

Alejandro Gangui

Instituto de Astronomía y Física del Espacio (IAFE),
UBA-Conicet

Astronomía diurna

El movimiento del Sol en el firmamento

Seguramente les resultará natural a los estudiantes, sobre todo a los del secundario -lo mismo que a la mayoría de la gente- oírnos decir que la Tierra gira en torno a su eje, y que esa rotación es el origen de la sucesión de los días y las noches. Sin embargo, docentes y estudiantes, lo mismo que el público en general, decimos con igual naturalidad, y sin pensar que haya contradicción con lo anterior, que el Sol sale y se pone, y que se mueve por el cielo de oriente a occidente. Así razonaba también la astronomía griega y lo siguió haciendo por siglos la astronomía occidental: su modelo era el de un Sol que se traslada alrededor de una Tierra inmóvil. Era la teoría científica o modelo del cielo en uso hasta la llamada revolución copernicana, que para muchos efectos la sustituyó por el de una Tierra que rota sobre su propio eje y se traslada alrededor de Sol.

A pesar de lo anterior, como docentes seguimos encontrando conveniente

explicar la sucesión de días y noches, lo mismo que las variaciones a lo largo del año del lugar en que vemos el Sol en cada momento del día y en cada lugar de la Tierra, tomando al observador fijo como marco de referencia. Esto, dicho sea de paso, significa que no hay, efectivamente, contradicción entre ambos razonamientos, y muestra que en ciertos casos las teorías o los modelos no necesariamente pueden calificarse de verdaderos o falsos sino de más o menos adecuados para explicar determinados fenómenos.

Visto por un observador terrestre, cada día el Sol describe un arco diferente en la bóveda del firmamento, que empieza por la mañana en el horizonte oriental y concluye por la tarde en el horizonte occidental. En su recorrido diurno a lo largo de uno de esos arcos, se va elevando sobre el horizonte por la mañana, alcanza su posición más alta al cumplir la mitad de su trayectoria, lo que marca el mediodía solar, y descien- de hacia el horizonte por la tarde. Esos arcos diurnos son todos paralelos entre sí, y el Sol recorre uno u otro dependiendo de la época del año. Los planos

que contienen esos arcos diurnos forman un ángulo con el plano del horizonte, mayor o menor según la latitud del observador.

Para un observador en el Polo Norte o en el Polo Sur, ese ángulo es 0° : el Sol está siempre a la misma distancia del horizonte, sea por encima o por debajo de él, es decir, se mueve en un plano paralelo al del horizonte (lo que explica que haya meses de luz permanente y meses de oscuridad permanente, separados por meses de crepúsculo o penumbra). Para un observador en el ecuador, ese ángulo es 90° : el Sol siempre se eleva y desciende en forma perpendicular al plano de horizonte (lo que explica la brevedad de los crepúsculos). En consecuencia, el ángulo con el plano del horizonte del plano que contiene la trayectoria solar varía con la latitud entre los dos extremos señalados: en cada lugar de la Tierra es igual a 90° menos la latitud del lugar.

El gradual pasaje de perpendicular a paralelo al plano del horizonte del arco de la trayectoria solar es visto como una inclinación del segundo hacia el sur por los habitantes del hemis-

¿DE QUÉ SE TRATA?

Un experimento que se puede realizar en horario diurno para ayudar a los estudiantes a comprender conceptos básicos sobre astronomía de posición y sobre las teorías científicas.

ferio norte, y hacia el norte por los habitantes del hemisferio sur. Así, si alguien emprende un viaje a lo largo de un meridiano desde latitudes septentrionales hacia las meridionales, comenzará apreciando que ese plano está al principio inclinado hacia el sur, luego se va levantando, se pone vertical al pasar por el ecuador y se inclina progresivamente al norte a medida que el viajero avanza hacia las latitudes meridionales. Correspondientemente, en las casas de los habitantes del hemisferio norte, las ventanas que más Sol reciben son las orientadas al sur; pero son las orientadas al norte en las casas de los habitantes del hemisferio sur.

Sabemos que el arco que los habitantes de la Tierra ven al Sol describir en el cielo es el resultado visible de la rotación del planeta en torno a su eje, y que el plano del ecuador es, por definición, perpendicular a dicho eje. Como consecuencia, la latitud también determina el ángulo que aprecia todo habitante de la Tierra entre el plano del horizonte y el del arco solar, lo mismo que entre este y la vertical del lugar (ambos ángulos deben sumar 90°).

Lo anterior se aprecia en la figura 1, que es un esquema de la imagen del mundo que se podría hacer un habitante de Buenos Aires, es decir, alguien ubicado sobre la superficie de la Tierra

a 35° de latitud sur. No es lo que dicho habitante vería en el cielo sino lo que se podría imaginar viéndose desde afuera de la Tierra, por así decirlo. La figura 2 representa un esquema similar para un habitante de 35° de latitud norte, por ejemplo, de Albuquerque, Nuevo México.

Como complemento de esas dos figuras podemos construir otra que represente en forma esquemática lo que realmente ven los dos observadores en los lugares en que viven, según lo muestran los croquis izquierdo y derecho de la figura 3. El croquis central esquematiza lo que ve un residente de cualquier lugar sobre el ecuador.

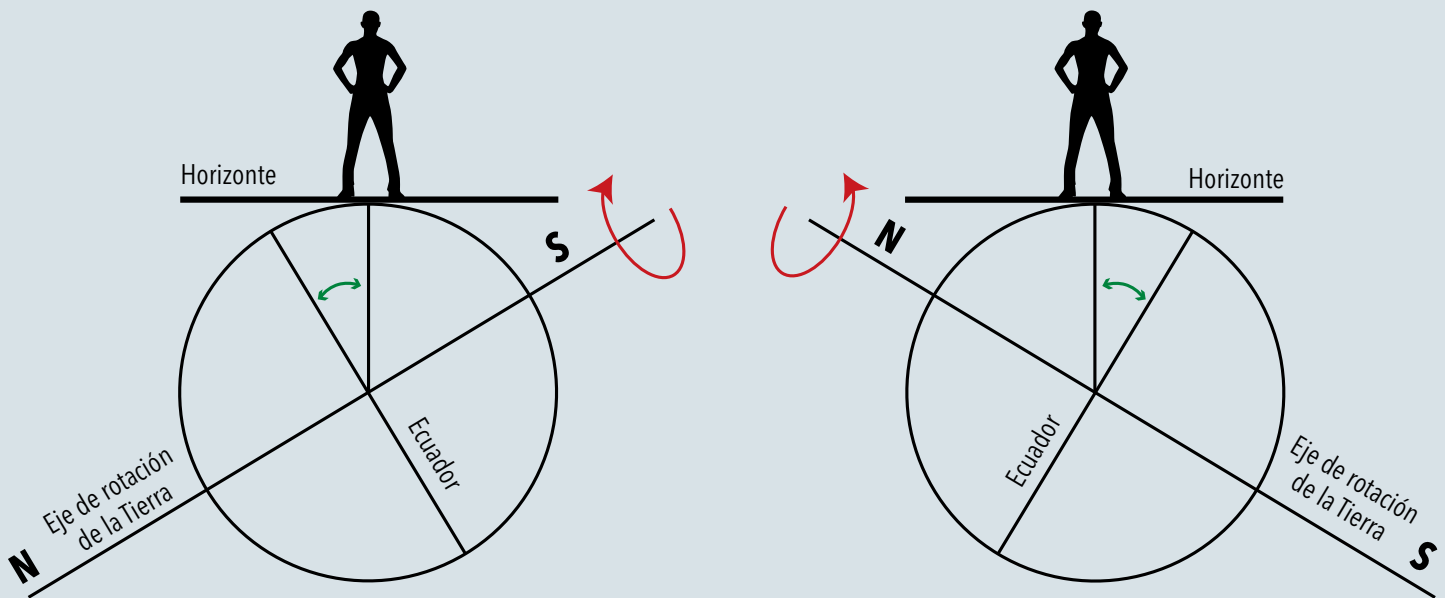


Figura 1. Imagen del mundo de un habitante de Buenos Aires (latitud $\cong 35^\circ$ sur) que se imagina viéndose desde afuera de la Tierra y mirando a esta en dirección al este.

Figura 2. Imagen del mundo de un habitante de Albuquerque, Nuevo México (latitud $\cong 35^\circ$ norte), que se imagina viéndose desde afuera de la Tierra y mirando a esta en dirección al este.

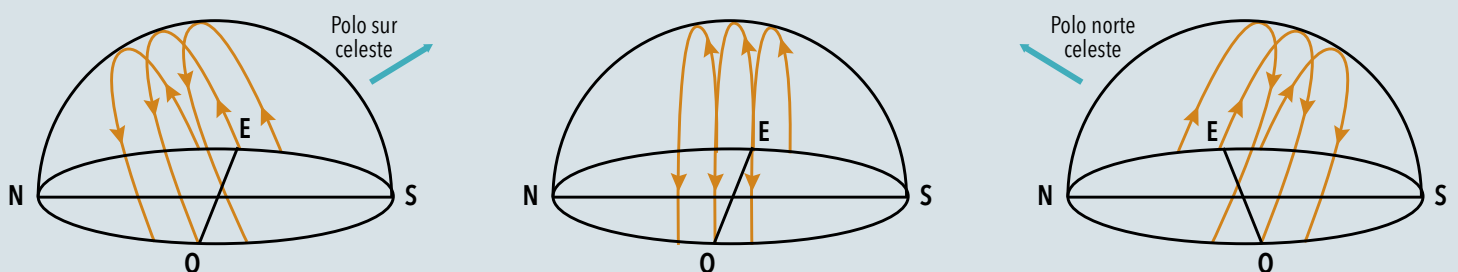


Figura 3. Esquema de cómo ven desde el lugar en que viven la trayectoria del Sol en el firmamento (arcos ocres) los residentes de Buenos Aires (izquierda), Albuquerque (derecha) y cualquier localidad sobre el ecuador (centro). El plano horizontal indicado por las elipses es el plano del horizonte. En cada caso, el arco central corresponde a los equinoccios de marzo y septiembre; el arco de la izquierda, al solsticio de junio, y el de la derecha, al de diciembre. Entre esos arcos se podrían dibujar más, uno para cada día. Se aprecia que el Sol sale exactamente por el este y se pone exactamente por el oeste solamente en los equinoccios, y que la longitud de los arcos diurnos es mayor en verano que en invierno.



Figura 4 (izquierda). Los hilos que unen el extremo del gnomon con cada uno de los puntos que indican la sombra de ese extremo en diferentes horas del día determinan un plano materializado por hilos azules. El ángulo entre el gnomon y ese plano es la latitud del lugar, en este caso, unos 35° , correspondientes a Buenos Aires. El norte está hacia la derecha de la foto y el polo sur celeste en la dirección marcada por una perpendicular al mencionado plano, hacia arriba y a la izquierda. **Figura 5 (derecha).** Estudiantes trabajando en la Ciudad Universitaria de la UBA, en Núñez. La actividad completa llevó varias horas al Sol, durante el viernes 20 de marzo de 2009, día del equinoccio de otoño en el hemisferio sur. El predio arbolado de la imagen, sitio de descanso y punto de reunión para centenares de estudiantes, muy pronto cederá su lugar al cemento y a los vidrios del edificio Cero + Infinito.

Los equinoccios

Los conceptos anteriores constituyen un buen punto de partida para abordar en un contexto escolar lo que ocurre dos días cada año, uno en marzo y otro en septiembre, llamados equinoccios. Esos días, en todo lugar del planeta, sin que influya la latitud, el día y la noche duran cada uno exactamente doce horas, el Sol sale exactamente por el este y se pone exactamente por el oeste. Una pequeña experiencia al aire libre con los alumnos en uno de los equinoccios es un buen camino para despertar el interés de muchos de ellos y fijar las ideas.

En los equinoccios, la sombra que arroja a lo largo del día la punta de una varilla vertical (técnicamente llamada

gnomon) sobre un plano horizontal traza una línea recta orientada de oeste a este.

Las figuras 4 y 5 muestran una posible forma de montar el experimento. Búscuese un lugar adecuado en el que ubicar el gnomon y dispóngase que los estudiantes marquen en el piso, por ejemplo cada media hora entre las 9 y las 17, el punto en que termina la sombra de la varilla. Si se une cada uno de los puntos marcados con el extremo del gnomon (cosa que en las figuras se hizo con hilos), se advertirá que todos los segmentos así definidos forman un plano inclinado con respecto al horizonte. El ángulo de ese plano con el gnomon vertical (o, lo que es lo mismo, con un plano vertical apoyado

sobre la línea oeste-este marcada por las sombras) corresponderá a la latitud del lugar.

Por otro lado, una recta perpendicular al plano inclinado definido por los hilos apuntará al polo sur o al norte celeste según el experimento se haga, respectivamente, en el hemisferio sur o en el hemisferio norte. Y una línea trazada en el piso en forma perpendicular a la determinada por las sombras de la punta del gnomon indicará la dirección del meridiano del lugar, es decir, la dirección norte-sur tanto astronómica como geográfica (pero algo distinta, según el lugar en que se haga la constatación, de la dirección marcada por una brújula, que indica el norte magnético).

LECTURAS SUGERIDAS

AAVV, 2009, 'Enseñanza de la astronomía. Observación conjunta del equinoccio de marzo', *Caderno SBPC 31*, accesible en http://www.sbpcnet.org.br/site/publicacoes/outras-publicacoes/caderno_digital/caderno_31.pdf.

CAMINO N y GANGUI A, 2012, 'Diurnal astronomy: Using sticks and threads to find our latitude on Earth', *The Physics Teacher*, 50: 40-41.

GANGUI A e IGLESIAS M, 2015, *Didáctica de la astronomía. Actualización disciplinar en ciencias naturales. Propuestas para el aula*, Paidós, Buenos Aires.

Astronomía diurna en Goya, Corrientes, en marzo de 2010, en <https://get.google.com/albumarchive/104569570884082298537/>, 'Observación del equinoccio en Goya'.



Alejandro Gangui

Doctor en astrofísica, Escuela Internacional Superior de Estudios Avanzados, Trieste.

Investigador independiente del Conicet. Profesor adjunto, FCEYN, UBA.

Miembro del Centro de Formación e Investigación en la Enseñanza de las Ciencias, FCEYN, UBA.

gangui@df.uba.ar

cms.iafe.uba.ar/gangui