente fuera de los cielos. El mero hecho de concebir tales ideas resulta ridículo” Tolomeo.

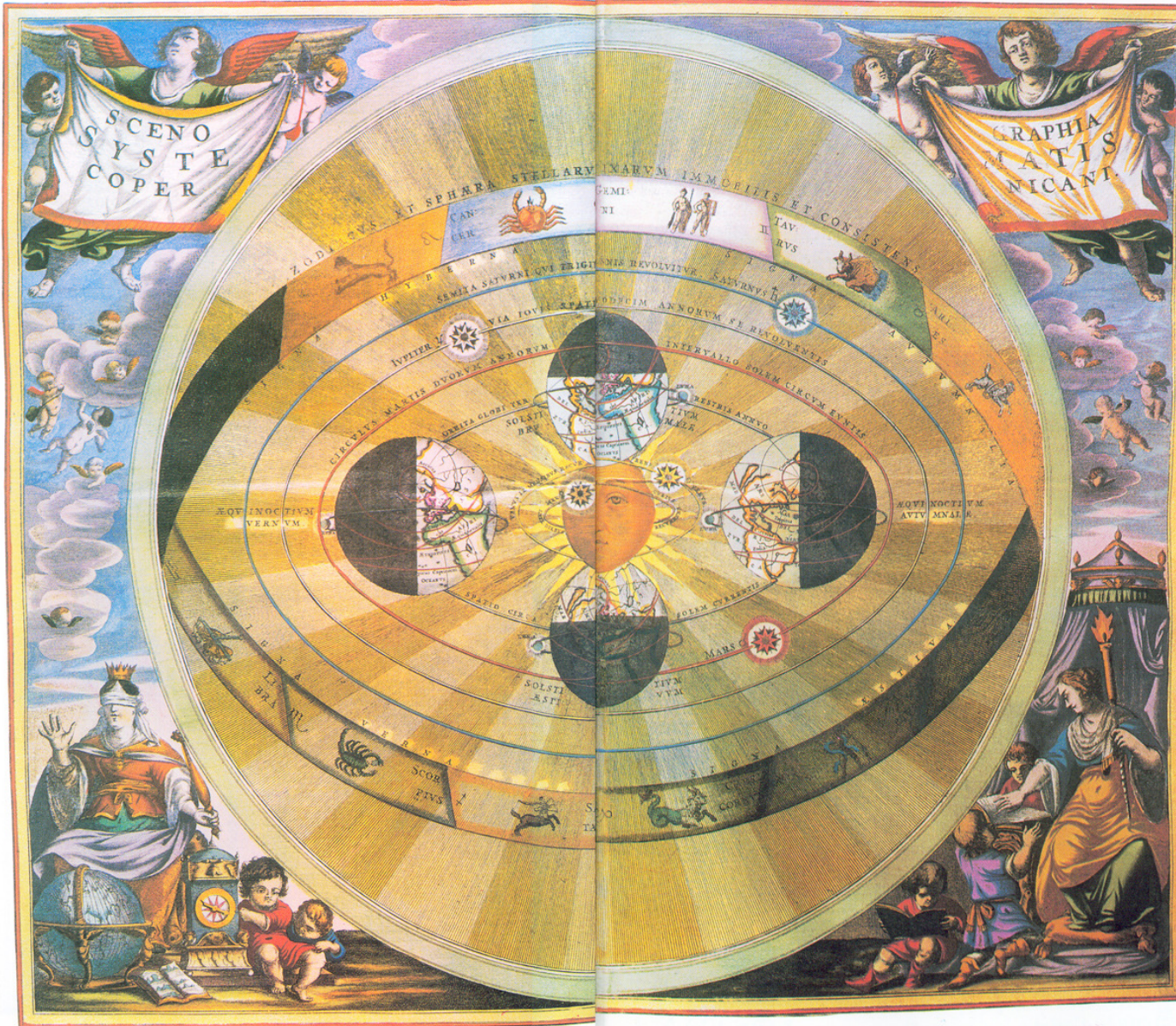
- La Tierra está inmóvil en el centro del universo, rodeada por esferas transparentes y concéntricas en las que están fijos el Sol, los planetas y las estrellas.
- El movimiento de las esferas transparentes causa el movimiento de los cuerpos celestes.

Modelo Heliocéntrico de Copérnico

Concepción del
Universo de
Copérnico (principios
del s. XVI)



Torún, Polonia, 1473.
Mikolaj Kopernik,
Nicolaus Copernicus,
Nicolás Copérnico



Atlas Coelestis seu Harmonica Macrocosmica, Andreas Cellarius (1661)

David Ramírez

Modelo Heliocéntrico de Copérnico

Nicolás Copérnico

Siete Enunciados:

1. Todas las esferas celestiales no poseen un centro común.
2. El centro de la Tierra no es el centro del universo, sino que se corresponde con el centro de gravedad y el de la esfera de la Luna.
3. Todas las esferas (excepto la lunar) giran alrededor del Sol, como si el Sol fuera el centro, de tal modo que el centro del universo se halla muy próximo al Sol.
4. El firmamento de estrellas queda muy distante. La distancia de la Tierra al Sol es insignificante comparada con la que separa la Tierra del firmamento.
5. Lo que percibimos como movimientos del firmamento de estrellas no son sus movimientos, sino los de la Tierra. La Tierra y sus elementos adyacentes, el agua y el aire, rotan diariamente alrededor de sus polos toda vez que el firmamento permanece inmóvil.
6. Lo que percibimos como movimientos del Sol no son sus movimientos, sino los de la Tierra y los de la esfera con la que giramos alrededor del Sol, de manera análoga al movimiento de los otros planetas en sus esferas respectivas.
7. Lo que vemos e interpretamos como movimientos de avance y retroceso de los planetas (desplazamiento hacia adelante y hacia atrás) no son en realidad sus movimientos, sino los de la Tierra. El movimiento de la Tierra basta para explicar muchos de los fenómenos que acaecen en los cielos.

Modelo Heliocéntrico de Copérnico

Sistema de Copérnico

Ideas publicadas en 1543: *Sobre las revoluciones (de los orbes celestes)*

“La teoría copernicana contiene numerosas aseveraciones absurdas y erróneas” Christoph Clavius, sacerdote jesuita s. XVI

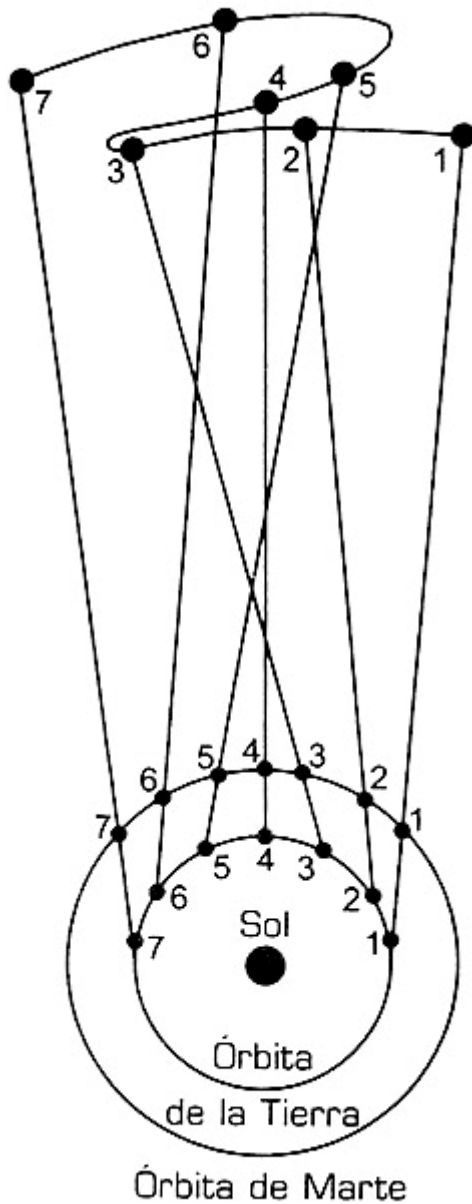
“Este necio pretende trastornar toda la ciencia de la astronomía” Martín Lutero, teólogo alemán.

La Iglesia Católica decidió que iba en contra de su doctrina oficial y en 1616 incluyó la obra de Copérnico en el “*Índice de libros prohibidos*” donde figuró hasta 1828.

Modelo Heliocéntrico de Copérnico

“Si por casualidad hay [charlatanes] que, aun siendo ignorantes de todas las matemáticas, presumiendo de un juicio sobre ellas por algún pasaje de las Escrituras, malignamente distorsionado de su sentido, se atrevieran a rechazar y atacar esta estructuración mía, no hago en absoluto caso de ellos, hasta el punto de que condenaré su juicio como temerario.”
Copérnico

Modelo Heliocéntrico de Copérnico



El movimiento retrógrado de Marte es una consecuencia de las posiciones de las orbitas y sus velocidades orbitales.

Galileo Galilei

- Universidad de Pisa, 1581 (medicina y filosofía).
- 1589: profesor de matemáticas, interesado en el estudio del movimiento (caída libre).
- 1590s: gran interés en el sistema Copernicano.

Galileo a Kepler: *“Hace muchos años que he llegado a coincidir con Copérnico, y desde esta posición las causas de muchos efectos naturales han sido encontradas por mi, que sin duda no pueden ser explicadas por la suposición ordinaria.*

He escrito muchas razones y argumentos y hasta refutaciones de argumentos opuestos, los cuales sin embargo, no me he aventurado a divulgar hasta ahora, prevenido por el destino de Copérnico mismo, nuestro maestro, quien aunque habiendo ganado fama inmortal con algunos, a un sinnúmero de otros aparece... como un objeto de burla y humillación. Ciertamente, me aventuraría a publicar mis puntos de vista si otros como ustedes existieran; como no es así, me abstendré.”

Kepler a Galileo: *“Esté tranquilo, Galilei, y proceda! Si estoy en lo cierto, solo algunos de los grandes matemáticos de Europa se mantendrán a distancia de nosotros; tal es el poder de la verdad.”*

Galileo Galilei

- 1609, Convencido de la certeza del sistema Copernicano y preparado para defender el movimiento terrestre, pero no en público, por miedo al ridículo.

Una de las razones para no rechazar el concepto de la Tierra en movimiento era que su investigación sobre el movimiento lo convenció de que la teoría aristotélica era falsa.

- Otoño 1609, en Padua, se enteró de un invento holandés que tenía el efecto de hacer que los objetos aparecieran más cerca de lo que realmente están. Construyó un “*perspicillum*” de magnificación aproximadamente 8.

No inventó el telescopio, ni fue el primero en usarlo en el cielo.

Galileo Galilei

- Ya se utilizaban lentes para mejorar la visión (desde s. XIII)

Es probable que existieran artilugios telescópicos antes del s. XVII.

Una de las antiguas referencias: Jän Lippershey (Holanda, 1608)

En octubre de 1608 un panfleto mencionaba las ventajas a la hora de *“divisar estrellas normalmente situadas más allá del alcance de nuestra vista, debido a su pequeñez”*.

Sir William Lower (galés), contempló la Luna con un telescopio antes que Galileo y pensó que parecía una tarta: *“Aquí hay algo que brilla, con algo oscuro, confusamente esparcido por todos lados”*.

Un siglo antes de Galileo, Leonardo da Vinci había escrito: *“construya vidrios para ver la Luna ampliada”*.

Galileo Galilei



Primer objetivo de
Galileo: la Luna.

Galileo Galilei



David Ramírez

Primer objetivo de Galileo: la Luna.

Cerca del borde entre luz y oscuridad se ven muchas irregularidades.

Observaciones de Galileo

“He observado que Saturno no es una estrella simple sino tres juntas, que siempre se tocan mutuamente. No se mueven en lo mínimo entre ellas y tienen la siguiente forma oOo, el centro siendo mucho mayor que los laterales.

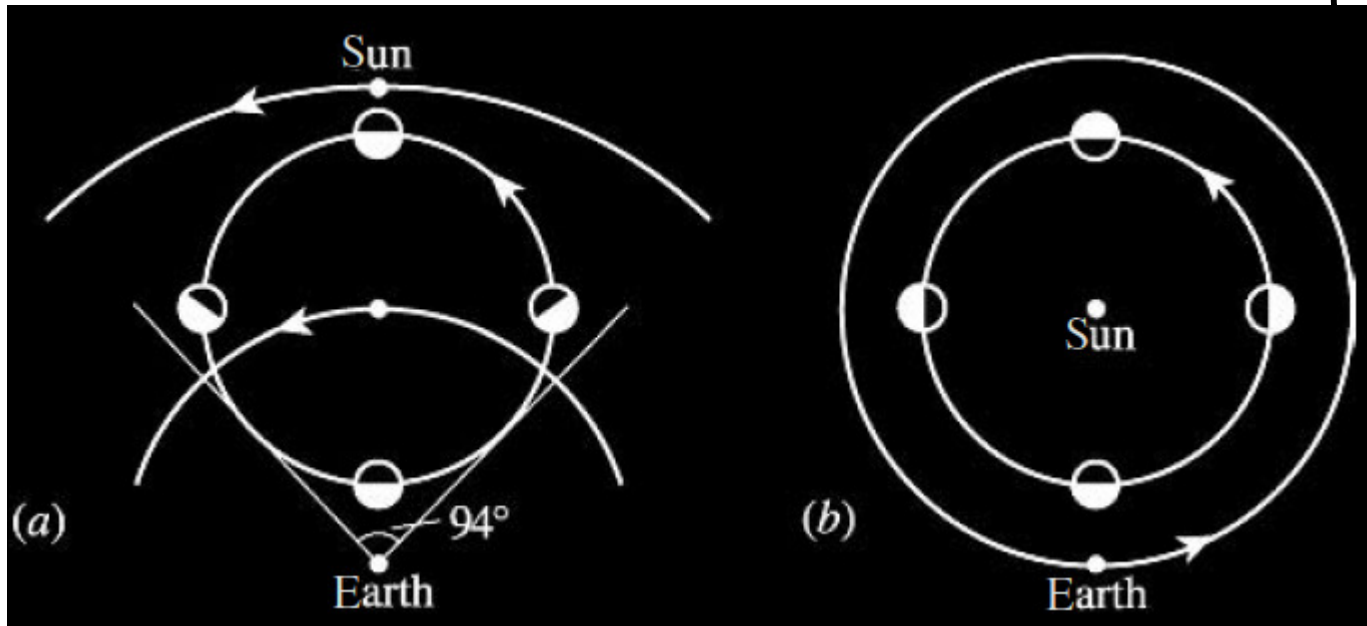
1655: Huygens descubre Titán.

1671: Cassini descubre 4 lunas más.

1610: telescopio de 20x



Observaciones de Galileo



Observaciones de Galileo

Galileo, 1610, escribió en su libro *Sidereus Nuncius*
 (“*El mensajero estelar*”):

“He observado la naturaleza y el material de la Vía Láctea. Con la ayuda del telescopio esto ha sido examinado tan directamente y con tal agudeza ocular que todas las disputas que han preocupado a filósofos por tantos años han sido resueltas, y por fin nos hemos liberado de los debates acerca de ello.”

“Ésta galaxia es, de hecho, nada más que innumerables estrellas agrupadas todas en cúmulos. Hacia cualquier parte que se dirige el telescopio, una vasta cantidad se presenta inmediatamente. Muchas son grandes y brillantes, mientras que la cantidad de pequeñas es incalculable.”

Observaciones de Galileo

Carta a la duquesa Cristina (1615):

“Como bien sabe vuestra Serena Majestad, hace algunos años descubrí en los cielos muchas cosas que no se habían visto antes de nuestra época. La novedad de estas cosas, y algunas consecuencias que de ellas se derivaban en contradicción con las nociones físicas comúnmente sostenidas por los filósofos académicos, han excitado contra mi a un no pequeño numero de profesores (muchos de ellos eclesiásticos), como si yo hubiese colocado con mis propias manos esas cosas en el cielo a fin de trastornar la Naturaleza y de trastocar las ciencias. Parecen olvidar que el incremento en las verdades estimula la investigación, la fundación y el desarrollo de las artes.”

Observaciones de Galileo

Carta de René Descartes (1634):

“Sin duda sabréis que Galileo fue recientemente censurado por los Inquisidores de la Fe, y que por sus opiniones sobre el movimiento de la Tierra fueron condenadas por heréticas. Debo deciros que todas las cosas que expliqué en mi tratado, y que incluían la doctrina del movimiento de la Tierra, son tan interdependientes que basta descubrir que una de ellas es falsa para saber que todos los argumentos que utilizo carecen de fundamento. Aunque yo pensé que se basaban en pruebas muy ciertas u evidentes no desearía por nada del mundo mantenerlas contra la autoridad de la Iglesia... Quiero vivir en paz y continuar la vida que inicié con la divisa: para vivir bien has de vivir sin que te vean.”

Isaac Newton



Dos masas, M y m ,
separadas una distancia r ,
experimentan una fuerza F .

Ley de
Gravitación
Universal:

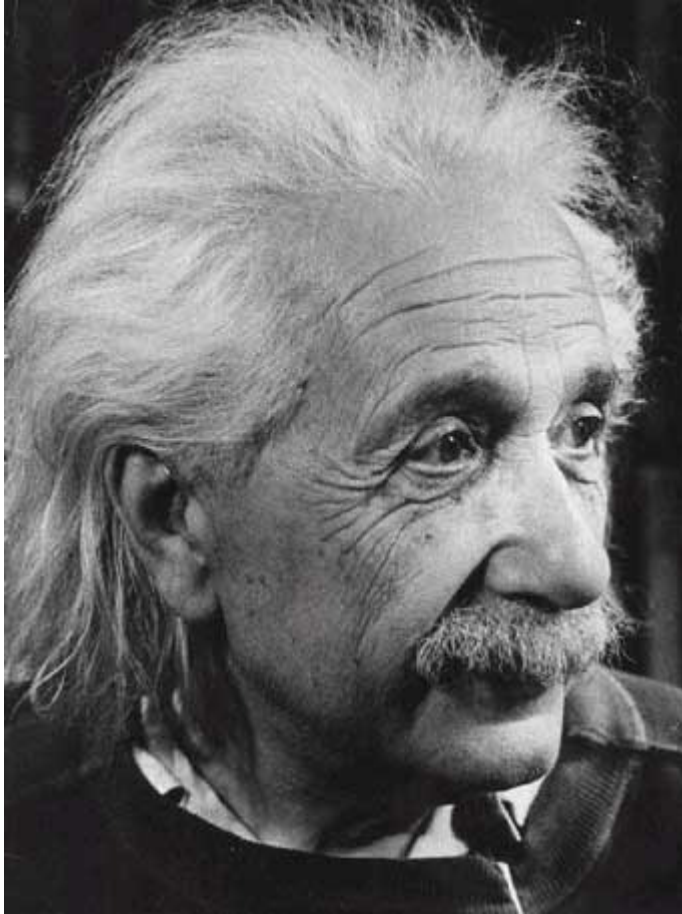
$$F = \frac{GMm}{r^2}$$

Fuerza (blue arrow pointing to F)

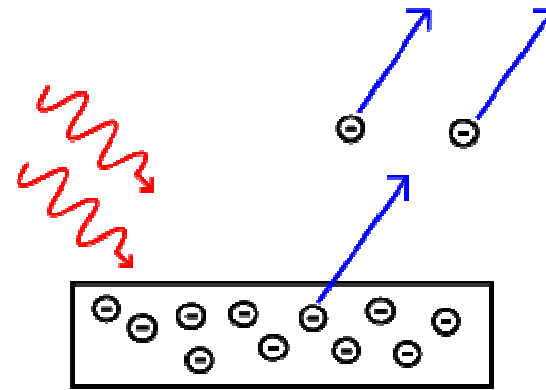
Masa (red arrows pointing to M and m)

Distancia (green arrow pointing to r^2)

Albert Einstein



- Efecto Fotoeléctrico



$$E=hf$$

- Teoría de la Relatividad

Lo que se mantiene constante es la velocidad de la luz, no el tiempo

Albert Einstein



Lentes Gravitacionales