

ARQUEOASTRONOMIA

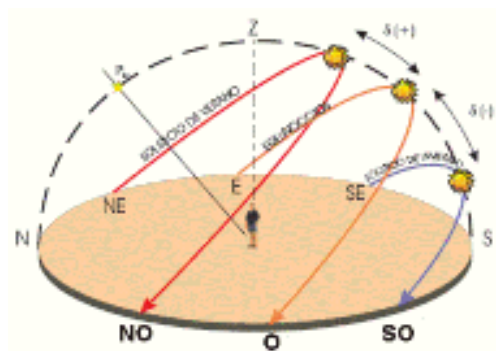
Lectura 2 – extracto del libro “Cosmovision Andina – Aspectos Astronómicos”

Autor: Ast. Manuel de la Torre U.B.

LA IMPORTANCIA DE LA ASTRONOMÍA POSICIONAL EN LA ARQUEOASTRONOMIA

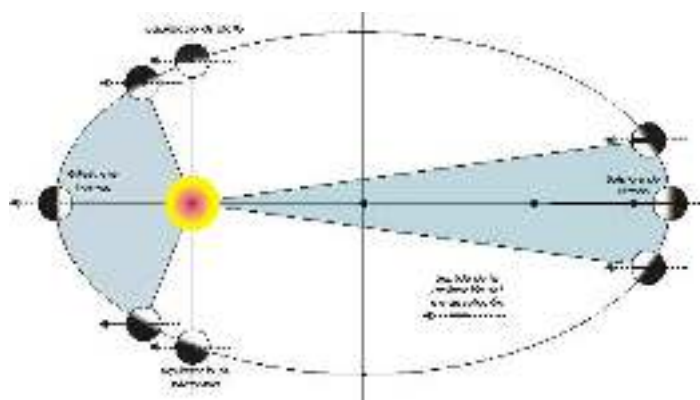
La astronomía posicional según Juan D Morales, estudia la posición y los movimientos de los astros en la esfera celeste. En la Arqueoastronomía se considera con mayor atención a las posiciones sobre el horizonte del Sol y la Luna, así como sus movimientos en la esfera celeste.

Como se sabe, debido al recorrido orbital de la tierra alrededor del sol y a su rotación sobre su eje, desde un punto de vista de Tierra central y plana, el Sol parece recorrer a diario el hemisferio celeste cruzándolo desde el horizonte este hasta el horizonte oeste, y además parece salir por un lugar ligeramente distinto del horizonte local a lo largo del año trópico, oscilando de sur a norte y de retorno, determinando las principales posiciones sobre el horizonte que son los Solsticios, los Cuartos y los Equinoccios.



Trayectoria del Sol en diferentes épocas del año

Posiciones de la Tierra en su órbita alrededor del Sol.



Las posiciones extremas del Sol sobre el horizonte son conocidas como solsticios, y su posición intermedia entre estos dos puntos extremos es lo que conocemos como el equinoccio. Son las posiciones más importantes del sol en

el estudio arqueoastronómico, sin embargo, también se consideran importantes los cuartos solares, así como el paso cenital solar (denominado “día sin sombra”). Igualmente los puntos extremos sobre el horizonte de la salida lunar, llamados lunisticios o detenciones máximas lunares, así como el paso lunar sobre el ecuador celeste, todas estas posiciones astronómicas fueron de importancia para las culturas ancestrales en todo el mundo, ya que de esas observaciones astronómicas nacieron los primeros calendarios, especialmente para regular las actividades agrícolas, es por ello que para la Arqueoastronomía es fundamental identificar y reconocer todos aquellos sitios y construcciones que sirvieron para estos fines.

La Arqueoastronomía también toma en cuenta los diferentes movimientos del planeta Tierra, ya que como esos movimientos son cíclicos permiten poder calcular diferentes épocas según la posición del eje de la tierra en aquellas épocas pasadas. Entre estos movimientos de la Tierra los más importantes son: El de Precesión del eje de rotación terrestre y el de Nutación que es una pequeña oscilación del eje de la Tierra causado por la atracción de la Luna sobre la Tierra.

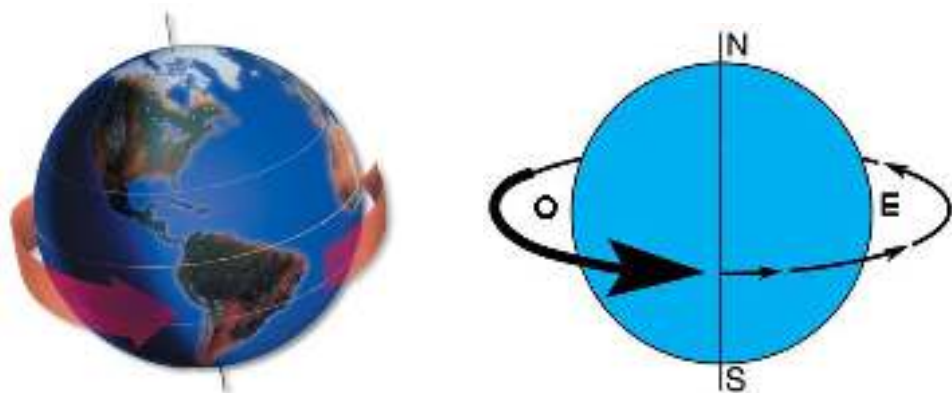
MOVIMIENTOS ASTRONOMICOS DEL PLANETA TIERRA

Dos de los principales movimientos de la Tierra son: el de rotación sobre su propio eje y el de traslación alrededor del Sol.

El movimiento de rotación: el día y la noche.

El movimiento de rotación se realiza de Oeste a Este, por lo que el Sol aparenta salir por Oriente y se pone por Occidente, lo que da lugar a los días y las noches. Conocer la rotación terrestre y sus consecuencias permite dividir el tiempo en horas y conocer la hora de cualquier punto sobre la superficie terrestre.

La Tierra da una vuelta completa alrededor de un eje ideal que pasa por los polos cada 24 horas (exactamente cada 23 h 56 minutos). Gira en dirección Oeste-Este, en sentido directo (contrario al de las agujas del reloj), produciendo la impresión de que es el cielo el que gira alrededor de nuestro planeta.



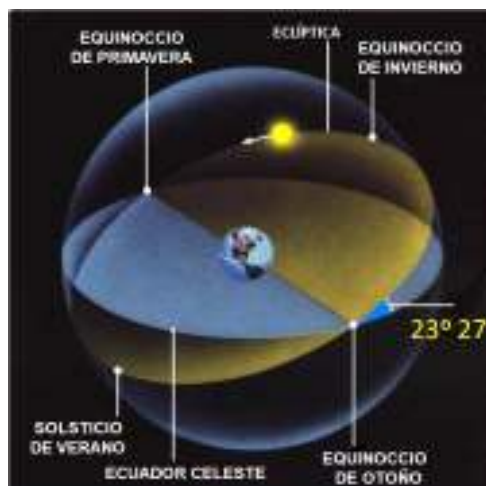
A este movimiento, denominado rotación, se debe la sucesión de días y noches, siendo de día el tiempo en que nuestro horizonte aparece iluminado por el Sol, y de noche cuando el horizonte permanece oculto a los rayos solares. La mitad del

globo terrestre quedará iluminada, en dicha mitad de día, mientras que en el lado oscuro es de noche. En su movimiento de rotación, los distintos continentes pasan sucesivamente del día a la noche y de la noche al día.

La Tierra viaja aproximadamente a 1.700 kilómetros por hora en relación con su eje. Pero, cuanto más cerca llegue a los Polos, menos tiempo tendrá este punto en la rotación. En la latitud 60° Norte o Sur, la distancia es la mitad que, en el ecuador, por lo que, en ese lugar, un punto viaja a la mitad de la velocidad.

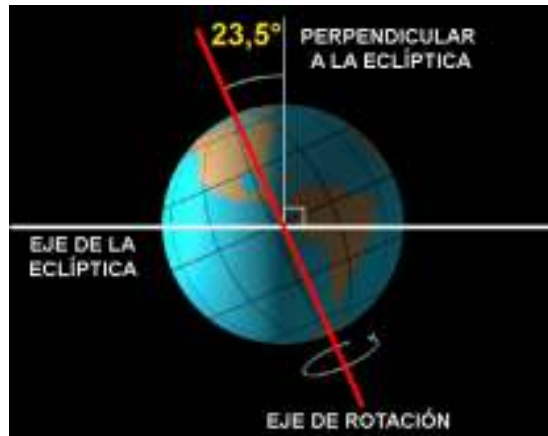
El movimiento de traslación: el año

Por el movimiento de traslación la Tierra se mueve alrededor del Sol, impulsada por la gravitación, en 365 días, 5 horas y 57 minutos, equivalente a 365,2422 días, que es la duración del año. Nuestro planeta describe una trayectoria elíptica de 930 millones de kilómetros, a una distancia media del Sol de 150 millones de kilómetros. El Sol se encuentra en uno de los focos de la elipse. La distancia media Sol-Tierra es 1 U.A. (Unidad Astronómica), que equivale a 149.675.000 km.



Angulo de inclinación entre la Eclíptica y el Ecuador Celeste, 23 grad. 27 min y los puntos de intersección que son los dos equinoccios, así como la posición de los 2 Solsticios

La Tierra gira alrededor del Sol inclinada hacia un lado. Esta inclinación es la responsable de los cambios climáticos y las estaciones que experimentamos



Como resultado de ese larguísimo camino, la Tierra viaja a una velocidad de 29,5 kilómetros por segundo, recorriendo en una hora 106.000 kilómetros, o 2.544.000 kilómetros al día.

La Tierra está en continuo movimiento. Se desplaza, con el resto de planetas y cuerpos del Sistema Solar, girando alrededor del Sol, así mismo todo el sistema solar gira alrededor del centro de nuestra galaxia, la Vía Láctea. Sin embargo, este otro movimiento afecta poco nuestra vida cotidiana.

Más importante, para nosotros, es el movimiento que efectúa describiendo su órbita alrededor del Sol, ya que determina el año y el cambio de estaciones. Y, aún más, la rotación de la Tierra alrededor de su propio eje, que provoca el día y la noche, que determina nuestros horarios y biorritmos y que, en definitiva, forma parte inexcusable de nuestras vidas.

Precesión

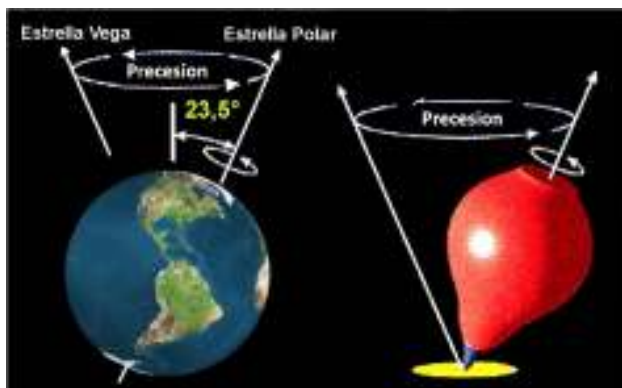
Los sacerdotes de las diferentes culturas antiguas como Babilonia y Egipto fueron también astrónomos pioneros. Estudiaron los cielos, cartografiaron sus constelaciones, identificaron el curso del sol y estimaron los períodos de la Luna y el Sol, determinando como se movían a lo largo del cielo.

Pero fue un astrónomo griego, **Hiparco de Nicea**, quien hizo el primer y trascendental descubrimiento en astronomía. Contrastando observaciones hechas durante más de un siglo, Hiparco planteó que el eje alrededor del cual parece que giran los cielos (polos) cambia gradualmente, aunque muy despacio.

Visto desde la Tierra, el Sol se mueve en torno a la eclíptica, una circunvalación cada año. Dos veces al año, en el **equinoccio**, el día y la noche son iguales y el Sol se eleva exactamente por el este y se pone exactamente por el oeste. Los astrónomos antiguos no tenían buenos relojes y no podían asegurar cuando el día y la noche tenían la misma duración, pero podían identificar el equinoccio por la salida del Sol exactamente por el este y el ocaso exactamente por el oeste. En esos momentos la posición del Sol está en una de las intersecciones entre la eclíptica y el ecuador celestial.

En torno al año 130 a.C., Hiparco compara observaciones antiguas con las suyas y llega a la conclusión que en los 169 años precedentes esas intersecciones se han **movido 2 grados**. ¿Cómo podía Hiparco conocer la posición del Sol entre las estrellas tan exactamente, cuando las estrellas no eran visibles por el día? ¡Usando la **sombra proyectada por la Tierra sobre la Luna**, durante un eclipse de Luna! Durante un eclipse, el Sol, la Tierra y la Luna forman una línea recta y por tanto el centro de la sombra de la Tierra está apuntando sobre la esfera celestial que está **exactamente opuesta** al Sol.

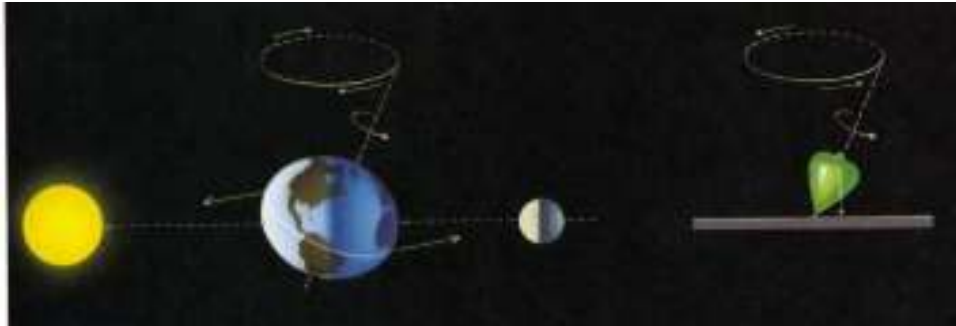
Hiparco concluye que la intersección que indica el equinoccio avanza lentamente a lo largo de la eclíptica y llama a ese movimiento "la **precesión de los equinoccios**". La velocidad es de aproximadamente un círculo cada 26,000 años. Antiguamente la intersección indicando el equinoccio de primavera estaba en la constelación de **Aries**, el carnero, y por esta razón la intersección (dondequiera que pueda estar) es aún de vez en cuando llamada "el primer punto en Aries."



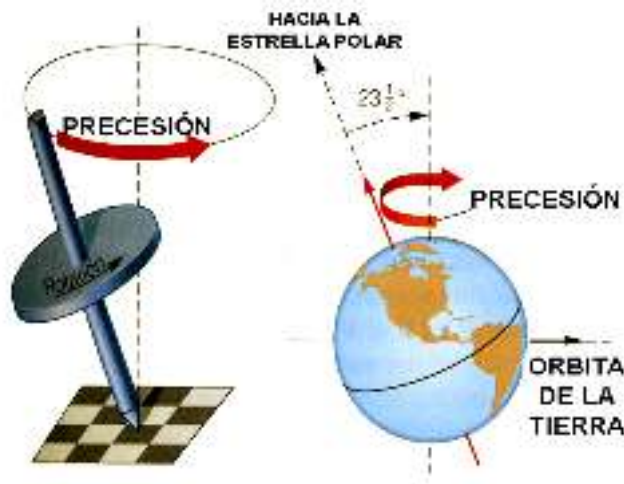
En torno al año 1 se mueve hacia la constelación de **Piscis** y actualmente está de nuevo en transición hacia la constelación de **Acuario**, el aguador. Si ha oído alguna vez la canción "El amanecer de la era de acuario" del musical "Hair", es lo que es. Para los astrónomos la precesión es principalmente otro factor a tener en cuenta cuando apuntan con un telescopio o dibujan un mapa estelar; pero para los creyentes en la astrología, el "amanecer de la era de Acuario" es un gran augurio y puede marcar el comienzo de una era diferente y completamente nueva.

La Precesión del Eje de la Tierra

¿Qué nos dice este movimiento sobre el movimiento de la Tierra en el espacio? Si tuvo alguna vez una peonza, sabe que su eje tiende a permanecer alineado en la misma dirección, generalmente la vertical, aunque en el espacio puede ser en cualquier dirección.



Precesión de una peonza: el eje de giro traza el área de un cono.



Sin embargo, dale un toque y el eje empezará a girar a lo loco alrededor de la vertical, su movimiento traza un cono (**dibujo**). La Tierra se mueve también así, aunque la escala temporal es mucho más lenta. Cada giro dura un año y cada rotación alrededor del cono le lleva unos 26.000 años. El eje del cono es perpendicular al plano de la eclíptica.

La causa de la precesión es la protuberancia ecuatorial de la Tierra, causada por la fuerza centrífuga de rotación (la fuerza centrífuga se plantea en una sección posterior). Esta rotación cambia a la Tierra desde una esfera perfecta a una ligeramente achatada, más ancha en el ecuador. La atracción de la Luna y el Sol sobre la protuberancia es el "toque" que genera la precesión de la Tierra.

Durante todo el ciclo de 26,000 años, la dirección hacia la que apunta el eje en el cielo, se mueve en un gran círculo cuyo radio cubre un ángulo de unos 23.50° . La estrella Polar hacia la que el eje apunta ahora (dentro de más o menos 1°) estuvo distante del polo y volverá a estarlo de nuevo dentro de unos miles de años (para su información, el acercamiento máximo será en el 2017). Por cierto,

la "estrella polar" usada por los antiguos marineros griegos era otra diferente, no tan cercana al polo.

Debido al descubrimiento hecho por Hiparco, la palabra "precesión" no volvió a significar "desplazamiento hacia delante", ya que ahora se aplica a cualquier movimiento de un eje girando alrededor de un cono. Por ejemplo, la precesión del giróscopo en la instrumentación de un aeroplano o la precesión de un satélite girando en el espacio. Véalo en un diccionario.

SOLSTICIOS Y EQUINOCCIOS

El 21 de junio es el solsticio de invierno, una fecha que anuncia oficialmente la llegada del invierno a los países del hemisferio sur y que para los pueblos andinos – amazónicos se inicia el nuevo año. Pero ¿qué es un solsticio?

Si buscas "solsticio" en el diccionario encontrarás esta definición: "uno de los dos puntos de la esfera celeste en la que el Sol alcanza su máxima declinación norte (+ 23° y medio) o su máxima declinación sur (-23° y medio) del ecuador celeste". ¿Entendiste algo? Aquí te damos otra explicación, más histórica, de donde nacen estos conceptos.

Los primeros observadores del cielo dedicaron sus esfuerzos a descubrir un orden detrás del movimiento cíclico y armonioso de los planetas y las estrellas en el cielo nocturno. Los planetas se distinguen durante la noche por moverse en forma diferente y por brillar más vivamente que la mayoría de las estrellas. Justamente el hecho de que se movieran en forma independiente a las estrellas hizo que los griegos pensaran que tenían voluntad propia y que eran dioses.

Para los babilonios, la Tierra era un disco plano que flotaba en el océano. En el siglo VI a.C. los griegos idearon entre muchas otras concepciones del universo, una visión geocéntrica, que situaba la Tierra en el centro del universo. Después esa idea se tomó como ley y hubo que esperar un par de miles de años para que la concepción heliocéntrica dejara en claro que es la Tierra la que gira alrededor del Sol y no a la inversa.

Cuando los antiguos astrónomos que vivían en el hemisferio norte consiguieron calcular la distancia que nos separa del Sol, no podían entender cómo en el momento en que la Tierra se encuentra más cerca del Sol (147 millones de kilómetros) les llegaban las temperaturas más frías del año y por el contrario los más grandes calores los sofocaban cuando la tierra se alejaba más de 5 millones de kilómetros del astro rey. Imaginemos la cara de estos esforzados científicos del año de la pera diciendo "¿por qué ocurre esto?"

Para dar respuesta a esta interrogante hay que entender qué son los **solsticios**. Pero antes es necesario aclarar los conceptos de **afelio** y **perihelio**, que son facilísimos:

Perihelio: cuando un planeta está más cerca del Sol. El perihelio de la Tierra tiene lugar a comienzos de enero

Afelio: cuando un planeta está más lejos del Sol. El afelio terrestre ocurre a principios de julio.

Entonces podríamos traducir la interrogante de los antiguos astrónomos como: ¿por qué en el hemisferio norte hace frío cuando la Tierra está en su perihelio, o sea, en su posición más cercana al Sol?

Porque la temperatura que llega a nuestros hogares no se debe a la distancia a la que nos encontramos del Sol sino **al ángulo con que los rayos solares inciden sobre la Tierra.**

La Tierra esta inclinada respecto a la órbita alrededor del Sol y por lo tanto los rayos del Sol no llegan de frente, sino ligeramente ladeados. Entonces cuando la Tierra está más cerca del Sol, su **hemisferio norte** está muy inclinado hacia atrás en relación a él y los rayos solares pasan rasantes, o sea son poco eficaces y el frío se instala en esas regiones: es invierno. En el hemisferio sur sucede lo inverso en ese mismo momento, estamos más cerca del Sol y además, los rayos solares inciden frontalmente. O sea: hace calor; por lo tanto es verano.

Por el contrario, cuando la Tierra está más lejos del Sol, los rayos solares inciden frontalmente en el hemisferio norte, provocando el aumento de las temperaturas en esa parte del globo terráqueo. Es verano en el hemisferio norte a pesar de estar más alejados del Sol, por lo tanto, en el otro hemisferio estamos en invierno.

¿Y QUÉ SON LOS SOLSTICIOS?

Para decirlo de la forma más sencilla posible, los solsticios son los dos puntos en los que la órbita de la Tierra se encuentra "más chueca" respecto a los rayos solares, y definen las estaciones de invierno y verano. Esto significa que una parte del año el Sol pareciera estar "por debajo de un determinado hemisferio" y otra parte del año parece estar "por encima", y los solsticios son los dos momentos en que "más por encima" y "más por debajo" parece estar. Durante los solsticios el Sol y la línea del ecuador terrestre forman un ángulo de 23° y medio.

Para nosotros el 21 de junio es el solsticio de invierno (empieza el invierno), y el 21 de diciembre es el solsticio de verano (empieza el verano). Esto corre solamente para los que vivimos en el hemisferio sur, porque en el hemisferio norte sucede a la inversa: 21 de junio = verano y 21 de diciembre = invierno. Como puedes ver, existe un desfase de aproximadamente 14 días entre los solsticios y las posiciones de afelio y perihelio de nuestro planeta.

Durante los **solsticios**, los días y las noches son de duración extrema. El día más largo del año ocurre en el solsticio de verano, mientras que en el solsticio de invierno tiene lugar la noche más larga. El nombre de solsticio viene de que durante los días previos y posteriores el Sol parece levantarse y

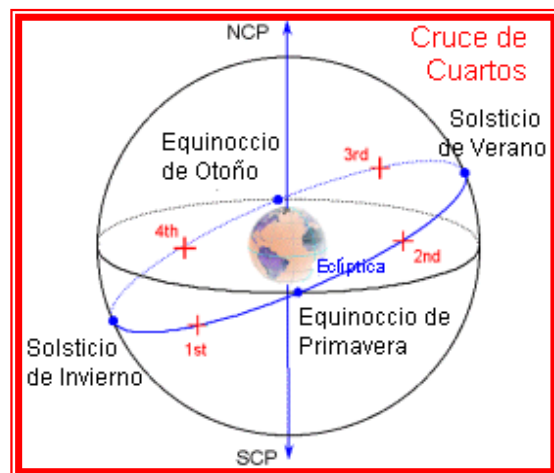


acostarse en los mismos puntos del horizonte.

La palabra "**solsticio**" viene del latín "sol staticus", que significa "sol quieto". Se llama así porque durante unos días el sol sale por el mismo sitio

Las otras dos estaciones que conocemos, la primavera y el otoño, tienen que ver también con el movimiento chueco que describe la Tierra al girar. Cuando los dos polos de la Tierra se encuentran a igual distancia del sol, la luz solar incide de igual manera en el hemisferio norte y en el hemisferio sur, y el día y la noche duran lo mismo. Hay dos momentos así, y se llaman **equinoccios**: suelen producirse el 23 de marzo y el 21 de septiembre. La palabra "**equinoccio**" viene del latín, de "equi" igual y "nocte" noche. Se llama así porque la noche de ese día dura doce horas, igual que el día.

También fue importante para las culturas originarias la posición de la tierra en lo que se denomina "Cruce de Cuartos", que es el momento en que la Tierra está en las posiciones intermedias entre un equinoccio y un solsticio o entre un solsticio y un equinoccio, formándose así otras 4 posiciones importantes, las que constituyeron otros 4 momentos para realizar ceremonias y ritos.

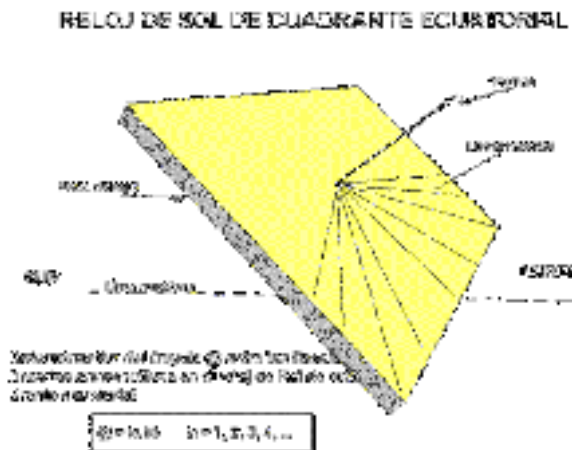
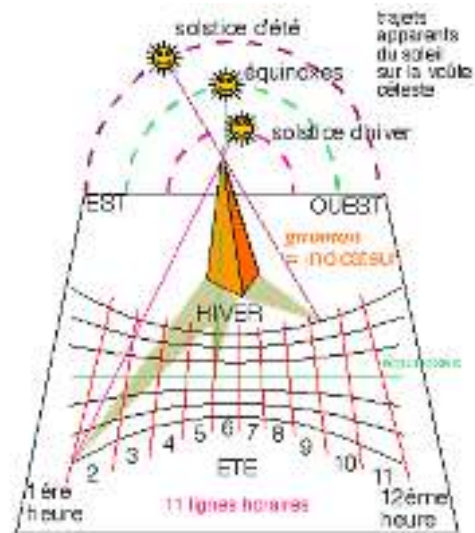
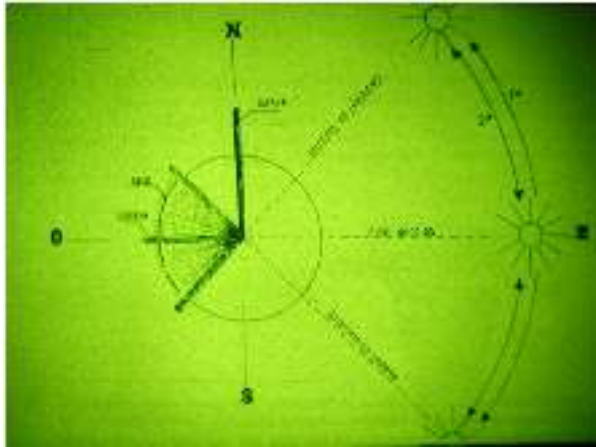


TRAYECTORIA DEL SOL, VISTO DESDE LA TIERRA COMO CENTRO

Las culturas antiguas creían que el centro del universo era la Tierra y era lógico pensar así, ya que no sentimos los movimientos de rotación, ni de traslación, por lo que para todas esas culturas todos los cuerpos de la bóveda celeste se movían incluyendo al Sol, saliendo por el este y poniéndose por el oeste.

Para esos movimientos que observaban que controlaban diariamente, durante muchos años, empezaron a realizar construcciones de diferente tipo y de diferentes materiales, al principio eran construcciones sencillas inclusive bastaba colocar un tronco o piedra larga en la que median la sombra, de esta manera por ejemplo se empezaron a construir los primeros relojes solares.

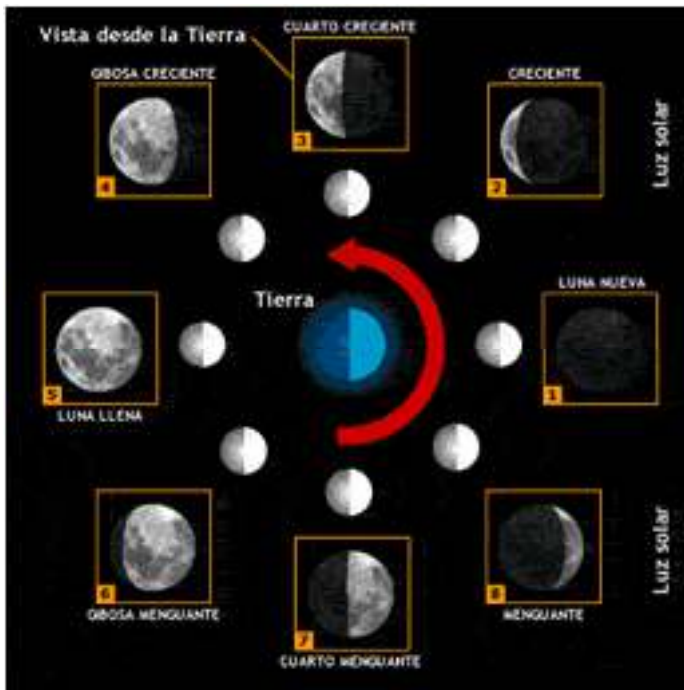
Posteriormente diferentes culturas realizaron verdaderos complejos astronómicos para medir la posición del Sol, la Luna, los planetas y estrellas brillantes y se dieron cuenta que estas posiciones eran cíclicas, ya que cada determinado tiempo, estos cuerpos celestes aparecían por los mismos lugares que se habían observado anteriormente, naciendo así los primeros rudimentarios calendarios astronómicos a los que se les incluyó una serie de ceremonias para agradecer o solicitar diferentes acciones a sus dioses.



Nuestro pueblo andino-amazonico no estaba exento de estos conocimientos y acontecimientos, las continuas observaciones por muchos años, determino tener todo un gran conocimiento astronómico ligado a sus principales actividades, construyendose así todo un sistema calendarico agricola complementado con todo un proceso de ceremonias mistico religiosas, que aun en nuestros dias seguimos utilizando, aunque ya no con la magnitud en que se realizaba en la epoca en que nuestras culturas predominaban extensas regiones de nuestro continente.

LAS FASES DE LA LUNA

Las fases de la Luna fue otro de los fenómenos astronómicos que marco a muchas culturas ancestrales, ya que de ese brillo aparente que muestra la Luna en sus distintas fases, esa observación fue el inicio del calendario lunar, creándose la semana de 7 días, en base a las lunaciones y la fase completa de luna llena a luna llena que son 28 días da origen al mes lunar que fue utilizado por varias culturas antiguas.



LOS PLANETAS

Los planetas siguen un recorrido cercano a la eclíptica y limitado a la zona denominada zodiaco. Los astrónomos antiguos observaron con atención sus ciclos y periodos, así como su aparición y desaparición sobre el horizonte. También fue de mucha importancia las conjunciones de planetas entre ellos o con otros astros.

LAS ESTRELLAS

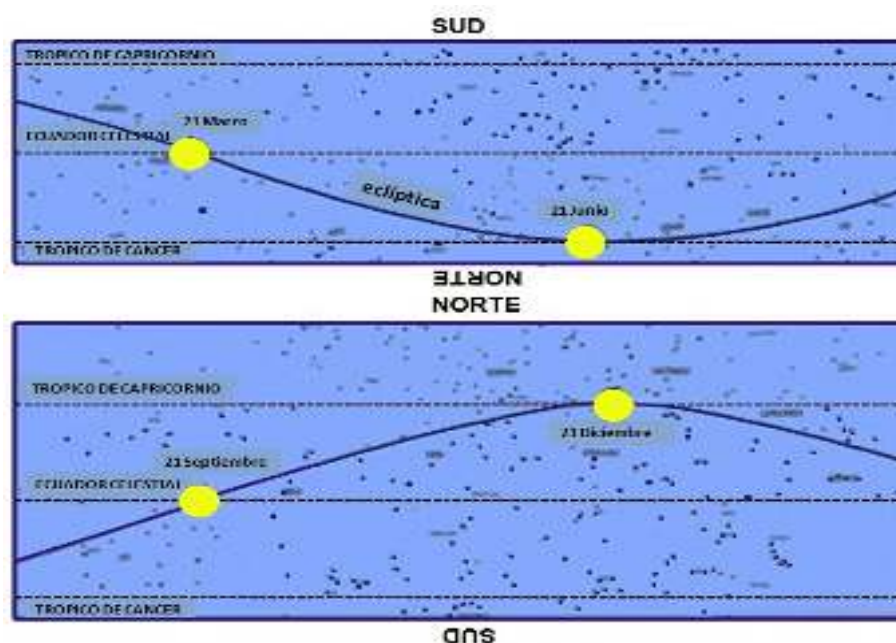
Las estrellas denominadas fijas siguen un curso predeterminado en la esfera celeste producido por la rotación y traslación terrestre. Debido a los movimientos combinados del planeta observamos un cambio aproximado de 1° por día de la posición de las estrellas en el cielo para una hora local determinada. Este movimiento aparente de las estrellas tiene como resultado

que a lo largo del año a una hora específica de la noche se observarían distintas constelaciones. También implica que cada estrella desaparece o aparece en el horizonte después de la puesta cuando el cielo empieza a oscurecer o antes de la salida del Sol. Estos eventos se llaman salida y puesta helíacales y fueron seguidos atentamente por los antiguos astrónomos.

Hay que tener muy en cuenta que la astronomía antigua fue realizada a simple vista, teniendo como referencia el horizonte local. Esta forma de observación se denomina astronomía de horizonte. Basándose en observaciones de los puntos de salida y ocaso de los astros por el horizonte, nuestros antepasados elaboraron los denominados calendarios de horizonte, que no son otra cosa que la utilización de referencias visuales sobre el horizonte para marcar momentos importantes de un calendario astronómico, civil y ritual.

Los conceptos principales de la astronomía posicional utilizada en arqueoastronomía son:

- **Esfera celestial:** esta es una proyección imaginaria en forma de esfera que rodea al planeta Tierra y que contiene todas las estrellas y los demás astros: sol, luna y planetas.
- **Ecuador celestial:** es la proyección del ecuador terrestre sobre la esfera celestial.
- **Eclíptica:** el camino aparente que el Sol describe a través de la esfera celestial en su movimiento a través de las constelaciones del zodiaco.



- **Cúpula o semi esfera celestial:** es la mitad de la esfera que cubre el cielo espacial de horizonte a horizonte en una posición específica de la superficie terrestre
- **Zenith:** es el centro de la cúpula celestial. Literalmente es el punto directamente encima de la vertical del observador. Entre los Trópicos de

Cáncer y Capricornio, el Sol cruza el punto del zenit durante su tránsito, dos veces al año (día sin sombra).

- **Equinoccio:** el punto de intersección de la eclíptica y el ecuador celestial. Momento del año cuando el sol sale directamente por el Este sobre el horizonte.
- **Solsticio:** La posición extrema del sol sobre el horizonte en su movimiento aparente a lo largo del año. Suceden dos solsticios al año, uno de verano y uno de invierno, dependiendo estos de en qué hemisferio se ubica el observador. Para el hemisferio norte, el solsticio de verano sucede aproximadamente sobre el 21 de junio, inversamente para el hemisferio sur en esta misma fecha sucede el solsticio de invierno. Para el hemisferio sur, el solsticio de verano sucede aproximadamente sobre el 21 de diciembre, inversamente para el hemisferio norte en esta misma fecha sucede el solsticio de invierno. La palabra solsticio significa literalmente sol quieto, esto debido a que durante esta época el sol parece detener su recorrido aparente sobre el horizonte para, tras lo cual, invertir el sentido de este, oscilando de sur a norte y de norte a sur a lo largo del año.
- **Año Tropical:** es el período de una revolución de la Tierra en su órbita alrededor del Sol. Un Año Tropical consiste de 365,24219 días solares. Un Año Tropical es aproximadamente 20 minutos más corto que un Año Sideral.