

Observando y rastreando sombras

Resumen de la actividad

Los estudiantes aprenderán sobre el movimiento aparente del Sol en el cielo y la rotación de la Tierra en su eje. Los estudiantes podrán encontrar los puntos cardinales observando y rastreando las sombras creadas por el Sol. Los estudiantes trabajarán en parejas para dibujar y registrar la sombra de su compañero. Esta actividad requiere un día soleado y suficiente tiempo para ver los cambios en el largo y dirección de sus sombras, típicamente un período de clase o preferiblemente 2-3 horas durante un día de escuela.

Como extensión, los estudiantes pueden realizar un proyecto en grupo para registrar sombras durante los **equinoccios** y los **solsticios** a través del año escolar. Mediante el uso de una vara o mástil, los estudiantes pueden registrar las sombras proyectadas y ver como las sombras proyectadas cambian a través del año escolar. Las sombras cambian con el cambio de temporadas. Los estudiantes observarán y discutirán la causa de los cambios de las sombras conforme avanza el tiempo.

Conexiones del sitio web *Viviendo el Tiempo Maya*

Esta actividad provee un ejemplo de como los antiguos mayas observaban los movimientos del Sol y registraban las sombras. Estas observaciones le permitieron a los mayas predecir cambios de temporadas para planificar sus ciclos agrícolas y ceremoniales. Hoy, los agricultores mayas todavía observan los movimientos del Sol para planificar la siembra del maíz y sus ceremonias.

Los estudiantes deben ver con anticipación los siguientes recursos del sitio web *Viviendo el Tiempo Maya*:

- La sección completa de *Sol Maya*
- La sub-sección *Tradiciones de Maíz y Calendario* en la sección *El maíz y el Tiempo Maya*

Objetivos

Los estudiantes aprenderán que:

- La mayoría de los objetos en el sistema solar, incluyendo la Tierra, se encuentran en movimiento regular y predecible; estos movimientos explican tales fenómenos como el día y el año
- La posición del Sol en el cielo cambia a través del día
- El Sol tiene patrones de movimiento que se pueden observar y registrar; una de las formas de hacerlo es observando y registrando las sombras proyectadas por el Sol
- El movimiento aparente del Sol refleja la rotación de la Tierra en su eje

¹ Definiciones de las palabras en rojo se encuentran en el Glosario en la sección de Más Información del sitio web “*Viviendo el Tiempo Maya*”.

- La órbita de la Tierra, casi circular alrededor del Sol, provoca que veamos sombras diferentes en diferentes momentos del año:
 - Sombras en el exterior son más largas durante la mañana y la tarde y más cortas durante el medio del día
 - Cambios en el largo y la dirección de la sombra de un objeto indica cambios en la posición del Sol durante el día

Los estudiantes podrán:

- Observar, medir y marcar la posición de sus sombras incluyendo el largo, la dirección y el movimiento de sus sombras a medida que pasa el tiempo:
 - Observar que el largo de sus sombras es más corto aproximadamente al mediodía e inferir que es dado a que el Sol está en el punto más alto en el cielo (pero no directamente encima) aproximadamente en ese momento
 - Explicar como las sombras se pueden usar para saber la hora del día
 - Comprender el movimiento de rotación de la Tierra e identificar la causa del movimiento aparente del Sol en el cielo
 - Identificar los puntos cardinales a través del registro de sombras durante varias horas dentro del mediodía
 - Hacer conexiones entre el registro de sombras, la hora del día y la temporada del año
 - Entender las conexiones entre patrones de sombra, ciclos de temporada y el paso del tiempo
 - Identificar conexiones entre los movimientos del Sol, tiempo cíclico y calendarios

Nivel de grado

Grados 5^{to} a 8^{vo} (El proyecto en grupo se presta más para grados 7^{mo} y 8^{vo})

Normas Nacionales de Educación en Ciencia

- Observar, medir e identificar propiedades
- Buscar evidencia
- Reconocer patrones y ciclos
- Identificar causa y efecto y extender los sentidos
- Diseñar y conducir experimentos controlados

Ciencia Física

- Posición y movimiento de los objetos

Ciencia Terrestre y Espacial

- Objetos en el cielo
- Cambios en la Tierra y el cielo

Duración de la actividad

- 50 minutos (opción de 1 período)
- 1 día (opción de extensión)
- A través del año (opción de proyecto en grupo)

Prerrequisitos del estudiante

Los estudiantes deben:

- tener la habilidad de notar patrones de cambio
- tener el conocimiento básico de los puntos cardinales
- explorar el sitio web *Viviendo el Tiempo Maya* de antemano

Materiales

- tiza

Preparación del maestro

- Localizar un patio de recreo u otra superficie similar para que los estudiantes dibujen los contornos de las sombras con tiza
- Leer la sección abajo titulada **Notas para el maestro**
- Explorar el sitio web *Viviendo el Tiempo Maya* con anticipación

Procedimiento

En el salón de clases

Nota de seguridad: Por favor, haga hincapié que es peligroso mirar directamente al Sol con o sin ayuda visual, tales como lentes, binoculares, gafas de sol o a simple vista. ¡NUNCA miramos directamente al Sol! Puede causar daño irreparable en la retina del ojo.

1. Comience la conversación sobre sombras preguntando a los estudiantes qué saben sobre ellas. Por ejemplo,
 - La luz del Sol u otras fuentes crean sombras
 - Los objetos no proyectan sombras cuando está nublado
 - Si el Sol está brillando detrás de nosotros, veremos nuestras sombras en frente de nosotros
 - La longitud de las sombras varía a través del día y las sombras son más cortas al mediodía
 - Se pueden usar las sombras para saber la hora y encontrar los puntos cardinales (la mayoría de los estudiantes puede que no conozcan estos hechos)
2. Alternativamente, los estudiantes pueden trabajar en grupos pequeños y discutir lo que saben y que preguntas tienen sobre las sombras y los puntos cardinales, luego pueden compartir sus ideas con la clase.
3. Pídale a los estudiantes que trabajen en pareja y explique que la clase trabajará afuera durante un período de clase y dibujará con tiza el contorno de la sombra de un amigo. (De forma opcional repita la actividad varias veces durante un bloque de 2 ó 3 horas).
4. Pídale a un estudiante que sea voluntario para ayudar a demostrar como trazar la sombra.
5. Dígale a los estudiantes que la meta es dibujar la sombra del compañero y predecir la ubicación de la sombra, longitud, movimiento, etc. en función del tiempo.
6. Recuérdele a los estudiantes que NUNCA deben mirar directamente al Sol.

Afuera

1. Pídale a los estudiantes que trabajen en parejas y se desplieguen por el patio de recreo donde puedan dibujar los contornos de sus sombras.
2. Pídale a los estudiantes que asuman su posición para crear sombras.
3. Dirija a los estudiantes a comenzar a trazar haciendo el contorno de los zapatos o pies de su compañero; este paso es especialmente importante para regresar al mismo punto para dibujar el contorno más tarde.
4. Pídale al par de estudiantes de marquen cada sombra con sus nombres y anoten la hora en que trazaron las mismas.
5. Pídale a los estudiantes que noten las sombras de otros objetos en el patio y discutan similitudes o patrones que vean; por ejemplo, que todas las sombras apuntan a la misma dirección, opuesta a donde está el Sol; o que las sombras son más largas cuando el Sol está bajo en el cielo cerca del horizonte, etc.
6. Pídale a los estudiantes que predigan cómo sus siguientes dibujos de sus sombras pueden cambiar con el paso del tiempo.
7. Después que pasen 10 minutos, haga que las parejas regresen a los puntos donde trazaron originalmente, que se paren sobre los zapatos trazados y dibujen el contorno de la sombra y anoten la hora de nuevo.
8. Repita esto 3 ó 4 veces más dependiendo del tiempo que tenga disponible (1 período o un bloque de 2 ó 3 horas).

Discusión

1. Las siguientes preguntas pueden guiar una discusión de lo que observaron los estudiantes:
 - ¿Algo cambió en lo que trazaron? ¿Qué se ve diferente?
 - ¿Cómo se movió tu sombra? ¿Qué crees que hizo que las sombras se movieran? ¿Cómo lo puedes explicar?
 - ¿Se movió el Sol? ¿Nos movimos nosotros o la Tierra? (Explíquelo a los estudiantes que las sombras se mueven a causa del movimiento de la rotación de la Tierra.)
 - ¿Cómo se moverán las sombras durante un día entero? ¿Qué se puede predecir? ¿Por qué y cómo cambiarán las sombras?
2. Si la actividad se realizó en un período de 2 ó 3 horas, haga estas preguntas adicionales para continuar la discusión.
 - ¿Cuándo estuvo la sombra más corta? ¿Dónde estaba el Sol?
 - ¿Cómo se movió el Sol al paso de varias horas?
 - ¿De qué punto cardinal sale el Sol? ¿Se pone?
 - Si el Sol se mueve de este a oeste, ¿cómo está rotando la Tierra?
 - ¿Cómo podemos usar las sombras que trazamos para encontrar la dirección norte-sur? ¿Este-oeste?

Evaluación

Pídales a los estudiantes que escriban sobre sus observaciones, predicciones y resultados. Pídales que dibujen lo que observaron afuera en una hoja.

Notas para el maestro

¿Por qué cambió la sombra? Los astrónomos hablan sobre el movimiento aparente del Sol a través del cielo. ¿Por qué se usa la palabra “aparente” cuando el Sol realmente parece estar en movimiento? Desde la perspectiva sobre la superficie de la Tierra o geocéntrica, se observa que el Sol se está moviendo a través del cielo mientras nosotros en la Tierra sentimos que estamos estacionarios. Desde la perspectiva del espacio o heliocéntrica, si pudiéramos ir al espacio en una nave espacial y ver el sistema solar desde lo alto, podríamos ver que la Tierra y los otros planetas se mueven, o giran, alrededor del Sol en dirección contraria a las manecillas del reloj. También notaríamos que los mismos planetas, incluyendo la Tierra, rotan en sus propios ejes. Esta rotación crea el día y la noche. Durante el día, la luz del Sol crea sombras en los objetos en la superficie de la Tierra. Por lo tanto, las sombras cambiantes son causadas por el hecho de que la Tierra está rotando, o girando, en su eje de oeste a este diariamente, haciendo que el Sol parezca moverse a través del cielo en dirección opuesta, de este a oeste.

Las sombras siempre están opuestas a la dirección que observamos el Sol. Las sombras son más largas al amanecer y al atardecer, y se acortan a medida que se acerca el mediodía, acortándose más al mediodía solar. La sombra más corta puede que no se vea exactamente a las 12 en punto del mediodía de acuerdo a nuestros relojes, dado a convenciones compartidas por las regiones geográficas con la misma zona horaria y al horario de verano. El mediodía solar se define como el momento cuando el Sol está en lo más alto en el cielo y cruza el meridiano local, haciendo así la sombra más corta. El meridiano local es una línea imaginaria que conecta los polos norte y sur en la Tierra y pasa directamente encima. Mediodía local es el momento cuando las sombras están más cortas y, en ese momento, la sombra de una vara vertical apuntará en la dirección norte-sur.

Al encontrar la sombra más corta de sus dibujos, los estudiantes podrán encontrar la dirección norte-sur, la cual es la dirección trazada por una línea que corre por el medio del contorno de la sombra más corta del estudiante, desde el medio de la cabeza al punto entre los pies. Ellos pueden encontrar la dirección este-oeste en cualquiera de las siguientes formas. Una forma es dibujar una línea en un ángulo de 90 grados desde la dirección norte-sur. La dirección este-oeste se puede encontrar también dibujando una línea que una los puntos superiores de cualquiera de dos sombras que sean igual de largas (estas se localizarán simétricamente a ambos lados de la sombra más corta).

Proyecto en grupo

Resumen

Este proyecto en grupo puede involucrar a los estudiantes a observar el Sol a través del cambio de las estaciones usando una vara vertical, la cual los astrónomos llaman un gnomon o estilo. Los estudiantes dibujarán cómo la sombra del gnomon cambia en función del tiempo durante la duración de un día, cuatro veces al año (durante los **equinoccios** y los **solsticios**). Este método de observación y registro imitará las técnicas de observación que usaban los mayas y otras culturas mesoamericanas para registrar el paso del tiempo. Los **tubos cenitales** y **estelas** verticales se usaron en algunos antiguos yacimientos mesoamericanos, incluyendo Monte Albán en Oaxaca, Xochicalco y Yaxchilán para medir el **paso cenital del Sol** en las latitudes tropicales del mundo maya. Los estudiantes también aprenderán que el punto más alto del Sol en el cielo en las latitudes fuera de los trópicos nunca alcanza el cenit.

Conexiones al sitio web *Viviendo el Tiempo Maya*

Esta actividad provee un ejemplo de cómo los antiguos astrónomos mayas habrían observado patrones de sombras y los movimientos del Sol para marcar tiempos claves del año, tales como el paso cenital, los equinoccios y los solsticios. Las observaciones del paso cenital les permitieron a los mayas medir con exactitud la duración del **año solar**.

Los estudiantes deben ver con anticipación los siguientes recursos del sitio web *Viviendo el Tiempo Maya*:

- La sección completa de *Sol Maya*
- El vídeo *El Sol Arriba, el Sol Abajo* en la sección *El maíz y el Tiempo Maya*

Materiales

- Marcadores, cordón, varas
- Palo de escoba y herramientas para cavar un hoyo en la tierra y martillar el palo
- Plomada (una pesa atada a un cordón)
- Cámara (foto o video)

Preparación del maestro

- Seleccione un lugar permanente para colocar el palo de escoba, o utilice un área alrededor del asta de la bandera para marcar o dibujar las sombras. Lea la sección de **Notas para el maestro** abajo.
- Comience el proyecto en el equinoccio de septiembre; 21 o 22 de septiembre (busque en Google la fecha del equinoccio en un año en particular).

Procedimiento

En el salón de clases

Nota de seguridad: Por favor, haga hincapié que es peligroso mirar directamente al Sol con o sin ayuda visual, tales como lentes, binoculares, gafas de sol o a simple vista. ¡NUNCA miramos directamente al Sol! Puede causar daño irreparable en la retina del ojo.

1. Pídale a los estudiantes que trabajen en grupos pequeños para compartir cualquier idea que tengan sobre cómo las sombras cambian a través del año.
2. Facilite una conversación sobre los **solsticios** y los **equinoccios** y lo que significan (las definiciones están en el Glosario en la Sección de “Más Información” en el sitio web).
3. Pregúntele a los estudiantes lo que saben sobre cómo el punto donde aparece o se pone el Sol durante el amanecer y el atardecer cambian a lo largo del horizonte a través del año.
4. Pídale a los estudiantes que hagan predicciones sobre cómo la sombra de una vara vertical puede lucir en el principio del verano, comparada al comienzo del invierno, o al principio de primavera u otoño. Pídales que dibujen sus predicciones y manténgalos en un cuaderno de grupo o individual.
5. Pídale a los estudiantes que compartan sus ideas de cómo pueden realizar un experimento afuera para registrar las sombras de una vara vertical a través del año. Por ejemplo, dónde lo harían, qué limitaciones necesitarían considerar para explicar días nublados o lluviosos, viento, etc.
6. Sugiera el uso de tecnología (cámara fotográfica, cámara de vídeo, etc., además de varas, cordón, tiza y otros marcadores).

Afuera

1. Pida a los estudiantes de coloquen de forma segura una vara o asta, o encuentre un poste que puedan usar para el experimento.
2. Use una plomada (amarre un cordón a una pesa), verifique que la vara está en posición vertical. (La plomada debe colgar pegada contra la vara, vista de arriba hacia abajo).
3. Establezca los puntos cardinales marcando la sombra de lo vertical (vea las instrucciones de la lección principal arriba). Pídale a los estudiantes que marquen los puntos cardinales en el suelo.
4. Los estudiantes necesitarán poner atención al experimento y tomar fotos o hacer dibujos de lo que observan, por ejemplo, la posición de la sombra y medir el largo de la misma varias veces durante un día dado, cuatro veces en un año durante equinoccios y solsticios, dibujando o registrando la sombra así como la fecha y la hora.
5. Asegúrese de que los estudiantes noten la posición del Sol en el cielo al mediodía durante diferentes momentos del año (más alto en verano, más bajo en invierno).
6. Repita las observaciones y registros durante los comienzos de las cuatro estaciones del año (septiembre, marzo, diciembre, y junio). Note los patrones de sombras durante el invierno, la primavera, el verano y el otoño. Dependiendo del ciclo escolar, algunos estudiantes no podrán trazar durante el solsticio de verano en junio en el hemisferio norte, pero pueden hacer predicciones o continuar el experimento en casa.

Discusión

1. Pídale a los estudiantes que comparen sus predicciones y registren las observaciones de cómo la sombra de la vara vertical cambió al pasar el tiempo.
2. Las siguientes preguntas pueden guiar una discusión sobre lo que los estudiantes observaron:
 - ¿Cambió algo de temporada a temporada? ¿Qué luce diferente?
 - ¿Cómo puedes encontrar tu rumbo si estás perdido en el desierto, en el bosque o en la ciudad?
 - ¿Cómo puedes usar patrones de sombra para predecir en qué temporada estamos?
 - ¿Cómo los antiguos mayas usaban las observaciones de las sombras para saber el tiempo del año? ¿Para desarrollar su calendario o planificar sus ciclos agrícolas o ceremoniales?
 - ¿Qué es el paso cenital del Sol?
 - ¿Por qué el paso cenital solo toma lugar dentro de las latitudes tropicales (23,5 grados N a 23,5 grados S)?

Notas para el maestro

Esquemas de las sombras del gnomon para los equinoccios, solsticio de verano y solsticio de invierno se muestran en la Figura 1 al final de este plan de enseñanza.

Los mayas usaban sus observaciones del paso cenital del Sol, cuando el Sol está directamente encima dos veces al año en los trópicos, para calcular con exactitud la duración del año tropical o solar definido como un ciclo completo de las temporadas (aprox. 365,242 días). Durante el paso cenital, la sombra de objetos verticales desaparece. El paso cenital solo ocurre en los trópicos, dentro de las latitudes 23,5 grados N y 23,5 grados S.

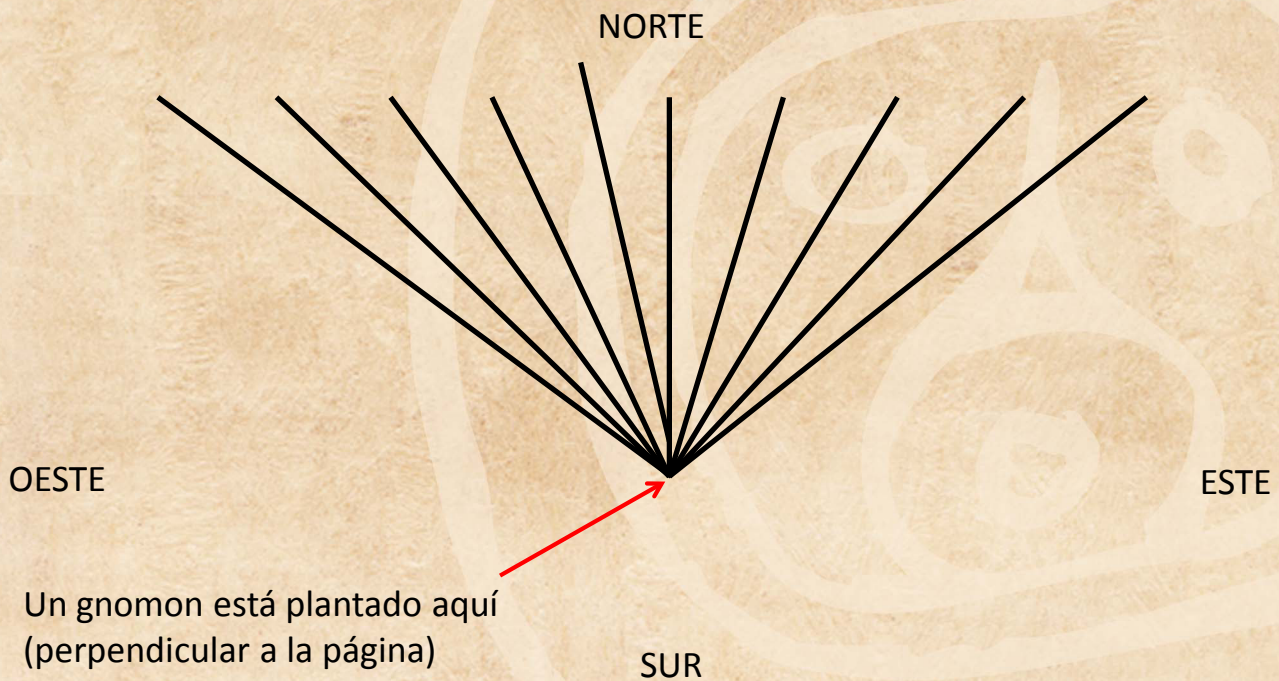
La posición más alta del Sol en el cielo, cuando cruza el meridiano local, depende de la latitud. Por ejemplo, en el hemisferio norte, a latitudes mayores de 23,5 grados N, el punto más alto del Sol en el cielo, cuando

cruza el meridiano, siempre está hacia el sur del observador. En el hemisferio sur, a latitudes mayores de 23,5 S, el punto más alto del Sol en el cielo siempre está hacia el norte del observador. Dentro de los trópicos, entre las latitudes 23,5 grados N y 23,5 grados S, el Sol cruza el cénit, o punto directamente encima, dos veces al año, el mismo número de días antes y después del solsticio de verano en el hemisferio correspondiente. Las fechas exactas del paso cenital para una cierta ubicación dependen de la latitud. En el ecuador, el paso cenital ocurre en las fechas de los dos equinoccios. En las latitudes del Trópico de Cáncer y el Trópico de Capricornio, el paso cenital ocurre solo una vez, en el solsticio de verano ya sea el 21 de junio en el hemisferio norte o el 21 de diciembre en el hemisferio sur. El paso cenital no se puede observar en latitudes al norte del Trópico de Cáncer o al sur del Trópico de Capricornio.

Evaluación

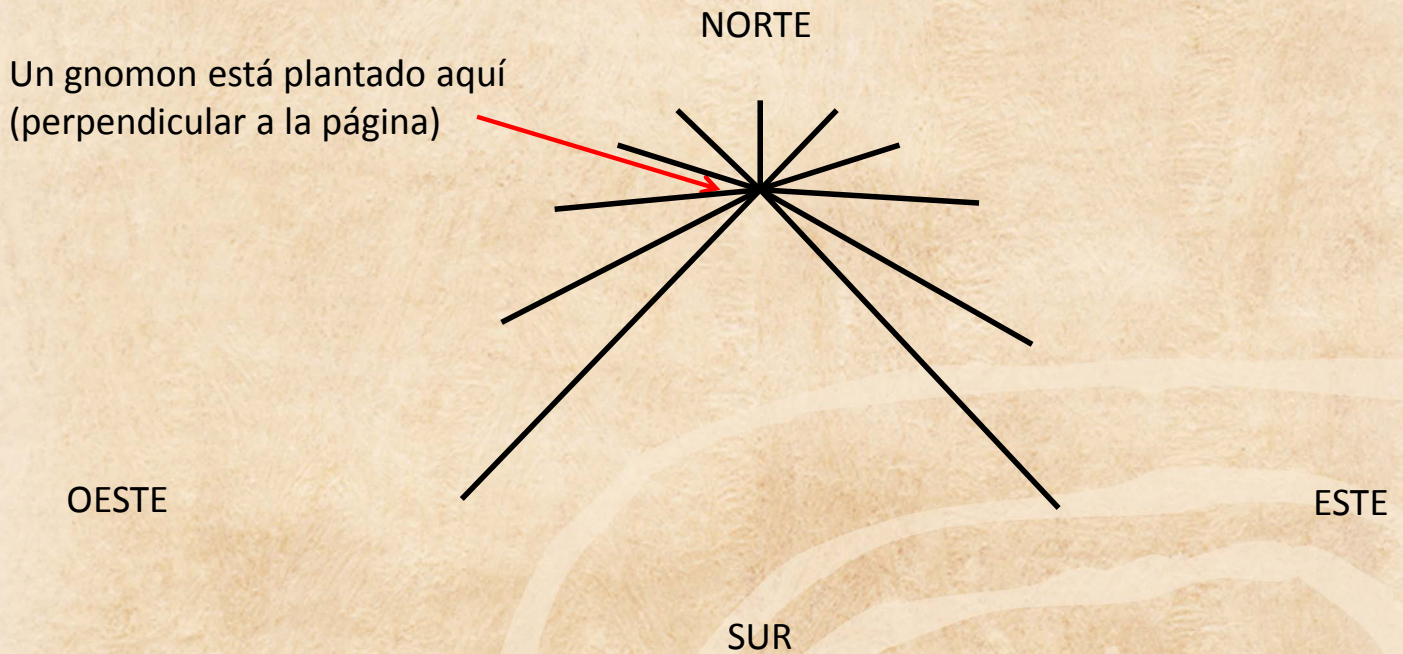
Los cuadernos y discusiones de los estudiantes pueden servir como una evaluación de su progreso. Los equipos de estudiantes pueden crear un afiche o presentación oral con sus dibujos y explicar sus hallazgos.

FIGURA 1a: Las sombras de un gnomon durante el equinoccio como se ven en latitudes septentrionales de más de 23,5 grados N



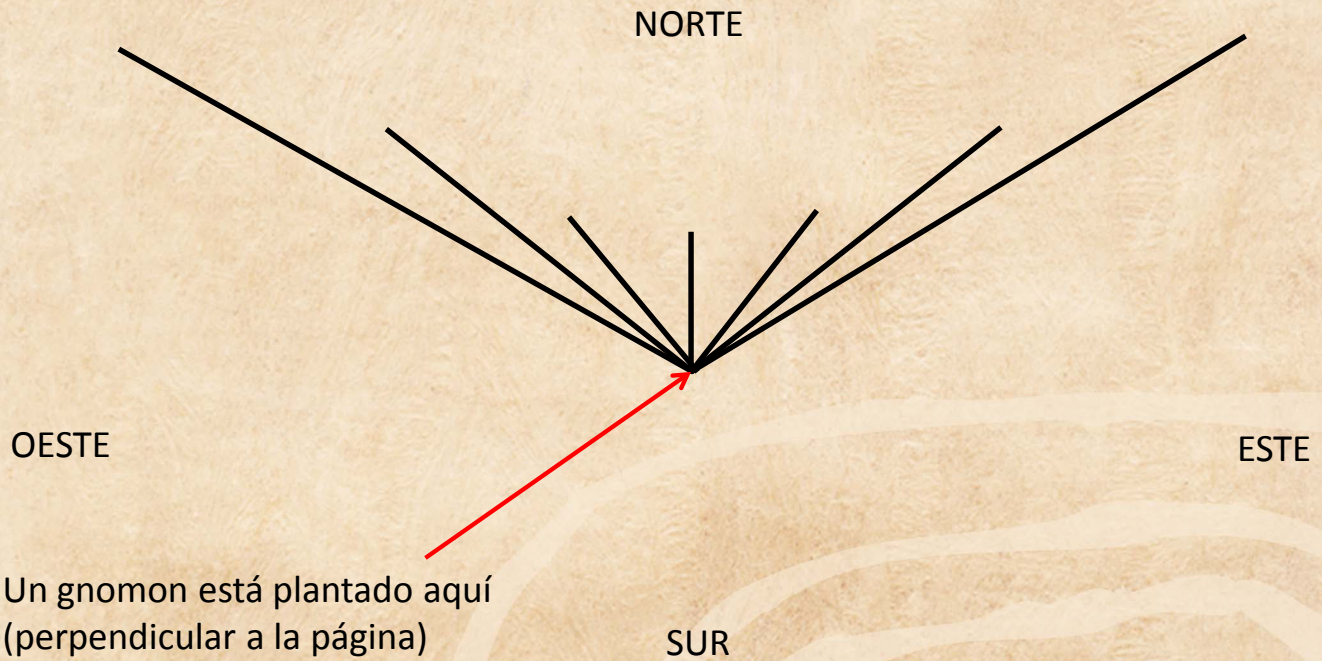
EQUINOCIOS: Durante los equinoccios en marzo y septiembre, el Sol sale directamente por el este y se pone directamente por el oeste en cualquier parte de la Tierra. A través del globo terráqueo, el día y la noche tienen la misma duración, 12 horas de día y 12 horas de noche. Durante el equinoccio, las sombras del gnomon hacen este patrón en el curso de varias horas en las latitudes septentrionales al norte del Trópico de Cáncer. El movimiento aparente del Sol durante el día traza un arco, comenzando exactamente al este en el horizonte oriental, continuando hacia el sur, y poniéndose exactamente al oeste en el horizonte occidental. Cuando se juntan, las puntas de las sombras del gnomon forman una línea recta que apunta de este a oeste. La sombra más corta apunta de norte a sur.

FIGURA 1b: Las sombras de un gnomon durante el solsticio de verano como se ven en latitudes septentrionales de más de 23,5 grados N



SOLSTICIO DE VERANO: El 21 de junio, durante el solsticio de verano en el hemisferio norte, el Sol sale al norte del este y se pone al norte del oeste. Durante el solsticio de verano tenemos el día más largo y la noche más corta del año. Las sombras del gnomon hacen este patrón en el curso de varias horas en las latitudes septentrionales al norte del Trópico de Cáncer. El movimiento aparente del Sol en el cielo traza un arco, comenzando al norte del este en el horizonte oriental, continuando hacia el sur, y poniéndose al norte del oeste en el horizonte occidental. Se puede trazar una curva cuando se unen las puntas de las sombras del gnomon. La sombra más corta apunta de norte a sur. Una línea que une a las puntas de cualquier dos sombras de igual longitud apuntan de este a oeste.

FIGURA 1c: Las sombras de un gnomon durante el solsticio de invierno como se ven en latitudes septentrionales de más de 23,5 grados N



SOLSTICIO DE INVIERNO: El 21 de diciembre, durante el solsticio de invierno en el hemisferio norte, el Sol sale al sur del este en el horizonte oriental y se pone al sur del oeste en el hemisferio occidental. Durante el solsticio de invierno, tenemos el día más corto y la noche más larga del año. Las sombras del gnomon hacen este patrón en el curso de varias horas en las latitudes septentrionales al norte del Trópico de Cáncer. El movimiento aparente del Sol en el cielo traza un arco, comenzando al sur del este en el horizonte oriental, continuando hacia el sur, y poniéndose al sur del oeste en el horizonte occidental. Se puede trazar una curva cuando se unen las puntas de las sombras del gnomon. La sombra más corta apunta de norte a sur. Una línea que una a las puntas de cualquier dos sombras de igual longitud apuntan de este a oeste.