



# CURSO DE ASTRONOMÍA

Prof. Roberto O. J. Venero

Dr. en Astronomía

Fac. de Cs. Astronómicas y Geofísicas (UNLP)

APUNTES DE LA ASIGNATURA OPTATIVA ASTRONOMÍA DE 6º AÑO.

## 2 - La esfera celeste



Universidad Nacional de La Plata  
Colegio Nacional Rafael Hernández

LA PLATA, ARGENTINA

- 2020 -



# Capítulo 2

## LA ESFERA CELESTE

### 2.1. Significado

Cuando observamos el cielo, tenemos la sensación de que es una enorme esfera poblada de astros que nos rodea. A simple vista no podemos saber cuáles astros están más cerca y cuáles más lejos; solamente vemos que algunos astros son más brillantes que otros. Podemos imaginar, entonces, que todos los astros se encuentran a la misma distancia y que, por lo tanto, están situados sobre una especie de bóveda o superficie esférica en la cual somos el centro. Esa esfera de los cielos es una representación imaginaria llamada *la esfera celeste* (Figura 2.1).

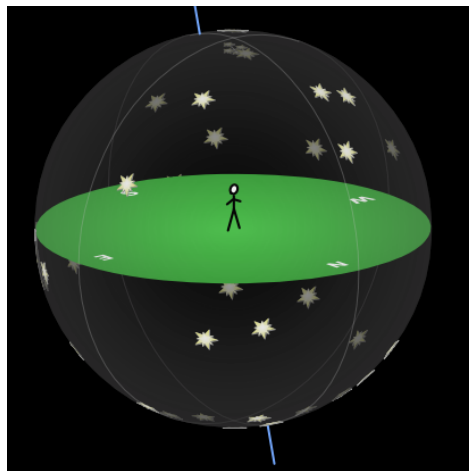


Figura 2.1. *La esfera celeste con el observador en su centro.*

#### **Definición de esfera celeste:**

La esfera celeste es una representación matemática del cielo, en la cual se supone que todos los astros se encuentran a la misma distancia del observador, el que ocupa el centro de la esfera.

Es importante aclarar que la esfera celeste no existe, no tiene realidad física; no nos chocamos contra ella si salimos en una nave espacial. Se trata de una representación matemática del cielo para un dado observador. La esfera celeste no tiene un tamaño

físico definido ya que contiene astros que, en realidad, están situados a diferentes distancias. Por definición, el radio de la esfera celeste es 1. Ese valor es matemático y no está expresado ni en kilómetros, ni en años luz, ni en ninguna otra unidad de longitud. El valor 1 para el radio se adopta porque esa representación matemática sirve para ubicar a los astros en el cielo mediante coordenadas, y estimar, usando cálculos avanzados de la *trigonometría esférica*, la posición precisa de los mismos.

Noten también que, en el nombre *esfera celeste*, la palabra “celeste” se refiere a *los cielos* y no al color (de hecho, el color del cielo nocturno es negro).

## 2.2. Distancias angulares

Supongamos que queremos conocer la separación que vemos en el cielo entre dos estrellas de una constelación. Por ejemplo, nos interesa saber cuán separadas están las estrellas que forman el cinturón de Orión. En principio, no tendría sentido medir la separación entre dos estrellas colocando una cinta métrica sobre nuestras cabezas. Esa medida dependería de la altura sobre nuestra cabeza en la cual hacemos la medición.

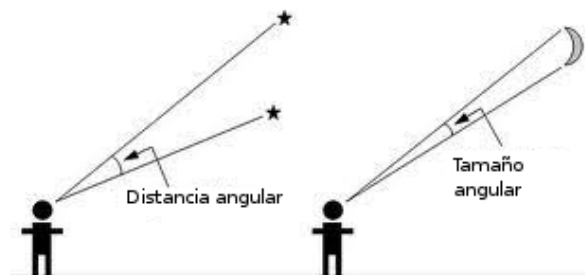


Figura 2.2. Izquierda: *Distancia angular entre dos estrellas*. Derecha: *La distancia angular entre los bordes de un astro extenso como la Luna o el Sol, es el tamaño angular*.

Por eso, en lugar de medir distancias lineales (de longitud), en la esfera celeste, medimos **distancias angulares**. Es decir, medimos el ángulo que hay entre dos astros, con el vértice en el observador, como se ve en la Figura 2.2. Como esa medida es un ángulo, lo medimos en grados ( $^{\circ}$ ), minutos ( $'$ ) y segundos ( $''$ ).

Por ejemplo, la distancia angular entre las dos estrellas laterales que forman las Tres Marías (cinturón de Orión), es de  $1^{\circ} 52'$  (un grado con 52 minutos). Recuerden que, en cada grado ( $^{\circ}$ ), hay  $60'$  (60 minutos) y en cada minuto ( $'$ ), hay  $60''$  (60 segundos).

La distancia angular entre el borde superior y el borde inferior de la Luna, es decir su tamaño angular, oscila entre  $29'$  (29 minutos), cuando la Luna está más lejos de la Tierra y  $34'$ , cuando está más cerca (¡la llamada *superluna!*). Noten que la órbita de la Luna no es circular, por lo cual, a lo largo del mes, se acerca (hasta 362.600 km) o se aleja (hasta 405.500 km) de la Tierra.

Si medimos el tamaño angular del Sol, veremos que oscila entre  $31' 31''$  y  $32' 33''$ . Es decir, el tamaño del Sol en el cielo prácticamente coincide con el de la Luna. Eso permite que, en ocasiones, la Luna pueda cubrir completamente al Sol, durante los *eclipses totales de Sol* (Figura 2.3).



Figura 2.3. *El tamaño angular del Sol coincide con el de la Luna. Esto produce que, en ocasiones, la Luna puede tapar al Sol completamente, originando un eclipse total de Sol.*

## 2.3. El observador

El centro de la esfera celeste es el observador, que se encuentra situado sobre la superficie de la Tierra. La ubicación del observador sobre la Tierra es muy importante porque, de acuerdo a esta, podrá ver diferentes partes de la esfera celeste.

Para ubicar al observador sobre la Tierra, conviene usar las coordenadas llamadas **latitud y longitud**, especialmente, nos interesa la primera.

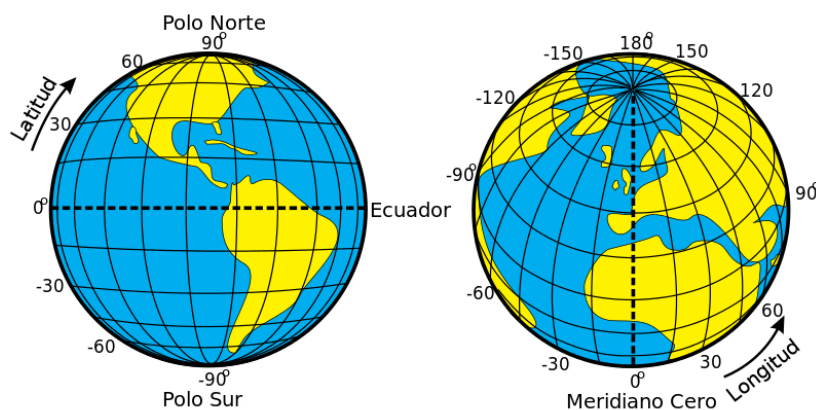


Figura 2.4. *Medida de la latitud (izquierda) y longitud (derecha). La primera se mide respecto al Ecuador, mientras que la segunda se mide respecto al meridiano cero o Meridiano de Greenwich.*

**Definición de latitud:**

La latitud es la distancia angular medida desde el centro de la Tierra, entre el Ecuador y la ubicación del observador (es una distancia angular perpendicular al Ecuador).

Como pueden ver en la Figura 2.4, un observador ubicado en el Ecuador tiene una latitud de  $0^\circ$ , mientras que un observador que se encuentra en el Polo Sur, tiene una latitud de  $-90^\circ$ . Noten que, por convención, todos los puntos ubicados en el Hemisferio Sur tienen latitudes negativas. El Polo Norte tiene una latitud de  $90^\circ$ , es decir, su valor es positivo.

En nuestro curso consideraremos que el observador se encuentra ubicado en La Plata, por lo tanto su latitud será negativa. Los gráficos que hagamos para el observador en esa ubicación sirven para cualquier observador ubicado en el Hemisferio Sur (por ejemplo, Buenos Aires, Sidney o Ciudad del Cabo). El valor de la latitud de La Plata es  $-34^\circ 56'$ , por lo que es una *latitud intermedia*. Esto equivale a decir que esta ciudad se encuentra entre el Ecuador y el Polo Sur.

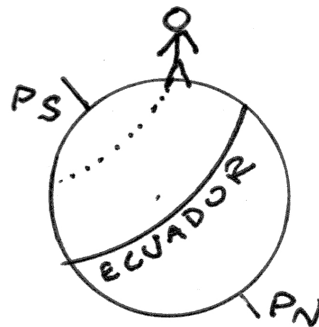


Figura 2.5. *La ubicación de un observador sobre la Tierra. El observador dibujado se encuentra, aproximadamente, en La Plata. Noten que si caminara hacia la derecha, al cabo de un tiempo, cruzaría al Ecuador. Si caminara hacia la izquierda, llegaría al Polo Sur (PS). Su posición corresponde a lo que se llama latitud intermedia entre el polo y el Ecuador. No se confundan creyendo que hemos dibujado el eje de rotación terrestre inclinado, por su propia inclinación respecto a su órbita ( $23^\circ 27'$ ). En este dibujo, el eje aparece inclinado solamente porque el observador está entre el polo y el Ecuador.*

Aunque no la usaremos en este curso, mencionaremos que la longitud es la distancia angular entre el Meridiano de Greenwich y la ubicación del observador. También se mide en  $^\circ$ ,  $'$  y  $''$ . Para La Plata, la longitud es  $57^\circ 57'$  al oeste de Greenwich.

En la Figura 2.5 se puede ver cómo se ubica un observador sobre la Tierra, en una latitud como la de La Plata. Como pueden ver, el observador se encuentra parado sobre la Tierra (es decir, la Tierra está hacia sus pies). Si se moviera hacia el norte (a la

derecha, en el dibujo), al cabo de un tiempo cruzaría el Ecuador. Si siguiera moviéndose, llegaría al Polo Norte. En cambio, si se moviera hacia el sur (a la izquierda, en el dibujo), al cabo de un tiempo llegaría al Polo Sur.

Dependiendo de su ubicación sobre la Tierra, cada observador verá a la esfera celeste con diferente orientación. Por ejemplo, un observador en el Hemisferio Norte ve invertidas a las constelaciones, respecto a cómo las ve un observador en el Hemisferio Sur. También, si estamos en el Hemisferio Sur, veremos al Sol o a la Luna al revés que como los ven en el Hemisferio Norte (Figura 2.6).

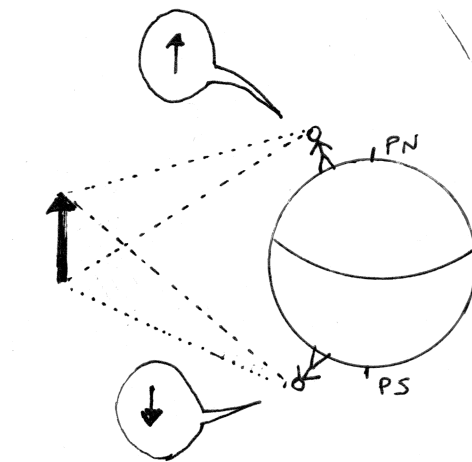


Figura 2.6. Los observadores en los hemisferios opuestos de la Tierra ven a las constelaciones, al Sol y a la Luna, invertidos. En este dibujo puede verse como, una flecha en la esfera celeste, apuntaría para arriba o para abajo según el hemisferio desde el cual se la observa. El observador del Hemisferio Norte ve que la flecha apunta hacia arriba (hacia su cabeza), mientras que el observador del Hemisferio Sur ve que la flecha apunta hacia abajo (hacia sus pies).

## 2.4. El horizonte

Como los observadores se encuentran sobre la superficie de la Tierra, no pueden ver a la esfera celeste completa. El horizonte, la línea que separa a la tierra o el mar del cielo, es el borde que limita la porción visible de la esfera celeste, de la parte ocultada por nuestro planeta.

En Astronomía, el horizonte es un plano matemático imaginario que toca a la superficie de la Tierra justo en el lugar en el que se encuentra el observador. Matemáticamente, se dice que es un *plano tangente* porque toca a la superficie de la Tierra en un sólo punto: el lugar donde se encuentra el observador.

**Definición de horizonte:**

El horizonte es el plano tangente a la superficie de la Tierra, en el lugar donde se encuentra el observador.

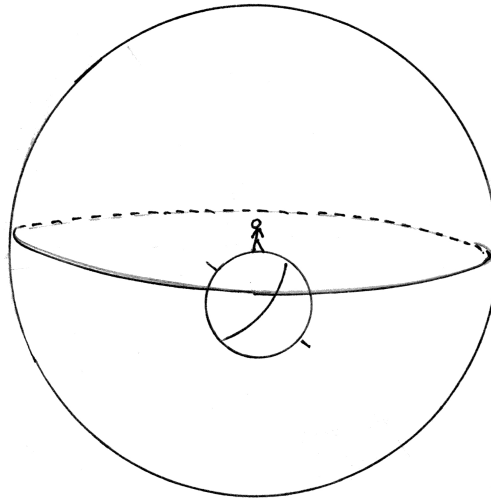


Figura 2.7. *El horizonte es un plano tangente a la superficie de la Tierra donde se encuentra el observador, en este caso, en La Plata. Pueden ver que trazamos el horizonte para el observador de la Figura 2.5, y lo extendemos hasta la esfera celeste.*

En la Figura 2.7 se muestra una representación en la cual el observador está parado sobre la Tierra y, por el punto donde se encuentra, pasa el plano del horizonte. Este plano es extendido hasta cortar la esfera celeste. La línea en la cual el plano del horizonte toca a la esfera celeste se llama, directamente, **horizonte**.

El punto más alto del cielo sobre el observador, ubicado en la esfera celeste, se llama **cenit** (a veces pueden verlo escrito como: zenit o zenith). Este punto se encuentra justo a  $90^\circ$  del plano del horizonte. El punto opuesto al cenit, en la esfera celeste, se llama **nadir**. En la Figura 2.8 pueden ver la ubicación de ambos puntos.

**Ejercicio 1** *Respondan las siguientes preguntas:*

- *¿Cuánto vale la separación angular entre el horizonte y el cenit?*
- *¿Cuánto vale la separación angular entre el cenit y el nadir?*

Cada observador tiene su propio horizonte, junto con su propio cenit y su propio nadir. Como cada observador está situado en diferentes partes de la Tierra, ve diferentes partes de la esfera celeste (Figura 2.9). Por ejemplo, un observador en el Hemisferio Norte puede ver la constelación de la Ursa Major, mientras que, simultáneamente, un observador en el Hemisferio Sur puede ver la Cruz del Sur.



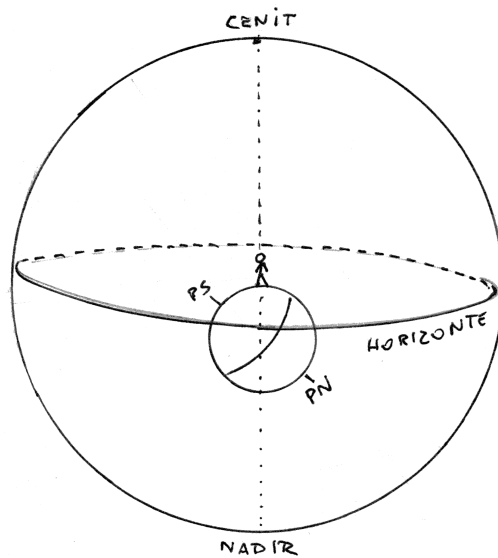


Figura 2.8. El punto más alto del cielo en la esfera celeste para un determinado observador, es el cenit. El punto opuesto se llama nadir.

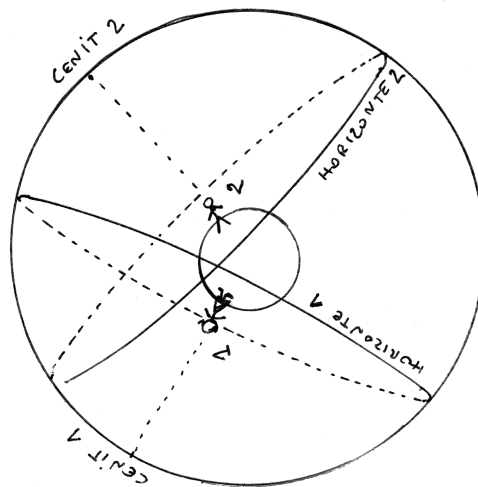


Figura 2.9. Los observadores 1 y 2 están ubicados en lugares diferentes de la Tierra. Por esa razón, cada uno tiene su propio horizonte (plano tangente a la Tierra donde se encuentra), cenit y nadir.

**Ejercicio 2** Vean la siguiente animación:

[http://phys23p.sl.psu.edu/phys\\_anim/astro/celestial\\_sphere.mp4](http://phys23p.sl.psu.edu/phys_anim/astro/celestial_sphere.mp4)  
¿quién ocupa el centro de la esfera celeste?

**Ejercicio 3** ¿Cómo deben estar ubicados los observadores para que el cenit de uno sea el nadir del otro? ¿Pueden imaginar dónde estarán los observadores que tienen su nadir coincidente con el cenit de un observador en La Plata?

## 2.5. Los polos celestes

En la Figura 2.8, se puede extender el eje de rotación terrestre (que determina el Polo Sur y el Polo Norte sobre la Tierra), hasta cortar a la esfera celeste. Como se observa en la Figura 2.10, la extensión del Polo Sur corta a la esfera celeste en un punto que se llama **Polo Sur Celeste**. De la misma manera, extendiendo el Polo Norte, se obtiene el **Polo Norte Celeste**.

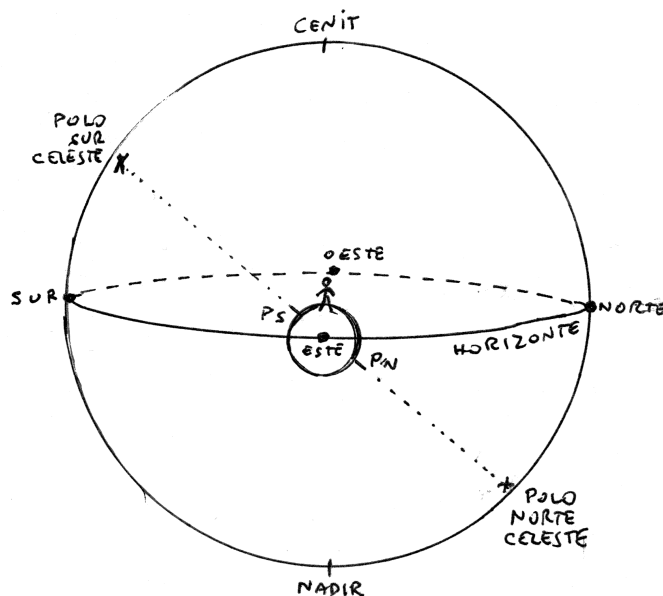


Figura 2.10. Extendiendo el eje de rotación terrestre hasta la esfera celeste, quedan delimitados dos puntos imaginarios: el Polo Sur Celeste y el Polo Norte Celeste. En la figura se indican con cruces pequeñas.

Noten que ambos polos celestes son puntos imaginarios, que no tienen realidad física. También, vean que el Polo Sur Celeste (PSC) se encuentra sobre el horizonte, para un observador situado en La Plata (o en el Hemisferio Sur). Para este observador, el Polo Norte Celeste (PNC) no sería visible (si lo fuese) porque se encuentra debajo del horizonte.

Si estamos en el Hemisferio Norte, el Polo Norte Celeste se puede determinar fácilmente porque muy cerca de este punto se encuentra una estrella muy brillante, llamada Polaris, Estrella Polar o  $\alpha$  Ursae Minoris ( $\alpha$  de la Osa Menor, vean la Figura 1.3 del Apunte 1). En cambio, el Polo Sur Celeste no tiene ninguna estrella brillante cerca. La estrella más próxima a la dirección del Polo Sur Celeste se llama Polaris Australis

(también  $\sigma$  Octantis, *sigma Octantis*), de la constelación de Octans; pero es una estrella muy débil y difícil de distinguir sin la ayuda de un telescopio.

**Ejercicio 4** *Encuentren en este apunte, el nombre de la estrella más próxima al Polo Norte Celeste y de la estrella más próxima al Polo Sur Celeste.*

## 2.6. Los puntos cardinales

Una vez que se ha ubicado el Polo Sur Celeste es sencillo encontrar los puntos cardinales. Los **puntos cardinales** son cuatro direcciones opuestas sobre el horizonte, que sirven para orientarse: **sur**, **este**, **norte** y **oeste**. Una manera aproximada de encontrarlos es usando una brújula<sup>1</sup>, pero las estrellas y la esfera celeste también permiten ubicarlos con total certeza.

La Figura 2.10 muestra cómo puede encontrarse el punto cardinal Sur. Lo que vemos es que el punto cardinal sur se encuentra en el horizonte, justo por debajo del Polo Sur Celeste. Esa es la forma de definir al punto cardinal sur: bajar una línea (meridiano) desde el cenit, pasando por el Polo Sur Celeste hasta cortar el horizonte. Ese punto de corte es el **punto cardinal sur**.

Una vez que se determinó el punto cardinal sur, el punto opuesto sobre el horizonte será el **norte**. Si imaginamos que el observador está mirando hacia el punto cardinal sur, a la derecha tendrá el **oeste** y a la izquierda, el **este**.

## 2.7. El ecuador celeste

Del mismo modo en que se puede extender el eje de rotación terrestre hasta la esfera celeste para marcar los polos celestes, también es posible extender el plano del Ecuador terrestre. Este plano intersectará a la esfera celeste en una línea llamada **Ecuador Celeste**, como pueden ver en la Figura 2.11.

Noten que, al igual que en la Tierra, los polos celestes son perpendiculares al Ecuador Celeste. El Ecuador Celeste también es una línea imaginaria que cruza el cielo como un gran arco. Para imaginar donde pasa en el cielo, mencionemos que el Ecuador Celeste está muy cerca de las Tres Marías. Por otro lado, el Ecuador Celeste corta al horizonte exactamente en los puntos cardinales este y oeste (Figura 2.11).

**Ejercicio 5** *Repitiendo lo que contamos en este apunte:*

- (a) *Dibujen en un papel la esfera celeste para un observador ubicado en La Plata (fig. 2.7).*
- (b) *Dibujen los elementos: horizonte, cenit, nadir, puntos cardinales (sur, oeste, norte, este) (fig. 2.8).*

---

<sup>1</sup>La brújula señala el polo magnético de la Tierra, que no coincide exactamente con el polo de rotación o polo geográfico.

- (c) Si el observador mirase hacia el sur, ¿qué punto cardinal tendría a la derecha?
- (d) En el dibujo, extiendan el eje terrestre hasta tocar la esfera celeste (fig 2.10), ¿cómo se llaman esos dos puntos en el cielo?
- (e) Extiendan ahora el Ecuador terrestre hasta la esfera celeste (fig 2.11), ¿cómo se llama el círculo que queda en el cielo?

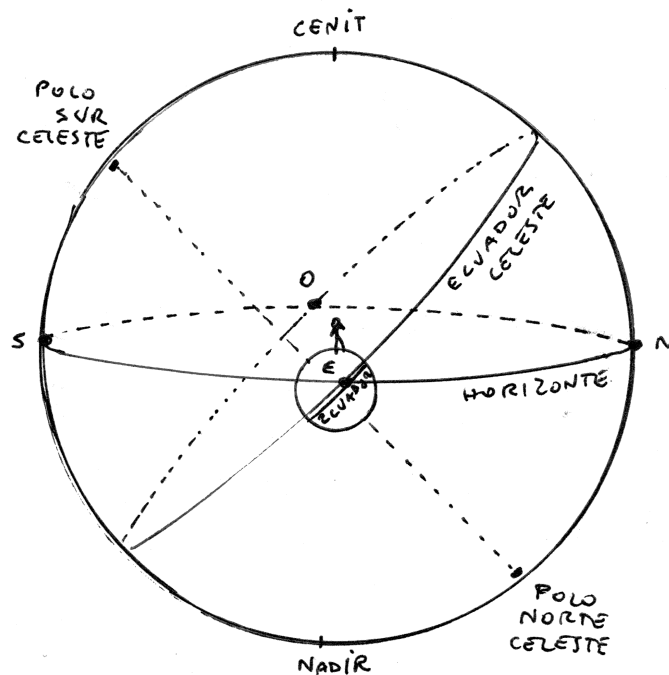


Figura 2.11. Extendiendo el Ecuador terrestre hasta la esfera celeste, queda delimitado el Ecuador Celeste.

La Figura 2.11 está hecha para un observador en La Plata, lo que corresponde a una latitud intermedia. Si el observador está en otro lugar de la Tierra, el plano del Ecuador y los polos celestes no cambiarán, pero como el observador tiene otro horizonte, los verá de una manera diferente.

A continuación vemos dos casos extremos:

- Un observador en el Polo Sur: La Figura 2.12(a) muestra que su horizonte coincide con el Ecuador Celeste, mientras que el Polo Sur Celeste coincide con el cenit, y el Polo Norte Celeste, con el nadir.

Podrían dudar sobre si efectivamente coincide el horizonte con el Ecuador Celeste, ya que en el dibujo parecen planos diferentes (el horizonte está arriba del Ecuador). Sin embargo, deben tener en cuenta que la esfera celeste es verdaderamente enorme comparada con el tamaño de la Tierra. Por esta razón, una distancia pequeña como el radio terrestre (que es la distancia entre el plano del

Ecuador y el plano del horizonte) es tan ínfima que puede despreciarse, y aceptar que el horizonte y el Ecuador Celeste coinciden.

- Observador sobre el Ecuador: La Figura 2.12(b) muestra cómo ve estos planos, un observador que se encuentra sobre el Ecuador. Podrán notar que, en este caso, el Ecuador Celeste es perpendicular al horizonte, y que los polos celestes coinciden con los puntos cardinales norte y sur.

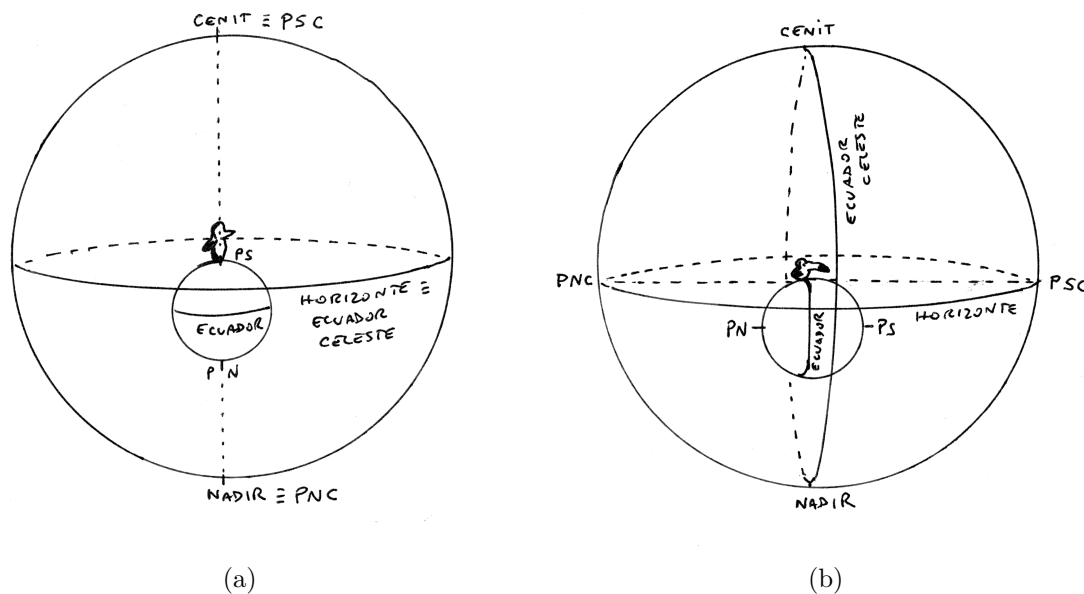


Figura 2.12. a) Un observador en el Polo Sur ve que el cenit coincide con el Polo Sur Celeste y que el horizonte coincide con el Ecuador Celeste. b) Si el observador se encuentra sobre el Ecuador, sus puntos cardinales norte y sur coincidirán con el Polo Norte Celeste y el Polo Sur Celeste, todos ubicados sobre el horizonte.

### Ejercicio 6 ¡Desafío de ingenio! ¡Sólo para personas astutas!

¿En qué lugar de la Tierra, un observador con los ojos vendados, al dar un paso, se mueve sin posibilidad de error hacia el norte?



### Ejercicio 7 Ejercicio opcional: ¡Para gente muy curiosa!

- (a) Instalen en su celu la app gratuita llamada “Mapa Estelar”. Busquen que tenga ese ícono azul. Pruébenlo. Si tienen un celular bueno (hmm... caro) con giróscopo, la imagen se orientará mostrando el cielo correspondiente a la dirección que estén apuntando (sino, si es como el mío, paciencia). Pueden hacer zoom sobre las constelaciones, ver astros como planetas, nebulosas, cúmulos estelares, galaxias, etc.

- 
- (b) *Tocando cada astro se abrirá una ventana con información que, a lo largo de este curso, podremos entender.*
- (c) *Traten de encontrar las constelaciones de Scorpius y de Orión. Escriban el nombre de las estrellas más brillantes de cada constelación. Encuentren el nombre propio de las tres estrellas del cinturón de Orión o “Tres Marías”.*
- (d) *Elijan cinco astros cualquiera que les hayan gustado. Listen el nombre, el tipo de astro y la distancia. Ej: NGC 4303 - Galaxia espiral - Distancia: 60 millones de al (años luz).*