

University of Texas Rio Grande Valley
Center for Gravitational Wave Astronomy
Nompuewenu Observatory

Curso de Astronomía Observacional con CCD UTRGV – CGWA – 2016

Localizacion - Tiempo - Movimientos

21/09/2016

Este apunte contiene una apretada síntesis de conceptos básicos y útiles para quien se inicia en la observación astronómica, utilizando pequeños telescopios equipados con cámaras CCDs. Sirve de guía para orientar al estudiante en su proceso de aprendizaje, quien deberá consultar bibliografía específica si pretende profundizar cada tema propuesto aquí.

Localización - Tiempo - Movimientos

1. Sistema de Coordenadas.

- a. **Esfera celeste:** Cuando levantamos la mirada hacia el cielo, en una noche despejada y oscura, observamos un tapiz lleno de estrellas, y nos da la sensación de que tiene la forma

de una semiesfera, como una cúpula. Además, nos parece que está más achatada en la parte vertical, y que es más extendida hacia los costados, como un paraguas. Que la esfera celeste parece más extendida hacia los costados tiene que ver con que en esas direcciones siempre



tenemos elementos de referencia, y cuando vemos cosas que están más lejos que esas referencias, nos damos cuenta que esa pantalla o tapiz de estrellas en la zona del horizonte, está mucho más lejos. En cambio cuando levantamos la vista sobre nuestra cabeza, perdemos de vista muchos elementos de referencia, entonces allí ya no nos damos cuenta de que tan lejos está esa pantalla. Los astrónomos aficionados suelen utilizar una estrategia de búsqueda de objetos basada en el conocimiento de las constelaciones y estrellas de la bóveda celeste.

Toman como referencia estrellas brillantes de la constelación donde está el objeto a observar e imaginan segmentos y figuras geométricas que ayudan a apuntar el telescopio hacia la zona donde saben que está el objeto. Es un método eficaz para un puñado de objetos generalmente brillantes y cuando se dispone de un campo generoso, pero no sirve cuando se buscan objetos débiles en brillo y se observa con campos muy pequeños.



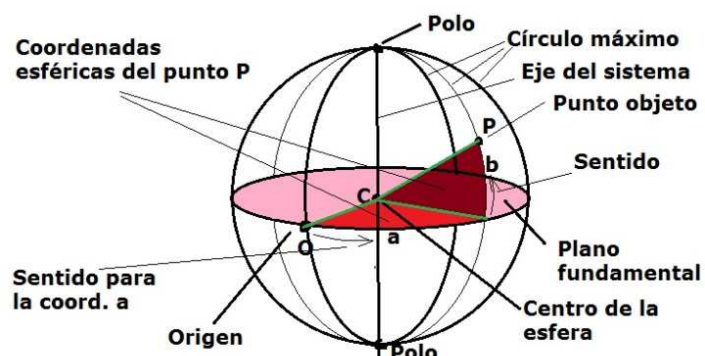
Para localizar objetos en el cielo vamos a tener que buscar herramientas o mecanismos que nos faciliten la búsqueda. En estos casos, más específicamente necesitaremos un “sistema de coordenadas”. Para ello deberemos asimilar la bóveda celeste a una esfera de radio infinito y sobre esa superficie esférica proyectaremos los astros que observamos desde la Tierra y llamaremos a esa esfera ficticia: “esfera celeste”.

- b. **Sistema de coordenadas esféricas:** un sistema de coordenadas esférica muy utilizado es el que se basa en las siguientes definiciones previas:

- **Punto objeto:** Imaginemos un punto cualquiera sobre una superficie esférica. Lo llamaremos “punto objeto”. Por ejemplo: una hormiga en una

pelota, un cráter en la Luna, una ciudad en la Tierra, una mancha en la superficie del Sol, o una estrella en la esfera celeste.

- **Plano Fundamental:** Imaginemos una esfera y busquemos el centro: si en esa esfera podemos determinar un plano que contenga a ese centro, va a quedar determinada sobre la superficie esférica una circunferencia que divide a la esfera en dos partes iguales. A este plano lo vamos a llamar: “plano fundamental”.
- **Eje principal:** Perpendicular al plano fundamental, y pasando por el centro de la esfera, encontraremos al llamado “eje principal del sistema”. A veces se define primero el plano fundamental y de allí se deduce el eje principal, y otras veces es al revés: se define primero el eje principal y a partir de él se define el plano fundamental.
- **Polos:** El eje principal atraviesa la superficie esférica en dos puntos que llamaremos “polos” (por ejemplo: polo A y polo B).
- **Círculos máximos:** Llamaremos “círculos máximos” a los círculos que contengan al eje principal, y por lo tanto serán perpendiculares al plano fundamental.
- **Origen del sistema:** Definiremos -de manera arbitraria- un punto sobre la circunferencia del plano fundamental que denominaremos “origen del sistema”. Ese punto deberá ser encontrado sin dificultad y todos los que usen el sistema de coordenadas podrán encontrar su ubicación con suficiente claridad.
- **Proyección del punto objeto:** Si hacemos pasar un círculo máximo que pase por el punto objeto, la intersección de ese círculo máximo con el plano fundamental definirá un punto que llamaremos “proyección de punto objeto”.
- **Coordenadas esféricas:** El desafío es el de diseñar un sistema de coordenadas que nos permita encontrar ese punto sobre la esfera de manera unívoca usando un sistema de coordenadas. Si trazamos un segmento desde el centro de la esfera hasta el punto objeto, y otro segmento desde el centro de la esfera hasta la proyección del punto objeto, nos quedará determinado un ángulo con vértice en el centro de la esfera y en el plano del círculo máximo. Si trazamos un segmento desde el centro de la esfera hasta el origen del sistema, y consideramos el segmento desde el centro de la esfera hasta la proyección del punto objeto, nos quedará determinado un ángulo con vértice en el centro de la esfera, pero ahora en el plano fundamental. Esos

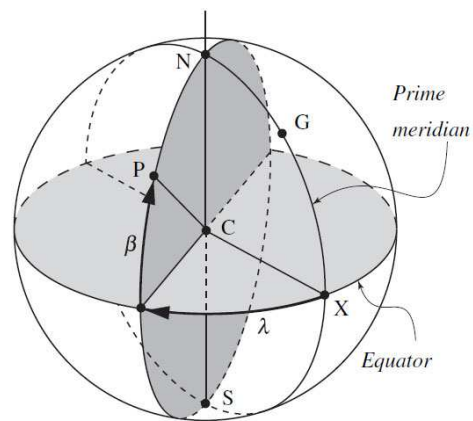


dos ángulos permiten localizar el punto objeto de manera unívoca, siempre que se agregue alguna definición sobre cómo deben medirse esos ángulos.

- **Sentidos de los ángulos:** Para no generar confusiones, debemos establecer un convenio de sentidos para la traza de los dos ángulos. Si sólo decimos que el punto objeto está a 30° del plano fundamental (y sobre un círculo máximo), habrá dos posibilidades para trazar el ángulo: 30° hacia el polo A ó 30° hacia el polo B. Podríamos asignar un signo (por ejemplo: positivo) a los apartamientos del plano fundamental cuando el punto objeto está en la semiesfera que contiene al polo A. Del mismo modo, si sólo decimos que la proyección del punto objeto está a 50° del origen de coordenadas (y sobre el plano fundamental), habrá dos posibilidades para trazar el ángulo: 50° desde el origen en sentido horario (visto desde A) ó 50° en sentido anti-horario (visto desde A). Podríamos asignar un signo (por ejemplo: positivo) a los ángulos desde el origen a la proyección del punto objeto, cuando ese ángulo se mide en sentido horario.

c. **Sistema de coordenadas geográficas:** En este caso, la esfera es la Tierra.

- **Elementos del sistema:** El eje principal es el eje de rotación del planeta. El plano fundamental es el Ecuador. Los polos son: el Norte (en el mar Ártico) y el Sur (en la Antártida). Los círculos máximos se llaman “meridianos”. El 01 de octubre de 1884 se decidió tomar como meridiano para obtener el origen de coordenadas, el que pasaba por el centro del instrumento instalado en el Observatorio de Greenwich.
- **Latitud (β):** Es el ángulo trazado desde la proyección del objeto (siguiendo su meridiano) sobre el Ecuador, hasta el punto objeto. Se expresa en grados sexagesimales. Se mide de 0° a 90° . Si el punto objeto se encuentra al Norte del Ecuador, la latitud recibe la denominación Norte (N). Si el punto objeto se encuentra al Sur del Ecuador, la latitud recibe la denominación Sur (S). Si el punto objeto se encuentra en el Ecuador le corresponde la latitud de 0° .
- **Longitud (λ):** Es el ángulo trazado desde el origen del sistema hasta la proyección del punto objeto sobre el Ecuador. Se expresa en grados sexagesimales. Se mide de 0° a 180° . Si el punto objeto se encuentra al oriente del meridiano de Greenwich, la longitud recibe la denominación Este (E). Si el punto objeto se encuentra al occidente del meridiano de Greenwich, la longitud recibe la denominación Oeste (O). Si el punto objeto se encuentra en el meridiano de Greenwich le corresponde la longitud de 0° . Si el punto objeto se encuentra en el antimeridiano de Greenwich le corresponde la longitud de 180° . Los polos Norte y Sur no tienen longitud.

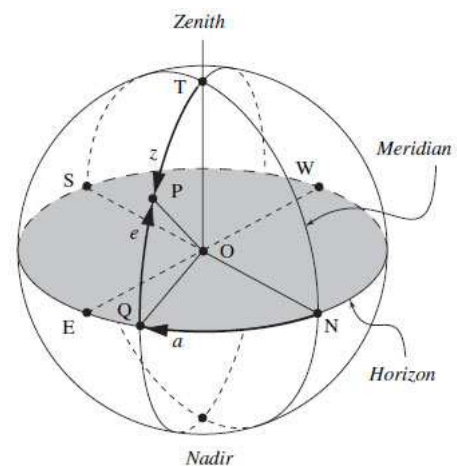


- **Elongitud:** En Astronomía se suele utilizar la longitud de 0° a 360° hacia el Este, por ello se conoce esa forma de medir la longitud como “Elongitud”.

d. Sistema horizontal de coordenadas celestes.

- **Elementos del sistema:** En este caso, la esfera es la representación del cielo (Esfera celeste). El eje principal es la línea vertical (caída de los cuerpos o de la plomada). El centro de la esfera es el observador parado en la superficie terrestre. El plano fundamental es el Horizonte, perpendicular a la vertical que pasa por el observador. Los polos son: Cenit (arriba) y Nadir (abajo). Los círculos máximos se llaman “círculos verticales”. El origen del sistema de coordenadas horizontales suele ser: El punto cardinal Norte si el observador está en el hemisferio Norte, y el punto cardinal Sur si el observador está en el hemisferio Sur.

- **Altura (e):** Es el ángulo trazado desde la proyección del objeto (siguiendo su plano vertical) sobre el Horizonte, hasta el punto objeto. Se expresa en grados sexagesimales. Se mide de 0° a 90° . Si el punto objeto se encuentra por encima del Horizonte, la altura es positiva (+). Si el punto objeto se encuentra por debajo del Horizonte, la altura es negativa (-). Si el punto objeto se encuentra en el Horizonte le corresponde la altura de 0° .

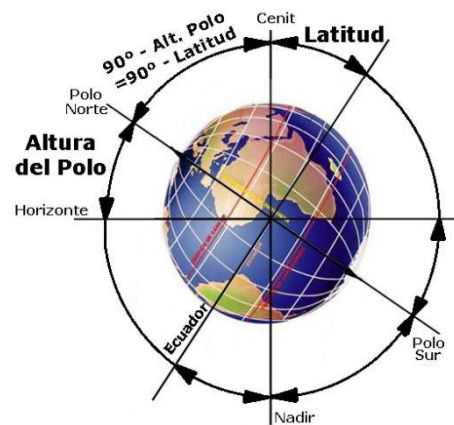


- **Acimut (a):** Es el ángulo trazado desde el origen del sistema hasta la proyección del punto objeto sobre el Horizonte. Se expresa en grados sexagesimales. Se mide de 0° a 360° en sentido horario visto desde el Cenit. El Cenit y el Nadir no tienen acimut.
- **Distancia cenital (z):** Es el ángulo trazado desde el Cenit hasta el punto objeto. Es el ángulo complementario de la altura. Se obtiene restando 90° menos la altura del punto objeto.
- **Utilidad:** El sistema de coordenadas horizontales es útil en la práctica cuando se planifica la observación de un objeto. Es recomendable evitar la observación de un objeto cuando la altura es inferior 30° , ya que en esas condiciones se potencian varios problemas que hacen que la observación astronómica comience a tener información difícil de corregir. Ocurre que a baja altura, la luz deberá atravesar mucha atmósfera y por ello habrá mucha pérdida de energía luminosa hasta que llegue al instrumento. Además, habrá efectos de refracción, por lo que el recorrido no será el de una línea recta. Vinculado a la refracción: ya no tendremos luz sino espectro dado que la luz se comienza a descomponer y entonces ya no tendremos imagen de tipo puntual. La atmósfera también produce dispersión de algunas longitudes de onda, proporcional a la cantidad de atmósfera que

atraviesa. Saber la altura del objeto ayuda a estimar la magnitud de estos efectos perjudiciales para la observación.

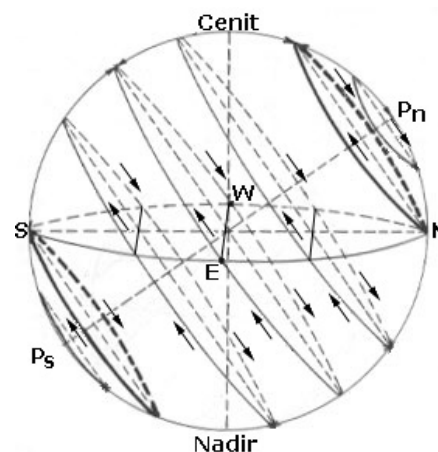
- **Dificultad:** El problema que presenta el sistema de coordenadas horizontales, es que no permite universalizar la información referida a los valores de las coordenadas de un objeto en el cielo en un instante determinado. Las coordenadas horizontales de un mismo objeto en un mismo instante son diferentes para personas ubicadas en diferentes posiciones, porque son distintas sus verticales y sus planos horizontales. Conclusión: a la hora de intercambiar información entre observadores, este sistema no es práctico ya que requeriría de transformaciones engorrosas de los sistemas de coordenadas. Para comunicar la posición de un objeto, tendremos que buscar alguna forma de dar coordenadas que no dependan de la posición local de cada uno de los observadores.

- e. **Altura del Polo elevado.** Altura del polo y su relación con la latitud: Si localizamos el polo Sur celeste, y con un teodolito medimos la altura de ese punto, y si averiguamos el valor de la latitud del lugar donde colocamos el teodolito, nos encontraremos con una sorpresa: los dos valores son iguales. Si observamos el dibujo, y tenemos en cuenta que una persona parada justo encima de la Tierra, su horizonte será tangente a la Tierra, pero como la esfera celeste tiene radio infinito, la Tierra es tan pequeña que no cometeremos error alguno si imaginamos la persona parada en el centro del planeta, pero según la misma línea vertical. Desde allí veremos que la colatitud ($90^\circ - \text{Latitud}$) es el mismo ángulo que la distancia cenital ($90^\circ - \text{Altura al Polo}$). Para que esa igualdad sea cierta, es necesario que la latitud sea igual a la altura.



2. Movimientos en la esfera celeste.

- a. **Movimiento diurno:** Si observamos detenidamente la esfera celeste desde donde nuestro lugar (Brownsville-USA), nos daremos cuenta que las estrellas no están quietas durante la noche cuando pasa el tiempo, sino que las estrellas van apareciendo desde el Este y se van ocultando por el Oeste. Al mirar con detalle nos daremos cuenta que del recorrido que hacen es circular, con trayectorias paralelas y con velocidades angulares idénticas de



15º por hora. Si aparece justo por el Este, el recorrido es de media vuelta por encima de nuestro horizonte y otra media vuelta por debajo. Pero si nos vamos a estrellas que están en el sureste, hacen un movimiento sobre un plano paralelo al de la estrella anterior, pero el arco que hace sobre el horizonte es más corto que el que hacen por debajo. Y si nos vamos al noreste, las estrellas aparecen suben y se esconden por el noroeste, dibujando un arco mucho más grande sobre el horizonte que cuando están por debajo. Algunas estrellas bien al Norte, describen arcos que evidencian que nunca pasan por debajo del horizonte. Lo que acabamos de describir, es lo que se conoce como “movimiento diurno de la esfera celeste”.

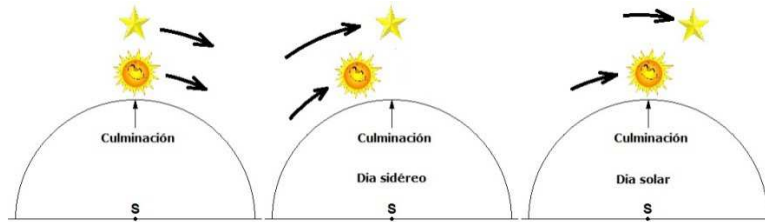
- b. **Eje de rotación de la esfera celeste.** Si observamos con paciencia las trayectorias de cada una de las estrellas anteriores, y determinamos los centros de esas circunferencias, encontraremos que todos los centros de las circunferencias van a determinar un eje, y a medida que nos acercamos a los extremos vamos teniendo circunferencias cada vez más pequeñas hasta que alguna estrellita va a quedar casi rotando o pareciendo como un puntito fijo. Ese eje que hemos encontrado observando el movimiento de la estrella, es “el eje de rotación de la esfera celeste”. Hoy sabemos que -en realidad- somos nosotros los que estamos dando tumbos, es decir: la Tierra es la que rota. Nuestra sensación -errada- es que nosotros estamos quietos y que la esfera celeste es la que gira. Entonces: el eje de rotación de la Tierra y el de la esfera celeste es el mismo, por lo que: si identificamos ese eje desde nuestro sitio de observación, encontraremos como está ubicado el eje de rotación de nuestro planeta en la esfera celeste.
- c. **Sentido directo y sentido retrógrado.** Si pudiésemos observar la Tierra desde la estrellita casi quieta en el Norte durante el movimiento diurno, veríamos a nuestro planeta gira en sentido anti-horario. Si pudiésemos detener la Tierra y quisiéramos provocar un efecto equivalente, deberíamos rotar la esfera celeste en sentido horario. El sentido anti-horario de rotación de la Tierra, lo vamos a llamar “sentido directo”, el sentido horario es el “sentido retrógrado”. Por lo tanto, el movimiento diurno de la esfera celeste tiene sentido retrógrado.
- d. **Polos de la esfera celeste.** Proyectando el eje de rotación terrestre sobre la esfera celeste, determina el polo Sur celeste y el polo Norte celeste. Desde nuestro sitio de observación, el eje está inclinado de modo que vemos un polo (Norte) sobre el horizonte y el otro (Sur) por debajo del horizonte. Para localizar empíricamente el polo visible, sólo bastará con un poco de paciencia y detectar los arcos de las estrellas próximas al polo (describen circunferencias pequeñas). El centro de esos arcos indicará la posición del polo visible. Hay reglas prácticas para encontrar el polo Norte celeste orientándose con estrellas brillantes cercanas, como la estrella Polaris.

- e. **Plano meridiano local.** El eje vertical y el eje de rotación de la esfera celeste, se cortan en el centro de la Tierra, y generan un plano que divide al cielo en dos mitades: una hacia el Este y otra hacia el Oeste. A ese plano le corresponde un meridiano terrestre, por contener al eje de rotación, pero ese plano también es un plano vertical por contener al eje vertical. Ese plano particular recibe el nombre de “plano meridiano local”.
- f. **Culminación.** Cuando un objeto hace el movimiento diurno, sube mientras está en la hemisferio Este, llega al punto máximo -que es cuando está justo en el plano meridiano del lugar- para luego descender por hemisferio Oeste. Cuando el objeto llega al plano meridiano local, alcanza su altura máxima. Ese momento es conocido con el nombre de “culminación superior”. Recordando que cuanto más alto esté el objeto, menos problemas vamos a tener con los efectos perjudiciales de la atmosfera, entonces: la culminación superior del objeto es el momento ideal para observarlo y por eso es importante conocerlo.
- g. **Meridiana.** El plano meridiano local corta al plano del horizonte en una línea llamada “meridiana”. Esa línea es la que me determina los puntos cardinales Norte y Sur. Si seguimos el movimiento diurno del Sol, cuando éste culmine proyectará la sombra más corta sobre un plano horizontal y esa sombra también es la meridiana del lugar. Ese dato era conocido por los egipcios, por lo que determinaban la dirección Norte-Sur clavando un palo vertical en un piso horizontal y esperaban hasta que se produjese la sombra más corta. Ese dispositivo lo llamaron “gnomon”, y fue la “brújula” de los egipcios.
- h. **Ecuador celeste.** Si trazamos un plano perpendicular al eje de rotación del mundo, pero que pase por el centro de la esfera celeste, encontraremos un plano fundamental que llamaremos “ecuador celeste”. Para localizar empíricamente el ecuador celeste en una noche despejada, sólo bastará con localizar el polo visible e imaginar una línea recta que pase por ese polo y nosotros. El ecuador celeste se logra proyectando en la esfera celeste un plano perpendicular a esa línea imaginaria que pase por nosotros.

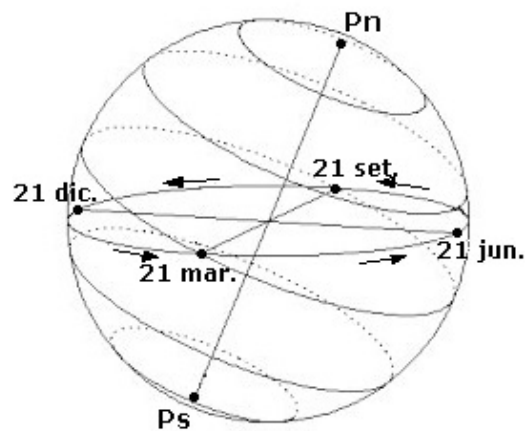
3. Movimientos aparentes de objetos del Sistema solar.

- a. **Movimiento aparente diurno del Sol.** Imaginemos que cuando culmina el Sol (al mediodía) podemos ver una estrella que también culmina en ese momento cerca del Sol. Si al día siguiente pudiésemos ver las culminaciones de la estrella y el Sol, veríamos que cuando la estrella culmina el Sol todavía “no” culmina y lo hace recién casi 4 minutos después. Esa es una evidencia que el Sol se desplaza hacia el Este, día a día con respecto a las estrellas, es decir que el Sol tiene un movimiento directo en la esfera celeste de casi exactamente 1° (en realidad: la definición del grado surgió de este movimiento). Hoy sabemos que ese movimiento aparente del Sol es provocado por el movimiento directo de

traslación de la Tierra alrededor del Sol. Al proyectar el Sol sobre la esfera celeste, día a día, pareciera que el Sol se moviera y no la Tierra.



- b. **Día solar.** El tiempo que transcurre desde una culminación del Sol, hasta la siguiente culminación, es llamado “día solar” y es el concepto de “día” que se usa en el calendario civil. Como el día solar tiene pequeñas variaciones a lo largo del año, se toma como referencia el “día solar medio” y dura 24 horas.
- c. **Día sideral.** El tiempo que transcurre desde una culminación de una estrella, hasta la siguiente culminación, es llamado “día sideral”, que -como vimos- es un poquito más corto que el día solar (23 hs y 56 minutos). Los mecanismos que mueven a la mayoría de los telescopios, tienen un movimiento acorde con el día sideral, y es por ello que nos interesa conocerlo.
- d. **Eclíptica.** Cada año, el Sol retorna casi a la misma posición en la esfera celeste. Nos interesa conocer como es ese desplazamiento del Sol entre las estrellas. Cada 21 de diciembre, el Sol alcanza el máximo apartamiento del Ecuador hacia el Sur, desplazándose entre las estrellas de la constelación de Sagitario. Esa fecha tendrá el día más corto con la noche más larga (Solsticio de invierno). Luego el Sol pasa por las constelaciones de Capricornio y Acuario hasta que el 21 de marzo alcanza el Ecuador celeste pasando por la constelación de Piscis. Esa fecha tendrá el día con igual duración que la noche (Equinoccio de primavera). Luego el Sol pasa por las constelaciones de Aries y Tauro, hasta que el 21 de junio alcanza el máximo apartamiento del Ecuador hacia el Norte, desplazándose entre las estrellas de la constelación de Géminis. Esa fecha tendrá el día más largo con la noche más corta (Solsticio de verano). Luego el Sol pasa por las constelaciones de Cáncer y Leo hasta que el 21 de setiembre retorna al Ecuador celeste pasando por la constelación de Virgo. Nuevamente, esa fecha tendrá el día con igual duración que la noche (Equinoccio de otoño). Luego pasa por las constelaciones de Libra y Escorpio hasta retornar al punto inicial el 21 de diciembre en Sagitario. Uniendo las posiciones del Sol, día a día durante todo un año, nos quedará trazada una circunferencia sobre la esfera



celeste llamada “eclíptica”, inclinada respecto al Ecuador celestes en $23^{\circ} 27'$, aproximadamente.

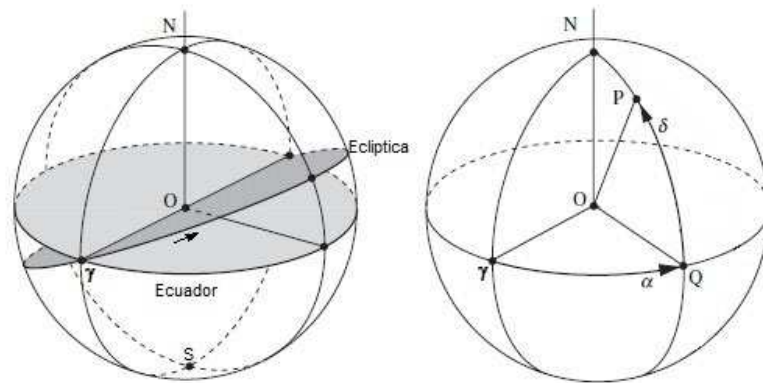
- e. **Movimientos aparentes de la Luna y los planetas.** Vimos que el Sol tiene un movimiento aparente que se produce en sentido directo, y que al dar la vuelta completa en la esfera celeste recorre la Eclíptica. Si realizamos la misma observación en los planetas y la Luna encontraremos que les pasa algo parecido.
- **Movimiento aparente de los planetas.** En este caso, las trayectorias en la esfera celeste intrigan durante muchos siglos a los que querían entender sus curiosos movimientos, casi siempre avanzando en sentido directo, como el Sol, pero otras veces “retrocediendo”. Una primera característica del movimiento aparente de los planetas, es que sus trayectorias siempre están muy próximas a la Eclíptica, algo que hoy nos resulta fácil de explicar sabiendo que sus órbitas son todas casi coplanares con la órbita de la Tierra, por lo que las proyecciones del Sol y de los planetas en la esfera celeste deben estar siempre próximas a una misma circunferencia común (la eclíptica).
 - **Sentido de movimiento de los planetas:** La segunda característica del movimiento aparente de los planetas, es que predomina el sentido directo en movimiento de los planetas, salvo algunos momentos en que retroceden, es decir: pasan a tener movimiento retrógrado en la esfera celeste. Los planetas exteriores retrogradan durante varios días cuando están próximos a la oposición al Sol, y luego vuelven a adquirir el movimiento directo. Los planetas interiores retrogradan durante semanas cuando están próximos a la conjunción inferior (entre el Sol y la Tierra). Hoy sabemos que estas retrogradaciones son producto de una cuestión de perspectiva y por las diferentes velocidades de los planetas.
 - **Movimientos de la Luna:** La órbita de la Luna está inclinada respecto de la órbita de la Tierra en poco más de 5° . Esta poca inclinación hace que su proyección en la esfera celeste también esté siempre muy cerca de la Eclíptica. Con el Sol, su movimiento aparente es siempre directo y más o menos uniforme de poco más de 12° por día, por lo que la Luna culmina cada día unos 50 minutos más tarde que el día anterior.

4. Sistema ecuatorial de coordenadas celestes.

- a. **Elementos del sistema:** En este caso, la esfera es la representación del cielo (Esfera celeste). El eje principal es el eje de rotación de la esfera celeste. El plano fundamental es el del Ecuador celeste. Los círculos máximos también se llaman “meridianos”. Los Polos tienen el mismo nombre que sus correspondientes en la Tierra: Polo Sur celeste y Polo Norte celeste. El origen del sistema es el punto del Ecuador Celeste que es cortado por la Eclíptica el 21 de marzo. Se lo conoce como “punto vernal gama”, vernal: porque indica el inicio de la primavera en el hemisferio Norte (en el Sur, es el equinoccio de

otoño), gama: porque es el símbolo de la constelación de Aries, donde estuvo este punto cuando se lo pudo determinar (hace unos 2000 años atrás).

- **Ascensión Recta:** Es el ángulo trazado desde el origen del sistema hasta la proyección del punto objeto sobre el Ecuador celeste. Se expresa en horas, minutos y segundos. Se mide de 0hs a 24hs en sentido antihorario visto desde el polo Norte celeste (en sentido directo). En sistemas modernos, la ascensión recta se está expresando en grados y fracción decimal de grados, de 0° a 360° en sentido directo. Los polos celestes no tienen ascensión recta. Se la suele representar con la letra alfa (α).

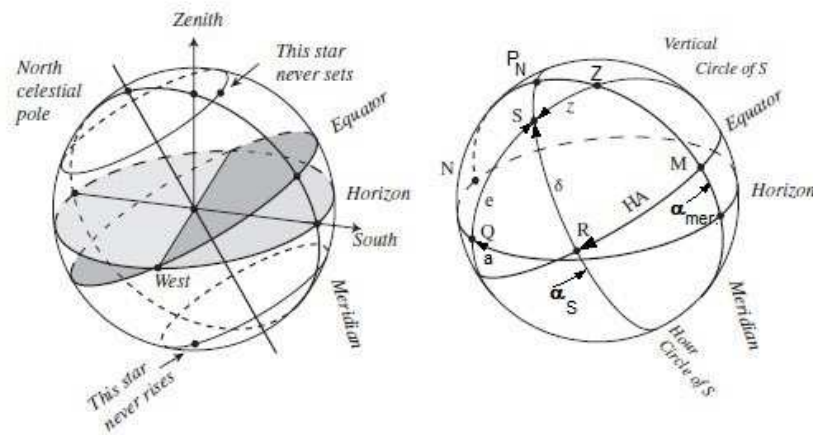


- **Declinación:** Es el ángulo trazado desde la proyección del objeto (siguiendo su meridiano) sobre el Ecuador celeste hasta el punto objeto. Se expresa en grados sexagesimales. Se mide de 0° a 90° . Si el punto objeto se encuentra al Norte del Ecuador, la declinación recibe la denominación Norte (N) o positiva (+). Si el punto objeto se encuentra al Sur del Ecuador, la declinación recibe la denominación Sur (S) o negativa (-). Si el punto objeto se encuentra en el Ecuador celeste, le corresponde la declinación de 0° . Se la suele representar con la letra delta (δ).
- **Culminación superior e inferior:** Cada estrella pasa por el meridiano local dos veces al día. Cuando pasa por el arco de meridiano que contiene al Cenit, se dice que alcanzó la culminación superior. Cuando pasa por el arco de meridiano que contiene al Nadir, se dice que alcanzó la culminación inferior.
- **Círculo horario:** Una estrella está en un meridiano al que le corresponde una determinada ascensión recta. El arco de meridiano que contiene la estrella se lo denomina “círculo horario”.
- **Tiempo sidéreo:** Es el valor de la ascensión recta del círculo horario que está en la culminación superior, en un momento determinado.

$$TS = \alpha \text{ (círculo horario con culminación superior)}$$

- **Angulo horario:** Es el ángulo formado entre el círculo horario de una estrella y el tiempo sidéreo.

$$HA = TS - \alpha (\text{objeto})$$

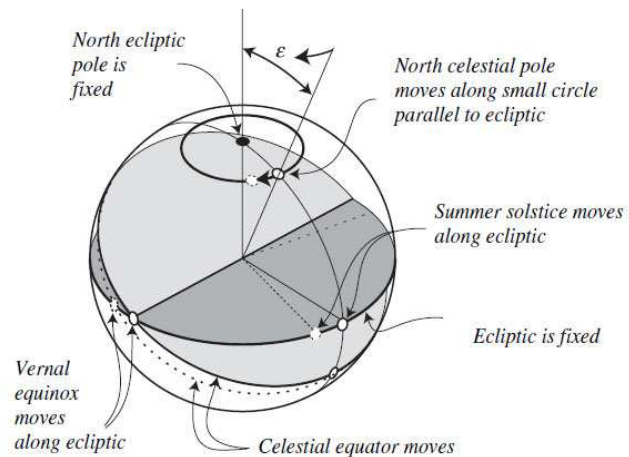


b. Utilidad y limitación del sistema ecuatorial.

- **Utilidad:** El sistema de coordenadas ecuatoriales celestes tienen la virtud de que sus coordenadas son independientes de la posición del observador. Y para un mismo observador, las coordenadas ecuatoriales de un punto objeto que no se mueva respecto de las estrellas, no cambiarán durante la noche. Si observamos una estrella: su posición, la proyección sobre el ecuador y el punto gama, no cambiarán sus posiciones relativas durante la noche, por lo que tampoco cambiarán las coordenadas ecuatoriales (ascensión recta y declinación), mientras que las coordenadas horizontales (altura y acimut) sí irán cambiando continuamente durante la noche de observación.
 - **Dificultad:** El problema del sistema de coordenadas ecuatoriales celestes es que el eje principal no está fijo en la esfera celeste, cambia continuamente de posición de manera similar a lo que le ocurre al eje de un trompo sobre una mesa. El fenómeno se conoce con el nombre de “precesión” y provoca que las dos coordenadas ecuatoriales (ascensión recta y declinación) de un mismo punto objeto, vayan cambiando a medida que pasa el tiempo (se nota mucho con el paso de los años).
- c. **Precesión del eje de rotación terrestre.** El eje de rotación de la Tierra no se desplaza siempre paralelo a sí mismo, durante la traslación alrededor del Sol. Al dar vueltas, va haciendo un bailoteo como el del trompo sobre una mesa. En este ejemplo, la mesa representa el plano de la eclíptica, que es el plano del movimiento aparente del Sol en la esfera celeste, pero -en realidad- es el plano de la órbita de la Tierra alrededor del Sol. El eje del trompo representa al eje del mundo. La naturaleza del fenómeno es similar en ambos casos (Tierra y trompo) y se conoce con el nombre de “precesión”. Como la Tierra es achatada

por los polos, la fuerza gravitacional de la luna actúa sobre su abultamiento ecuatorial tendiendo a llevar su ecuador al plano de la órbita de la Luna alrededor de la Tierra. A la posición que tiene hoy el eje del mundo, va a retornar dentro de unos 26.000 años. Ese es el tiempo que demora el eje de rotación de la Tierra en hacer el movimiento cónico de precesión.

- d. **Retrogradación de los equinoccios.** Los polos celestes resultan de proyectar el eje de rotación de la Tierra en la esfera celeste. Como la Tierra anda haciendo estos bailoteos, esa proyección hace que los polos celestes describan círculos en la esfera celeste cada 25776 años. Y como el Ecuador celeste es perpendicular al eje del mundo, el Ecuador celeste también acompaña esos bailoteos, por lo que el cruce con la eclíptica cambia permanentemente. Eso hace que el punto gama se esté desplazando continuamente sobre la eclíptica. El sentido de ese movimiento es retrógrado -contrario al de rotación de la Tierra-, y por



eso retrocede una constelación cada –casi- 2150 años. Hiparco descubrió este fenómeno hace aproximadamente ese tiempo. Es por eso que el punto gama del equinoccio de primavera, estaba en Aries en la época de Hiparco (de allí la letra gama, símbolo de Aries), mientras que ahora está en Piscis. El punto omega del equinoccio de otoño estaba en Libra en la época de Hiparco (de allí la letra omega, símbolo de Libra), y ahora está en Virgo. El punto del solsticio de invierno estaba en Capricornio en la época de Hiparco (De allí el trópico de Capricornio), sin embargo ahora está en Sagitario. El punto del solsticio de verano estaba en Cáncer en la época de Hiparco (de allí el trópico de Cáncer), sin embargo ahora está en Géminis.

- e. **Coordenadas de los catálogos estelares.** Un catálogo de estrellas es una colección de datos entre los que están las coordenadas ecuatoriales celestes de millones de estrellas. Si las coordenadas cambian con el paso del tiempo, ¿Qué coordenadas figuran en los catálogos?. Cada coordenada que se mide de una estrella, se calcula cual debería ser esa coordenada para un día determinado, por ejemplo: el mediodía del uno de enero del año 2000 (Tiempo universal) y esas coordenadas se simbolizan: J2000. Hay fórmulas que permiten pasar de las coordenadas de una fecha a las coordenadas de otra fecha, proceso llamado “precesado de coordenadas”. Las actualizaciones de los catálogos se hace con información referida a fechas de del mediodía del 1 de enero de los años que terminan en 00 y en 50, por ello es que los catálogos reflejan las coordenadas correspondientes a los años: J1900, J1950, J2000, y a futuro se harán: J2050,

J2100, etc. Para precisar coordenadas, hay servicios online que facilitan ese cálculo.

- f. **Coordenadas de la fecha.** La información de las posiciones u otras características físicas que tiene o tendrá un objeto, se conoce con el nombre de “efemérides”. Si se trata de posiciones, normalmente se utilizan coordenadas de catálogos de estrellas para su localización, por lo tanto los valores que se dispone de ascensión recta y declinación a la hora de planificar una observación no son las coordenadas de esa fecha, sino las que hubiese tenido en la fecha del catálogo (actualmente están vigentes los catálogos J2000). Por lo tanto, si nuestro telescopio debe ser configurado con coordenadas de la fecha, deberemos precisar esa información, buscarlo con el telescopio, identificar el campo, y luego medir la posición del objeto con el sistema e J2000, porque compararemos el objeto con las estrellas del catálogo.