

ELEMENTOS DE ASTRONOMÍA OBSERVACIONAL:
LA ESFERA CELESTE

J. Eduardo Mendoza Torres

Instituto Nacional de Astrofísica Óptica y Electrónica



Tonantzintla, Puebla, México

2013

Elementos de Astronomía Observacional: La Esfera Celeste
Instituto Nacional de Astrofísica Óptica y Electrónica
2013.

Autor:

J. Eduardo Mendoza Torres

Figuras realizadas por:

Berenice Pedroza Rodríguez

Yarai Tlatelpa Osorio

Diseño de portada:

Berenice Pedroza Rodríguez

Imagen en portada:

Cúmulo abierto NGC 602 en la constelación de Tucán. Créditos: NASA, ESA, and the Hubble Heritage Team (STScI/AURA) – ESA/Hubble Collaboration.

Imagen en contraportada:

Galaxia espiral El Sombrero, en la constelación de Virgo, en el catálogo de Messier es el objeto M104. Créditos: NASA/JPL-Caltech and The Hubble Heritage Team (STScI/AURA)

This book was typeset in $\text{\LaTeX}$ by Yarai Tlatelpa Osorio

Printed and made in México

Prohibida la reproducción total o parcial con fines de lucro

a KSIUSHA

Prólogo

La Luna, el objeto celeste más cercano a la Tierra está a aproximadamente 384,000 km de distancia. La galaxia Andrómeda, el objeto celeste visible a simple vista más lejano, está a aproximadamente 2,500,000 años luz de distancia. Es decir, Andrómeda está a una distancia que es aproximadamente igual a cien billones de veces la distancia Tierra-Luna. Entre estos dos extremos hay una gran variedad de objetos celestes que se ven a simple vista y que nos brindan imágenes espectaculares del cielo. Además, con el uso de telescopios se pueden ver también muchos objetos celestes más lejanos que Andrómeda, así como otros de menor brillo que están más cerca. Eventualmente también algunos, como los asteroides o partículas de cometas, incluso caen hacia la Tierra y en su ingreso a la atmósfera dejan brillantes trazas.

Vistos desde la Tierra, los objetos celestes tienen movimientos aparentes, es decir que no son propios de dichos objetos; la rotación de la Tierra sobre su eje y alrededor del Sol son los dos principales. Lo que se ve en el cielo también depende de la ubicación del observador en la Tierra.

En este libro se hace una revisión de conceptos de Astronomía relacionados con el movimiento de las estrellas y de otros objetos celestes, como los vemos desde la Tierra. Está realizado con la idea de que estudiantes de secundaria y bachillerato (o preparatoria), interesados en participar en olimpiadas de astronomía, tengan material para su preparación en pruebas prácticas, en particular para hacer ejercicios de reconocimiento de referencias astronómicas, como Polo Norte Celeste, Eclíptica y otros, así como de objetos celestes.

Por lo anterior, se revisan los conceptos de coordenadas geográficas para visualizar cómo son las trayectorias de las estrellas y otros objetos celestes vistos desde la Tierra, en diferentes latitudes, en diferentes horas del día y en diferentes épocas del año, así como otros conceptos que son de utilidad para orientarnos en la esfera celeste.

Se muestran mapas celestes para diferentes épocas del año y se describen diversos objetos celestes. Algunos de ellos se pueden ver a simple vista y aunque otros no, es interesante saber en qué región se encuentran y tener información acerca de ellos, como es el caso de planetas fuera del sistema solar, de los cuales se han descubierto más de 600 y se siguen descubriendo más. Se mencionan diversos objetos de los catálogos Messier y del Nuevo Catálogo General (New General Catalogue en inglés) para que los interesados busquen más información acerca de ellos para las pruebas de reconocimiento de dichos objetos que se realizan en algunas olimpiadas de Astronomía.

También se muestra el diagrama HR con diversas estrellas que se mencionan con relación a los mapas celestes para que, además de saber su ubicación en la esfera celeste, también se tenga información de algunas características físicas de dichas estrellas. El diagrama HR es muy importante para conocer los diversos tipos de estrellas. Lo tratamos de una manera muy breve pero con ejemplos específicos, esperando dar pie a que el estudiante continúe investigando acerca de las características particulares de las diversas estrellas.

Se incluyen ejercicios que pueden servir de guía y que se sugiere resolverlos individualmente pero también discutirlos en grupos de trabajo, particularmente antes de realizar prácticas de observación a cielo abierto.

El autor

Índice general

1. Nuestro planeta y la esfera celeste	1
1.1. Observando el cielo desde la Tierra	1
1.1.1. ¿Qué es una constelación?	1
1.1.2. El Sol en nuestro cielo	1
1.1.3. ¿Qué es un sistema de Coordenadas?	2
1.1.4. El uso de coordenadas geográficas	2
1.1.5. Zonas sobre la superficie terrestre	2
1.1.6. Puntos cardinales	3
1.1.7. Las estaciones del año	3
1.2. Ángulo subtendido	4
1.2.1. Ejercicios	6
2. La esfera celeste	7
2.1. El Sol en la esfera celeste	7
2.1.1. Trayectorias del Sol desde diferentes latitudes	7
2.1.2. El Sol en culminación	8
2.1.3. Duración de la noche calculada a partir de la hora de salida del Sol	8
2.1.4. Práctica para visualizar trayectorias de estrellas	9
2.1.5. Ejercicios	10
2.1.6. Ascensión recta del Sol y observación de otros objetos celestes	14
2.1.7. Ejercicios	16
2.2. Trayectoria de la Luna en la esfera celeste	17
2.2.1. Ejercicios	18
2.3. Eclipses	18
2.3.1. Eclipses de Sol	18
2.3.2. Eclipses de Luna	19
2.3.3. Los planetas	19
2.3.4. Tránsitos de Mercurio y Venus por el disco solar	19
2.3.5. Ejercicios	20
2.4. Trayectorias de las estrellas desde diferentes latitudes	20
2.5. Lluvias de estrellas	20
2.5.1. Relación entre declinación, altura y latitud	21
2.5.2. Ángulos en grados, minutos, segundos y en grados y fracciones de grado	22
3. Constelaciones	25
3.1. Constelaciones y objetos celestes	25
3.1.1. El Polo Norte Celeste y la Osa Menor	26
3.1.2. Estrella polar o Polaris	26

3.1.3. Asterismo o pseudoconstelación	27
3.1.4. Constelaciones zodiacales	28
3.1.5. Objetos celestes sobresalientes a través del año	28
A. Sistemas de coordenadas	41
A.1. Coordenadas geográficas	41
A.2. Coordenadas ecuatoriales absolutas: Declinación y Ascensión Recta	42
A.3. Coordenadas ecuatoriales locales: Declinación y Angulo Horario	42
A.4. Sistema horizontal de coordenadas Celestes	43
A.5. Precesión y nutación	43
B. Glosario e imágenes	45

Índice de figuras

1.1. Solsticio de verano	4
1.2. Solsticio de invierno	5
2.1. Sol en la esfera celeste y Eclíptica	8
2.2. Posición del Sol en la esfera celeste en el equinoccio de Primavera	9
2.3. Posicion de estrellas con diferentes AR en la esfera celeste	10
2.4. Trayectorias del Sol en la esfera celeste	11
2.5. Trayectoria del Sol en el horizonte	12
2.6. Estrellas cercanas al Polo Norte Celeste	13
2.7. Trayectorias de estrellas en la esfera celeste	14
2.8. Trayectorias de estrellas cercanas al Polo Norte Celeste	15
2.9. Práctica para visualizar eje polar y trayectoria de estrellas	16
2.10. Fases de la Luna y su posición en la esfera celeste	23
2.11. Órbita de la Tierra alrededor del Sol	24
3.1. Constelación de la Osa Menor	26
3.2. Estrella Polaris	27
3.3. Asterismo el Cucharón en la Osa Mayor	31
3.4. Cruz del Sur y constelaciones cercanas	34
3.5. Asterismo Triángulo de Verano, constelaciones cercanas y centro de la galaxia . .	38
3.6. Asterismo Cuadrado de Pegaso, galaxias Andrómeda y Triángulo y las Pléyades .	39
3.7. Orión y constelaciones circundantes	40
A.1. Paralelos y meridianos sobre la esfera Terrestre	41
B.1. Diagrama Hertzsprung-Russell o diagrama HR	56
B.2. Cielo de Enero	57
B.3. Cielo de Febrero	58
B.4. Cielo de Marzo	59
B.5. Cielo de Abril	60
B.6. Cielo de Mayo	61
B.7. Cielo de Junio	62
B.8. Cielo de Julio	63
B.9. Cielo de Agosto	64
B.10. Cielo de Septiembre	65
B.11. Cielo de Octubre	66
B.12. Cielo de Noviembre	67
B.13. Cielo de Diciembre	68
B.14. Cúmulo abierto NGC 602	69

B.15.Nebulosa de Orión	69
B.16.Los Pilares o Nebulosa del Aguila	70
B.17.Nebulosa planetaria Ojo de Gato	70
B.18.Galaxia espiral barrada NGC 1300	71
B.19.Galaxia espiral El Remolino o M51	71

Capítulo 1

Nuestro planeta y la esfera celeste

En una noche despejada podemos ver una gran cantidad de estrellas. Para una persona en la Tierra las estrellas parecen estar sobre una esfera. Por esta razón, en Astronomía se usa el concepto de Esfera Celeste, las posiciones de las estrellas se estudian como si estuvieran sobre la superficie interna de dicha esfera y la Tierra en su centro, es decir nosotros vemos la esfera desde su interior.

1.1. Observando el cielo desde la Tierra

Aún en una noche completamente despejada solo vemos una parte de la esfera celeste y la parte que vemos está en función tanto de nuestra ubicación sobre la Tierra como de la época del año. Es decir, estando en un sitio dado sobre la superficie terrestre vemos unas estrellas mientras que en otro lugar podemos ver estrellas que no se ven desde el primer sitio. Por ejemplo, para quienes vivimos en el hemisferio Norte la estrella polar está sobre nuestro horizonte y la podemos ver en una noche despejada. Sin embargo, desde latitudes grandes del hemisferio Sur no se ve esa estrella.

1.1.1. ¿Qué es una constelación?

Diversas culturas antiguas hacían observaciones astronómicas y algunas dieron nombres a conjuntos de estrellas a las que les atribuían formas de animales o de su mitología. Aunque, generalmente, vamos a hablar de estrellas, es conveniente recordar que en el cielo se pueden ver otros tipos de objetos celestes, nebulosas de diferentes tipos, cúmulos de estrellas, planetas, galaxias, asteroides y cometas, entre otros.

Muchos de los nombres de estrellas dadas por los árabes y de constelaciones dadas por los griegos se usan hasta nuestros días. En el siglo II d. C. Tolomeo le dio nombre a 48 constelaciones. Actualmente se consideran 88 constelaciones en las cuales se incluyen las 48 de Tolomeo.

1.1.2. El Sol en nuestro cielo

De la vida diaria sabemos que a partir de la posición del Sol en el cielo se determina el día y la noche, pero el Sol también se considera como un objeto que está sobre la esfera celeste. En la Tabla 3.1 se dan los nombres como son más conocidos en México y entre paréntesis se dan algunos nombres alternativos con los cuales también se hace referencia a algunas constelaciones.

Debido a que la Tierra gira alrededor del Sol, entonces para nosotros (desde la Tierra) la posición del Sol en la esfera celeste cambia durante el año (Figura 2.2). Por otro lado, si el Sol

está en un lugar de dicha esfera entonces las estrellas de esa zona del cielo están sobre nuestro horizonte de día y como el Sol ilumina la atmósfera terrestre entonces, no vemos esas estrellas (porque la atmósfera de la Tierra es más brillante). En ese caso solo podemos ver las estrellas que están en el lado contrario de la esfera que son, precisamente, las que están sobre nuestro horizonte en la noche. Esto es lo que conduce a lo que sabemos de nuestra experiencia cotidiana, durante el día solo vemos a nuestra estrella (el Sol) y en la noche vemos otras estrellas. Esto, aunado a que la Tierra orbita alrededor del Sol, conduce a que en una época del año vemos unas estrellas que no vemos en otra época. Por ejemplo, en invierno vemos estrellas, como las de la constelación de Orión, que no se ven en verano.

Por lo anterior es muy importante, para saber qué estrellas podemos ver, identificar la posición del Sol y nuestra posición sobre la Tierra. Para esta y otras tareas, en las que se requiere ubicar objetos en la esfera celeste, se usan sistemas de coordenadas.

1.1.3. ¿Qué es un sistema de Coordenadas?

Para ubicarnos en un lugar, con respecto a diversos objetos, es necesario tener referencias. Por ejemplo, en la ciudad de Puebla, México, tenemos que una zona la denotamos por Norte, otra por Sur, otra Oriente y otra Poniente, dependiendo del lugar en que se encuentra respecto a un lugar, el cual es conocido como zócalo de la ciudad. Así, podemos identificar la relación entre un sitio dado en la ciudad y una referencia. En el caso de la ciudad de Puebla la ubicación de las zonas está relacionada a los puntos cardinales.

En el Apéndice A se describe el sistema de coordenadas geográficas que son las que se usan para identificar posiciones sobre la superficie de la Tierra y coordenadas celestes, para identificar objetos sobre la esfera celeste. Hay varios sistemas de coordenadas para identificar objetos celestes y cada uno tiene referencias determinadas, como se explica en el Apéndice A.

1.1.4. El uso de coordenadas geográficas

Las coordenadas geográficas son latitud (la cual se mide sobre la superficie terrestre en dirección Norte y Sur) y la longitud (que se mide en dirección Este y Oeste), se usan para identificar o expresar posiciones sobre la superficie terrestre (ver Apéndice A.1). También es necesario revisar los conceptos de Meridiano y Paralelo, los cuales están relacionados a las coordenadas geográficas. En el lado izquierdo de la Figura A.1 se muestran, sobre la superficie de la Tierra, con líneas orientadas en dirección Este-Oeste, los paralelos mientras que las líneas que van de un polo a otro son los meridianos. Con una línea gruesa se denota al meridiano de Greenwich. Los meridianos que están al Este de Greenwich (lado derecho de la figura) se consideran de valores positivos o se denotan con E, los que están al Oeste se denotan con W (lado izquierdo de la figura) y se consideran valores negativos.

1.1.5. Zonas sobre la superficie terrestre

Las zonas de la Tierra se definen a partir de varias latitudes, con base en las cuales, se dan nombres específicos a varios lugares sobre la superficie de la Tierra, dentro de los que están los siguientes:

- El Trópico de Capricornio (TCR), se define como el círculo a la latitud -23.5° , la cual corresponde a la latitud más grande al Sur sobre la que el Sol puede estar en el Cenit (ver glosario). Es decir, en lugares con latitudes más al Sur del TCR, el Sol no se localiza en el Cenit en ninguna fecha a lo largo del año.

- El Trópico de Cáncer (TCN), se define como el círculo a la latitud $+23.5^\circ$, que es la latitud más al Norte sobre la que el Sol está en el Cenit.
- El Círculo Polar Ártico (CPN) está definido por la latitud Norte a partir de la cual, al menos un día al año, el Sol no se oculta por 24 horas seguidas. Dicha latitud es de 66.5° Norte. A latitudes mayores al CPN también ocurre que, al menos un día al año, no sale el Sol por el horizonte por 24 horas seguidas.
- El Círculo Polar Antártico (CPS) está definido por la latitud Sur a partir de la cual, al menos un día al año, el Sol no se oculta por 24 horas seguidas y al menos otro día al año no sale por el horizonte. Esta latitud es de 66.5° Sur.
- La zona Austral se localiza al Sur del Ecuador, se divide en tres zonas, la zona tropical, que comprende desde el Ecuador hasta el Trópico de Capricornio, la zona Templada Austral que abarca desde del Trópico de Capricornio hasta el Círculo Polar Antártico y la Zona Circumpolar Austral que va desde el Círculo Polar Antártico hasta el Polo Sur.
- La zona Boreal se localiza al Norte del Ecuador, también se divide en tres zonas, la zona tropical, que comprende desde el Ecuador hasta el Trópico de Cáncer, la zona Templada Boreal que abarca desde del Trópico de Capricornio hasta el Círculo Polar Ártico y la Zona Circumpolar Boreal que va desde el Círculo Polar Ártico hasta el Polo Norte.

Algunas constelaciones tienen nombres que indican si se encuentra sobre la zona Boreal o sobre la zona Austral.

1.1.6. Puntos cardinales

Sobre un plano horizontal en la Tierra (ver Sección 2.1.4) se usan como referencia los cuatro puntos cardinales, Norte (N), Sur (S), Este (E) y Oeste (W). Los objetos celestes aparecen por el horizonte E y se ocultan por el horizonte W. Supongamos que estamos en un sitio dado, con ciertas coordenadas geográficas (longitud y latitud). La ubicación precisa del E se puede identificar viendo, en dicho lugar, el punto en el horizonte en el que aparece el Sol el día del Equinoccio de Primavera o en el equinoccio de Otoño.

El N y el S se pueden determinar a partir de la línea recta que une el E y el W (línea recta EW). Sobre nuestro plano horizontal, la línea recta NS es perpendicular a la línea EW. La línea N-S es la proyección sobre el plano horizontal del eje de rotación de la Tierra. Por eso, en nuestro plano horizontal podemos identificar el N y el S a partir de la hora de culminación (ver glosario) de un objeto celeste, en particular del Sol.

1.1.7. Las estaciones del año

En la Figura 2.11 se representa la Tierra en cuatro posiciones de su órbita. El tamaño de la Tierra es muy grande con el objeto de visualizar la zona de la Tierra que es iluminada en cada una de estas posiciones. En el equinoccio de primavera (21 de Marzo) la línea entre la zona iluminada y la zona en sombra pasa por los polos. Debido a lo anterior, ese día son igualmente iluminados el hemisferio Norte y el hemisferio Sur. Al rotar la Tierra, el día es igual a la noche en ambos hemisferios.

En el hemisferio Norte, a partir del equinoccio de primavera, los días son más largos que las noches. Además, a medida que vayamos a latitudes mayores la diferencia entre día y noche va a ser mayor (Sección 2.1.3). Conforme va pasando el tiempo posterior al equinoccio de primavera,

los días, en el hemisferio Norte, cada vez son más largos que las noches. Así sigue aumentando la diferencia, hasta que alcanza un valor máximo en el solsticio de verano.

En el solsticio de verano (21 de Junio) la línea que divide la zona iluminada y la sombra, no pasa por los polos y una zona alrededor del Polo Norte es iluminada mientras que una zona alrededor del Polo Sur Celeste está en la parte de sombra. Entonces, aunque la Tierra rote, la zona cercana al Polo Norte permanece iluminada. Esto implica que el Sol no se oculta en dicha zona. En esa misma época, una zona alrededor del Polo Sur permanece en la sombra aunque la Tierra rote.

En el hemisferio Norte los días son más largos alrededor del solsticio de verano. Como se tiene más tiempo luz del Sol, es época es más calurosa en el hemisferio Norte. En el hemisferio Sur, al contrario, en esa época la temperatura disminuye en relación a la temperatura que se tiene después del solsticio de invierno. Es decir, mientras que en el hemisferio Norte es verano, en el hemisferio Sur es invierno y viceversa.

En el equinoccio de otoño (22 de Septiembre) también ambos hemisferios son igualmente iluminados.

En el solsticio de invierno (21 de Diciembre) una zona alrededor del Polo Norte está en la sombra. Por esta razón, esa zona no es iluminada por el Sol durante muchas semanas después del solsticio de invierno.



Figura 1.1: La Tierra en el Solsticio de verano. Se puede ver que, debido a la inclinación de la Tierra, el hemisferio Norte es más iluminado que el hemisferio Sur. Los días cercanos al Solsticio de Verano, aunque la Tierra rota, una zona cercana al Polo Norte es continuamente iluminada por el Sol. Esto significa que, visto desde esa zona, el Sol no se oculta sino que permanece sobre el horizonte aún cuando es noche en otras latitudes y está oscuro.

1.2. Ángulo subtendido

Aunque consideramos que todos los objetos celestes están sobre una esfera imaginaria en realidad están a muy diversas distancias.

Si desde una distancia, d , observamos un árbol, cuya altura es h , éste subtenderá, en dirección vertical, un ángulo α tal que

$$\tan(\alpha) = \frac{h}{d}.$$

Podemos decir que el ángulo subtendido es el ángulo que se forma entre las líneas de visión de un observador hacia los extremos, superior e inferior, del árbol. Si el árbol estuviera más lejos, el ángulo que subtendería sería menor. Esto lo sabemos de la experiencia diaria ya que cuando un árbol está muy lejos vemos que subtiende un ángulo pequeño (aún cuando el árbol



Figura 1.2: La Tierra durante el Solsticio de invierno. Se puede ver que, en esta ubicación de la Tierra en su órbita, el hemisferio Norte es menos iluminado que el hemisferio Sur. Los días posteriores al Solsticio de Invierno, una zona cercana al Polo Norte no es iluminada por el Sol a pesar de que la Tierra rote. Esa zona tiene noches que son más largas que 24 horas y cerca del Polo Norte la noche dura seis meses.

sea muy grande). La frase de "se puede tapar el Sol con un dedo", expresa como los ángulos subtendidos por diferentes objetos pueden ser similares, aún cuando los objetos tengan tamaños muy diferentes.

En el caso de objetos astronómicos, generalmente $\alpha \ll 1$ con lo cual $\tan(\alpha) \approx (\alpha)$, entonces,

$$\alpha = \frac{h}{d}.$$

Es decir, podemos hacer una aproximación para calcular ángulos. Un ejemplo muy ilustrativo de la situación en la que dos objetos nos parecen del mismo tamaño, aunque en realidad son de tamaños muy diferentes, lo representan el Sol y la Luna vistos desde la Tierra.

■ Ángulo subtendido por el Sol

El diámetro del Sol es de 1,400,000 km y se encuentra a una distancia de la Tierra de $1,5 \times 10^8$ km. Entonces el ángulo que subtiende el Sol es igual a

$$\alpha = \frac{1,4 \times 10^6 \text{ km}}{1,5 \times 10^8 \text{ km}} \approx 0,5^\circ \quad (1.1)$$

■ Ángulo subtendido por la Luna

La Luna se encuentra a una distancia de la Tierra de 384,000 km. El diámetro de la Luna es de 3476 km, entonces el ángulo que subtiende la Luna es

$$\alpha = \frac{3476}{3,8 \times 10^5 \text{ km}} \approx 0,5^\circ \quad (1.2)$$

■ Ángulo subtendido por un puño

Para tener una idea de un ángulo sobre la esfera celeste podemos hacer lo siguiente.

Extendemos un brazo y cerramos el puño. El ángulo que subtiende el puño es aproximadamente de 10° . Cuando necesitemos hacer una estimación de las distancias angulares entre estrellas en el cielo podemos usar el puño.

■ **Ángulo subtendido por un dedo**

Al igual que en el caso del puño, un dedo con el brazo extendido también nos da idea del ángulo que subtiende sobre la esfera celeste. En el caso del dedo el ángulo es de aproximadamente 2° .

1.2.1. Ejercicios

1. Calcula el ángulo que subtiende Júpiter visto desde su satélite Io si el radio ecuatorial de Júpiter es de 71,492 km y la distancia media que los separa es de 422,000 km.
2. Cuando Marte tiene un mínimo acercamiento a la Tierra, subtiende un ángulo (visto desde la Tierra) igual a 2.78 segundos. El radio de Marte es 3395 km. ¿Cuál es la distancia mínima de acercamiento entre Marte y la Tierra?
3. El diámetro de la Tierra es de 6378 kilómetros y la distancia media entre la Tierra y Júpiter es de 628, 000, 000 Km. Supongamos que vamos a representar a la Tierra y a Júpiter en una escala en la que la Tierra es una pelota cuyo diámetro es d . **a)** Determina a qué distancia tendría que estar Júpiter en función del diámetro d de la pelota. **b)** Si el diámetro de la pelota fuera 10 cm. ¿a qué distancia en metros estaría Júpiter de la Tierra?
4. Debido a que la distancia Sol-Tierra cambia entre 152,100,000 km y 147,090,000 km a lo largo del año entonces también el ángulo subtendido por el Sol varía. Si el diámetro del Sol es de 1,392,000 km, entonces, **a)** Calcula el ángulo más pequeño que subtiende el Sol, en segundos de arco. **b)** Calcula el mayor ángulo que subtiende, también en segundos de arco.
5. Para algunos cálculos podemos aproximar el diámetro del Sol a 1,400,000 km y la distancia entre la Tierra y el Sol a 150,000,000 km. Supongamos que vamos a representar a la Tierra y al Sol en una escala en la que el Sol es una pelota que tenemos en nuestro salón de clases, cuyo diámetro es d . **a)** ¿A qué distancia tendría que estar la Tierra en función del diámetro d de la pelota? **b)** Si el diámetro de la pelota fuera de 30 cm, ¿a cuántos metros de distancia estaría la Tierra?
6. En una foto de la Luna, el cráter Copérnico tiene un diámetro de 2 mm. En la misma foto el diámetro de la Luna es de 7.53 cm. Si el diámetro de la Luna es de 3500 km, ¿cuál es, en kilómetros, el diámetro del cráter Copérnico?

Capítulo 2

La esfera celeste

Si estamos en un lugar muy cerca del Ecuador o si estamos en un lugar cerca del Polo Norte, ¿veremos que una estrella traza la misma trayectoria en el cielo? ¿Cómo se ve la trayectoria de una estrella en la esfera celeste a una latitud de 20° ? ¿En qué latitud geográfica tienes que estar para que veas salir al Sol en ángulo recto respecto al horizonte?

La Tierra tiene dos movimientos que son particularmente importantes para la forma en la que vemos el cielo, son el de rotación sobre su eje, que produce un movimiento aparente de la esfera celeste al que se le llama *movimiento diurno* y el de rotación alrededor de la Tierra que conduce a un cambio de la parte de la esfera celeste que vemos de noche a través del año.

El movimiento de rotación alrededor del Sol es similar al de una persona que va en un vehículo en una carretera. En su viaje la persona ve diferentes paisajes que cambian conforme va avanzando. Así la Tierra va avanzando en su órbita y va viendo diferentes zonas de la esfera celeste. Es importante recordar que desde la Tierra no vemos la zona del cielo que aparece de día ya que la atmósfera dispersa la luz del Sol y la atmósfera resulta más brillante que las estrellas, aunque la Luna se puede ver durante el día y algunos planetas se pueden ver al atardecer. También se cree que algunas estrellas al explotar como supernovas han sido vistas de día.

2.1. El Sol en la esfera celeste

El 21 de Marzo el Sol está muy próximo al punto Vernal (ver glosario). Debido a que dicho punto se considera la referencia para medir la Ascensión Recta (AR) entonces en esa fecha la AR del Sol es cero. La AR del Sol cambia a lo largo del año de 0^h a 24^h mientras que su declinación cambia de -23.5° a $+23.5^\circ$ (también en un año). La AR del Sol el 22 de Septiembre es aproximadamente de 12^h .

Sabemos que el tiempo que tenemos luz del Sol (es decir el día) depende de las estaciones del año. Sin embargo, al comparar el tiempo que tarda el día en lugares con diferentes latitudes vemos que hay diferencias notables. Por ejemplo, a finales de Junio, cuando acaba de pasar el solsticio de verano, en el polo sur el Sol no se ve por varios meses sobre el horizonte.

Para entender cómo ocurre esto, es importante ver como es iluminada la Tierra, debido a su movimiento alrededor del Sol.

2.1.1. Trayectorias del Sol desde diferentes latitudes

En el panel izquierdo de la Figura 2.5 se representa esquemáticamente la trayectoria del Sol al amanecer visto desde una latitud de 19° Norte, en el panel derecho se muestra la trayectoria visto desde una latitud de 47° Norte.

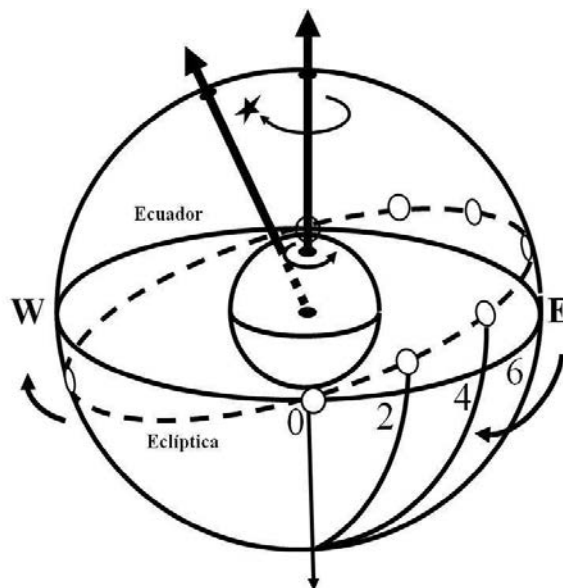


Figura 2.1: Representación de la esfera celeste (esfera grande) y representación de la Tierra (esfera pequeña). Se indican, el eje de rotación de la Tierra y el Ecuador Celeste (representado con una línea continua que por la perspectiva es una elipse). La trayectoria del Sol, a lo largo del año sobre la esfera celeste, (Eclíptica) se indica con una línea a trazos. En el equinoccio de primavera, el 21 de Marzo, el Sol cruza el Ecuador Celeste y en ese momento su Ascensión Recta (AR) es de cero grados, en tiempos posteriores su AR va aumentando. Si viéramos desde arriba la esfera celeste, entonces veríamos aumentar la AR en dirección contraria a las manecillas del reloj. Se puede ver que la Eclíptica está inclinada respecto al Ecuador Celeste. El ángulo de inclinación es de 23.5° .

2.1.2. El Sol en culminación

Cuando un objeto celeste atraviesa el meridiano en su posición más alta por encima del plano horizontal se dice que está en su culminación superior. En la culminación inferior la estrella se encuentra lo más lejos posible del cenit. La culminación del Sol en un lugar dado determina el mediodía.

2.1.3. Duración de la noche calculada a partir de la hora de salida del Sol

Supongamos que estamos en un sitio de la Tierra en el cual las noches y los días duran varias horas (es decir, no estamos en un sitio en donde el período de oscuridad puede ser mayor a un día). El mediodía se puede considerar como el momento intermedio entre la salida y la puesta de Sol. Por ejemplo, si en un día dado en Greenwich (latitud 51.5° Norte), Inglaterra, el Sol salió a las 8:30 A.M. y a las 12 hrs está en culminación en dicha ciudad, ¿cuál es la duración de la noche? Podemos ver que desde que salió hasta su punto de mayor altura o elevación (ver glosario y Apéndice A.1) transcurrió un tiempo que es igual a

$$12 : 00hrs - 8 : 30hrs = 3 : 30hrs$$

Entonces, el tiempo que el Sol estuvo sobre el horizonte ese día es

$$3 : 30 \times 2hrs = 7hrs$$

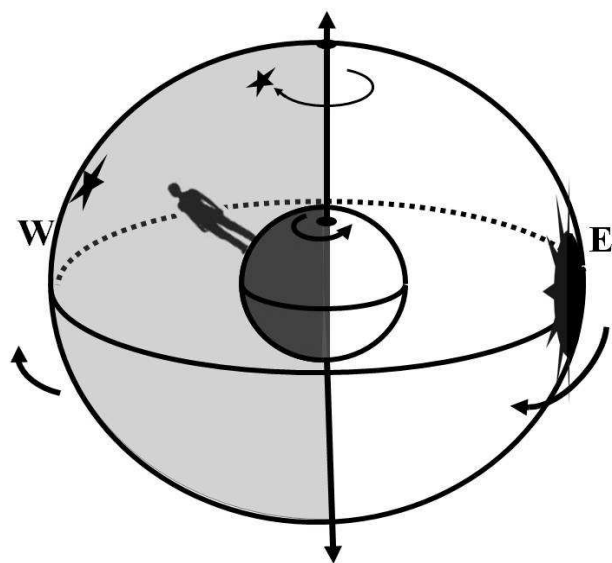


Figura 2.2: Posición del Sol en la esfera celeste, representado en el lado derecho, durante el equinoccio del 21 de Marzo. La tierra gira de Oeste a Este entonces al observador le parece que la esfera celeste gira en dirección contraria, es decir de Este a Oeste. El Ecuador Celeste es perpendicular al eje de rotación de la Tierra. En la fecha representada en esta figura, el Sol está en el Ecuador Celeste.

Es decir, el día duró aproximadamente 7 horas (en realidad hay luz aún después de que el Sol se oculta, así que el día es un poco más largo). Sin embargo, para hacer el cálculo tomamos el resultado obtenido y podemos estimar que la noche duró $24 - 7 = 17$ hrs, es decir, esa noche es muy larga en Greenwich. Ese mismo día, en San Petesburgo (latitud 60.0° Norte), Rusia, la noche dura aproximadamente 20 horas, mientras que en Barranquilla, Colombia (latitud 11.0° Norte) dura aproximadamente 13 horas.

La duración del día y la noche cambia a lo largo del año, así que estos valores para la duración de la noche solo son válidos para las condiciones de un día particular, de acuerdo a las horas de salida y culminación del Sol, dadas en el enunciado.

2.1.4. Práctica para visualizar trayectorias de estrellas

Un observador en la Tierra tiene un punto en la esfera celeste que está directamente sobre él, a dicho punto se le llama cenit. El plano perpendicular a la línea que une al observador con el cenit es el plano horizontal del observador. Un observador está en un plano horizontal que, en general, es diferente del plano horizontal de otro observador. Por ejemplo, el plano de un observador en Santiago de Chile es muy diferente del plano de un observador que está en Toronto, Canadá.

En general, para un observador dado, el eje de rotación de la Tierra está inclinado respecto a su plano horizontal. Como el movimiento de las estrellas en la esfera celeste se debe al movimiento de rotación de la Tierra entonces las trayectorias de las estrellas, en general, se ven inclinadas. Hay casos particulares para los que las trayectorias no son inclinadas, como se verá más adelante.

Para tener una idea de como son las trayectorias del Sol y de las estrellas en la esfera celeste, vistos por observadores en diferentes planos horizontales (correspondientes a diferentes

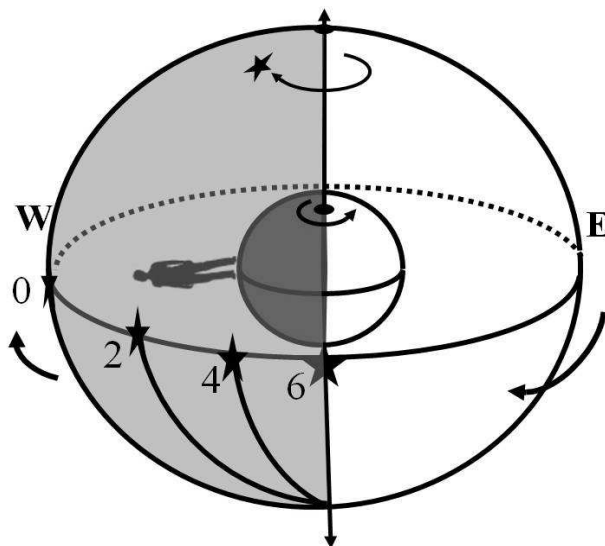


Figura 2.3: Posición de diferentes estrellas ubicadas sobre el Ecuador Celeste. Cada estrella está en una Ascensión Recta (AR) diferente. Al igual que en la representación hecha en la Figura 2.2, la Tierra gira de Oeste a Este y por eso nos parece que la esfera celeste rota de Este a Oeste. Debido a eso, el observador de esta figura, primero va a tener sobre su meridiano a la estrella con menor AR.

latitudes) vamos a hacer una pequeña práctica. Ponemos un lápiz en el orificio de un disco CD pegado con plastilina, como en la Figura 2.9. El lápiz representa al eje de rotación de la Tierra y la punta apunta al Polo Norte Celeste. Sobre la horizontal de la figura, pasando por el centro del CD está el plano horizontal de cada observador.

El ángulo entre la horizontal y el lápiz es igual a la latitud del lugar. Dirige la punta del lápiz hacia un punto. Ahora pon atención a la orilla del CD. Esa circunferencia representa la trayectoria que seguiría una estrella vista desde una latitud igual al ángulo del lápiz con respecto a la horizontal. Prueba con una inclinación mayor del lápiz. ¿Cómo queda orientada la orilla del CD?

2.1.5. Ejercicios

1. ¿En qué latitud geográfica tienes que estar para que veas salir al Sol en ángulo recto respecto al horizonte?
2. Juan vive en Chihuahua, al amanecer observa que el Sol se va moviendo trazando una trayectoria inclinada respecto al horizonte, ¿a qué se debe esto?
3. Dibuja la trayectoria que sigue el Sol durante el día, visto desde las siguientes ciudades:
 - a) Puebla, México (Latitud 19°),
 - b) Nueva York, Estados Unidos (Latitud 40.5°),
 - c) Sidney, Australia (Latitud -35°),
 - d) Córdoba, Argentina (Latitud -31°)
4. En las Figuras 3.1 y 3.2 se muestra la constelación de la Osa Menor.

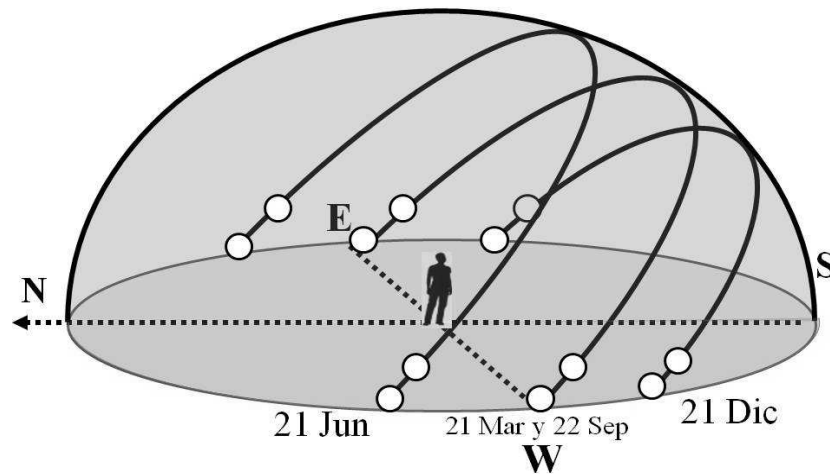


Figura 2.4: Trayectorias del Sol en la esfera celeste en sus declinaciones extremas, el 21 de Junio está en su posición más al Norte (solsticio de verano), el 21 de Marzo o el 22 de Septiembre (equinoccios) está en la posición intermedia y el 21 de Diciembre está en su posición extrema al Sur (solsticio de invierno).

- a) La representación de Figura 3.1 corresponde a cómo se vería desde la misma latitud (a la que vamos a llamar *Latitud 1*) que la representación de la Figura 3.2 (a la que vamos a llamar *Latitud 2*)?
 - b) Supongamos que en cada uno de los sitios, dejamos una cámara fotográfica apuntando al Polo Norte Celeste por varias horas para trazar arcos de círculo, como los de la Figura 2.8. ¿En cuál de las dos latitudes, desde donde se dibujó la Osa Menor de las Figuras 3.1 y 3.2, habría arcos de radio mayor?
 - c) ¿Por qué en el otro sitio solo habría arcos menores?
 - d) Vamos a suponer que, en el sitio donde no se trazan los arcos más grandes, observas alguna de las estrellas que (en el otro sitio) traza un arco de esos (grandes). Si haces un dibujo de la trayectoria de dicha estrella y también dibujas el horizonte del observador, ¿dibujarías un arco como los de la Figura 2.4 o uno como los de la Figura 2.7?
 - e) ¿Desde el sitio donde no se trazan arcos grandes, en alguna parte de su trayectoria queda una estrella de esas debajo del horizonte del observador?
 - f) ¿En alguno de los dos sitios podrías ver a la Osa Menor durante todo el año?
 - g) ¿Desde cuál de las dos latitudes se ven más estrellas circumpolares?
5. Si la inclinación del eje de rotación de la Tierra, con respecto a la eclíptica, fuera de 10° , ¿Cuál sería la latitud terrestre que determinaría el Círculo Polar Ártico?
 6. La inclinación del ecuador de Neptuno, respecto a la eclíptica es de 29.5° . ¿Cuál es la máxima *latitud* Sur a la que llega directamente la luz del Sol a lo largo de un año de Neptuno?
 - a) A una latitud de 29.5°
 - b) A una latitud de 59.0°
 - c) A una latitud de 60.5°

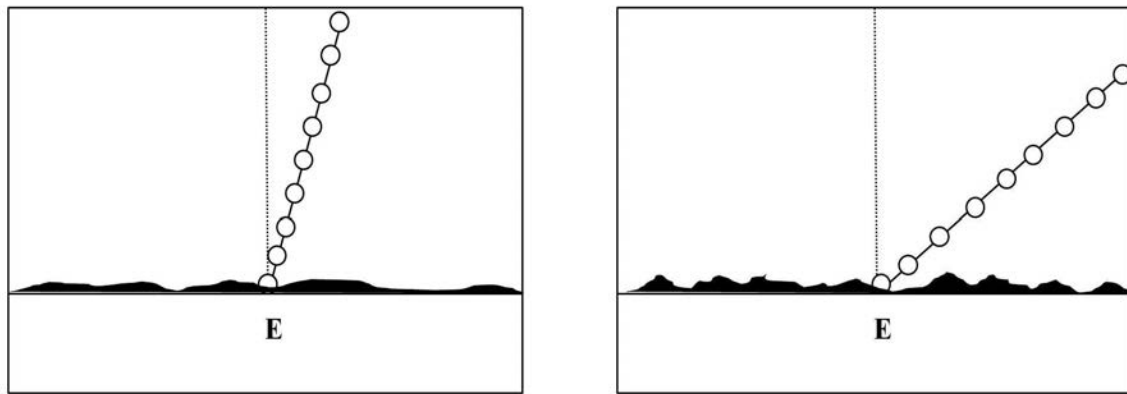


Figura 2.5: **Izquierda** Trayectoria del Sol al salir en el horizonte (lado Este) visto desde Puebla, México, cuya latitud es de aproximadamente 19° Norte. **Derecha** Trayectoria del Sol al salir en el horizonte visto desde Budapest, Hungría, cuya latitud es de 47° Norte.

7. Moscú está a una *latitud geográfica* aproximada de 56° Norte y *longitud* 38.9° Este.
 - a) ¿Cuál es la máxima altura a la que está el Sol durante su *culminación* en dicha ciudad?
 - b) Cuando en Greenwich el Sol está en *culminación* ¿qué tiempo del día es en Moscú: mañana, tarde ó noche?
8. A una latitud de 23° N, en el equinoccio de otoño, el Sol está a una altura (ver glosario y Apéndice A.1) o ángulo de elevación durante la culminación es 67° . ¿Cuál sería el ángulo de elevación del Sol para el solsticio de invierno a la misma hora?
 - a) 44°
 - b) 67°
 - c) 23°
9. ¿En qué mes el día es más largo en Cancún, México, que se encuentra en la península de Yucatán a 21° de latitud Norte?
 - a) Diciembre
 - b) Marzo
 - c) Junio
10. ¿En qué mes el día es más corto en Australia? Explica por qué
11. Una persona a las 11 de la noche a mediados de Junio ve que el Sol se acaba de ocultar sobre el horizonte.

¿Dónde podría estar ésta persona?

 - a) Sidney, Australia
 - b) La Paz, Bolivia
 - c) Helsinki, Finlandia
12. Una persona que vive en Noruega sale a sus actividades diarias. Durante una época del año se apura porque sólo tiene 5 horas de luz. ¿En qué época del año está viviendo?

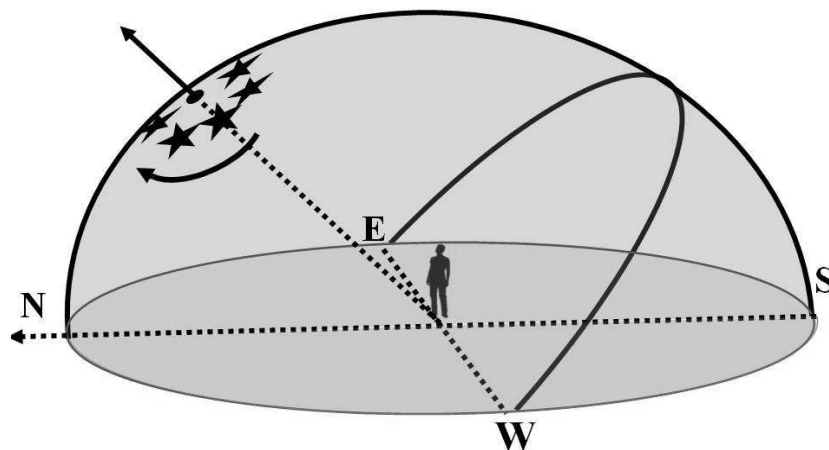


Figura 2.6: Se representa una estrella que para el observador de la figura (el cual está en el hemisferio Norte) siempre está sobre el horizonte, independientemente de la estación del año y de la hora del día. Con una flecha curva, sobre la esfera, se indica la dirección en la que gira la estrella por su movimiento aparente, debido a la rotación de la Tierra. El arco inclinado que está sobre el plano horizontal sería la trayectoria de una estrella en el ecuador celeste. El segmento de dicha trayectoria que se ve en el horizonte Este se vería como en la Figura 2.5.

13. Tania vive en una ciudad que está ubicada a una latitud de 65° N. ¿Durante qué periodo es más larga la noche para la ciudad de Tania?
 - a) Noviembre-Diciembre
 - b) Febrero-Marzo
 - c) Mayo-Junio
14. Natalia vive en Asunción, Paraguay, cuyas coordenadas geográficas son *latitud* $25^\circ 16' 55''$ Sur y *longitud* $57^\circ 38' 06''$ Oeste.
 - a) Dibuja la trayectoria del Sol que ve Natalia al amanecer en Asunción, es decir cuando el Sol aparece en el horizonte Este.
 - b) Dibuja la trayectoria del Sol cuando se oculta en el horizonte Oeste.
 - c) El día del equinoccio de invierno Natalia identifica el cenit sobre el horizonte de Asunción, y observa al Sol cuando está sobre el meridiano. En dicho momento, el Sol está en el Sur o en el Norte del cenit?
 - d) ¿En qué lugar el Sol está en culminación primero, en Asunción o en Puebla (*latitud* $19^\circ 02' 30''$ Norte y *longitud* $98^\circ 11' 48''$ Oeste)?
 - e) ¿Con cuanto tiempo de diferencia culmina primero el Sol?
 - f) ¿Después del solsticio de invierno (21 de diciembre) en cuál de estas dos ciudades esperamos que aumente la temperatura y en cuál que disminuya?
15. Supongamos que un esquimal que vive a una *latitud* de 65° N requiere de luz del Sol para salir de cacería el mayor tiempo posible. ¿En qué época del año es más conveniente salir de cacería?

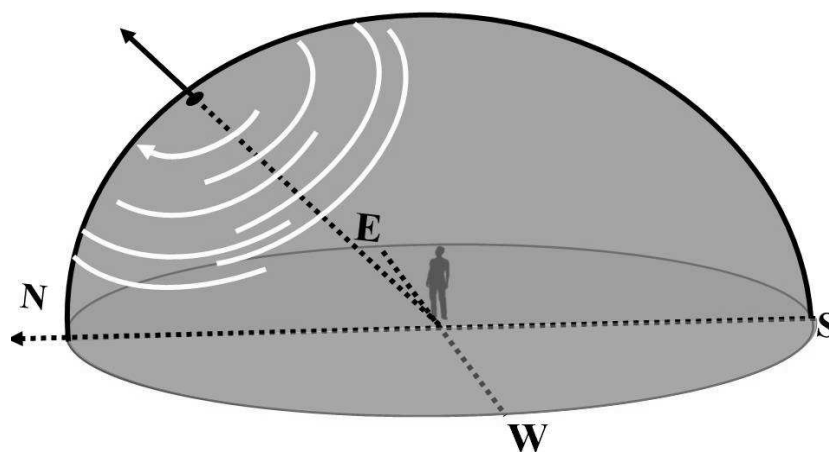


Figura 2.7: Trayectorias sobre la esfera celeste de estrellas ubicadas cerca del Polo Norte Celeste, vistas por un observador en el hemisferio Norte

- a) Entre el solsticio del 21 de diciembre y equinoccio del 21 de marzo .
 - b) Entre el equinoccio del 21 de septiembre y el solsticio del 21 de diciembre.
 - c) Entre el solsticio del 21 de Junio y el equinoccio del 21 de septiembre.
16. A finales de Junio, cuando acaba de pasar el solsticio de verano, ¿qué tan larga es la noche en el polo Sur?
 17. Una persona se encuentra en el polo sur, si es la una de la mañana y observa el Sol por el horizonte, ¿en qué época del año se encuentra? Explica por qué.
 18. A finales de Diciembre, cuando acaba de pasar el solsticio de invierno, ¿la duración de la noche en el polo sur es mayor que en el polo norte? Explica por qué.
 19. Estando en el hemisferio Norte, si la duración de la noche es de 10 horas, estás en una época del año cercana al:
 - a) Solsticio de verano.
 - b) Equinoccio de otoño.
 - c) Solsticio de invierno.
 20. Sabemos que la Eclíptica, es la trayectoria que sigue el Sol a lo largo del año en la esfera celeste. Si el eje de rotación de la Tierra fuera perpendicular al plano de la eclíptica.
 - a) ¿Cómo influiría esto en la duración de la noche?
 - b) ¿Cómo influiría esto en las estaciones del año y en el clima de las diferentes zonas de la Tierra?

2.1.6. Ascensión recta del Sol y observación de otros objetos celestes

La Ascensión Recta (la cual también se denota por α , lo cual es particularmente cómodo en las ecuaciones) y la Declinación (que se denota por δ) se describen en el Capítulo A.1 y sus

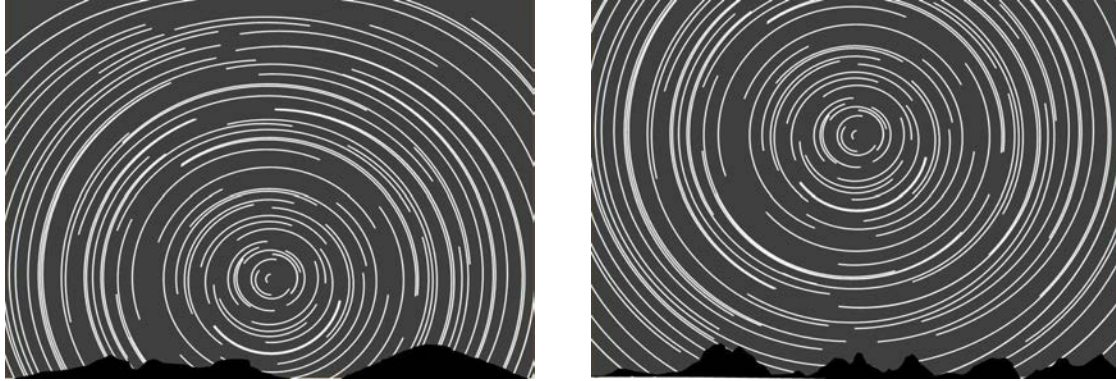


Figura 2.8: Trayectorias de estrellas cercanas al Polo Norte Celeste como se ven si el observador deja su cámara fotográfica registrando la luz por varias horas. **Izquierda** Desde una latitud de 10° y **Derecha** Desde una latitud de 25° .

definiciones se pueden ver en el glosario. El trazo de Declinación y Ascensión Recta sobre la esfera celeste es similar al trazo, sobre la Tierra, de las líneas de latitud y longitud (Figura A.1). La AR de un objeto celeste determina a qué hora va a pasar dicho objeto sobre el meridiano mientras que la Dec determina si se va a ver al Norte o al Sur.

A continuación tenemos una lista de estrellas y su ascensión recta.

Estrella	Ascensión Recta
1	1°
2	21°
3	11°
4	16°
5	5°

Cuando la *ascensión recta* del Sol es

$$\alpha = 6^\circ. \quad (2.1)$$

- a) ¿Cuáles de las estrellas listadas aparece durante el día?
- b) ¿Cuáles aparecen durante la noche?
- c) Si el Sol estuviera en $\alpha = 18^\circ$ ¿qué estrellas se verían de día?
- d) Para el mismo caso de $\alpha = 18^\circ$ ¿qué estrellas se verían de noche?

Respuesta

Si el Sol está en $\alpha = 6^h$ la zona de la esfera Celeste que se ve durante el día es de $6^h - 6^h = 0^h$ a $6^h + 6^h = 12^h$, es decir, ilumina la atmósfera terrestre para el intervalo de 0^h a 12^h . Las estrellas en ese rango de *ascensiones rectas* están sobre un observador en la Tierra pero debido a que el Sol ilumina la atmósfera terrestre ésta no permite ver a dichas estrellas. **a)** Entonces las estrellas que se ven de día son 1, 3 y 5.

b) Las estrellas que se ven de noche son 2 y 4.

c) Para cuando el Sol está en $\alpha = 18^h$, el rango de Ascensión Recta que se ve de día es de $18^h - 6^h$ a $18^h + 6^h$, que es de 12^h a 24^h . Entonces, en ese caso, las estrellas 2 y 4 se ven de día.

d) De noche se verían las estrellas 1, 3 y 5.

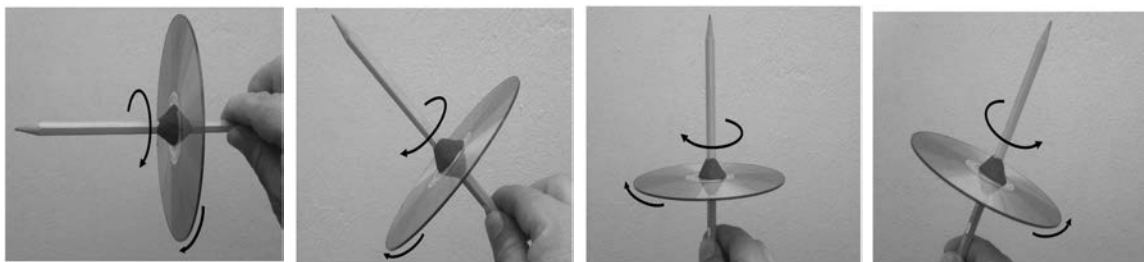


Figura 2.9: Fotografías del disco compacto (CD) con un lápiz para visualizar las trayectorias de las estrellas vistas desde diferentes latitudes. El lápiz corresponde al eje polar y el borde del CD a la trayectoria que sigue una estrella para una latitud dada. **Extrema izquierda** Se muestra el CD colocado al ángulo que corresponde a la trayectoria de una estrella vista desde la latitud del Ecuador, es decir latitud 0° . **Segundo panel** La inclinación del lápiz corresponde a la que tendría el eje polar estando en una latitud de aproximadamente 45° Norte, entonces el borde del CD corresponde a la trayectoria de una estrella vista desde dicha latitud. **Tercer panel** Posición del lápiz como vería un observador el eje polar desde el Polo Norte. En ese caso la trayectoria de la estrella sería un círculo. En el caso del Sol, como el círculo corresponde a una trayectoria por la cual no se oculta en el horizonte, entonces el día sería mucho más largo que en otros sitios, de hecho es de seis meses. **Extrema derecha** Inclinación correspondiente a una latitud de 60° Sur.

2.1.7. Ejercicios

1. El 21 de diciembre de 2009 la *ascensión recta* del Sol fue

$$\alpha = 17^h 57^m 49.0^s$$

a) Si la *ascensión recta* de la estrella Vega fue $\alpha = 18^h 37' 15.6''$ ¿En qué lado del Sol estaba Vega, en el Este ó en el Oeste?

b) Si la *ascensión recta* de Sirio fue

$$\alpha = 6^h 45^m 34.0^s$$

¿Cuántas horas después del Sol estaba Sirio en *Culminación*

2. Cada día las estrellas salen en el horizonte aproximadamente 4 minutos antes que el día anterior. ¿A qué hora sale la estrella que hace dos meses y medio salió a las 8 de la noche?
3. La *ascensión recta* de Sirio es

$$\alpha_S = 6^h 45^m 34.0^s$$

y la *ascensión recta* de Betelgeuse (la segunda estrella más brillante de la constelación de Orión) es

$$\alpha_B = 5^h 55^m 41.2^s$$

a) ¿Cuál de estas dos estrellas pasa primero por el meridiano de Puebla? (es decir está en *culminación* en dicha ciudad)

- b) ¿Cuánto tiempo después la segunda de ellas está en *culminación* en Puebla?
4. A continuación se listan algunas estrellas y sus coordenadas ecuatoriales (α y δ).

Estrellas	α	δ
Pléyades	$03^h 47.10^m$	$+ 24^\circ 07' 32''$
Betelgeuse	$05^h 55^m 10^s 307$	$+ 07^\circ 24' 25 35''$
Sirio	$3^h 45^m 34.0^s$	$- 16^\circ 43' 47.1''$

Si el Sol está en *ascensión recta* de 12^h ,

- a) ¿Estas estrellas aparecen durante la noche ó durante el día?
- b) ¿Cuál de estas estrellas está primero en *culminación* en la ciudad de Puebla, cuyas coodenadas geográficas son:
- $$\phi = 19^\circ 02' 30'' \quad y \quad l = 98^\circ 11' 48''$$
- c) ¿Qué estrella culmina al último?
5. Supongamos que vamos a observar dos estrellas y la *ascensión recta* de la estrella 1 es 14^h mientras que la de la estrella 2 es 6^h
- a) Si la estrella 1 está en *culminación* en un sitio ¿en qué zona del cielo, está la estrella 2, al Este ó el Oeste?
- b) En esa época ¿la estrella 2 está en *culminación* durante el día ó la noche?
- c) ¿Qué relación tiene la respuesta a la pregunta **b)** con la culminación del Sol?
6. Si el 21 de Marzo la AR del Sol es de cero horas, ¿Cuál es la AR del Sol el 21 de Junio?
7. Si el 21 de Diciembre ves a la Luna 15° más hacia el W que el Sol. ¿Cuál es la AR de la Luna?
8. Las Pléyades son unas estrellas cuyas coordenadas ecuatoriales, para el año 2000, las podemos aproximar a, Ascensión Recta, $\alpha(2000) = 4^h$ y Declinación, $\delta(2000) = 24^\circ$. ¿En qué lugar de la Tierra tienes que pararte para ver salir y meterse las Pléyades en ángulo recto con respecto al horizonte? Explica por qué.

2.2. Trayectoria de la Luna en la esfera celeste

La Luna es un satélite natural de la Tierra, es decir se encuentra girando alrededor de la Tierra a una distancia media de 384,000 km. Su órbita tiene un periodo de aproximadamente 27.5 días y su declinación varía entre aproximadamente -22° y $+22^\circ$. Esto ocurre en un ciclo de rotación lunar alrededor de la Tierra. Entonces, en el lapso de aproximadamente 28 días la declinación de la Luna varía aproximadamente 24° .

Como se mencionó en el Capítulo 3, debido a que la Luna es muy brillante en algunas fases, no se ven las estrellas que, sobre la esfera celeste, aparecen cercanas a ella. Entonces, es importante saber la fase lunar en la cual vamos a observar el cielo y las posiciones de la Luna

durante la noche para planear nuestras observaciones. Pero entonces nos preguntamos, ¿cómo identificar las fases de la Luna?

Vamos a suponer que un observador que está en el hemisferio Norte y va marcando sobre la esfera celeste las posiciones de la Luna durante toda la noche. En la Figura 2.10 tenemos una representación de un observador y la trayectoria de la Luna, el plano horizontal del observador en el hemisferio se representa por un círculo gris, que por la perspectiva se ve como elipse. Un arco sobre el plano horizontal representa la trayectoria de la Luna. Con círculos pequeños superpuestos al arco se denota la posición de la Luna para las horas indicadas junto a cada círculo. El disco de la Luna, como se ve en la fase correspondiente, se muestra en el recuadro, se indican el lado Este (E) y el lado Oeste (W).

En el panel superior-izquierdo de la Figura 2.10 vemos que en fase de Luna Nueva, la Luna aparece en el Este a las 6 horas, es decir 6 AM y al mediodía (12 hrs) está sobre el meridiano del lugar (línea a trazos en dirección Norte-Sur). Al día siguiente la Luna, ya en el inicio de fase creciente sale un poco antes de las 7 AM. El lado Oeste de la Luna se ve iluminado solo en una zona muy delgada, cerca del limbo (orilla).

En la fase creciente se va iluminando cada vez un área mayor del lado Oeste, empezando con una zona muy delgada en el Oeste (que parece uña), pasando por Cuarto Creciente, en el que la mitad del disco está iluminado (lado Oeste) y hasta llegar a Luna Llena.

Al contrario de la fase creciente, en la fase menguante se va oscureciendo un área mayor de la Luna, también del lado Oeste. Empieza con una zona sombreada muy delgada que va aumentando, pasa por Cuarto Creciente, en el que la mitad Oeste está oscura, y al final de la fase menguante llega a Luna Nueva cuando la Luna no sobresale mucho por verse durante el día (ver las horas del recuadro superior-izquierdo de la Figura 2.10) y además por no ser tan brillante como la Luna Llena.

La trayectoria de la Luna al salir en el horizonte, al igual que el Sol, depende de la latitud del lugar donde se observa. La inclinación de dicha trayectoria es similar a la de la Figura 2.5 y se verá más inclinada a mayores latitudes.

2.2.1. Ejercicios

1. Cuando la Luna, forma un ángulo recto entre una línea que va de ésta a la Tierra y otra de la Tierra al Sol se dice que está en cuadratura. ¿Cuál es la fase lunar, desde la Tierra, bajo estas condiciones?
2. Una persona ve salir la Luna y toma fotografías de su trayectoria sobre el horizonte, dicha trayectoria está inclinada hacia el Sur. En las fotografías el ángulo entre una línea perpendicular al horizonte y la trayectoria de la Luna resulta ser de 58° . Con este dato, ¿en qué lugar crees que se encuentra la persona? **a)** Buenos Aires **b)** Nueva York **c)** Ensenada, Baja California, México.

2.3. Eclipses

2.3.1. Eclipses de Sol

En un eclipse de Sol el disco de la Luna cubre al disco solar (ya sea total o parcialmente). Entonces, los eclipses de Sol no pueden ocurrir en Luna llena.

El ángulo que subtiende la Luna varía, al igual que el del Sol. En el momento de un eclipse total de Sol, la Luna subtiende un ángulo mayor o igual al del Sol. A lo largo del tiempo los

ángulos cambian y puede ocurrir un eclipse en una época en la que el ángulo subtendido por la Luna sea menor al del Sol. En ese caso el eclipse no podrá ser total.

2.3.2. Eclipses de Luna

En un eclipse de Luna la Tierra produce una sombra sobre la Luna. Esto se debe a que se interpone entre la luz que llega del Sol hacia la Luna. En ese caso la Luna debe de estar del otro lado de la Tierra respecto del Sol. Esto implica que la Luna debe estar en fase alrededor de Luna llena. Por lo tanto, un eclipse de Luna no puede ocurrir cuando la Luna y el Sol están en el mismo lado de la Tierra, es decir, en Luna Nueva. También podemos darnos cuenta que un eclipse de Luna no se puede ver al mediodía.

2.3.3. Los planetas

Los planetas al igual que la Tierra giran alrededor del Sol, cada uno con su propio período y en su propia órbita. Entonces, su posición relativa al Sol y a la Tierra cambia. Debido a eso, los planetas no están en una posición fija sobre la esfera celeste. Día con día van cambiando su posición entre las estrellas, precisamente por eso les llamaron planetas que significa "errantes". Las épocas en las que se ve un planeta durante la noche dependen de su posición en su órbita y de la posición de la Tierra en su órbita alrededor del Sol. Sin embargo, los planos de las órbitas de todos los planetas de nuestro sistema solar, no están muy inclinados con respecto al plano de la órbita de la Tierra. Por esta razón, su posición en el cielo va a ser cercana a la Eclíptica.

Aldebarán (Tauro), Antares (Escorpión), Spica (Virgo) y Régulo (Leo) son las estrellas más brillantes (Capítulo 3) sobre la eclíptica. Así que para identificar la región en la que se ven los planetas estas estrellas pueden ser una referencia.

Mercurio está en una más órbita interna alrededor del Sol, que la Tierra. Entonces Mercurio solo se puede ver cerca del Sol, es decir no lo podemos ver cuando el Sol está completamente del otro lado del cielo, sino que ambos están siempre del mismo lado. Es decir, Mercurio se puede ver solo al amanecer o al atardecer.

Venus también está en una órbita interna a la de la Tierra aunque está más alejado del Sol que Venus. Debido a eso se puede ver también después del atardecer o antes del amanecer. Generalmente Marte, Jupiter y Saturno se ven brillantes, así que, una vez que se han identificado las estrellas de una noche en la que hay planetas sobre el horizonte, es relativamente fácil identificarlos. Marte tiene un color rojizo que lo hace sobresalir de otros objetos de la esfera celeste.

Es interesante saber que en algunas estrellas que podemos ver hay planetas orbitándolas. Hasta ahora se han descubierto más de 600 planetas fuera de nuestro sistema solar. Aquí se mencionan algunos casos y aunque no se pueda tener una imagen de esos planetas, esperamos que esta información ayude a mantener la curiosidad por tener más información acerca de estos apasionantes objetos celestes, uno de los cuales es nuestro hogar en el Universo.

2.3.4. Tránsitos de Mercurio y Venus por el disco solar

En un tránsito, un objeto celeste se interpone entre el observador y otro objeto pero el que se interpone es de tamaño angular más pequeño del objeto que queda atrás. Por ejemplo, en algunas estrellas binarias una es muy grande en relación a la otra. Para un observador en la Tierra puede ocurrir un tránsito si el plano orbital de las estrellas no está muy inclinado con respecto a la visual. Así, puede ocurrir que la estrella de menor tamaño pasa enfrente de la

grande. Aunque en la actualidad no se ven directamente las dos estrellas, se puede identificar el tránsito ya que la luminosidad disminuye y después aumenta en este proceso.

Desde la Tierra, se pueden observar tránsitos de los planetas cuyas órbitas son interiores a la de la Tierra. Se puede ver un tránsito de Mercurio o Venus a través del disco solar. Como muchos planetas tienen satélites y los planos de sus órbitas están cerca de la línea de visión, también se puede observar el tránsito de un satélite sobre el planeta en torno al cual gira.

2.3.5. Ejercicios

1. La distancia media entre la Tierra y la Luna es de $3,84 \times 10^5 \text{ km}$ y la distancia media entre la Tierra y el Sol es de $1,5 \times 10^8 \text{ km}$. Supongamos que ocurre un eclipse total de Sol, **a)** ¿Cuál es la relación entre los diámetros del Sol y de la Luna? **b)** El ángulo que subtiende la Luna vista desde la Tierra es de 0.52° , calcula el diámetro de la Luna en kilómetros. **c)** Los diámetros angulares del Sol y de la Luna cambian debido a que sus distancias a la Tierra no son constantes. ¿Por qué ocurren eclipses anulares de Sol?
2. Si la órbita de la Luna estuviese en el mismo plano que la de la Tierra alrededor del Sol. ¿Cuántos eclipses lunares y cuantos solares ocurrirían en un mes?, ¿Por qué?

2.4. Trayectorias de las estrellas desde diferentes latitudes

En un lugar con latitud diferente de cero las estrellas al salir en el horizonte, al igual que el Sol y la Luna, van a seguir trayectorias inclinadas respecto a la línea del horizonte. A lo largo del día una estrella también va a seguir una trayectoria similar a la del Sol. Sin embargo, hay una diferencia importante, la declinación y la ascensión recta de las estrellas, a diferencia del Sol, cambian muy poco a lo largo de un año. Entonces una estrella va a estar casi en el mismo lugar sobre la esfera celeste durante todo el año. Por otro lado, a lo largo del día la estrella va a trazar una circunferencia pero, a diferencia del Sol y la Luna, no va a cambiar de posición Norte-Sur.

2.5. Lluvias de estrellas

La Tierra cruza las órbitas de varios cometas. Los cometas dejan en su camino partículas y éstas se van extendiendo a lo largo de su órbita, entonces cuando la Tierra cruza la órbita de un cometa muchas de estas partículas ingresan a la atmósfera. Las partículas son pequeñas (del tamaño de un grano de azúcar) pero, como viajan a grandes velocidades (del orden de 50 km/s) entonces al ingresar a la atmósfera se "prenden" y producen una línea brillante trazando parte de su trayectoria. Las partículas se van dispersando a lo largo del tiempo, en parte por la atracción gravitacional de los planetas y el Sol. Debido a que las partículas están muy dispersas, la Tierra tarda varios días en pasar por la zona con mayor cantidad de ellas. En una sola noche se pueden ver muchas partículas ingresar a la atmósfera y por eso se les llama lluvia de estrellas. Los trazos parecen originarse en una zona del cielo, en particular en alguna constelación. Por eso, a las lluvias de estrellas se les da el nombre de la constelación de la que parecen originarse y a la zona de la que parecen provenir se le llama *radiante*.

Aunque las trayectorias de las partículas se originan en una zona de la esfera celeste, pueden tener cualquier dirección. Es decir, pueden ir de Norte a Sur o de Este a Oeste, etc. y como una traza se puede extender varias decenas de grados entonces, no es recomendable usar telescopio o binoculares. En lugar de eso se puede usar una cámara en la que el obturador se puede dejar

abierto por varios minutos y dejarla apuntando hacia la zona del radiante. Las fotografías que se obtienen muestran una serie de líneas que parecen converger en el radiante.

Cuadro 2.1: *Lluvias de estrellas más sobresalientes.*

No	Nombre	Periodo	Máximo	Notas
1	Cuadrántidas	1-3 ene	2 ene	
2	Líridas	16-25 abr	22 abr	
3	Eta Acuáridas	abr-may	5 may	Partículas del cometa Halley
4	Delta Acuáridas	15 jul-20 ago	29-30 ago	
5	Perseídas	10-13 ago	12-ago	
6	Dracónidas	oct	7 oct	21P/Giacobini-Zinner
7	Oriónidas	oct-nov	21 oct	Partículas del cometa Halley
8	Táuridas del Sur	25 sep-25 nov	4-5 nov	Partículas muy dispersas
9	Táuridas del Norte	12 oct-2 dic	11-12 nov	Partículas muy dispersas
10	Leónidas	15-21 nov	16-17 nov	Partículas del cometa Tempel-Tuttle
11	Gemínidas	13/14 dic	13-14 dic	

2.5.1. Relación entre declinación, altura y latitud

Ejercicios

- Vamos a suponer que para un observador en el hemisferio Norte una estrella en su *culminación* superior se encuentra al Norte del cenit de dicho observador.
 - ¿Cómo se relacionan (para este momento) la *latitud* del lugar, la *declinación* y la altura de dicha estrella?
 - Encuentra la formula que relaciona los mismos parámetros bajo las mismas condiciones pero para la culminación inferior.
 - Si las formulas encontradas en a) y b) son diferentes explica ¿porque? Si son iguales da el argumento por el cual debe ser así.
 - ¿Cuál es la latitud mínima a partir de la cual esperamos que una estrella con declinación mayor a cero se vea cuando está en su culminación inferior.
 - ¿Cuál es la mínima latitud (sin importar el hemisferio) en la que esperamos que una estrella con declinación menor a cero no aparezca ni en culminación superior.
 - Tomemos la declinación 2004 de la estrella polar 89° . ¿ En qué rango de latitudes esta estrella se ocultaría en el horizonte?. Es decir no se vería que traza un círculo en el cielo. Dar la respuesta en términos de los resultados anteriores.
- ¿Cómo ve una persona en el polo Norte las trayectorias de las estrellas durante una noche?
- En 2009 las coordenadas de la Estrella Polar fueron $\alpha = 02^h 43^m 05.1^s$ y $\delta = 89^\circ 18' 17.9''$. Supongamos que la Estrella Polar está en *culminación* para un observador que está a una *latitud geográfica* de 20° cuando la *ascensión recta* del Sol es 0° .
 - ¿Cuál es el *acimut* de la estrella polar para dicho observador en ese momento?
 - ¿A qué altura ve dicho observador la estrella polar?

4. Supón que te encuentras en el polo sur justo cuando inicia el verano en el hemisferio norte, es decir, el 21 de Junio. ¿A qué latitud llegan los rayos del Sol en ese hemisferio, ese día? ¿Por qué?
5. Un grupo de estrellas es visible en todo el mundo. ¿A qué declinación se encuentra dicho grupo de estrellas?
 - a) 90° de declinación.
 - b) 0° de declinación.
 - c) 45.5° de declinación.
6. ¿Cuál es la mínima latitud en la que se puede ver una estrella con declinación $\delta = 60^\circ$?
7. El ángulo de elevación (o altura) de un objeto celeste se mide entre el horizonte de un lugar y el objeto dado. En el solsticio de invierno al mediodía, el Sol está a una elevación de 71° visto en una ciudad de las listadas a continuación. Entre paréntesis se da su latitud ¿Qué ciudad es? a) Córdoba, Argentina (-31.5°) b) Berlín, Alemania (52.5°) c) Nueva Delhi, India (28.5°) d) Bogotá, Colombia (4.5°) e) Caracas, Venezuela (10.5°).

2.5.2. Ángulos en grados, minutos, segundos y en grados y fracciones de grado

Si la *ascensión recta* (α) y la *declinación* (δ) de Sirio en el 2009 eran

$$\alpha = 6^h 45^m 34.0^s. \quad (2.2)$$

$$\delta = -16^\circ 43' 47.1''. \quad (2.3)$$

Calcula α en horas y fracciones de hora y δ en grados y fracciones de grado.

Respuesta

En este ejemplo α está en *horas*, *minutos* y *segundos* entonces calculamos el equivalente de los minutos y los segundos en fracciones de hora

$$\begin{aligned} \alpha &= 6 + \frac{45}{60} + \frac{34.0}{3600} \\ \alpha &= 6 + 0.75000 + 0.00944 \\ \alpha &= 6.75944^h. \end{aligned}$$

La forma en la que se escribió la *declinación* de Sirio en la Ecuación 2.3 indica que es negativa por lo tanto, los *minutos* (del arco) y los *segundos* (del arco) también los escribimos con signo negativo.

$$\begin{aligned} \delta &= -16 - \frac{43}{60} - \frac{47.1}{3600} \\ \delta &= -16 - 0.71661 - 0.01308 \\ \delta &= -16.72969^\circ. \end{aligned}$$

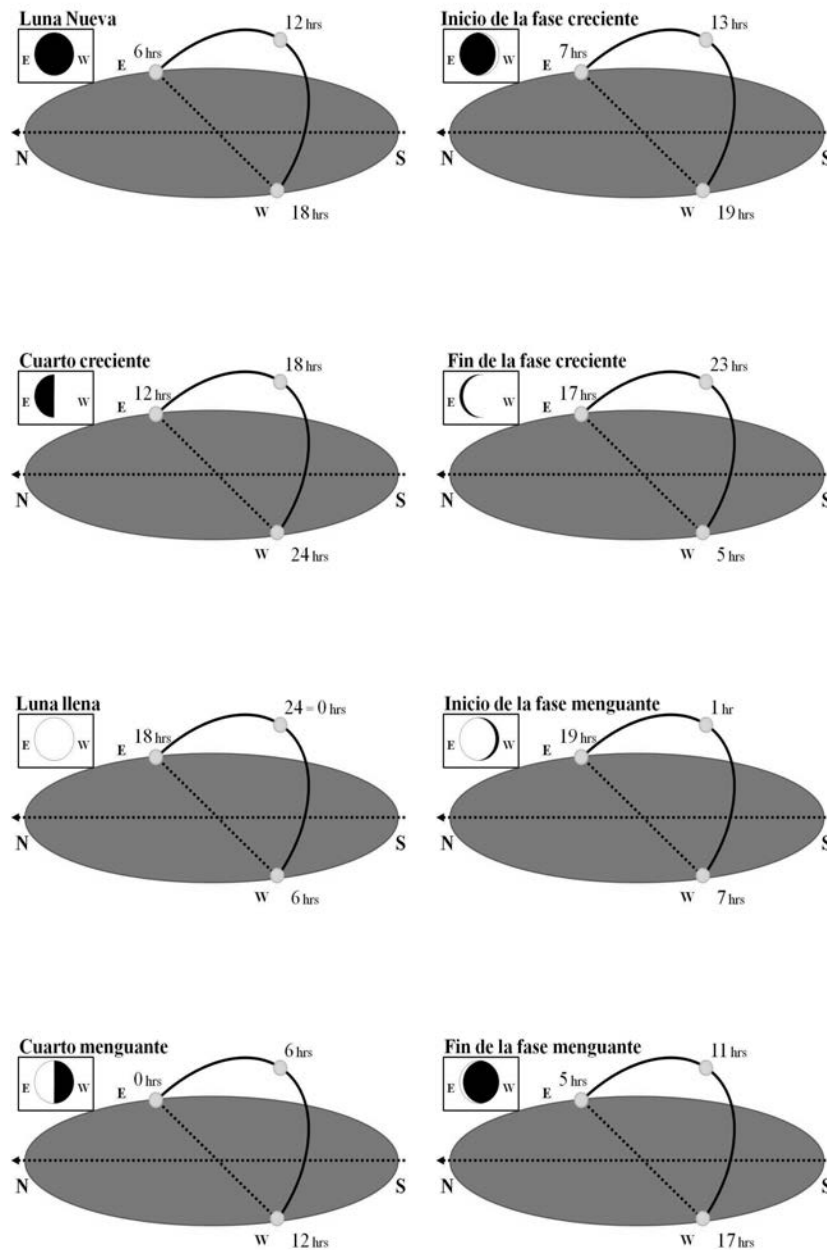


Figura 2.10: La elipse gris en cada panel representa el plano horizontal de un observador en el hemisferio Norte, un arco sobre el plano horizontal representa la trayectoria de la Luna. En los diferentes paneles se muestran diferentes fases de la Luna, en el panel superior-izquierdo se muestra en Luna Nueva y se ve que aparece en el horizonte a las 6 AM. En el panel izquierdo en la segunda línea de arriba hacia abajo se ve en cuarto creciente. En esa fase lunar la Luna aparece en el horizonte al mediodía (12 horas). En el panel izquierdo en la tercera línea se ve que la Luna llena sale a las 18 horas (6 PM) y en el cuarto menguante (panel izquierdo de la cuarta línea) sale a la medianoche (24 horas o cero horas).

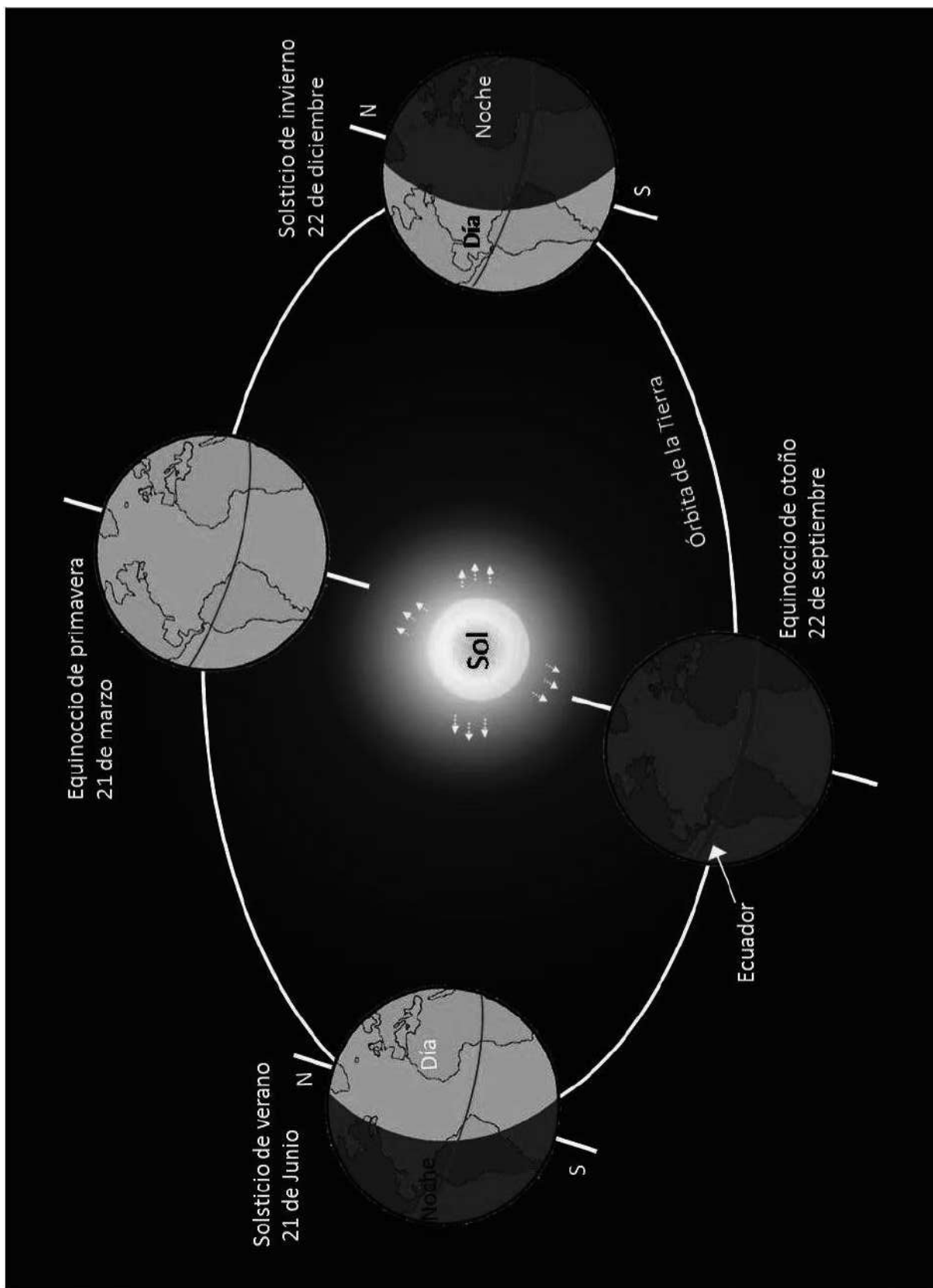


Figura 2.11: Representación de la Tierra en su órbita alrededor del Sol para los equinoccios y los solsticios.

Capítulo 3

Constelaciones

Identificar objetos celestes en cielo real no es fácil pero con un poco de práctica es posible, conocer la ubicación de algunas estrellas e incluso conocer algunas zonas del cielo. Es conveniente tener en cuenta las siguientes situaciones:

1.- Cuando el cielo es muy oscuro se ven una gran cantidad de estrellas. En ese caso parece que todas son muy brillantes. Debido a eso no hay estrellas que sean muy sobresalientes por su brillo y tal vez no identificamos las estrellas que conocemos y con las cuales podemos orientarnos.

2.- Cuando una zona del cielo está cubierta de nubes pero podemos ver las estrellas de otra zona. En ese caso, también puede ocurrir que no identificamos las estrellas que vemos en un campo de visión pequeño porque necesitamos referencias que no se ven.

3.- Cuando el cielo es muy claro y se ven solo unas cuantas estrellas. Esto puede deberse a luz difusa de ciudades cercanas o a la luz de la Luna. Puede ocurrir que no te sea fácil identificar las estrellas que ves, por faltarte referencias con las que estás familiarizado.

Es conveniente, sobre todo cuando empieces, tratar de identificar los puntos cardinales durante el día. Así, cuando observes el cielo en la noche puedes tratar de identificar alguna estrella, sabiendo de antemano en que zona esperas verla. Por ejemplo, puedes tomar en cuenta si está en el Norte o en el Sur, así como a qué hora se ve salir en el Este y a que hora se oculta en el Oeste. También es recomendable que durante el día hagas un trazo imaginario del Ecuador Celeste así como del Meridiano, basandote en algunas referencias de tu horizonte, como montañas, árboles, etc.

Te recomendamos usar algún programa de cómputo de los que permiten ver mapas del cielo, con los nombres de las constelaciones, estrellas y otros objetos celestes, tienen la ventaja de que puedes ver la ubicación de las estrellas tal y como se ven desde el sitio donde estés. Estos programas pueden mostrarte la ubicación de las estrellas para cualquier hora que selecciones. Así, si tú te fijas en alguna estrella determinada, en el programa puedes dar la fecha y la hora en la que vas a observar y así puedes saber en qué zona del cielo va a estar. Uno de ellos, de libre acceso, y que aquí usamos con fines docentes, es Stellarium (<http://www.stellarium.org/>).

3.1. Constelaciones y objetos celestes

Es importante tomar en cuenta que, además de las estrellas, en el cielo hay otros tipos de objetos celestes como planetas, galaxias, nebulosas, cúmulos de estrellas, asteroides, cometas, etc. Como se mencionó en la Sección 1.1.1 del Capítulo 1, una constelación es un conjunto de estrellas que, vistas sobre la esfera celeste, se les ha relacionado con alguna figura, aunque en una constelación puede haber varios de estos tipos de objetos celestes. Algunos grupos de

objetos celestes se pueden identificar por su forma, otros porque son brillantes y otros porque se ven como objetos nebulosos y algunos por sus trayectorias.

3.1.1. El Polo Norte Celeste y la Osa Menor

Cerca del Polo Norte Celeste las estrellas sobresalen por su trayectoria. La Osa Menor es la constelación que se localiza más cerca del Polo Norte Celeste. En realidad, al igual que a la mayoría de las constelaciones, es difícil encontrarle la forma que uno espera por su nombre (Figura 3.1). Sin embargo, podemos identificar dos partes, una que es casi un trapecio (y por eso nos vamos a referir a ella como el trapecio) y otra que es un arco no muy curvo, unido a un vértice del trapecio.

Como se ha definido a la constelación, el trapecio es el cuerpo de la osa, mientras que el arco es su cola. En la parte extrema de lo que sería la cola (es decir al final del arco) está la estrella que se conoce como Polaris. Esta estrella tiene la particularidad de ser la más cercana al Polo Norte Celeste.

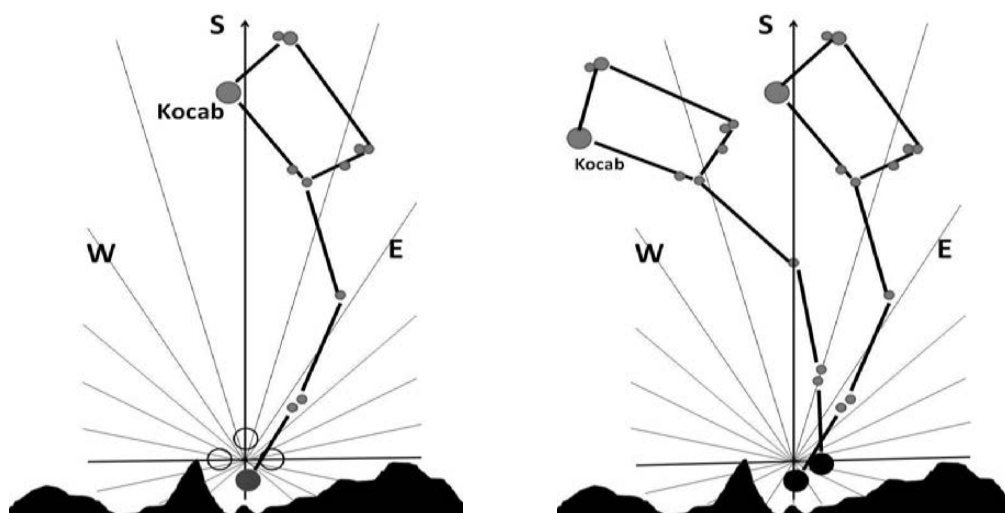


Figura 3.1: Constelación de la Osa Menor **Izquierda** Como se ve a medianoche los últimos días de Mayo. Con líneas delgadas se denotan diferentes Ascensiones Rectas. El punto en el que convergen dichas líneas es el Polo Norte Celeste (declinación 90°).

Ese día a medianoche (24 horas) la constelación de la Osa Menor está orientada a lo largo del meridiano, es decir en dirección Norte-Sur. **Derecha** Dos horas después de la medianoche (es decir, a las 2 AM) la constelación ha girado hacia el Oeste.

3.1.2. Estrella polar o Polaris

Las coordenadas de la estrella Polaris para el año 2000 fueron: Ascensión Recta $02^h 35^m 54^s$ y Declinación $89^\circ 16' 49''$, es decir, tiene una declinación muy próxima a 90° Norte, con lo cual vemos que, efectivamente, está muy cerca del Polo Norte Celeste. Polaris ha sido un punto de referencia muy útil en Astronomía y en la navegación. Como se mencionó anteriormente, Polaris es una estrella de la constelación de la Osa Menor y esto es conveniente tenerlo en cuenta para el siguiente análisis.

En el panel izquierdo de la Figura 3.1 se muestra la Osa Menor como se ve los últimos días de Mayo a media noche (24 horas o cero horas del día que empieza). La estrella Kocab (o

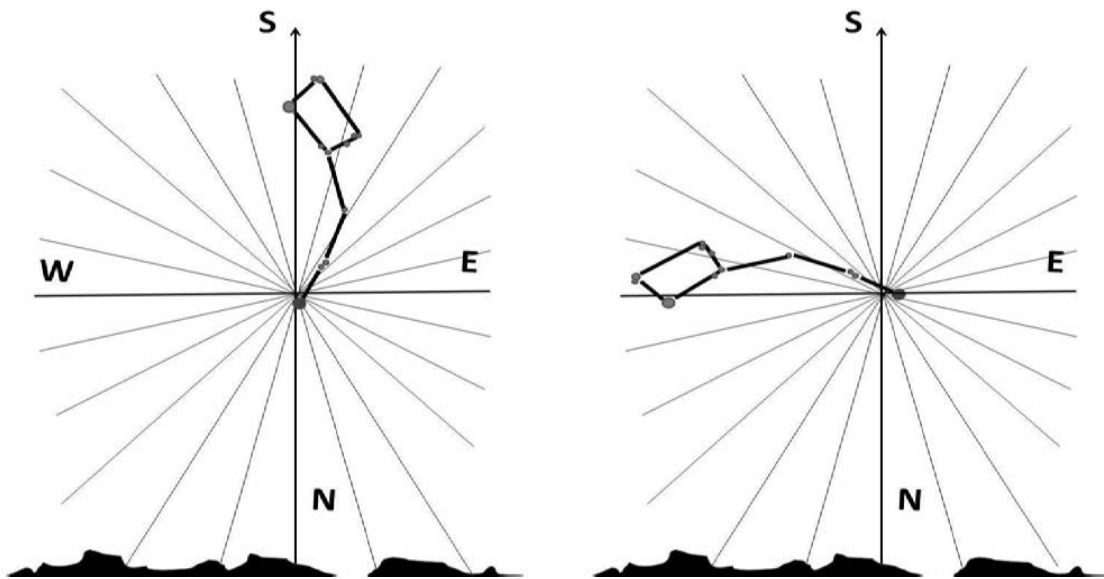


Figura 3.2: **Izquierda** Los últimos días de Mayo a la medianoche (o 24 horas) la constelación de la Osa Menor está sobre el meridiano, es decir está alineada en dirección Norte-Sur. **Derecha** Los últimos días de Agosto, a la medianoche, la Osa Menor está orientada de Este a Oeste, Polaris está en el lado Este y Kochab en el lado Oeste.

Kochab) está muyr cerca del meridiano, en el lado Oeste. En el panel derecho se muestra la Osa Menor para el mismo día pero dos horas después de la medianoche (2 AM). Se puede ver que la estrella Kochab se ha desplazado hacia el Oeste mientras que Polaris hacia el Este. En horas posteriores la constelación sigue girando en el mismo sentido. La estrella polar traz un pequeño círculo alrededor del Polo Norte Celeste.

Si observamos a la Osa Menor diariamente, a una misma hora, por ejemplo a la medianoche, veremos que cada día va a estar más girada hacia el Oeste con la punta de la cola siempre cerca del Polo Norte Celeste. Por ejemplo, losúltimos días de Agosto, a la medianoche, está orientada de Este a Oeste (panel derecho Figura 3.2). La estrella Polaris está en el lado Este y el trapecio, (el que más se ha movido en la figura) se encuentra en el lado Oeste. El giro continua así día con día hasta dar una vuelta completa en un año.

3.1.3. Asterismo o pseudoconstelación

Un asterismo es un conjunto de estrellas que parecen formar una figura pero que a diferencia de una constelación, un asterismo puede no ser visible a simple vista, sino solo con binoculares o telescopios. Además, las constelaciones han sido listadas por la Unión Astronómica internacional en un catálogo que contiene 88 constelaciones. A continuación se describen algunos asterismos sobresalientes.

- El Triángulo de verano, que está en el hemisferio Norte y se puede identificar relativamente fácil (línea a trazos de la Figura 3.5). Los vértices de esta figura son las estrellas Altair (en la constelación de Aguila), Deneb (en Cisne) y Vega (en Lira).
- La Cruz del Norte, formada por las estrellas Sadr (en el centro de la Cruz), Deneb (en el Noreste), Albireo (en el Noroeste), Gienah (en el Sureste), Rukh (en el Suroeste), en la constelación del Cisne (Figura 3.5).

- El Carro, el Cazo o Cucharón, en la Osa Mayor, en el hemisferio Norte, tiene la forma de un cucharón para servir comida (Figura 3.3), con su mango alargado. En este asterismo están las estrellas Dubhe, Merak, Phad (o Phecda), Megrez, Aliot, Mizar y Alkaid.
- El Cuadrado de Pegaso (Figura 3.6), está formado por las estrellas Alpheratz, (la cual comparte Pegaso con la constelación de Andrómeda) y por Algenib, Markab y Scheat, en la constelación de Pegaso.
- El Cinturón de Orión o las Tres Marías (Figura 3.6), como su nombre lo dice están en la constelación de Orión, está formado por Alnitak, Alnilam y Mintaka.
- La Tetera de Sagitario, que efectivamente tiene la forma de una tetera (Figura 3.5). Algunas estrellas de este asterismo que sobresalen son, Kaus Borealis (en el Norte), Kaus Media (en el Oeste), Kaus Australis (en el Sur), Ascella (en el Este) y Nunki (en el Noreste).
- La **W** que forman las estrellas más brillantes de la constelación de Cassiopea (Figura B.10) que son, Caph, Schedir, o Shedar (Figuras B.9 y B.11), Navi, Ruchbah y Segin.

3.1.4. Constelaciones zodiacales

Las constelaciones zodiacales están localizadas a lo largo de la eclíptica, es decir, en la posición del Sol a lo largo del año sobre la Esfera Celeste, son 12 y siguen la siguiente secuencia: Capricornio, Acuario, Piscis, Aries, Tauro, Géminis, Cáncer, Leo, Virgo, Libra, Escorpión y Sagitario.

3.1.5. Objetos celestes sobresalientes a través del año

Para tener una idea de cómo cambia la zona que vemos de la esfera celeste debido al movimiento de rotación de la Tierra alrededor del Sol, vamos a suponer que el primer día de un mes dado, una estrella pasa por encima del meridiano local (dirección Norte-Sur) a las 24 horas. Entonces, el primer día del siguiente mes va a estar sobre el meridiano local aproximadamente a las 22 horas. Si observamos la misma estrella el primer día del tercer mes entonces va a estar sobre el meridiano a las 20 horas. Este proceso continúa de tal manera que después de doce meses, nuevamente, esa estrella va a estar sobre el meridiano local a las 24 horas.

Por lo anterior, también ocurre que el primer mes, a una hora dada sobre el meridiano local, vamos a tener objetos celestes con una Ascensión Recta dada. El segundo mes, a la misma hora, va a estar una zona de la esfera celeste con una Ascensión Recta más grande (Figura 2.3). Por ejemplo, si el primer día de un mes dado sobre el meridiano está una zona de la esfera celeste con Ascensión Recta de 0 horas, entonces el primer día del siguiente mes a las 0 horas va a estar sobre el meridiano una zona con Ascensión Recta de aproximadamente 2 horas. Día con día las estrellas aparecen más temprano en el horizonte.

Recuerda que para hacer una estimación de los ángulos sobre la esfera celeste puedes usar el puño, el cual subtiende, con el brazo extendido, un ángulo de aproximadamente 10° o el dedo pulgar (que subtiende un ángulo de aproximadamente 2°) y que en el sitio donde estés es conveniente identificar la dirección Norte-Sur e incluso trazar una línea en dicha dirección, la cual coincide con el meridiano del lugar (ver glosario y Capítulo A.1).

Enero El cielo del mes de enero en el hemisferio Norte es muy bueno para observar objetos celestes, debido a que casi no llueve y son muchos los periodos con cielo despejado.

Antes de la medianoche a mediados de este mes, en particular alrededor de las 10 PM cerca del meridiano se pueden identificar de Norte a Sur, las siguientes constelaciones (Figura B.2), Auriga (30° al Norte del Ecuador), Orión (sobre el Ecuador), Liebre (20° al Sur del Ecuador), Paloma (30° - 40° al Sur del Ecuador) y Pez Dorado y Pintor (30° al Norte del Polo Sur Celeste). A 40° al Este del Pez Dorado está la constelación Carina en la que hay diversos objetos interesantes (aparece aproximadamente dos horas después que el Pez Dorado). A 20° al Este de Orión y 5° al Norte del Ecuador, está el Can Menor, también una referencia usada, a pesar de ser una constelación pequeña. Aproximadamente 30° al Noroeste del cinturón de Orión está la constelación de Tauro. Por otro lado, el Can Mayor está a aproximadamente 30° al Sureste de Rigel, la cual está en Orión (Figura B.3). Debido a que está al Este de Rigel (Figura 3.7), entonces aparece más tarde.

Orión está alrededor del Ecuador Celeste, por eso, nuevamente, te recomendamos hacer, durante el día, una estimación de cómo se traza el Ecuador en el cielo. Puedes hacer una inspección del sitio para imaginarte cómo es al arco del Ecuador Celeste visto desde el lugar en el que estás. Estando en el hemisferio Norte dicho arco sería similar al de la Figura 2.6.

Dentro de los objetos que están en el campo del cielo, en las noches de este mes, podemos ver varias estrellas sobresalientes por su brillo (Figura B.2), que pueden ser una buena referencia (Figura 3.7), dentro de las que están (Figura B.3), Capella (de Auriga), Betelgeuse y Rigel (ambos de Orión), Procyón (de Can Menor), Sirio (de Can Mayor) y Canopus (de Carina).

Sirio es la estrella más brillante del cielo (después del Sol), en realidad es una estrella binaria, constituida por Sirio A, una estrella blanca de la secuencia principal (ver glosario) y Sirio B, una enana blanca (ver Figura B.1), Sirio está aproximadamente a 8.6 años luz de distancia. De hecho, Sirio es de las estrellas más cercanas a la Tierra. En Can Mayor también está Adhara (Figura 3.7) una estrella Azul cuya temperatura es de aproximadamente 22,000 K y cuyo radio es 10 veces el del Sol (ver Figura B.1).

Betelgeuse (Figura 3.7) es una estrella gigante roja (ver glosario) cuya temperatura es de 3000 grados Kelvin (K), es decir, casi la mitad de la temperatura del Sol (5800 K) pero su diámetro es de aproximadamente 900 veces el diámetro del Sol (ver Figura B.1). Si Betelgeuse estuviera en lugar del Sol, su superficie llegaría más lejos de la órbita de Marte.

En la constelación de Orión, además de las estrellas Betelgeuse y Rigel, sobresalen otros objetos, pero en particular, para orientarse es conveniente identificar el cinturón de Orión, el cual está conformado por tres estrellas, de Este a Oeste son Alnitak, Alnilam y Mintaka, que están en una línea recta y cuya distancia entre las contiguas es muy similar. Además, la magnitud aparente (ver glosario) de las tres también es similar. A estas estrellas también se les conoce como Las Tres Marías.

Aproximadamente a 5° al Sur de Alnilam (la estrella central del cinturón) está M42, mejor conocida como la nebulosa de Orión (Figuras 3.7 y B.15). La nebulosa Cabeza de Caballo está a 0.5° al Sur de Alnitak, la estrella del cinturón de Orión del lado Este.

Al Este de Betelgeuse (aproximadamente 30°) está Procyón (Figuras 3.7, 3.3 y B.3). Debido a que están a declinaciones muy similares entre sí, entonces la línea imaginaria que los une está orientada casi en dirección Este-Oeste.

Se ve Aldebarán (Figuras 3.7), la estrella más brillante de Tauro, y dos cúmulos abiertos (ver glosario), las Pléyades (Figura 3.6) y la Hyades (ver Diciembre), en Tauro también está la remanente de supernova M1 (Figura 3.7) o nebulosa del Cangrejo.

Febrero

En Febrero en el hemisferio Norte el cielo también está despejado durante largos periodos de tiempo. Este mes, alrededor del meridiano se ven (Figura 3.7) Lince (40° al Sur del Polo Norte

Celeste), Geminis (de 20° a 30° al Norte del Ecuador), Can Menor (5° al Norte del Ecuador), Unicornio (o Monoceros) (sobre el Ecuador), Puppis (entre 25° y 50° al Sur del Ecuador), el Pez Volador (20° al Norte del Polo Sur Celeste) y el Camaleón, una constelación pequeña (a solo 10° del Polo Sur Celeste).

También, cerca del meridiano se ven, Osa Mayor (alrededor de 30° al Sur del Polo Norte Celeste), cerca del Polo Sur Celeste se ven las constelaciones de Vela (aproximadamente a 40°) y Carina (a 30°). Aproximadamente a 40° al Este de Pez Volador está la Cruz del Sur, una constelación que sirve de referencia en el hemisferio sur.

A 20° al Oeste de Pez Volador, también a 20° del Polo Sur Celeste, está la Nube Menor de Magallanes (ver glosario), que es una galaxia irregular cercana a la Vía Láctea.

En la constelación de Unicornio está la Nebulosa de la Roseta, también conocida como Caldwell 49, que es una región HII (ver glosario) la cual tiene una forma de dona con formaciones espectaculares. En Unicornio también están los cúmulos abiertos NGC2444 y M50.

En el campo de visión de este mes hay otros cúmulos abiertos. Por ejemplo, M36, M37 y M38 están en la constelación de Auriga, M41 en Can Mayor, M35 en Geminis y M46, M47 y M93 en Puppis.

La tercera estrella más brillante de la constelación de Vela, llamada Suhail o Alsu hail (Figuras 3.4 y B.1), muestra variaciones irregulares de brillo y su diámetro es aproximadamente 200 veces más grande que el del Sol.

En el Sur se ve Alfa Centauri (estrella muy cercana a la Tierra). Este mes también se ven otras estrellas brillantes que son características del cielo de invierno como Sirio, Procyón y Capella (Figura B.3).

Marzo En este mes disminuye el número de noches despejadas y es común que el cielo esté parcialmente nublado. Por esta razón es conveniente familiarizarse con algunas zonas del cielo para de ahí buscar la identificación de objetos celestes en otras zonas.

Al empezar la noche, todavía se puede ver Sirio, que se puede usar como referencia. Al Este de Sirio se ven dos estrellas de la constelación de Geminis, que son Castor y Pollux (ver Figuras 3.7 y B.1), las cuales se consideran las cabezas de los gemelos, Pollux es más brillante. Cástor es un sistema de tres estrellas dobles. Entre ellas están Cástor A y Cástor B, las cuales giran alrededor de un centro común con un período de aproximadamente 450 años. El diámetro de Pollux es 10 veces mayor al del Sol. En Géminis también están M35, un cúmulo abierto y NGC2392, una nebulosa planetaria.

Se ve Régulo (o Regulus) (Figuras 3.3 y B.1) que es la estrella más brillante de la constelación de Leo. Régulo en realidad es un sistema estelar cuádruple. En Leo también se ve Denébola (Figura 3.4), en el extremo de la cola de lo que se puede considerar la forma de León. También está la estrella Wolf 359 (ver Figura B.1) cuya masa y diámetro son de solo el 10 % de la masa y el diámetro del Sol por lo cual es una estrella muy débil y no se ve a simple vista. Sin embargo, es de interés porque es la tercera estrella más cercana al Sol (después del sistema estelar Alfa Centauri y la estrella de Barnard).

Al Sur de Leo están las galaxias espirales M65, M66, las espirales barradas M95, M96 (del tipo de la galaxia de la Figura B.18) y la galaxia elíptica M105.

Abril En este mes empiezan a aumentar los periodos de cielo nublado. Por eso, es conveniente identificar estrellas de zonas específicas del cielo. En el hemisferio Norte está la constelación de la Osa Mayor, que está cerca del Polo Norte Celeste (Figura 3.3), las estrellas más sobresalientes son, Dubhe, Merak, Phad (o Phecda), Megrez, Aliot, Mizar y Alkaid. Mizar es una estrella múltiple y está en el asterismo el Carro o el Cucharón, en lo que sería la curva del mango.



Figura 3.3: Imagen simulada por el programa Stellarium (www.stellarium.org) para el cielo visto desde la ciudad de Quito, Ecuador para principios de año. En este y en los siguientes mapas celestes el Norte está en la parte inferior del mapa, el Sur en la superior, el Este en el lado derecho y el Oeste en el lado izquierdo. Con etiquetas en letras mayúsculas se indican los nombres de constelaciones, mientras que, con minúsculas, se indican estrellas. Con líneas a trazos se indica el asterismo del Carro o Cucharón en la constelación de Osa Mayor.

Podemos trazar una línea recta entre Dubhe y Merak y si prolongamos esta línea entonces apunta hacia Polaris.

En la Osa Mayor están M81 y M82, galaxias espirales y también la nebulosa planetaria M97. También está Lalande 2118 (ver Figura B.1), la cuarta estrella más cercana al Sol que es una enana roja que no se ve a simple vista.

En Cruz del Sur (Figura 3.4) está Gacrux (Figura B.1) una gigante roja cuyo diámetro es de aproximadamente 110 veces el diámetro del Sol y Mimosa (o Becrux) cuya temperatura se estima de 27,000 K y su diámetro 7 veces el diámetro solar por lo que todas ellas son brillantes.

Mayo En este mes son muchas las noches nubladas. Sin embargo, se pueden identificar algunas estrellas brillantes, dentro de las que está Arturo, o Arcturus, (Figuras 3.5, B.3, B.5 y B.9) que es una gigante roja con un diámetro aproximadamente 25 veces el del Sol, en la constelación de Boyero (o Bootes). Arturo es la tercera estrella más brillante después de Sirio y Canopus.

En la constelación de Boyero también está la estrella doble, Izar (Figura 3.3), cuyas componentes están lo suficientemente separadas para distinguirlas con binoculares o telescopio y también el cúmulo globular NGC5466.

En Virgo se ve Spica, o Espiga (Figuras 3.3, 3.4, 3.5 y B.5), la estrella más brillante de esta constelación. Spica es un sistema binario de dos estrellas subgigantes azules, cuya separación es de una sola décima de la distancia entre el Sol y la Tierra y el período de rotación, alrededor

del centro de masa, es de solo 4 días. También en Virgo hay una estrella, llamada Ross 128 (ver Figura B.1), que es una enana roja y están las estrellas Porrima y Vindemiatrix y las galaxias espirales M61 y M104, ésta última también conocida como galaxia del Sombrero (figura de la portada), la galaxia elíptica M87 que es muy masiva, las galaxias elípticas M84, M86, M89, M60 y las galaxias espirales barradas M90 y M52. Esta constelación es particularmente interesante porque en la zona conocida como cúmulo de Virgo se observan miles de galaxias de diferentes tipos.

En la constelación de Centauro están Próxima Centauri (ver Figura B.1), una estrella enana roja que es la estrella más cercana al Sol y Alfa Centauri o Rigil Kent (Figuras 3.4, B.3 y B.1), sistema binario, Alfa Centauri A (una estrella similar al Sol) y Alfa Centauri B (una estrella roja) que rotan alrededor de un centro de masa común en un período de aproximadamente 80 años y se estima que alrededor de ellas, con un período de miles de años y en una órbita mucho mayor, rota Próxima Centauri.

En la constelación Perros de Caza (Figura B.6) está la galaxia espiral El Remolino o M51 (Figura B.19). El Remolino es miembro de un grupo de galaxias, una de ellas es su galaxia compañera, NGC 5195. Se cree que uno de los alargados brazos de El Remolino se debe a su interacción con esta compañera.

Junio Generalmente en Junio hay muchas noches nubladas. Sin embargo, se pueden identificar algunas constelaciones dentro de las que están Corona Boreal (Figura 3.5), Hércules, Ofiuco, Dragón y Cabellera de Berenice (Figuras B.6 y B.8).

Se sigue viendo Arturo (en el Boyero). En Hércules está Kornephoros, la estrella más brillante de esta constelación, los cúmulos globulares M13 y M92 y la Nebulosa Planetaria NGC6210. El cúmulo globular M13, también conocido como el Gran Cúmulo de Hércules.

En Ofiuco están los cúmulos globulares M9, M10, M12, M14, M19 M61 y M107, también la estrella de Barnard (ver Figura B.1), enana roja con un diámetro de solo el 20 % del diámetro solar. Aunque no se ve a simple vista, es de interés ya que después del sistema de Alfa Centauri es la estrella más cercana al Sol, está a aproximadamente 6 años luz de distancia.

Antares (Figuras 3.5, 3.4, B.1, B.7 y B.9), una supergigante roja, es la estrella más brillante de la constelación de Escorpión. Aunque tiene una temperatura superficial menor a la del Sol (de sólo 3600 K) es aproximadamente 700 veces más grande que el Sol y si estuviera en lugar del Sol su superficie llegaría más lejos que la Tierra. Antares está en un sistema binario cuya separación es de 550 unidades astronómicas (glosario) y cuyo período se estima en 2500 años.

La constelación del Dragón (Figura B.8) está a 50°-70° del Polo Norte Celeste, es alargada en dirección Este-Oeste (abarca mas de 100° en dicha dirección). En el Dragón está la nebulosa planetaria Ojo de Gato (Figura B.17).

Julio Este mes se caracteriza por tener muchas noches nubladas y es difícil distinguir una gran variedad de objetos en una sola noche. Sin embargo, se llega a ver con cierta facilidad el Triángulo del verano (Figura 3.5) constituido por Vega, en la constelación de Lira, (Figuras B.9 y B.11), Deneb, en la constelación de Cisne o Cignus, (Figuras B.7 y B.11) y Altair, en la constelación de Aguila (Figuras B.7 y B.11).

Vega es de las estrellas más brillantes del cielo, una vez que se identifica es posible ubicar otras estrellas. Vega, fue la Estrella Polar alrededor del año 12,000 A.C. En Lira está M57 o Nebulosa del Anillo, que es una nebulosa planetaria. La nebulosa planetaria Dumbbell o M27 está entre las constelaciones la Zorra (o Zorrila) y la Flecha (o Sagitta).

En Sagitario se pueden ver unas nubes oscuras que corresponden a las zonas centrales de la Vía Láctea (Figura 3.5). La ubicación del Centro de la Vía Láctea se indica en la Figura 3.5

con el círculo grande. En el recuadro superior de dicha figura se muestra una region alrededor del centro de la galaxia, y en el recuadro izquierdo, las estrellas de esa zona. Con base en el movimiento de estas estrellas se ha estimado la masa del Hoyo Negro del centro de la galaxia.

La constelación del Águila está muy cerca del Ecuador (Figura B.8). Con el mismo nombre pero en la constelación de Serpiente está la Nebulosa del Águila o M16 (Figuras 3.5 y B.16). Se le llamó así por la silueta que forma la parte oscura de la imagen en fotografías con baja resolución angular. Imágenes obtenidas con el Telescopio Espacial Hubble han mostrado muchos detalles de esta nebulosa. La columna de gas y polvo de enmedio de los llamados Pilares de la Creación (Figura B.16) es lo que sería el cuello y la cabeza del águila (recuadro izquierdo de la Figura 3.5). El ala izquierda del águila corresponde a la parte baja (que oscura) del pilar izquierdo. La parte alta de este pilar, por estar iluminado no resalta mucho en la Figura 3.5 y le da a la nebulosa el perfil de un águila. El tercer pilar, en el lado derecho, también está oscuro en la imagen y corresponde a la otra ala.

Agosto Este mes también se caracteriza por tener muchas noches nubladas con pocos intervalos de tiempo despejados, generalmente solo de manera parcial pero este mes se sigue viendo el Triángulo de Verano, que es una buena referencia. Cerca del Ecuador Celeste se puede identificar Altair (ver Figura B.1) que es la estrella más brillante de la constelación de Aguila. Es un sistema doble cuya estrella principal tiene un periodo de rotación sobre su eje de tan solo 6 horas.

En el Norte se ve el Cisne en el cual se forma un asterismo con la figura de una Cruz (Figura 3.5). En el Cisne, en el extremo opuesto de Deneb (en lo que viene siendo el pico del Cisne), está Albireo que es una estrella doble. También en el Cisne están los cúmulos abiertos M29 y M39 y también las nebulosas NGC6960 y NGC7000. NGC6960 es parte de una remanente de supernova, es una nebulosa alargada que se ve como un filamento tenue y también es conocida como nebulosa del Velo o Escoba de Bruja. NGC7000 es una nebulosa de emisión, también conocida como Nebulosa Norteamérica.

Septiembre Debido a que Septiembre es un mes en el que predominan las noches nubladas también es conveniente identificar objetos en zonas específicas.

Muy cerca del Polo Norte Celeste está Cassiopea, con su característica forma de **W** (Figura B.11), está sobre la vía Láctea y en esa zona se ven varios cúmulos abiertos, dentro de los cuales podemos mencionar a M52, M103, NGC103, NGC457, NGC663 y NGC654, la galaxia lenticular enana NGC404 y NGC7635 que es una región HII.

En Cefeo está Delta Cefei, una estrella variable que dio nombre a una clase de estrellas variables llamadas Cefeidas, en las que las variaciones de su luminosidad tienen un período muy estable, que está relacionado a su luminosidad. Ésta a su vez está relacionada con la magnitud absoluta (ver glosario). Entonces, a través de la ecuación que relaciona a las magnitudes (aparente y absoluta) con la distancia, se puede hacer una estimación de la distancia. Por esta razón las variables Cefeidas ha sido muy usadas para estimar distancias.

En el Sur, a aproximadamente 20° del Polo Sur Celeste, se ve la constelación de Tucán, en la que está el cúmulo globular NGC 104 o 47 Tucanis, el cual puede verse a simple vista. También está el cúmulo abierto NGC 602 (Figura B.14). Las estrellas centrales ionizan el gas circundante. Además, la presión debida a la radiación, de las estrellas del cúmulo, ha creado una cavidad en la nube de gas y polvo de la que se formaron, dándole forma de concha de ostra.

Octubre Este mes empieza a aumentar el número de noches despejadas. Se ve Alpheratz que es una estrella que comparten Andrómeda y Pegaso (Figura 3.6, B.9 y B.11). En el otro extremo de la constelación de Andrómeda está una estrella doble, llamada Almach, también se ve M31

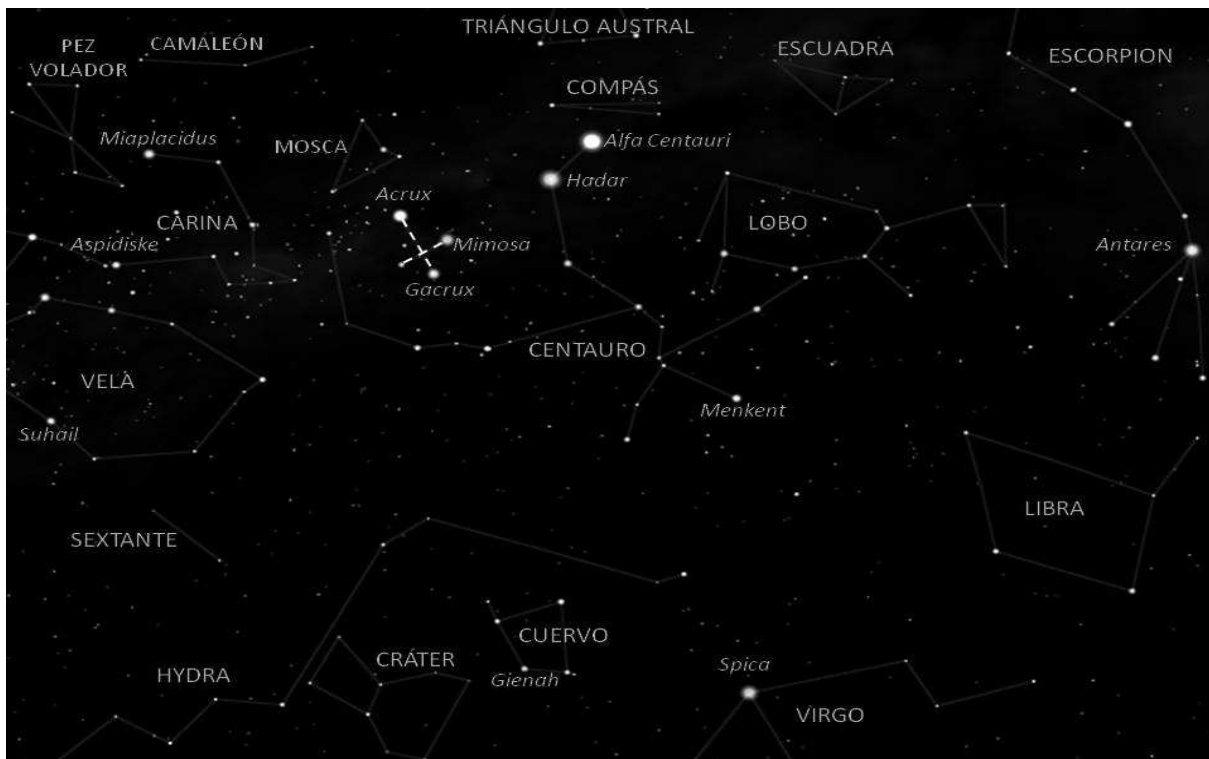


Figura 3.4: Cielo de Abril tomado, al igual que los mapas celestes de las siguientes figuras, de Stellarium. Con líneas a trazos se indica la constelación Cruz del Sur.

o galaxia de Andrómeda, que es similar a la Vía Láctea (la galaxia en que vivimos) y que está a 2.3 millones de años luz de distancia de nuestra galaxia y las galaxias M32 y M110, la nebulosa planetaria NGC7002 y el cúmulo abierto NGC752.

Se ve la constelación de Pegaso que se identifica porque sus cuatro principales estrellas forman una figura cercana a un cuadro al que se le llama el Gran Cuadrado de Pegaso (Figura 3.6). Las estrellas del cuadrado son, Alpheratz, Scheat, Markab y Algenib. Enif (Figuras 3.5, B.9, B.11 y B.1), la estrella más brillante de Pegaso es una supergigante roja, cuyo radio es de aproximadamente 150 veces el radio solar. También está en esta constelación el cúmulo globular M15.

Se ve Formalhaut (Figuras 3.5, B.9 y B.1), la estrella más brillante de la constelación de Pez Austral (o Piscis Austrinus), es una estrella blanca de la secuencia principal que tiene un disco protoplanetario y un planeta de masa y radio similares al de Jupiter, el cual es conocido como Fomalhaut b.

En Piscis está la Estrella de Van Maanen (ver Figura B.1), que es una enana blanca, cuya masa es del 80 % la masa del Sol pero cuyo tamaño es similar al de la Tierra y por lo tanto no se ve a simple vista.

Noviembre Se ve la constelación Auriga cuyas principales estrellas forman un hexágono irregular (Figura 3.6), su estrella más brillante es Capella, que es un sistema cuádruple del cual las componentes Capella A y Capella B son estrellas gigantes. También en esta constelación se ven Elnath (Figuras 3.7, 3.6, B.5 y B.11) y Menkalinan (Figuras 3.6, B.5 y B.11) y están los cúmulos abiertos M36, M37 y M38.

En la constelación de Perseo la estrella más brillante es Mirfak (Figuras 3.7, 3.6, B.11, B.13

y B.1), y en brillo le sigue Algol (Figuras 3.6, B.11 y B.1). Algol se ve cerca del meridiano, es una binaria cuyo plano orbital está casi en dirección de la visual (ver glosario). La luz de Algol A (la estrella más brillante de ellas) es eclipsada por Algol B produciendo variaciones en la luminosidad que nos llega, por lo que se le llama binaria eclipsante. En Perseo están los cúmulos abiertos NGC869, NGC884 y M34, los dos primeros conocidos como el cúmulo doble. Se ve M33 o la galaxia el Triángulo (Figura 3.6) cerca de la constelación del mismo nombre.

Se ve la constelación Eridano, cuyo nombre completo es Río Eridano, una constelación alargada que en Noviembre está sobre el meridiano alrededor de las 10 PM y va desde el Ecuador Celeste hasta una declinación de -60° , es decir, es una constelación que se extiende mucho hacia el Sur. Achernar (ver Figura B.1) es su estrella más brillante y se ubica en la parte extrema del Sur (en la Figura 3.7 queda fuera del campo, en la parte superior). También se ve ϵ Eridani (ver Figura B.1) que es una estrella de la secuencia principal (ver glosario) alrededor de la cual hay dos discos similares al cinturón de asteroides y al cinturón de Kuiper del Sistema Solar (ver *Cometas* en glosario). También tiene un planeta, ϵ Eridani b, cuya masa es un poco mayor a la de Jupiter y cuyo plano orbital coincide con el plano del cinturón de asteroides que orbita a la estrella.

Diciembre Se sigue viendo la galaxia espiral Andrómeda o M31, así como los objetos de la constelación del mismo nombre. Se ve Aldebarán (Figuras 3.6, B.11, B.13, B.3 y B.1), que se considera el ojo del Toro, y es la estrella más brillante de la constelación de Tauro. Aunque la masa de Aldebarán es solo 1.5 veces la masa del Sol, su radio es casi 50 veces mayor, tiene una envoltura de gas y polvo que resulta de un fuerte viento estelar que va depositando material en el medio que la rodea y que es característico de las estrellas en sus últimas etapas de vida.

En la constelación de Tauro se ven con relativa facilidad dos cúmulos estelares abiertos (ver glosario) uno llamado las Hyades (que está aproximadamente 2° al Oeste de Aldebarán) y las Pléyades (Figura 3.6), que está aproximadamente 15° al Noroeste de Aldebarán. El cúmulo de Las Hyades en el catálogo Messier está catalogado como M25 y las Pléyades como M45, las estrellas más sobresalientes de este último se ven a simple vista y son Taygena, Pleione, Merope, Maia, Electra, Celaeno, Atlas y Alcyone. Las Hyades son un grupo de estrellas dispersas que forman una V y es uno de los cúmulos abiertos más próximos (está a aproximadamente 130 años luz de distancia).

Si trazamos una línea imaginaria entre Sirio y Betelgeuse (ver Enero) y la prolongamos hacia el Oeste llegamos a las Pléyades. Para ubicar mejor la posición de las Pléyades hacemos una estimación de la distancia, sobre la esfera celeste, entre Sirio y Betelgeuse. De Betelgeuse a las Pléyades la distancia es ligeramente menor, aunque es muy similar.

En la constelación de Pintor está la Estrella de Kapteyn que se considera una estrella enana del halo galáctico y que se mueve en órbita alrededor del centro galáctico en sentido retrógrado. Es decir, gira en sentido contrario a la gran mayoría de las estrellas del disco galáctico.

Cuadro 3.1: *Las 88 constelaciones que actualmente son consideradas por la Unión Astronómica Internacional.*

Número	Nombre conocido	Nombre en latín
1	Acuario	Aquarius
2	Águila	Aquila
3	Altar	Ara
4	Andrómeda	Andromeda
5	Antlia (Máquina Neumática)	Antlia
6	Aries (Carnero)	Aries

Cuadro 3.1: continued.

7	Auriga (Cocheo)	Auriga
8	Ave del Paraíso	Apus
9	Ballena	Cetus
10	Bojero	Bootes
11	Brújula	Pyxis
12	Buril (Cíncel)	Caelum
13	Caballo	Equuleus
14	Cabellera de Berenice	Coma Berenices
15	Camaleón	Chamaeleon
16	Can Mayor	Canis Major
17	Can Menor	Canis Minor
18	Cáncer (Cangrejo)	Cancer
19	Capricornio	Capricornus
20	Carina (Quilla)	Carina
20	Cassiopea	Cassiopeia
22	Cefeo	Cepheus
23	Centauro	Centaurus
24	Cisne	Cygnus
25	Compás	Circinus
26	Corona Austral	Corona Australis
27	Corona Boreal	Corona Borealis
28	Cráter (Copa o Taza)	Crater
29	Cruz del Sur	Crux Australis
30	Cuervo	Corvus
31	Delfín	Delphinus
32	Dorado (Pez Dorado)	Dorado
33	Dragón	Draco
34	Erídano	Eridanus
35	Escorpión (Scorpio)	Scorpius
36	Escuadra	Norma
37	Escudo	Scutum
38	Escultor	Sculptor
39	Fénix	Phoenix
40	Flecha	Sagitta
41	Fornax (Horno)	Fornax
42	Geminis	Gemini
43	Grulla	Grus
44	Hércules	Hercules
45	Hydra (Hidra)	Hydra
46	Hydra Austral	Hydrus
47	Indio	Indus
48	Jirafa	Camelopardalis
49	Lacerta (Lagarto)	Lacerta
50	Leo (León)	Leo
51	León Menor	Leo Minor
52	Libra	Libra

Cuadro 3.1: continued.

53	Liebre	Lepus
54	Lince	Lynx
55	Lobo	Lupus
56	Lyra (Lira)	Lyra
57	Mesa	Mensa
58	Microscopio	Microscopium
59	Mosca	Musca
60	Octante	Octans
61	Ofiuco (Serpentario)	Ophiuchus
62	Orión	Orion
63	Osa Mayor (Carro)	Ursa Major
64	Osa Menor	Ursa Minor
65	Paloma	Columba
66	Pavo	Pavo
67	Pegaso	Pegasus
68	Perros de caza	Canes Venatici
69	Perseo	Perseus
70	Pez Austral	Piscis Austrinus
71	Pez Volador	Volans
72	Pintor	Pictor
73	Piscis	Pisces
74	Puppis (Popa)	Puppis
75	Reloj	Horologium
76	Retículo	Reticulum
77	Sagitario	Sagittarius
78	Serpiente	Serpens
79	Sextante	Sextans
80	Tauro (Toro)	Taurus
81	Telescopio	Telescopium
82	Triángulo	Triangulum
83	Triángulo Austral	Triangulum Australe
84	Tucán	Tucana
85	Unicornio	Monoceros
86	Vela	Vela
87	Virgo (Virgen)	Virgo
88	Zorra	Vulpecula

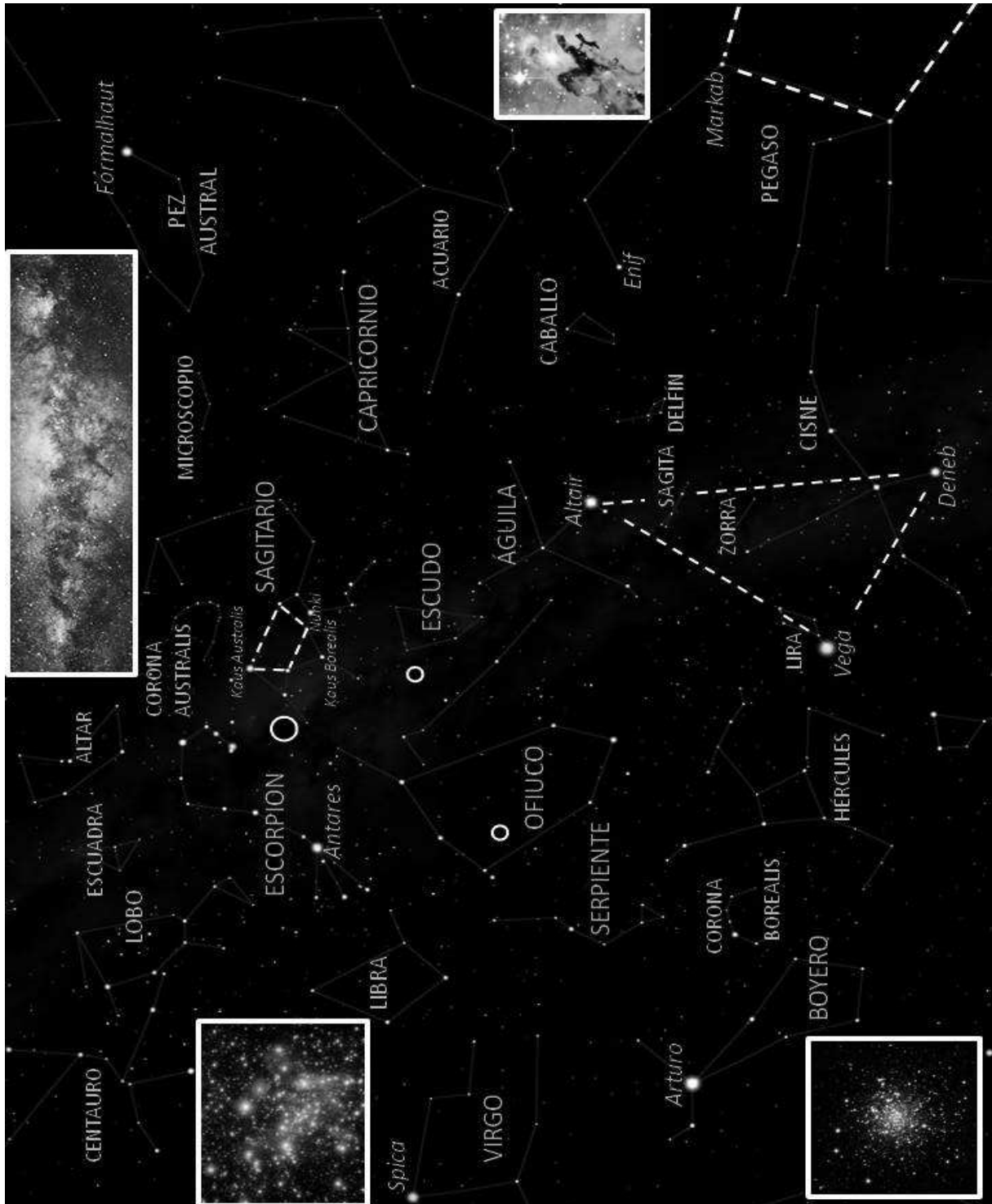


Figura 3.5: Con líneas a trazos se muestran los asterismos, Triángulo de Verano, la Tetera de Sagitario y una parte del Cuadrado de Pegaso (derecha del mapa). En el recuadro superior se muestra una zona alrededor del centro de la Vía Láctea. En el recuadro superior-izquierdo se muestran estrellas de la zona del centro de la Vía Láctea, que están en la región media del recuadro superior. En el recuadro inferior-izquierdo se muestra el cúmulo globular M12 y en el recuadro derecho la nebulosa el Águila.

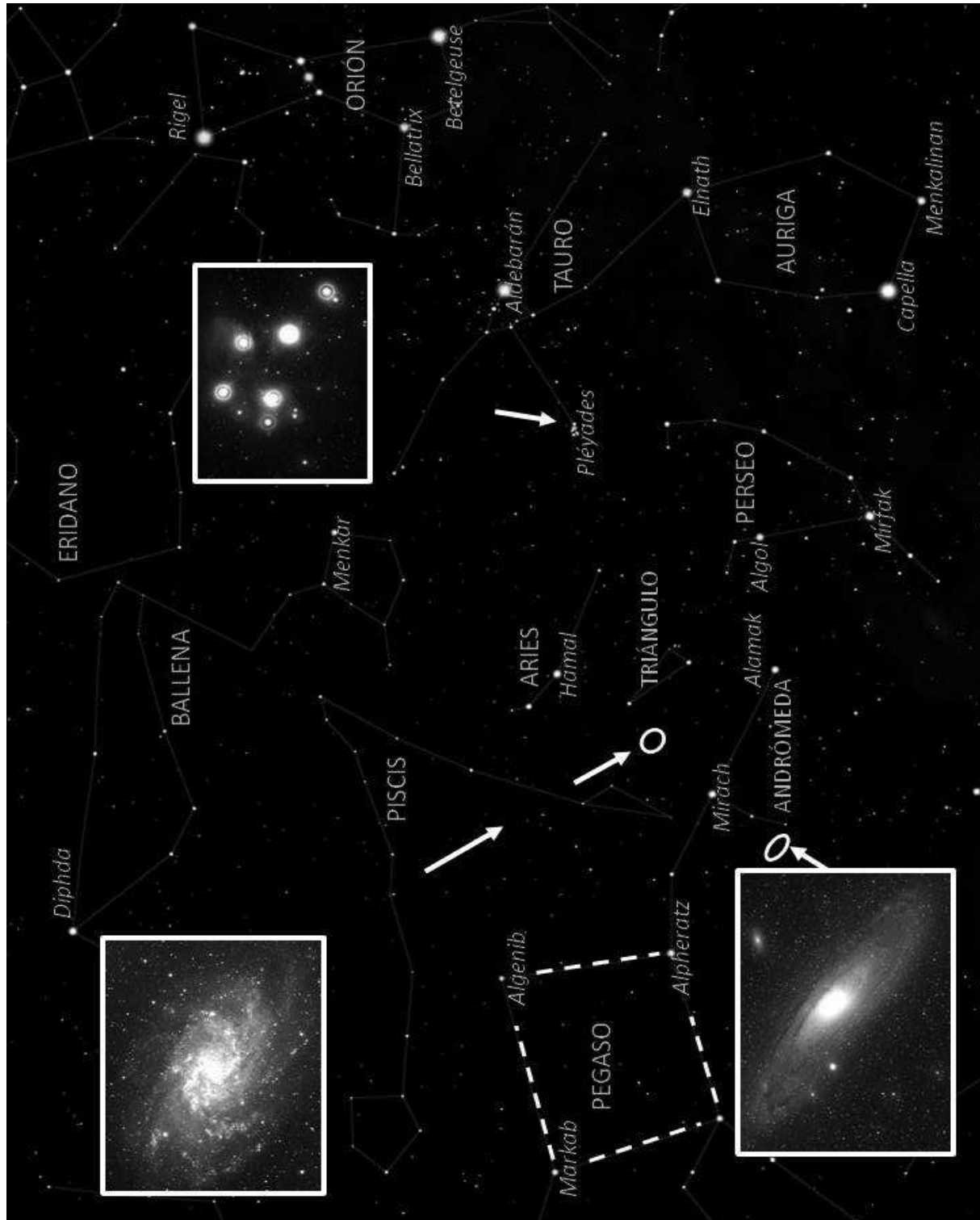


Figura 3.6: Con líneas a trazos se muestra el asterismo Cuadrado de Pegaso. En el recuadro superior-izquierdo del mapa se muestra la galaxia el Triángulo, cuya posición se indica con una elipse hacia la que apuntan dos flechas. En el recuadro inferior-izquierdo se muestra la galaxia Andrómeda y también con una elipse se indica su ubicación. En el recuadro derecho se muestra el cúmulo abierto las Pléyades, la punta de la flecha indica su posición. En el extremo derecho, a la altura del recuadro de la Pléyades se puede ver el cinturón de Orión.

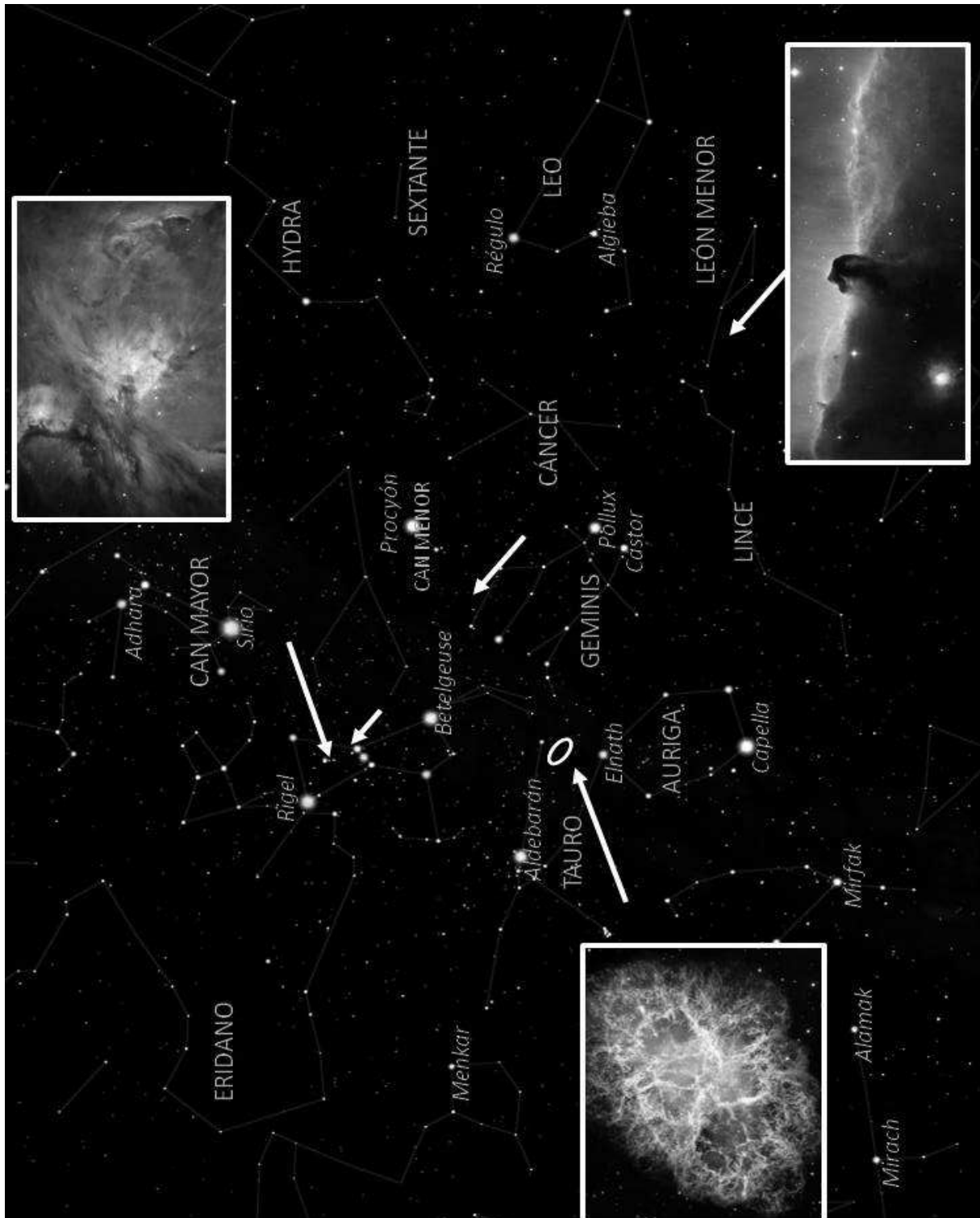


Figura 3.7: En el recuadro superior-derecho se muestra la nebulosa de Orión, la punta de la flecha que procede de la dirección del recuadro indica su posición. En el recuadro izquierdo se muestra la nebulosa del Cangrejo, la elipse hacia la que apunta la flecha que sale de este recuadro indica su ubicación. En el recuadro inferior se muestra la nebulosa Cabeza de Caballo y la punta de la tercera flecha en dirección procedente de dicho recuadro indica su ubicación.

Apéndice A

Sistemas de coordenadas

A.1. Coordenadas geográficas

Paralelo: es una circunferencia imaginaria sobre la superficie de la Tierra que va en dirección Este-Oeste y es paralela al Ecuador terrestre (como se indican en la Figura A.1).

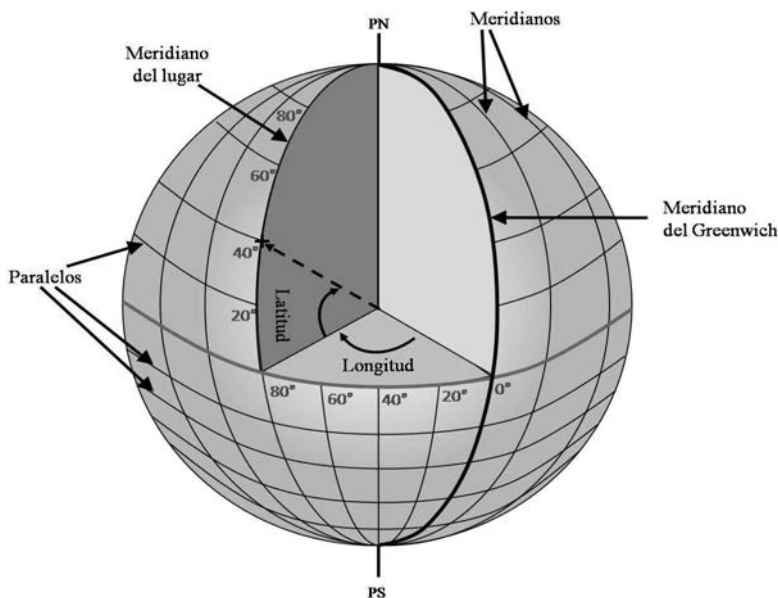


Figura A.1: Paralelos y meridianos sobre la esfera Terrestre

Meridiano de un lugar dado: es la semicircunferencia que va de un polo de la Tierra al otro polo pasando sobre dicho lugar (líneas a trazos en la Figura A.1). Los meridianos los podemos imaginar como las rebanadas que hacemos a un melón.

Meridiano de Greenwich: es el meridiano que pasa por el observatorio de Greenwich en Inglaterra. A partir de él se mide la longitud terrestre, es decir, la longitud del *meridiano de Greenwich* es de cero grados (0°). En la Figura A.1 se ilustra el *meridiano de Greenwich*, dibujado en el extremo derecho de la esfera. A su izquierda se muestra otro meridiano, el cual se mide tomando como referencia al de Greenwich.

Longitud geográfica de un lugar dado: es el ángulo medido en el plano del ecuador, entre el meridiano de dicho lugar y el *meridiano de Greenwich*. La longitud se mide hacia el Oeste del meridiano de Greenwich para sitios que estén a longitudes de menos de 180° y al Este para sitios que estén a valores menores de 180° hacia el Este. Sin embargo, para hacer comparaciones entre sitios es conveniente usar los valores de la *longitud geográfica* referida a una de las direcciones ya sea Oeste ó Este. Se acostumbra denotar la *longitud geográfica* con la letra l .

Latitud geográfica de un lugar dado: es el ángulo medido a lo largo del meridiano de dicho lugar entre el plano del Ecuador y el lugar dado (Figura A.1). Se acostumbra denotar la *latitud geográfica* con la letra ϕ .

A.2. Coordenadas ecuatoriales absolutas: Declinación y Ascensión Recta

Los sistemas de coordenadas ecuatoriales se basan en la posición de la Tierra respecto de las estrellas. Por eso estas coordenadas no dependen de la posición del observador sobre la Tierra. Es decir, son las mismas coordenadas para alguien que está en Moscú que para alguien que está en Puebla. Las referencias en este sistema son el *Plano Ecuatorial* y el Punto Vernal.

Declinación de una estrella: es el ángulo medido sobre el círculo horario de la estrella, que va desde el Ecuador Celeste hasta la estrella y se denota con la letra griega δ . La declinación toma valores negativos (de -90° a 0°) para estrellas que están al Sur del Ecuador Celeste y valores positivos (de 0° a 90°) para estrellas que están al Norte del Ecuador Celeste. Por lo anterior, es claro que la declinación de un punto que está sobre el Ecuador Celeste es cero, la del punto que está sobre el Polo Norte es 90° y la del que está sobre el Polo Sur es -90° .

En la esfera Celeste se puede trazar una circunferencia imaginaria equivalente a un *paralelo terrestre*, para esto es suficiente trazar sobre dicha esfera una circunferencia en la cual todos los puntos tienen la misma *declinación*.

Ascensión recta de una Estrella: Es el ángulo que se forma entre el Punto Vernal y la intersección del círculo horario de dicha estrella con el Ecuador Celeste. La *ascensión recta* se mide hacia el Este sobre el Ecuador Celeste y puede tomar valores entre 0 y 24 horas (se denota con la letra griega α).

Debido a que el Punto Vernal también se mueve por el movimiento diurno, al igual que las estrellas que vemos de noche, entonces la *ascensión recta* de dichas estrellas no cambia con la rotación de la esfera Celeste. Sin embargo, la *ascensión recta* del Sol varía a lo largo del año entre 0 y 24 horas por su movimiento en la esfera Celeste. Debido a la inclinación del eje terrestre la *declinación* del Sol varía de $+23.5^\circ$ a -23.5° también a lo largo del año.

A.3. Coordenadas ecuatoriales locales: Declinación y Angulo Horario

La **Declinación:** como se definió en la sección anterior también se usa en este sistema. La otra coordenada es el ángulo horario.

El **Angulo horario de una estrella** : es el ángulo medido sobre el Ecuador Celeste, que va del punto de intersección del *meridiano celeste* del observador y el ecuador hasta el círculo horario que pasa por dicha estrella. El ángulo horario se mide de Este a Oeste y puede tomar valores entre 0 y 24 horas. Si sobre la esfera Celeste trazamos una semicircunferencia en la cual todos los puntos tienen el mismo ángulo horario tenemos un trazo similar al de un *meridiano terrestre*. El sistema ecuatorial de declinación y ángulo horario se usa principalmente para la determinación del tiempo.

La *precesión* del eje terrestre conduce a variaciones de la *ascensión recta* y la *declinación* de las estrellas. Aunque estas variaciones no son grandes, se deben de tomar en cuenta cuando se quiere observar alguna estrella específica. Como el movimiento del eje produce un desplazamiento del Punto Vernal entonces la variación debida a la *precesión* influye más en la *ascensión recta* que en la *declinación*.

A.4. Sistema horizontal de coordenadas Celestes

El sistema horizontal se basa en las posiciones de las estrellas que ve un observador dependiendo del lugar en el que está. En este sistema de coordenadas las referencias principales son el *plano horizontal* y el Norte sobre dicho plano. Es importante tomar en cuenta que la Tierra gira sobre el *Eje Polar*.

Círculo vertical de una estrella: Es el círculo mayor de la esfera Celeste que pasa por dicha estrella y el cenit de un observador dado.

Altura o elevación de una estrella: Es el ángulo (medido sobre el círculo vertical) desde el plano horizontal hasta la estrella. La altura puede tomar valores de entre 0° y 90° . La altura de una estrella es diferente, en general, para dos observadores a distintas *latitudes*. La altura la vamos a denotar con la letra a .

Acimut de una estrella: es un ángulo que se mide sobre el plano horizontal en el sentido de las manecillas del reloj, puede tomar valores entre 0° y 360° y se define de alguna de las dos siguientes maneras:

a) Como el ángulo que va del Norte hasta el punto en el que se cruzan el círculo vertical de dicha estrella y el horizonte. Al *acimut* lo vamos a denotar con la letra A .

b) También se usa el *acimut* tomando como referencia el Sur en lugar del Norte.

A.5. Precesión y nutación

La Tierra además de girar sobre su propio eje tiene dos movimientos adicionales relacionados con su eje que son la *precesión* y la *nutación*. Dichos movimientos producen pequeñas variaciones de la coordenadas ecuatoriales. Las coordenadas se corrigen por precesión cada año y para evitar confusión se usan las de un año de referencia, por ejemplo, el 2000.

Precesión: es el movimiento del eje de rotación de un cuerpo. Como resultado de este movimiento el eje no apunta siempre hacia el mismo lugar. El caso más esquemático de este fenómeno lo vemos en un trompo. Cuando el eje del trompo se mantiene en la misma dirección mientras el trompo gira se dice que el trompo se durmió. En ese caso, la dirección del eje se mantiene constante y el trompo no presenta movimiento de *precesión*. Sin embargo, si el trompo recibe un leve empujón mientras gira entonces su eje empieza a girar, ya no está durmiendo como cuando no precesaba sino que ahora decimos de manera coloquial que “está bailando” .

Los planetas y en particular la Tierra presentan movimiento de *precesión*. En el caso de la Tierra, dicho movimiento se debe a que la fuerza de atracción gravitacional del Sol no es uniforme. Esto se debe a que la Tierra no es esférica, la zona del ecuador es más extendida que la zona de los polos como resultado de la rotación sobre su eje. Además, el eje de rotación de la Tierra está inclinado respecto al plano de la eclíptica. Entonces la fuerza de atracción gravitacional del Sol tiende a “jalar” la zona del Ecuador hacia el plano de la eclíptica. Esto es similar al empujón que le damos a un trompo para que “empiece a bailar”.

El polo de la Tierra actualmente apunta hacia la estrella polar. Sin embargo, debido al movimiento de *precesión* la dirección va cambiando ligeramente año con año hasta que la dirección a la que apunta el *Eje Polar* en el cielo de una vuelta completa. El tiempo que tarda en dar una vuelta es de aproximadamente 26,000 años.

Nutación: es un movimiento del eje de la Tierra que, se superpone al movimiento de *precesión*. Debido a este movimiento, el eje de la Tierra se mueve en oscilaciones. Este movimiento se debe a que la órbita de la Luna está inclinada respecto a la eclíptica. Debido a eso, el plano de la órbita de la Luna es “jalado” por la fuerza de atracción del Sol produciendo un movimiento de *precesión* del plano de la órbita de la Luna. Dicho movimiento, al igual que la *precesión* del eje terrestre tiene un período. El período de *precesión* de la órbita de la Luna es de 18.6 años. La *precesión* de la órbita de la Luna produce perturbaciones en el eje de la Tierra con el mismo período (18.6 años).

Apéndice B

Glosario e imágenes

Acimut. El acimut de una estrella es el ángulo entre el Norte y el punto en el que se intersecta el horizonte con la vertical de dicha estrella. En Astronomía, el acimut se mide hacia el Este y puede tener valores desde 0° hasta 360° .

Afelio. En la órbita elíptica de un cuerpo alrededor del Sol se identifican particularmente dos puntos, el más cercano al Sol y el más lejano. El afelio es la posición en la que el objeto está en el punto más alejado.

Año Luz (AL). Un año luz es una unidad de longitud y representa la distancia que recorre la luz en un año, la cual equivale a 9.46×10^{12} km.

Ascensión recta (AR). Es el arco del Ecuador Celeste medido hacia el Este desde el punto vernal (también llamado punto Aries) hasta el meridiano del objeto celeste. La AR se mide en horas y puede tomar valores de 0 a 24.

Asteroide. Un asteroide o bien los asteroides son objetos rocosos y metálicos que orbitan al Sol. Sin embargo, son demasiado pequeños para ser considerados planetas; algunos llegan a medir unos cientos de kilómetros. Se encuentra una gran cantidad de asteroides entre las órbitas de Marte y Júpiter en una región conocida precisamente como el Cinturón de Asteroides.

Binaria eclipsante. Es un sistema binario, es decir, está constituido por dos estrellas, que orbitan en un plano que es muy próximo a la línea de visión hacia ellas. Es decir, las órbitas de las estrellas las vemos casi de canto. Debido a que no vemos la figura de la órbita que trazan sino su proyección en un plano perpendicular a su plano orbital entonces el movimiento que vemos aparenta ocurrir como de un lado hacia otro. Debido a eso, en ocasiones se van a eclipsar y el brillo observado va a variar. Algunas estrellas binarias se han identificado con base en el estudio de las variaciones de su brillo.

Catálogo Messier. A finales el siglo XVIII el astrónomo francés Charles Messier hizo un catálogo que contenía 110 objetos astronómicos nebulosos. Cada objeto se designa con una letra M al inicio, independientemente del tipo de objeto celeste que sea. Por ejemplo, M1 (La Nebulosa del Cangrejo) es un remanente de supernova, M45 (Las Pléyades) es un cúmulo abierto, y M31 es la gran galaxia de Andrómeda. En el catálogo se incluyen nebulosas, galaxias y cúmulos de estrellas (cúmulos abiertos y cúmulos globulares).

CCD. Acrónimo de Charge-Coupled Device. Un CCD es un arreglo matricial de capacitores muy sensibles a la luz. Si incide luz sobre un capacitor, éste produce una pequeña corriente eléctrica que posteriormente se registra como un valor numérico. Así, el arreglo permite producir una matriz de valores de la intensidad de la luz registrada por los capacitores. Es decir, al igual que un negativo fotográfico, permite registrar imágenes (pero un CCD las guarda como arreglos numéricos). Los CCDs se usan en telescopios para registrar la imágenes de objetos celestes y también en las cámaras digitales.

Cenit: es el punto de la esfera Celeste que está sobre el observador. Una persona en París, Francia tiene un cenit que es distinto al cenit de una persona en Río de Janeiro, Brasil.

Círculo horario. El círculo horario de una estrella es el círculo mayor que pasa por dicha estrella y por los polos de la esfera celeste.

Círculo mayor. Es el círculo imaginario que resulta de la intersección de un plano imaginario con una esfera y que la divide en dos partes iguales (semiesferas). En el caso de la esfera Celeste un círculo mayor pasa por la Tierra.

Círculo menor. Es el círculo imaginario que se produce como resultado de la intersección de un plano imaginario con una esfera y que la divide en partes diferentes. Esto significa que el plano que la divide no pasa por el centro de la esfera.

Cometas. Son cuerpos pequeños, de algunos kilómetros de diámetro, compuestos de roca y hielo, que giran alrededor del Sol. Se cree que existe un gran número de estos más allá de la órbita de Neptuno, en el cinturón de Kuiper y en una nube de forma esférica de un año luz de radio centrada en el Sol, la Nube de Oort, en la que hay millones de cometas. Los cometas salen de estas zonas por efecto de una perturbación gravitacional (posiblemente generada por una estrella), internándose en nuestro Sistema Solar. Cuando un cometa está lejos del Sol, su núcleo es un gran bloque de hielo sucio. El cometa se calienta cuando se acerca al Sol y parte del hielo se evapora dejando gas y polvo a su alrededor. Así, cada vez que los cometas visitan al Sol, van perdiendo material. De ese material se forman dos colas; una de gas y otra de polvo. El viento solar y la presión radiativa de la luz del Sol son los factores que más influyen en la aparición de dichas colas. El gas es empujado por el viento solar, generando una cola. El polvo, además de ser empujado por el viento solar también es empujado por la presión radiativa de la luz del Sol y entonces se produce la segunda cola. El telescopio LASCO, abordo del satélite SoHO ha registrado casi 2000 cometas pasar cerca del Sol e incluso chocar con él. A dichos cometas se les llama cometas razantes (*/ sungrazing comets /* en inglés).

Culminación de una estrella en un lugar dado : es el momento en que dicha estrella pasa por el meridiano de dicho lugar.

Una estrella alcanza su mayor altura durante su *culminación*. Es importante hacer notar que la *culminación* de una estrella depende de la *longitud geográfica* del lugar. Una estrella puede culminar al mismo tiempo en dos lugares distintos si estos tienen la misma *longitud geográfica*.

La **Culminación superior** corresponde al momento en que la estrella pasa por encima del meridiano y precisamente en este momento la estrella está en su posición más próxima al cenit de dicho observador. La **Culminación inferior** al momento en el que pasa por la parte opues-

ta, es decir, la estrella no se ve porque está en el hemisferio que queda por debajo del *horizonte* del observador. En la culminación inferior, la estrella se encuentra lo más cerca posible al **nadir**.

Cúmulo abierto Un cúmulo abierto es un conjunto de entre unas decenas y miles de estrellas muy jóvenes que están ligadas entre sí gravitacionalmente y que se considera se formaron de una misma nube de gas y polvo de la cual en algunos cúmulos todavía se pueden ver restos. Por ejemplo, en las Pléyades se puede ver luz difusa debida a la nube que formó a estas estrellas. La forma de estos cúmulos es irregular, a diferencia de los cúmulos globulares. Nuevo Catálogo General El Nuevo Catálogo General también contiene, al igual que el catálogo Messier, una lista de Nebulosas y Cúmulos de Estrellas. Los objetos de este catálogo se designan con el prefijo NGC, por sus siglas en inglés de New General Catalogue. El catálogo fue compilado a finales del siglo XIX, por Johan Ludvig Emil Dreyer, utilizando observaciones realizadas principalmente por William Herschel y su hijo y también usó los datos de los Catálogos Índice I y II. En total el Nuevo Catálogo General incluye aproximadamente 8,000 objetos.

Cúmulo globular Un cúmulo globular (CG) es un conjunto de estrellas gravitacionalmente ligadas, que en su gran mayoría son estrellas viejas. Un CG contiene muy poco gas y polvo y puede contener del orden de 10^5 a 10^6 estrellas, cuya distribución dentro del cúmulo es aproximadamente esférica. Los CG orbitan una galaxia, por lo cual se pueden observar en diversas ubicaciones respecto del plano galáctico, a diferencia de los cúmulos abiertos, los cuales se observan predominantemente en el plano de la galaxia.

Declinación. La declinación (δ) de una estrella es la distancia angular, medida a lo largo del círculo horario de dicha estrella, desde la estrella al ecuador celeste. La declinación toma valores negativos (de -90° a 0°) para estrellas que están al Sur del ecuador celeste y valores positivos (de 0° a 90°) para estrellas que están al Norte del ecuador celeste. Por lo anterior, es claro que la declinación de un punto que está sobre el ecuador es cero, la del punto que está sobre el polo Norte es 90° y la del que está sobre el polo Sur es -90° . Las líneas imaginarias de declinación, sobre la esfera celeste, son el equivalente a las líneas imaginarias de **latitud** geográfica, sobre la Tierra.

Diagrama Hertzsprung-Russell o diagrama HR. El diagrama Hertzsprung-Russell (llamado así por los apellidos de quienes lo propusieron) es conocido por sus siglas como diagrama HR. En dicho diagrama se grafica el brillo de una estrella contra su temperatura. En realidad, no se representan directamente el brillo y la temperatura de las estrellas. En el eje X se dan los valores del llamado tipo espectral (ver glosario) de una estrella dada, el cual es un parámetro que está directamente relacionado con la temperatura superficial de dicha estrella. Por otro lado, para una estrella dada, en el eje Y se representa su Magnitud Absoluta (ver glosario) el cual está relacionado directamente con el brillo de la misma. Entonces, una estrella dada se va a representar, en el diagrama HR, como un punto cuya posición va a depender del brillo y de la temperatura de dicha estrella.

En el eje-X, la temperatura aumenta de derecha a izquierda. Es decir, en el lado izquierdo están los valores que corresponden a temperaturas altas (estrellas calientes). Las estrellas de la izquierda del diagrama HR son blancas o azules (ver contraportada del libro) porque son calientes, y las de la derecha son rojas porque son más frías. En el eje-Y en la parte baja se representan brillos bajos mientras que en la parte alta están los grandes. Entonces las estrellas más luminosas se representan en la parte alta del diagrama HR.

Hay una clase de estrellas rojas muy grandes. Debido a que tienen un área muy extensa, a través de la cual emiten luz, entonces son muy brillantes. Este tipo de estrellas, conocidas como

gigantes rojas, están en la región superior derecha del diagrama HR. Otro tipo de estrellas calientes (que por lo tanto están en el lado izquierdo) y muy pequeñas (por lo tanto poco brillantes) son conocidas como enanas blancas. Dichas estrellas se representan en la izquierda-inferior del diagrama HR.

Hay una gran cantidad de estrellas en una banda diagonal que va desde el extremo inferior derecho (estrellas poco brillantes y frías) al extremo superior izquierdo (correspondiente a estrellas brillantes y calientes) al que se conoce como secuencia principal.

Día Sideral. Se dice del tiempo transcurrido entre dos pasos sucesivos de una misma estrella por el **meridiano** del lugar. Para calcular el tiempo sideral no se emplea el paso de cualquier estrella sino el paso del **punto vernal**.

Día Solar. Se dice del intervalo de tiempo entre dos pasos sucesivos del Sol por el meridiano del lugar.

Distancia cenital: es el ángulo entre el Cenit y la estrella.

Eclipse. Es el fenómeno que ocurre cuando un objeto celeste pasa por la sombra que genera otro. Nuestro planeta, la Tierra, interviene en dos eclipses llamados eclipse de Sol y eclipse de Luna. El eclipse de Sol ocurre cuando la sombra de la Luna cae sobre algunas zonas de la Tierra. El eclipse de Luna ocurre cuando la Luna entra en la zona de sombra de la Tierra.

Eclíptica: Es la circunferencia en la esfera Celeste que traza el Sol a lo largo de un año. La eclíptica cruza el Ecuador Celeste en dos puntos, uno de ellos ocurre en el *equinoccio* de primavera (este lugar se denota con la letra griega γ) y el otro en el *equinoccio* de otoño (Figura 2.1).

Ecuador Celeste: es la circunferencia en la esfera Celeste sobre el *Plano Ecuatorial*. El Ecuador Celeste lo podemos visualizar como la circunferencia que resulta de proyectar el Ecuador terrestre en la esfera Celeste.

Ecuador terrestre: es la circunferencia imaginaria que divide a la superficie de la Tierra en dos partes iguales y que es perpendicular al eje de rotación de ésta.

Eje Polar. Es un eje imaginario alrededor del cual gira la Tierra en su movimiento de rotación. Dicho eje pasa por los polos y por el centro de la Tierra. El eje de rotación de la Tierra está inclinado 23.5° respecto al **plano de la eclíptica**. En una primera aproximación, el eje de rotación de la Tierra apunta a un punto fijo de la esfera celeste, que actualmente está muy cercano ($\sim 1^\circ$) a una estrella llamada "Estrella Polar".

Equinoccio.: Es el momento en el que la trayectoria del Sol cruza el Ecuador Celeste. El *equinoccio* ocurre dos veces al año, alrededor del 21 de marzo y del 22 de septiembre. El día de un *equinoccio* la duración de la noche y del día son iguales.

Escala de placa. La escala de placa es un parámetro muy empleado en Astronomía observacional. Se llama escala de placa porque, antes del empleo de CCDs y cámaras digitales, la imagen captada por los telescopios se registraba en placas fotográficas.

Esfera Celeste. Es una esfera imaginaria en la que están los objetos celestes con la Tierra en el centro. El Polo Norte y el Polo Sur celestes corresponden a la intersección del Eje Polar con la Esfera Celeste. Sobre la Esfera Celeste también se define un ecuador que es el círculo mayor que resulta de la intersección del plano ecuatorial terrestre con la Esfera Celeste.

Este y Oeste: son los puntos en los que el Ecuador Celeste cruza el horizonte de un observador. En ocasiones usamos las letras **E** y **W** respectivamente para referirnos a ellos.

Estrella. Es una bola de gas que brilla con luz propia y cuya energía es generada por las reacciones nucleares que ocurren en su interior. La masa mínima de una estrella es de 0.08 veces la masa del Sol ($M_{\odot}$), mientras que las más masivas son del orden de $100 M_{\odot}$. El Sol es la estrella más cercana a nosotros.

Estrella Binaria. Es un sistema compuesto por dos estrellas que están unidas por su atracción gravitacional y giran en torno a un mismo punto que es el centro de masas. La gran mayoría de las estrellas no están solas sino formando sistemas binarios, o estrellas binarias.

Estrella Circumpolar. Una estrella que desde una latitud dada l siempre está sobre el horizonte se dice que es una estrella circumpolar para dicha latitud. Como ejemplo tomemos el caso de un observador en el hemisferio Norte a una latitud l . Las estrellas que están en declinaciones $\delta \geq 90 - l$ siempre estarán sobre el horizonte de dicho observador, es decir todo el día y todo los días del año.

Para latitudes bajas las estrellas circumpolares están cerca de alguno de los Polos terrestres. Para el caso particular de latitud cero, es decir para el Ecuador, en un plano horizontal sin relieve, solo el punto a 90° Norte (el Polo Norte Celeste) y el punto a 90° Sur (el Polo Sur Celeste) son circumpolares. En la práctica el horizonte real puede diferir del plano matemático, por ejemplo, un observador ubicado en montañas altas puede ver estrellas más allá de la declinación calculada anteriormente. Entonces, el horizonte real puede permitir que algunas estrellas sean circumpolares aún en lugares cercanos al Ecuador terrestre. Por otro lado, en cada Polo terrestre todas las estrellas que están sobre el horizonte son circumpolares.

Estrella de Neutrones. Cuando una estrella muy masiva explota como supernova, su parte central puede colapsarse hasta alcanzar densidades comparables a las de un núcleo atómico, formando lo que se conoce como una estrella de neutrones. Estas estrellas tienen una masa del orden de 1.4 veces la de Sol comprimida en un radio del orden de 10 km .

Galaxia. Es un inmenso conjunto de estrellas, gas y polvo que están ligados gravitacionalmente. De acuerdo a su apariencia, las galaxias se clasifican en elípticas, espirales e irregulares. La galaxia que nosotros habitamos es una galaxia espiral conocida como Vía Láctea.

Gran Nube de Magallanes La Gran Nube de Magallanes es conocida por sus siglas en inglés como LMC (de Large Magellanic Cloud) es una galaxia irregular que está muy cerca de la Vía Láctea, a aproximadamente 160.000 años luz de la Vía Láctea. La LMC está ubicada en el cielo Sur, a declinaciones muy bajas.

Horizonte. El horizonte es la intersección del plano horizontal con la esfera celeste. Como en muchos lugares hay montañas el horizonte real de un observador no necesariamente coincide con esta definición.

Latitud Geográfica. Se llama latitud geográfica a la distancia angular desde el ecuador a un lugar sobre la Tierra, medida a lo largo del meridiano (de dicho lugar). La latitud toma valores negativos (de -90° a 0°) para lugares que están al Sur del Ecuador y valores positivos (de 0° a 90°) para lugares que están al Norte del Ecuador.

Ley de los cosenos. Si a , b y c son las longitudes de los lados de un triángulo cualquiera, y γ denota la medida del ángulo comprendido entre los lados de longitud a y b , se tiene que

$$c^2 = a^2 + b^2 - 2ab \cos \gamma,$$

que es la expresión matemática de la ley de los cosenos.

Línea de visión. Se le llama a la línea recta que va del ojo del observador al objeto observado.

Línea espectral. Las líneas brillantes que aparecen en ciertas longitudes de onda de un espectro son líneas espectrales en emisión y las líneas oscuras son líneas en absorción. Las líneas brillantes resultan de que el observador recibe una mayor intensidad de luz con esas longitudes de onda, mientras que las líneas oscuras se deben a que en esas longitudes de onda se recibe menos luz debido a la absorción del medio que está entre el objeto emisor y el observador.

Lluvia de Estrellas. Una lluvia de estrellas se produce cuando la Tierra pasa cerca de la trayectoria de un cometa, aunque éste haya pasado ya hace mucho tiempo, y las partículas de polvo del cometa caen a la Tierra. Las partículas al entrar a la atmósfera a gran velocidad, se calientan por la fricción dejando un destello luminoso conocido como “estrella fugaz”. Como el cometa deja una gran cantidad de partículas se pueden llegar a ver muchas estrellas fugaces semejando una lluvia de estrellas. Las partículas pueden ser tan pequeñas como un grano de azúcar.

Longitud galáctica. La longitud galáctica (l) de una estrella es el ángulo entre la línea recta que une al Sol con el centro galáctico y la línea recta que une al Sol con dicha estrella.

Luminosidad. La luminosidad (L) de una estrella es la cantidad de energía por segundo que emite dicha estrella (erg s^{-1}). La luminosidad está relacionada al **flujo** (F) por $L = 4\pi R^2 F$, donde R es el radio de la estrella.

Magnitud aparente. Se refiere al “brillo observado” de un objeto celeste. Esto es, el **flujo** que recibimos de dicho objeto ($F = [\text{erg s}^{-1} \text{cm}^{-2}]$). La magnitud aparente se define como $m - m_0 = -2,5 \log \left(\frac{F}{F_0} \right)$, donde F_0 es un flujo de referencia, el cual corresponde a una estrella de magnitud cero. Entre más brillante vemos una estrella en el cielo, menor es el número m , es decir, valores pequeños de m corresponden a estrellas brillantes. Entre menor sea el brillo de una estrella más grande será el valor de m .

Magnitud absoluta. Es la magnitud que tendría una estrella si estuviera situada a una distancia de 10 *parsecs*. La magnitud absoluta de una estrella está definida como

$$m - M = 5 \log \left(\frac{r}{10pc} \right),$$

donde m y M son la *magnitud aparente y absoluta* de una estrella, respectivamente, y r la distancia a la estrella en unidades de pc .

Medio Interestelar (MI). Al espacio entre las estrellas se le llama Medio Interestelar (MI). El MI no está vacío sino que contiene gas y **polvo** en forma de nubes individuales y de un medio difuso. Una de las nubes de gas y polvo más conocidas es la Nebulosa de Orión. Gran parte de la materia del universo que observamos está en forma de gas (en las estrellas, en el MI, etc). El gas del MI está compuesto principalmente por Hidrógeno atómico aunque también tiene otras especies atómicas como el oxígeno (O), carbono (C), etc. En el gas también hay diversas moléculas, de las cuales la más abundante es el H_2 . Hasta la fecha se han detectado más de 120 diferentes moléculas, dentro de las que podemos mencionar agua (H_2O), monóxido de carbono (CO) y metanol (CH_3OH). El medio interestelar también contiene rayos cósmicos y campos magnéticos.

Meridiano. El meridiano de un lugar dado es la semicircunferencia de un **círculo mayor** que va de un polo de la Tierra a otro pasando sobre dicho lugar. Los meridianos los podemos imaginar como los gajos de una naranja, donde, como es de suponer, la Tierra es la naranja. El meridiano celeste es el círculo mayor que pasa por los polos y el cenit del lugar.

Meridiano Celeste de un lugar. es la circunferencia en la esfera Celeste que pasa por los polos y el cenit de dicho lugar. Para visualizar los *meridianos Celestes* también podemos imaginar que los meridianos producen rebanadas tipo melón en la esfera Celeste.

Movimiento diurno de las estrellas: es el movimiento aparente de las estrellas en la esfera celeste debido a la rotación de la Tierra. En dicho movimiento las estrellas giran en torno al *Eje Polar*. Debido a que el movimiento diurno de una estrella es debido a la rotación de la Tierra sobre su eje, entonces, es considerado un movimiento impropio de dicha estrella.

Movimiento propio. El movimiento propio de una estrella, a diferencia de un movimiento impropio debido al cambio de posición del observador como el debido al de la rotación de la Tierra, depende de la velocidad con la que se mueve dicha estrella. Como tiene una velocidad entonces su posición sobre la esfera celeste cambia no solo por las variaciones esperadas en las coordenadas de las estrellas por los movimientos de la Tierra. El movimiento propio se mide como el cambio de posición sobre la esfera celeste y depende directamente de la velocidad transversal de dicha estrella (velocidad perpendicular a la línea de visión hacia la estrella).

Nadir. Es el punto imaginario en la bóveda celeste que está bajo el observador y cuya posición es opuesta al **cenit**. Este concepto es importante aunque se refiere a un punto que no vemos sobre nuestro plano horizontal. Si recordamos que la bóveda celeste se extiende por debajo de nuestro horizonte y nos imaginamos nuestro horizonte como un vidrio transparente en el que estamos parados, entonces, el nadir es el punto de la esfera celeste que está debajo de nuestros pies.

Nebulosa planetaria. En la etapa final de la vida de una estrella, se expulsan las capas externas, mientras que el núcleo se contrae a su estado más compacto. Las estrellas que no explotan como supernova, por ser de masas menores a $3 M_{\odot}$, también expulsan una gran cantidad

de material al medio interestelar. Al cascarón de gas y polvo que se forma en torno a dichas estrellas se le llama nebulosa planetaria. Se les llama planetarias porque en las primeras observaciones (con telescopios de menor **resolución** que los actuales) parecían ser objetos “esféricos” como los planetas.

Nube Menor de Magallanes. La Nube Menor de Magallanes, conocida también por sus siglas en inglés como SMC (de Small Magellanic Cloud) es una galaxia irregular que está muy cerca de la Vía Láctea (a 200,000 años luz de distancia). Al igual que la Gran Nube de Magallanes, la SMC está en declinaciones muy al Sur.

Nubes Moleculares (NM). Son regiones con temperaturas típicas de 10 a 20 K , densidades de entre 1 y 10^3 partículas/ cm^3 y tamaños de hasta varias decenas de *parsecs*. Su composición es de $\sim 90\%$ Hidrógeno molecular, $\sim 10\%$ de He y trazas de diversas moléculas como CO, NH₃, H₂O, etc. Se encuentran principalmente en el plano galáctico.

Nutación. Es una oscilación del eje terrestre debida a la influencia gravitacional de la Luna. Una oscilación del eje polar, debida a la nutación, tiene un período de 18 *años* y 220 *días*. El movimiento de nutación y el de **precesión** se superponen.

Parábola y superficie parabólica. Las superficies parabólicas son muy útiles en Astronomía. Muchos telescopios y radiotelescopios usan paraboloides de revolución como superficies reflectoras. Un paraboloide de revolución idealmente hace converger a un sólo punto, llamado foco, una onda plana que incide paralela al eje de dicho paraboloide. Además, todos los haces reflejados, por los diferentes elementos de área de la superficie, idealmente, recorren la misma distancia hasta el foco.

Paralelo. El paralelo de un lugar dado es la circunferencia de un círculo menor que pasa por dicho lugar y que es paralelo al plano ecuatorial.

Paralelo diario: es cualquier circunferencia de la esfera Celeste que es paralela al Ecuador Celeste. El movimiento diurno de una estrella ocurre a lo largo de un “paralelo diario”.

Parsec. El *parsec* (pc) es una unidad de longitud que se usa mucho en Astronomía y que equivale a la distancia desde la cual el radio medio de la órbita terrestre abarca un ángulo de 1” (1 segundo de arco). Más concretamente: $1\ pc = 3.09 \times 10^{16}\ m = 3.26\ años\ luz = 2.06 \times 10^5\ UA$.

Perihelio. Es la posición en la que un objeto que está en órbita alrededor del Sol se encuentra a la distancia mínima.

Período sidéreo. Es el tiempo que tarda un planeta u otro objeto, que gira en torno al Sol, en dar una vuelta completa en su órbita, tomando como referencia a las estrellas.

Período sinódico. Es el tiempo transcurrido entre dos configuraciones similares de un planeta, la Tierra y el Sol. También se usa para otros objetos que giran alrededor del Sol y depende de la diferencia entre los períodos sidéreos del objeto en cuestión y del período sidéreo de la Tierra.

Planeta. Cuerpo celeste que no tiene luz propia y que orbita alrededor del Sol o cualquier otra estrella. En nuestro Sistema Solar, los cuatro planetas más cercanos al Sol son sólidos, mientras que los lejanos son líquidos y gaseosos (a excepción de Plutón). Los cometas y asteroides, por su tamaño no caen en la categoría de planetas. A los asteroides, por su tamaño, se les conoce como “planetas menores”. Además de los planetas del Sistema Solar hay planetas, llamados extrasolares, girando en torno a otras estrellas. Hasta ahora se han detectado más de 600 planetas extrasolares.

Plano de la eclíptica. Es un plano sobre el cual la Tierra describe su movimiento de traslación alrededor del Sol. Por esta razón, visto desde la Tierra, el Sol se mueve en la esfera celeste trazando, en el transcurso de un año, una trayectoria que es precisamente la eclíptica. El *Plano Ecuatorial* está inclinado $23,5^\circ$ respecto al plano de la eclíptica.

Plano ecuatorial. Es un plano imaginario sobre el cual está el Ecuador terrestre. El plano ecuatorial pasa por el centro de la Tierra y es perpendicular al Eje Polar.

Plano horizontal. El plano horizontal de un observador es un plano imaginario perpendicular a la línea que une a dicho observador con su **cenit**. El plano horizontal divide a la Esfera Celeste en 2 semiesferas. Una de ellas está sobre el observador, es decir es la semiesfera observable. En la cúspide de dicha semiesfera está el Cenit. La otra semiesfera no la ve dicho observador y en su cúspide está el Nadir.

Polo. El polo geográfico es un punto en el que se intersectan el eje polar y la superficie de la Tierra. Dado que la Tierra es como un imán también tiene dos polos magnéticos, pero la ubicación de estos difiere de la de los polos geográficos.

Polo Norte Celeste y Polo Sur Celeste: son los puntos en los que el *Eje Polar* intersecta a la esfera Celeste. El Polo Norte Celeste está muy cerca de la estrella llamada estrella polar o Polaris, una estrella en la punta de la “cola” de la constelación de la Osa Menor.

Polvo interestelar. El polvo es una componente importante del MI, se encuentra en nubes individuales en los brazos espirales de las galaxias. Este polvo comprende aproximadamente el 10 % de la materia interestelar. Los granos de polvo están constituidos principalmente de Carbono y Silicio y tienen tamaños desde ~ 10 nanómetros hasta ~ 1 micra. En algunas imágenes astronómicas, como en la nebulosa Cabeza de Caballo que está en la constelación de Orión, se ven zonas oscuras en las que aparentemente no hay estrellas. Lo que en realidad ocurre es que una nube de polvo absorbe la luz de las estrellas que están detrás de ella.

Precesión. Este efecto se debe al hecho de que la Tierra no es completamente esférica sino que es un elipsoide irregular, aplastado en los polos. La precesión es un movimiento circular que realiza el eje terrestre y que completa en un período en 25 800 *años*. Este movimiento produce variaciones de las coordenadas astronómicas.

Pulsar. Estrella de neutrones que gira rápidamente y que emite un intenso haz de radiación electromagnética. Para un observador, ese haz es como la luz de un faro que verá como si fueran pulsos de luz. Debido a eso se les llama pulsares. Las estrellas de neutrones tienen un diámetro del orden de 10 *km* y poseen un campo magnético muy intenso. Se cree que los pulsares se forman en algunas explosiones de supernovas.

Punto vernal. es el punto en la esfera Celeste en el que el Sol cruza el Ecuador Celeste cuando pasa del hemisferio Sur al Norte.

El punto vernal es el punto de intersección en el que el movimiento del Sol sobre la esfera celeste va de Sur a Norte. El **plano de la eclíptica** está inclinado 23.5° respecto del **plano ecuatorial**. Entonces, el plano eclíptico y el **ecuador** celeste se intersectan en sólo dos puntos. Al punto vernal también se le llama primer punto de Aries.

Región HII. Una región HII es una nube de gas ionizado por la radiación ultravioleta de estrellas jóvenes y masivas. Las regiones HII tienen temperaturas de $\sim 10\,000\text{ K}$, densidades típicas de entre 100 y 1 000 partículas cm^{-3} y tamaños de 0.1 a $\sim 1\text{ pc}$.

Remanente de supernova (RSN). A la nube de gas y polvo que se produce tras una explosión de supernova se le llama Remanente de Supernova. El material que forma una RSN viaja a velocidades de varios miles de kilómetros por segundo.

Resolución angular. La resolución angular es la capacidad de distinguir objetos cercanos y está dada por

$$\phi \approx \frac{\lambda}{D}, \quad (\text{B.1})$$

donde λ es la longitud de onda y D , el diámetro del objetivo óptico del instrumento con el que se observa.

Secuencia principal En el diagrama HR hay una zona en la que están las estrellas de la secuencia principal. En el núcleo de una estrella de la secuencia principal ocurre la fusión de Hidrógeno en Helio. Es la etapa más larga en la vida de una estrella. Las otras etapas son mucho menores, por lo tanto la mayoría de las estrellas se encuentran que se han observado están en la secuencia principal.

Solsticio. Es el momento en el que el Sol está en su posición extrema ya sea al Sur (solsticio de invierno, el cual ocurre en torno al 21 de diciembre) ó al Norte (solsticio de verano, que ocurre cerca del 21 de junio). En el verano el Sol llega a su posición extrema Norte, en relación al Ecuador Celeste; y en el invierno, a su posición extrema Sur. El día del solsticio de verano se tienen más horas con luz del Sol en el hemisferio Norte. En el solsticio de invierno el Sol se ve menos horas en el hemisferio Norte.

Supernova (SN). Explosión que puede ocurrir al final de la vida de una estrella. Hay dos clases de supernova: SN tipo I y SN tipo II. La SN tipo I es una explosión por la acreción del material en un sistema binario. La SN tipo II es la explosión de una estrella masiva ($M \geq 3M_\odot$), en la que una gran parte de la masa de la estrella original se lanza al espacio a grandes velocidades. Durante unos días, la supernova puede brillar más que toda la galaxia que habita. La última explosión de supernova ocurrida en nuestra galaxia fue observada en el año 1604. Sin embargo, la distancia a este objeto celeste es de $\sim 13\,000$ años luz; entonces, la explosión en realidad ocurrió miles de años antes de ser registrada en la Tierra. Una SN tipo II deja una estrella colapsada que, dependiendo de su masa, será un hoyo negro ($M_{re} > 1.4M_\odot$) o una **estrella de neutrones** ($M_{re} \leq 1.4M_\odot$).

Telescopio. El telescopio es un instrumento óptico que aumenta el **ángulo subtendido** por un objeto. Esto permite que a objetos que están a grandes distancias, y por lo cual a simple vista subtenden ángulos muy pequeños, los veamos subtender ángulos más grandes. Por eso podemos verlos como si estuvieran más cerca de nosotros.

El funcionamiento básico de un telescopio consiste en captar haces de luz lo más separados posible entre sí pero procedentes de un mismo objeto y concentrarlos en un solo punto. Posteriormente, por medio de un ocular, se puede ver la imagen aumentada. A los telescopios que utilizan un espejo, para captar la luz, se les llama telescopios reflectores; a los que utilizan una lente se les conoce como telescopios refractores.

Terminador. Debido a que la Luna no tiene atmósfera entonces no hay luz difusa sobre su superficie y hay mucho contraste entre zona iluminadas y zonas en sombra. De hecho un astronauta, aun estando en el lado iluminado de la Luna, estará en completa oscuridad detrás de una gran roca que le haga sombra. Debido a la diferencia en la iluminación de la superficie lunar, hay una separación muy evidente entre la zona iluminada por el Sol y la zona oscura. A la línea entre estas zonas se le llama terminador.

Tipo Espectral. Las estrellas se clasifican con respecto a su espectro en siete clases (O, B, A, F, G, K y M). Como el espectro de una estrella depende de la temperatura en la superficie de la misma, entonces la clasificación espectral hace una distinción de las estrellas por su temperatura. Las estrellas de clase O tienen las temperaturas más altas mientras que las de clase M, las más bajas. Dentro de cada clase hay estrellas con diferentes temperaturas. Por eso, cada clase se divide en subclases denotadas por un número después de la letra. Por ejemplo, las temperaturas de las estrellas de clase O3 son de $\sim 35\,000\text{ K}$ mientras que las temperaturas de las estrellas O9 son de $\sim 20\,000\text{ K}$. Las estrellas de la clase M8 son de $\sim 2\,500\text{ K}$. El Sol tiene una temperatura de aproximadamente $5\,700\text{ K}$ y su clase espectral es G2.

Unidad Astronómica (UA). Es la distancia promedio entre el Sol y la Tierra. $1UA \approx 150\,000\,000\text{ km}$. La UA es una unidad de longitud muy usada en Astronomía.

Vertical. La vertical de una estrella es el **círculo mayor** que pasa por dicha estrella y por el cenit del lugar donde está el observador. Se debe tener cuidado al ver este concepto en algún texto ya que en el lenguaje cotidiano la vertical se considera la línea que se traza con una plomada en un lugar dado.

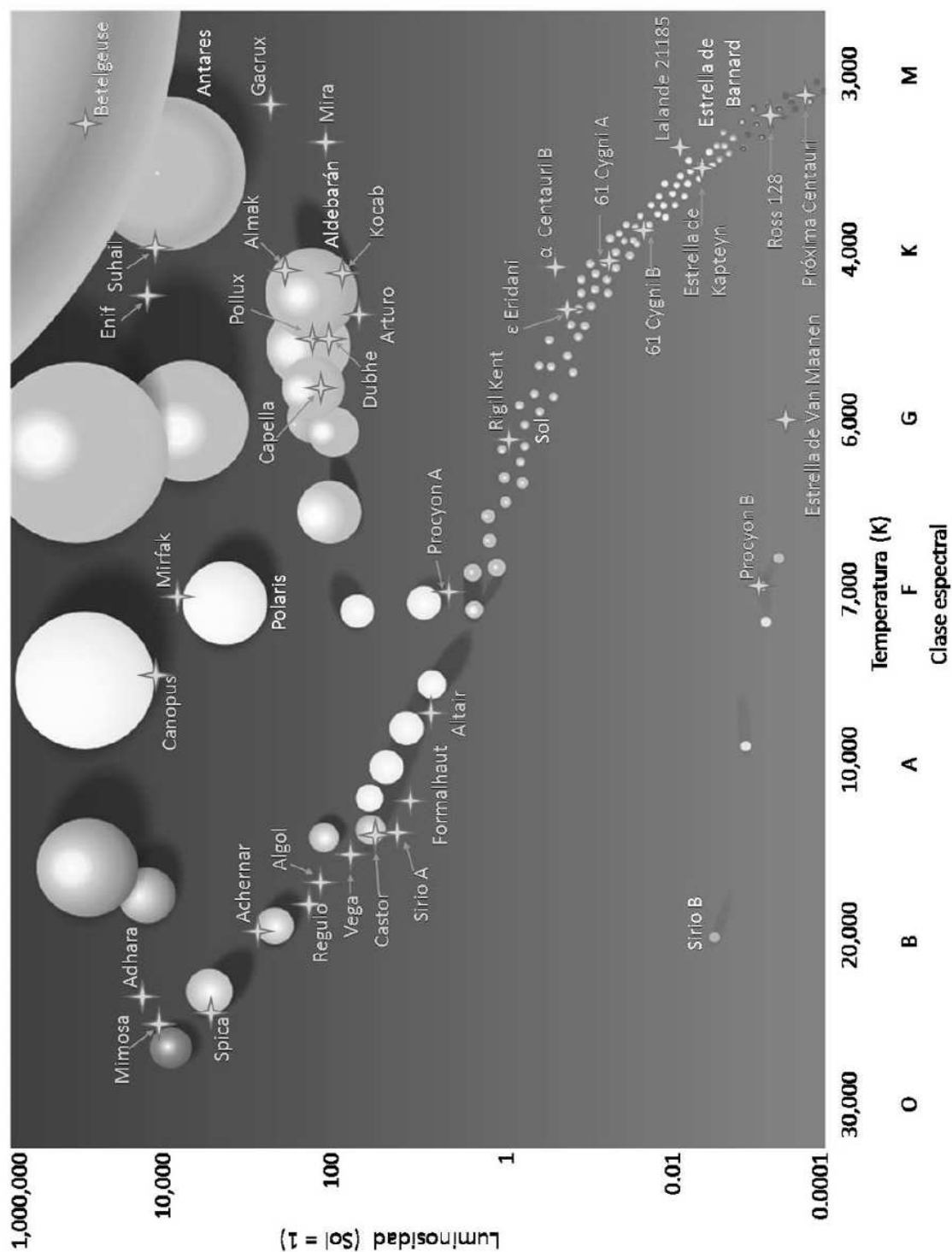


Figura B.1: Diagrama Hertzsprung-Russell, también conocido como diagrama HR, en el que se representa el brillo de las estrellas contra su temperatura (ver glosario). Las estrellas en el diagrama HR se distribuyen por su temperatura (de la cual depende el color) y su brillo (que depende del tamaño). Los tamaños de las estrellas no están a escala pero esquematizan cómo se distribuyen las estrellas en este diagrama. Ver colores en contraportada.

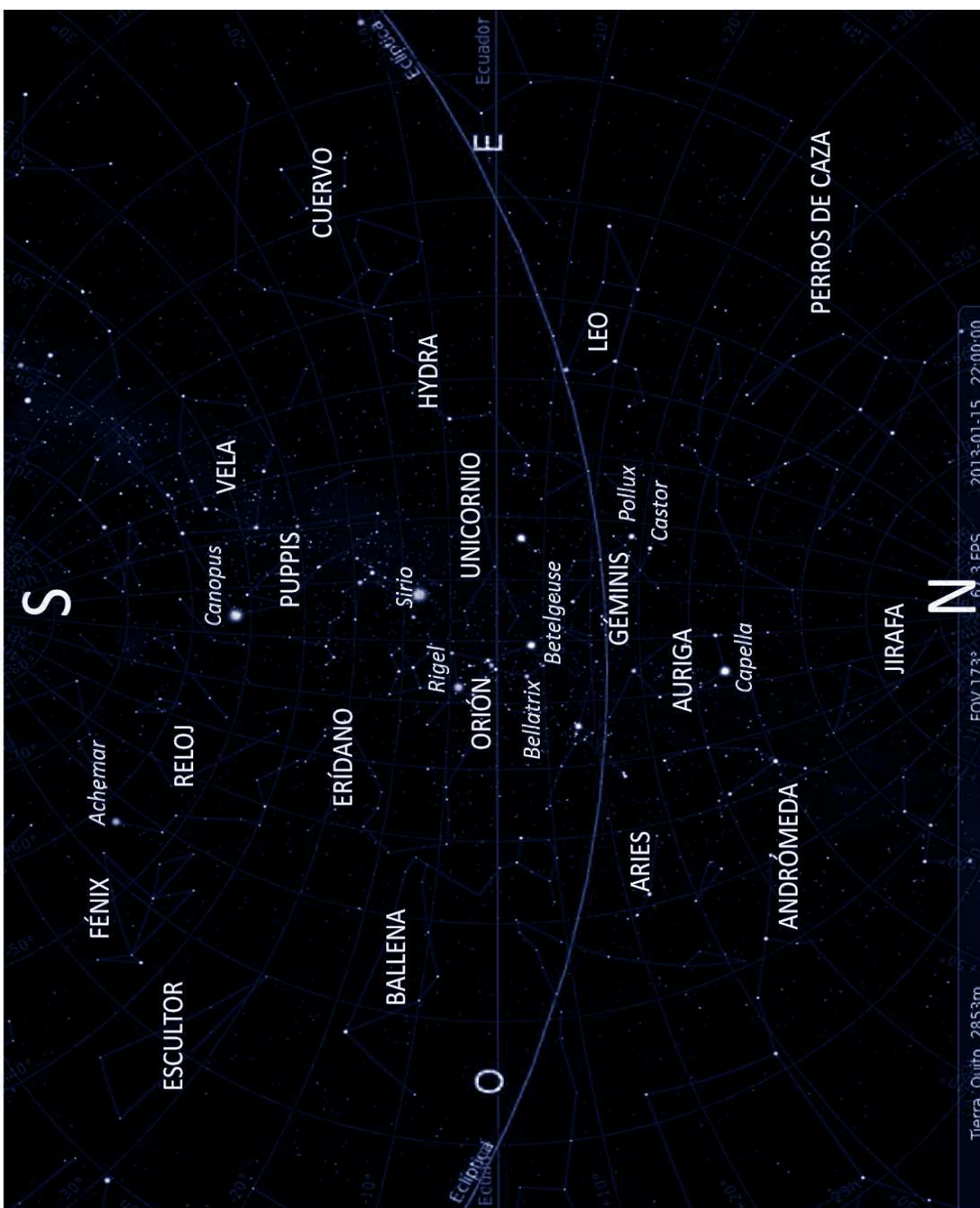


Figura B.2: Cielo como se espera ver desde latitud cerca de 0° , a mediados de Enero a las 10 PM. Este y los siguientes mapas celestes fueron simulados con el programa Stellarium usando las coordenadas de Quito, Ecuador. Algunos nombres se sobreescribieron al mapa, con letras mayúsculas para constelaciones y con mayúsculas y minúsculas para estrellas. La línea horizontal en dirección Este-Oeste, que divide en dos al mapa, representa al Ecuador Celeste.

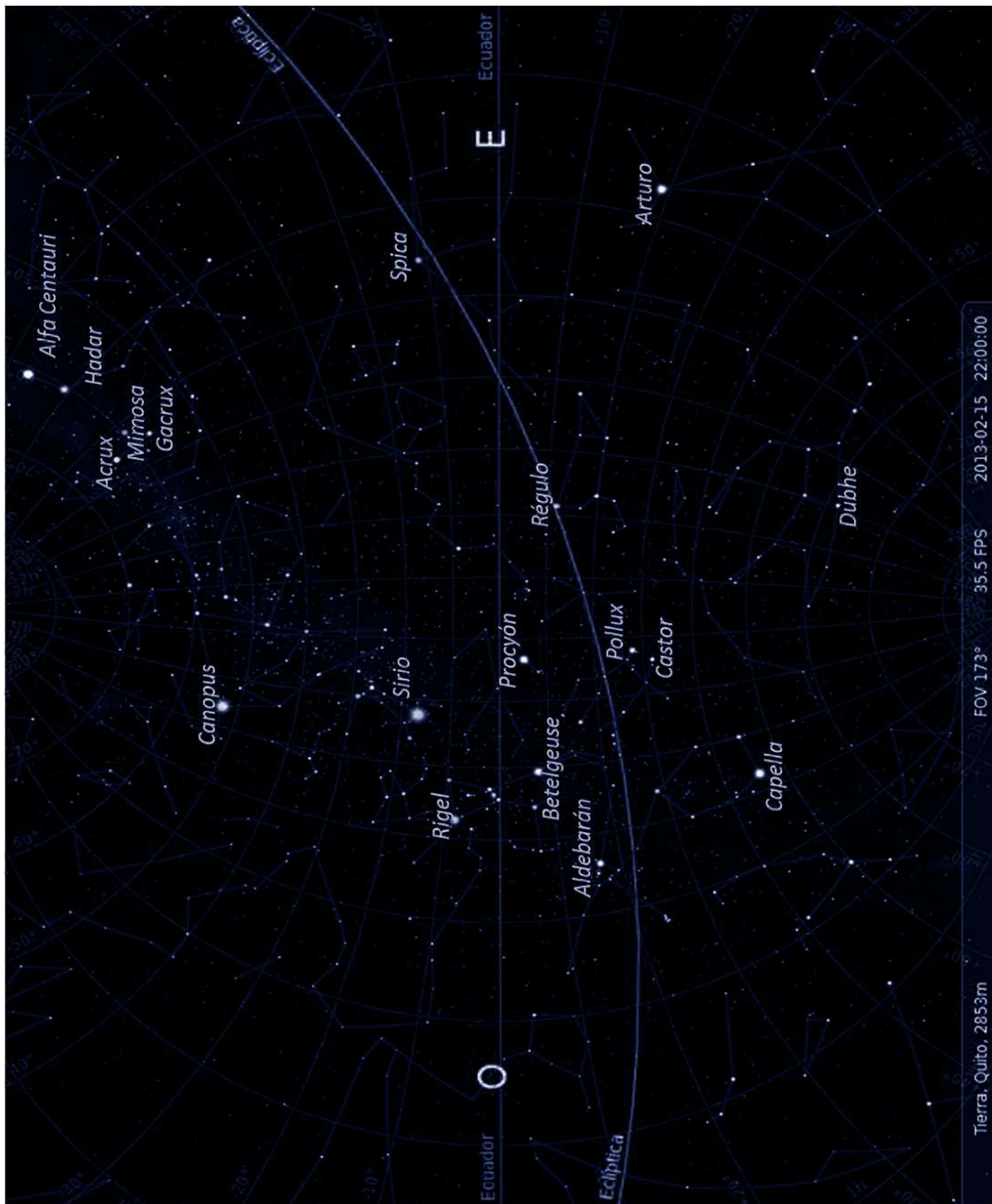


Figura B.3: Cielo de Febrero observado desde una latitud 0° . Se muestran las estrellas, Hadar y Alfa Centauri (ambas de Centauro), Acrux, Mimosa y Gacrux (de Cruz del Sur), Spica (de Virgo), Arturo (de Boyero), Canopus (de Carina), Sirio (de Can Mayor), Rigel y Betelgeuse (de Orión), Procyón (de Can Menor), Aldebarán (de Tauro), Pollux y Castor (ambas de Geminis), Capella (de Auriga) y Dubhe (de Osa Mayor)

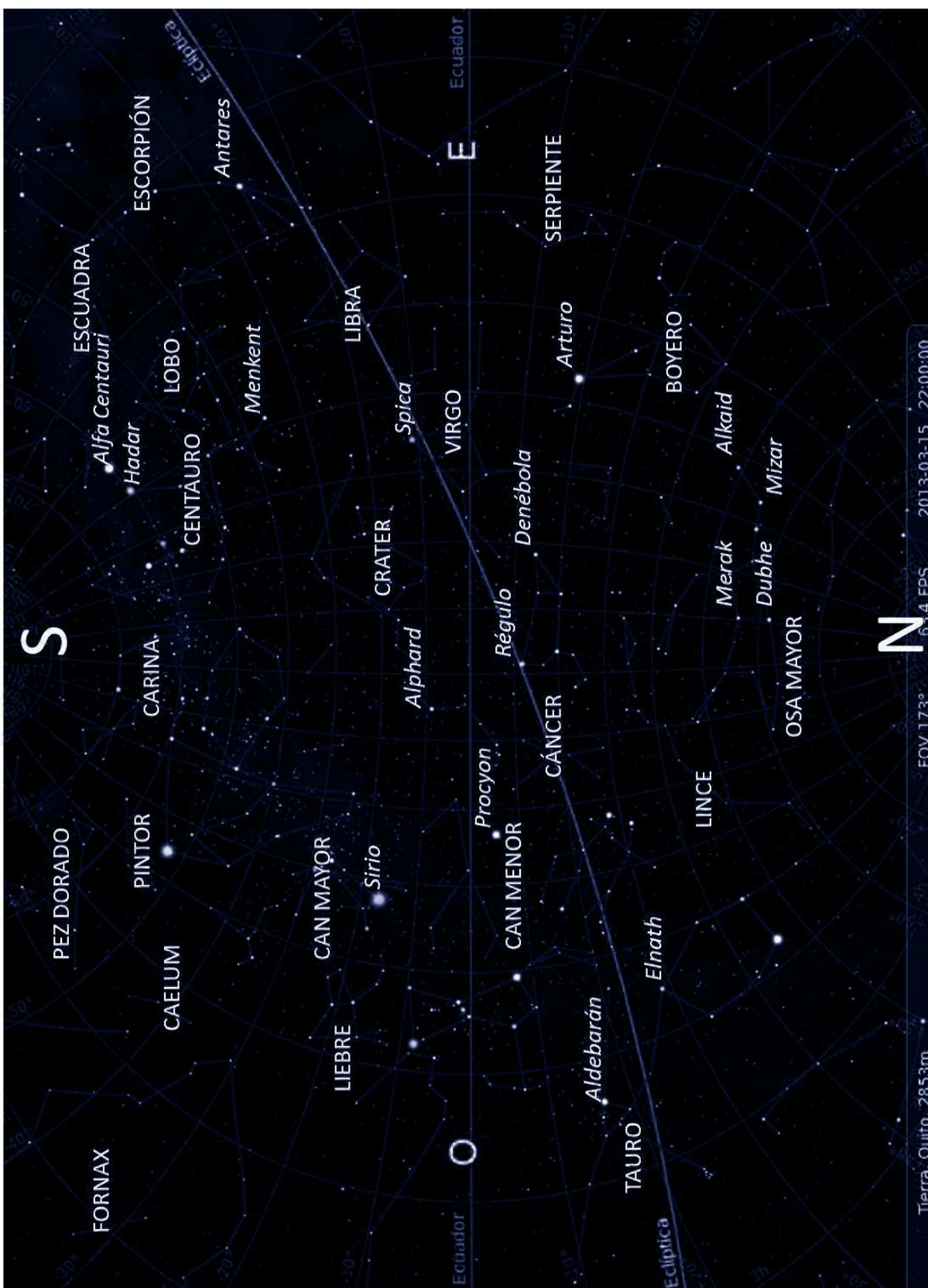


Figura B.4: Cielo de Marzo para latitud 0° .

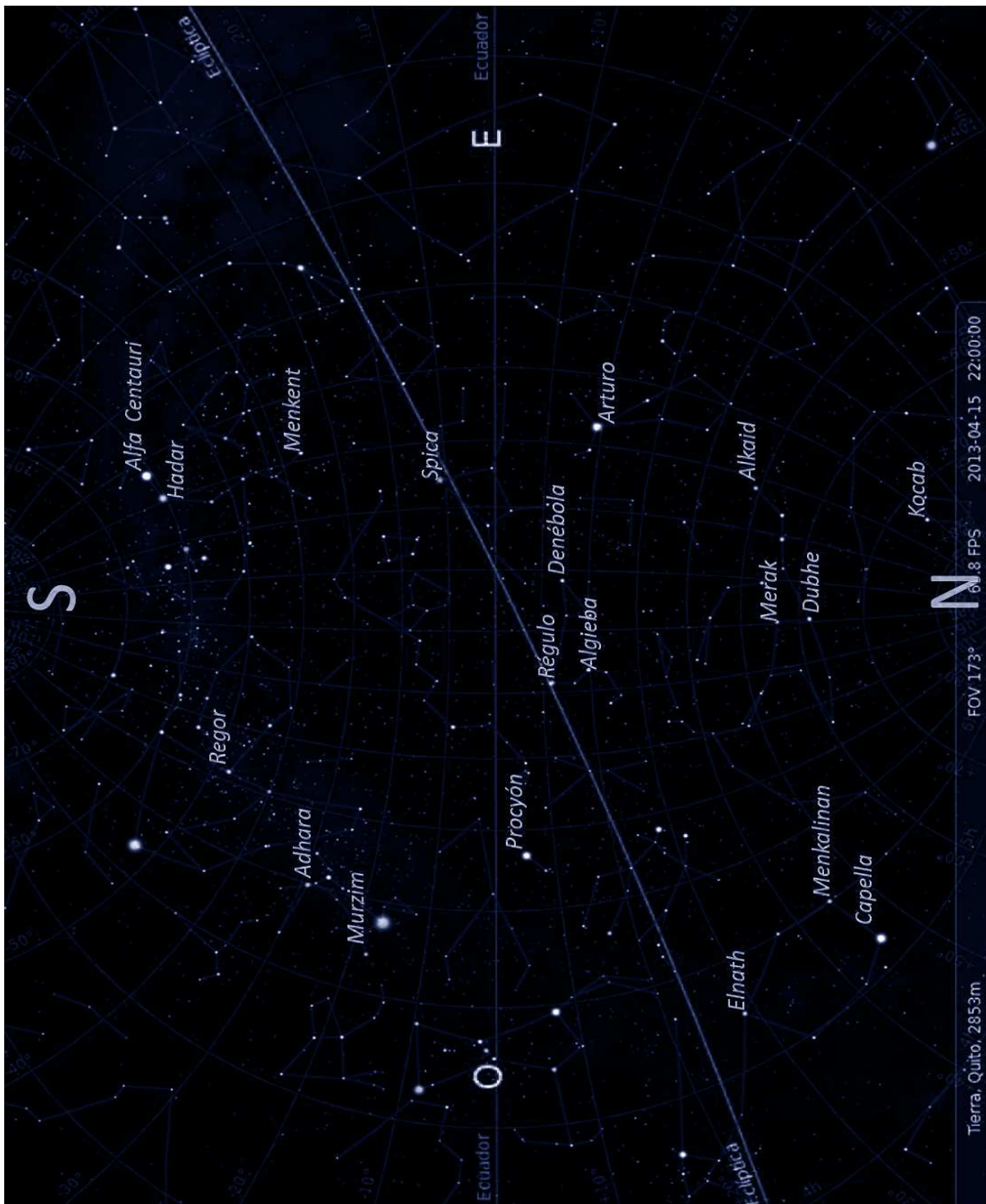


Figura B.5: Nombres de algunas estrellas que se observan en Abril desde latitud 0° . Se muestran las estrellas, Alfa Centauri, Hadar y Menkent (de Centauro), Adhara y Murzim (de Canis Mayor), Régulo, Algíbea y Denébola (de Leo), Alkaid, Merak y Dubhe (de Osa Mayor), Menkalinan, Elnath y Capella (de Auriga), Procyon (de Can Menor), Spica (de Virgo), Arturo (de Boyero), Regor (de Vela) y Kocab (de Osa Menor).

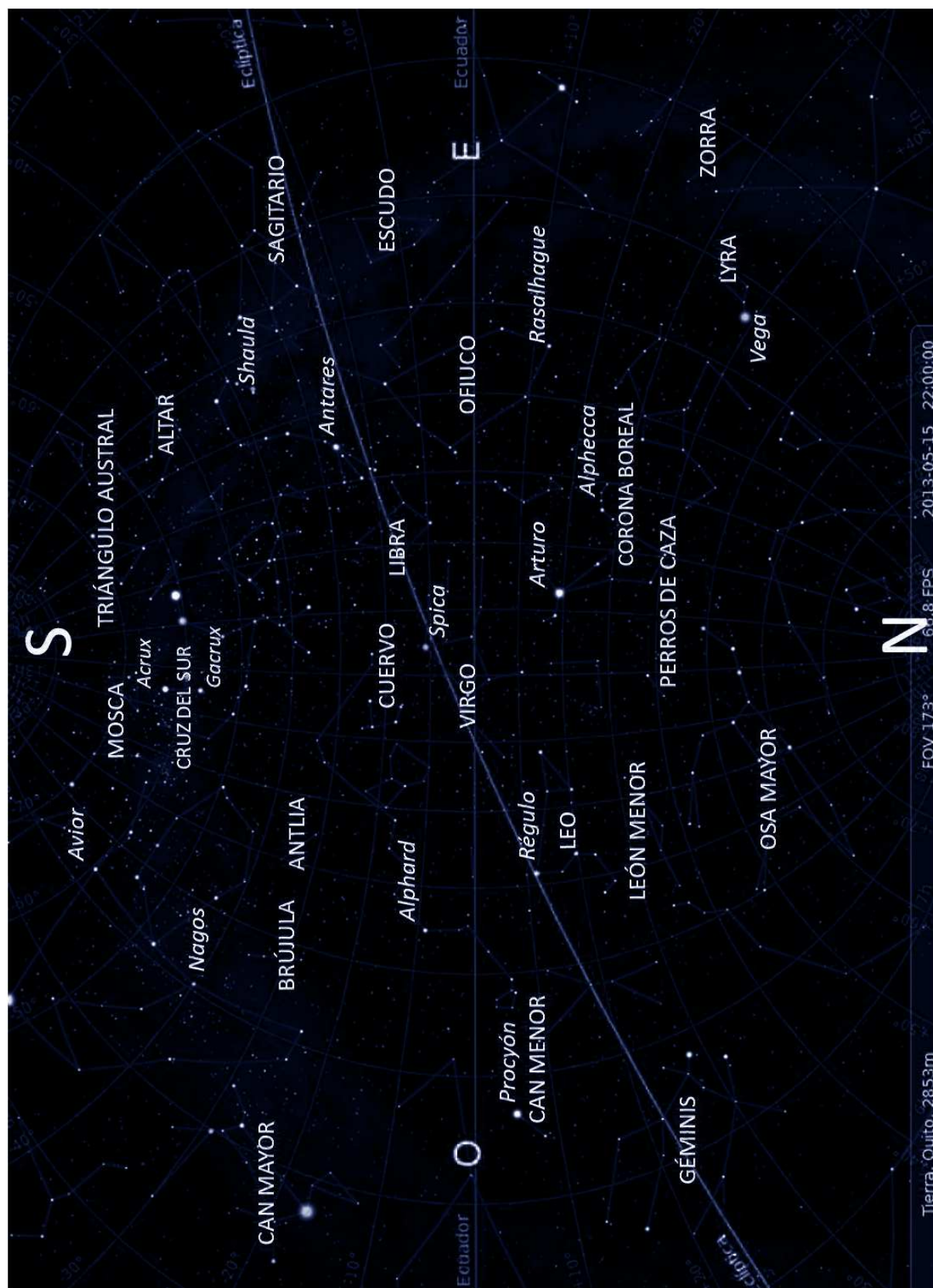


Figura B.6: Cielo de Mayo desde latitud 0°.

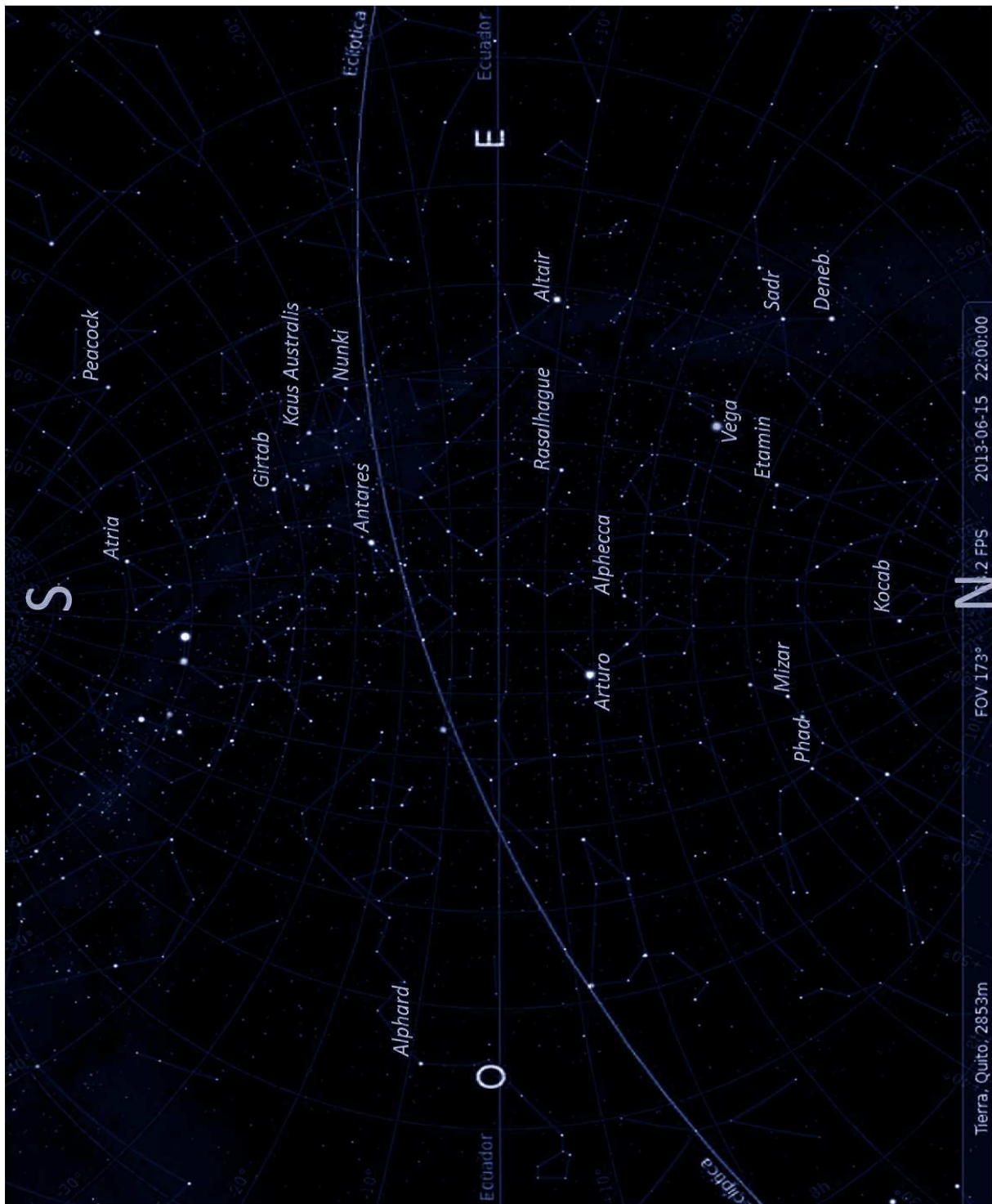


Figura B.7: Nombres de estrellas que se observan en Junio. Se muestran las estrellas, Antares y Girtab (de Escorpión), Nunki y Kaus Australis (de Sagitario), Atria (de Triángulo Austral), Peacock (de Pavo Real), Rasalhague (de Ofiuco), Altair (de Águila), Alphecca (de Corona Borealis), Phad y Mizar (de Osa Mayor), Etamin (de Dragón), Deneb y Sadr (de Cisne), Kocab (de Osa Menor), Alpherat (de Hydra), Arturo (de Boyero) y Vega (de Lyra).

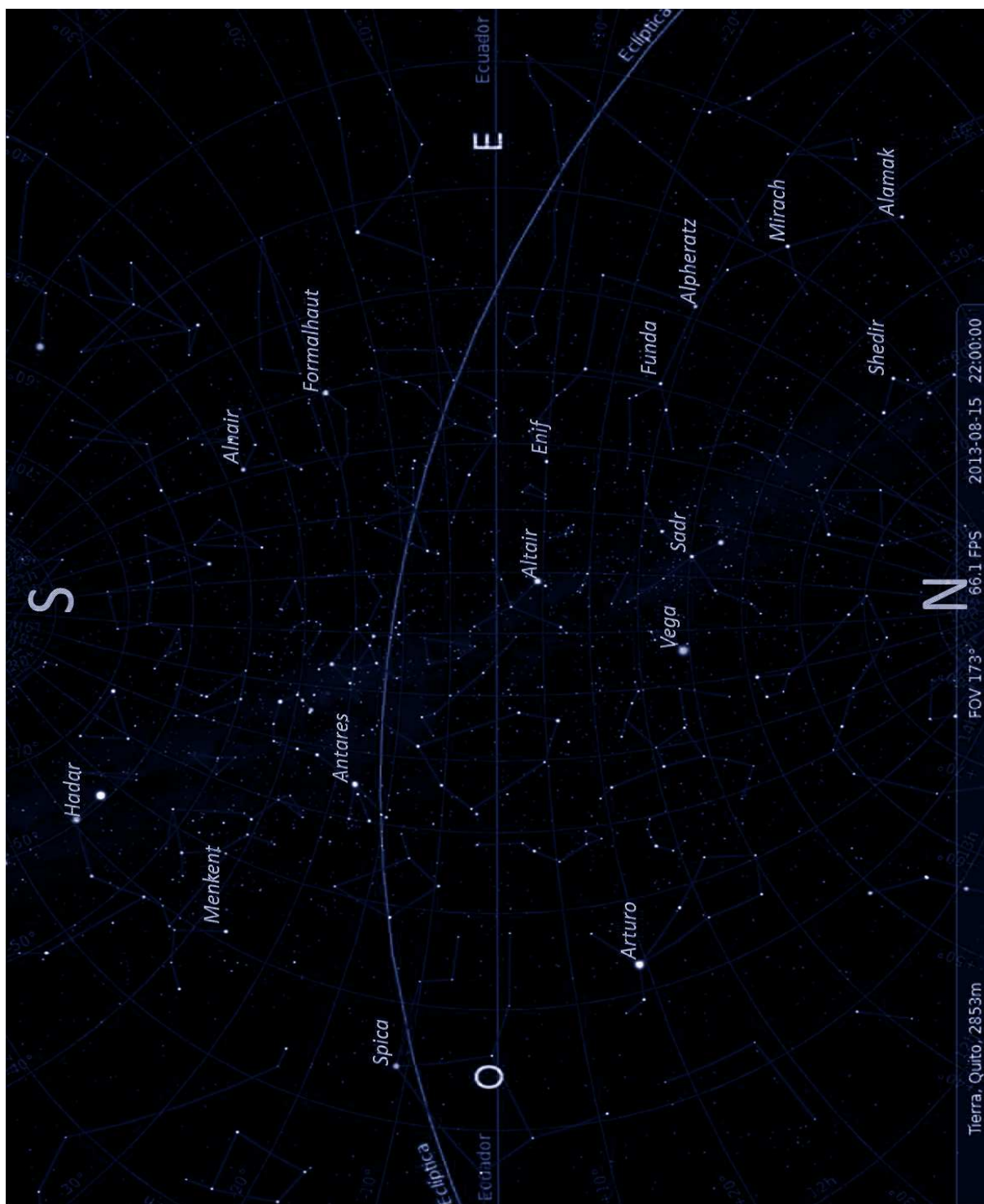


Figura B.9: Nombres de algunas estrellas que se observan en Agosto desde latitud 0° . Se muestran las estrellas, Hadar y Menkent (de Centauro), Antares (de Escorpión), Alnair (de Grulla), Formalhaut (de Pez Austral), Spica (de Virgo), Arturo (de Boyero), Vega (de Lyra), Altair (de Águila), Sadr (de Cisne), Enif y Funda (de Pegaso), Alpheratz, Mirach y Alamak (de Andrómeda) y Shedir (o Shedar de Cassiopea).



Figura B.10: Cielo de Septiembre desde latitud 0°.

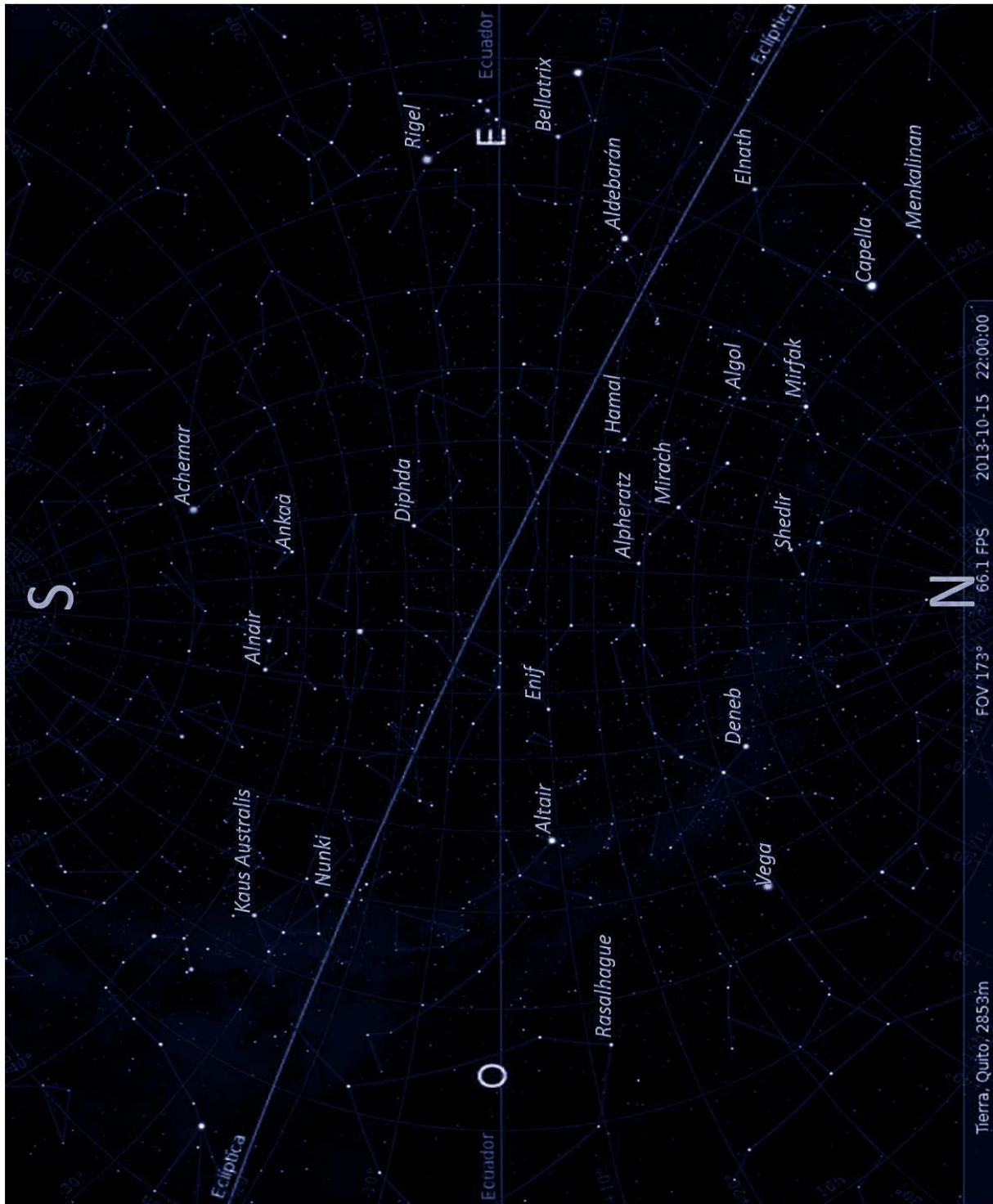


Figura B.11: Nombres de algunas estrellas que se observan en Octubre desde latitud 0° . Se muestran las estrellas, Kaus Australis y Nunki (de Sagitario), Alnair (de Grulla), Achernar (de Erídano), Ankaa (de Fénix), Diphda (de Ballena), Rasalhague (de Ofiuco), Vega (de Lyra), Deneb (de Cisne), Shedir (de Cassiopea), Altair (de Águila), Enif (de Pegaso), Alpheratz y Mirach (de Andrómeda), Hamal (de Aries), Algol y Mirfak (de Perseo), Elnath, Capella y Menkalinan (de Auriga), Aldebarán (de Tauro) y Rigel y Bellatrix (de Orión).

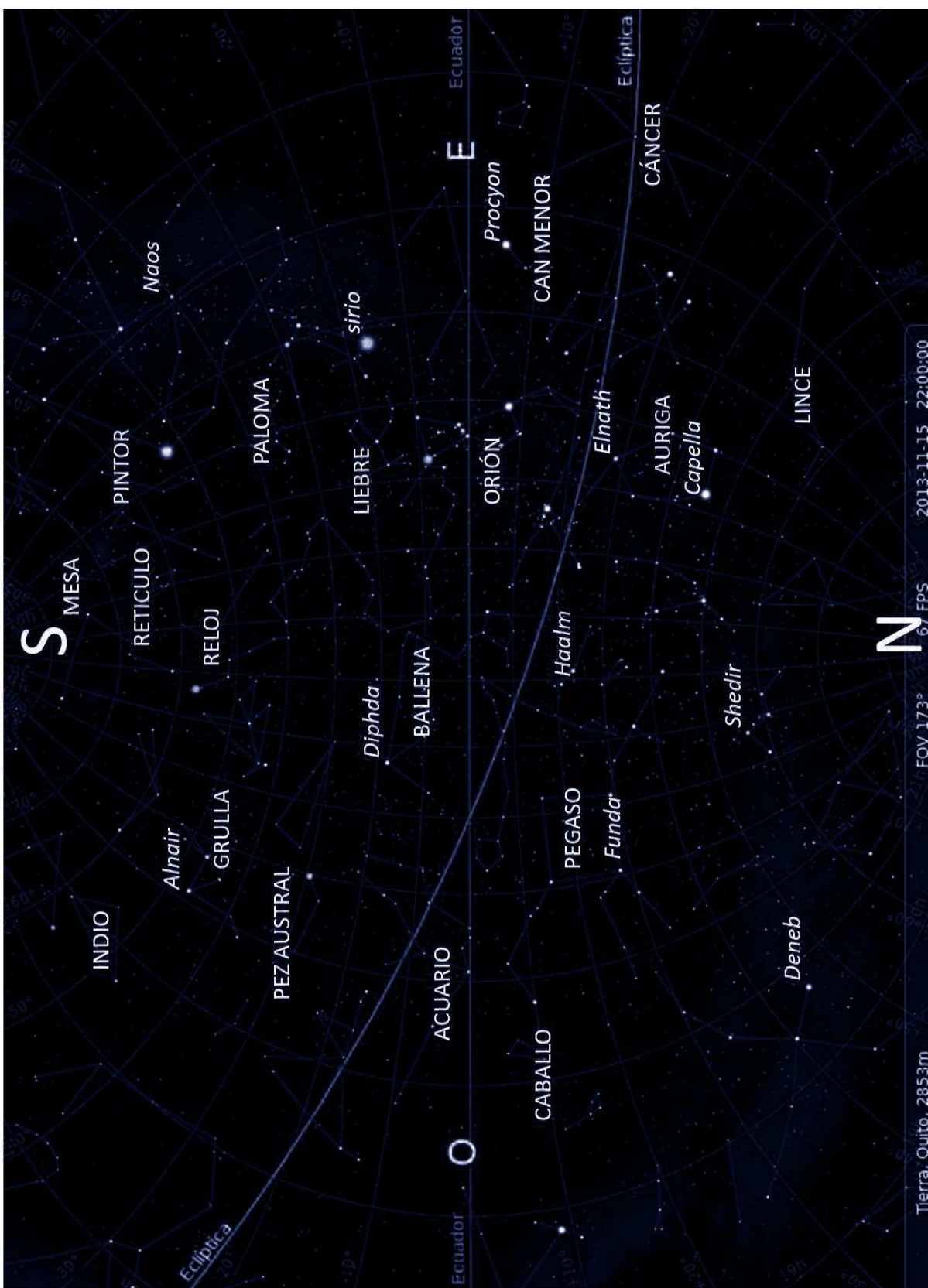


Figura B.12: Cielo de Noviembre desde latitud 0°.

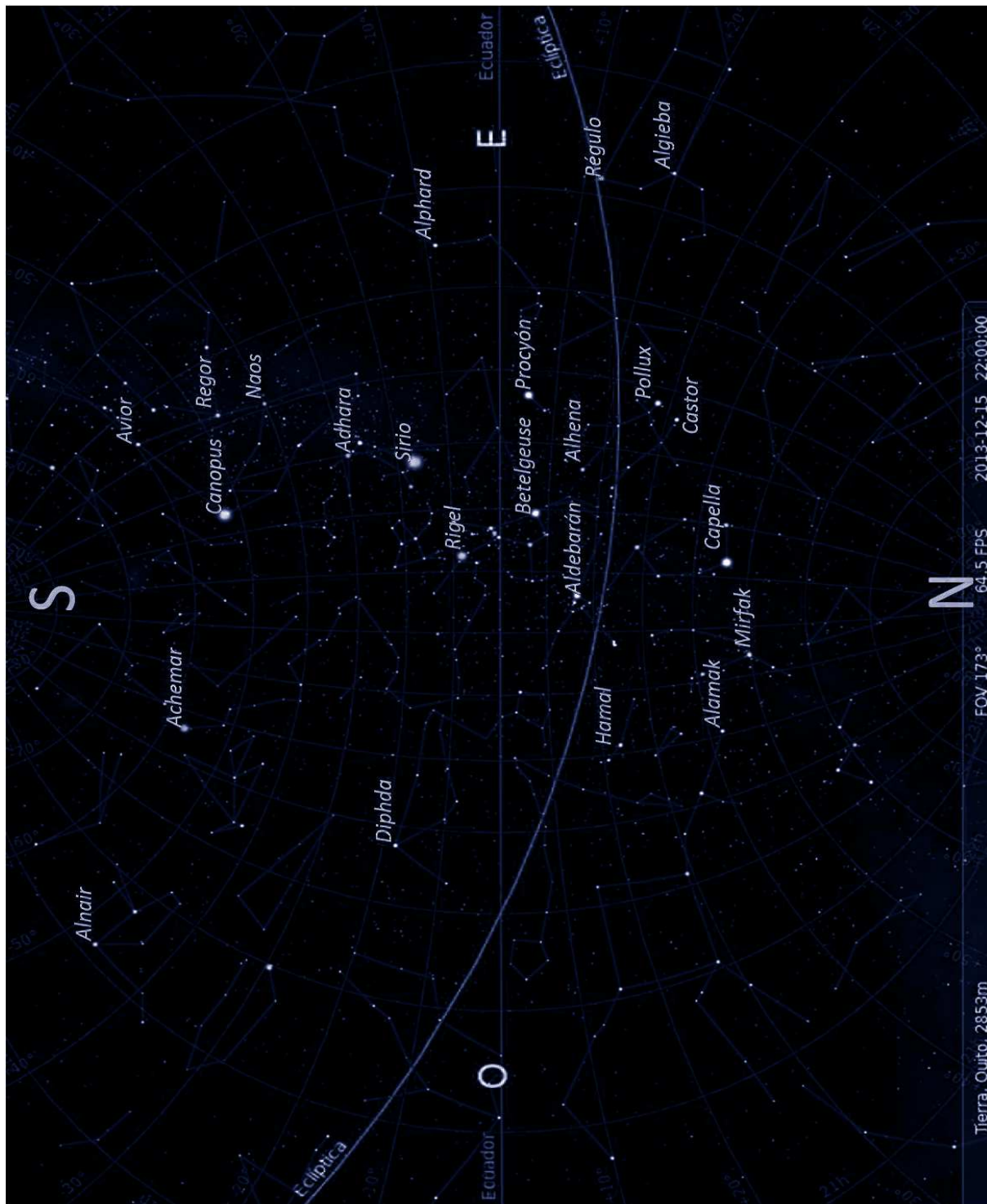


Figura B.13: Nombres de algunas estrellas que se observan en Diciembre desde latitud 0° . Se muestran las estrellas, Alnair (de Grulla), Achemar (de Eridano), Diphda (de Ballena), Avior, Naos y Canopus (de Puppis), Regor (de Vela), Adhara y (Sirio de Can Mayor), rigel y Betelgeuse (de Orión), Procyon (de Can Menor), Alhena, Castor y Pollux (de Géminis), Régulo y Algieba (de Leo), Aldebarán (de Tauro), Capella (de Auriga), Mirfak (de Jirafa), Alamak (de Andómeda), y Hamal (de Aries).



Figura B.14: Cúmulo abierto NGC 602 en la constelación de Tucán. Credits: NASA, ESA, and the Hubble Heritage Team (STScI/AURA) – ESA/Hubble Collaboration.



Figura B.15: Nebulosa de Orión, una región HII, visible a simple vista, en la constelación de Orión. Créditos: NASA, ESA, M. Robberto (STScI/ESA), and the HST Orion Treasury Project Team.



Figura B.16: Los Pilares o Nebulosa del Aguila en la constelación de Escorpión. Créditos: NASA, ESA, STScI, J. Hester and P. Scowen (Arizona State University)



Figura B.17: Nebulosa planetaria Ojo de Gato o NGC 6543, en la constelación del Dragón. Credits: J.P. Harrington and K.J. Borkowski (University of Maryland), and NASA.

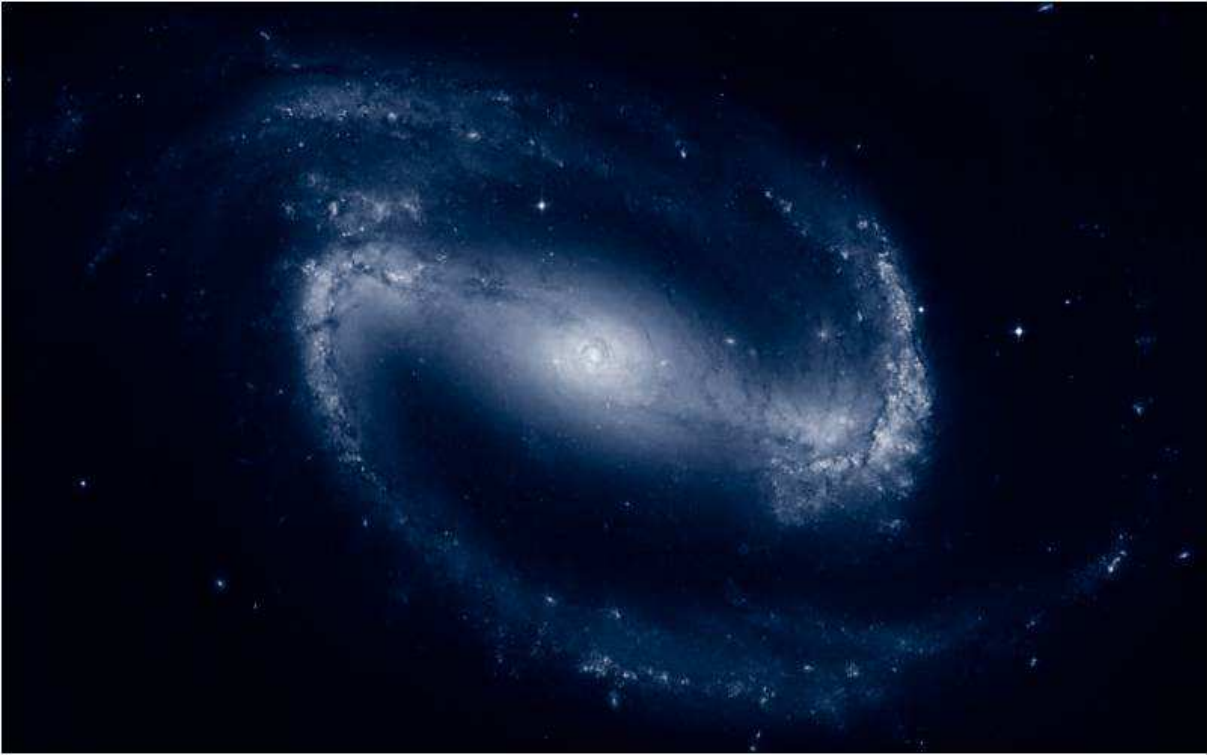


Figura B.18: Galaxia espiral barrada, NGC 1300 en la constelación de Erídano. Créditos: NASA, ESA, and The Hubble Heritage Team (STScI/AURA)



Figura B.19: Galaxia espiral El Remolino o M51 en la constelación Perros de Caza. Creditos: NASA, ESA, S. Beckwith (STScI), and The Hubble Heritage Team (STScI/AURA).