

El proyecto Eratóstenes. Notas para docentes.

En la discusión de las Figuras 1 y 2 de la Guía de Estudiantes, en las que se muestran dos pozos ubicados en dos lugares distintos, estamos suponiendo lo siguiente:

- Los rayos del sol son paralelos entre sí (para más detalles, ver la sección siguiente)
- Las paredes del pozo son verticales.

Eratóstenes hizo las siguientes suposiciones para medir el perímetro de la Tierra:

- *La Tierra es una esfera.* En realidad, no es una esfera perfecta, sino que es más ancha en el Ecuador por alrededor del 3%, pero podemos despreciar esta pequeña diferencia en el radio medido en el Ecuador comparado con el valor que se puede obtener en otros lugares.
- *El Sol está muy lejos.* Es por eso que los rayos solares que llegan a la Tierra son prácticamente paralelos entre sí. Es verdad que el Sol está muy lejos, pero no es un punto: su diámetro es la centésima parte de la distancia entre el Sol y la Tierra. Como se muestra en la Figura 8, hay una zona de penumbra donde termina la sombra de cualquier objeto, es decir, una zona que está parcialmente iluminada por el Sol. Si la varilla con la que se hará la medición tiene 50cm de largo, la región de la penumbra será de largo mayor que 0,5cm, lo que limita la precisión con la que se puede medir la longitud de la sombra. El tamaño de la penumbra aumenta con el tamaño de la varilla, por lo tanto, usar un palo más largo no ayuda a lograr una medición de mayor precisión.

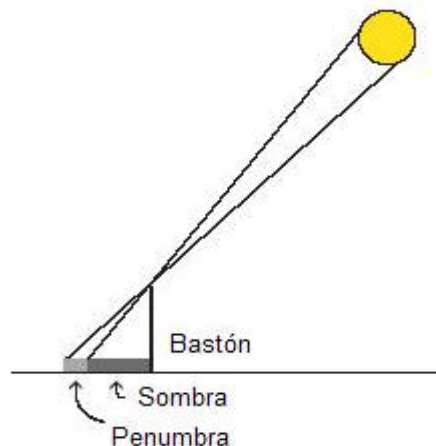


Figura 8:

Notar la penumbra—la región parcialmente nublada—donde termina la sombra del bastón (el dibujo no está hecho a escala).

- *Aleandría está exactamente al norte de Siena*: Esta es sólo una aproximación. Busquen un atlas y comparen la ubicación de Alejandría y la de Aswan (construida donde antes estaba Siena).

El docente podría comentar con los alumnos las hipótesis de Eratóstenes teniendo en cuenta que hizo su medición hace más de dos mil años.

Notas sobre el cálculo del radio de la Tierra.

El docente puede pedir a los alumnos que discutan acerca de la distancia que debe separar a las dos escuelas que vayan a colaborar en la medición. ¿Es mejor que d sea grande o pequeña? (grande) ¿Por qué? (cuanto más grande d , mayor será el valor del ángulo $q_B - q_A$ y por lo tanto, menor será el porcentaje de error de la medición). Una vez que la escuela obtiene la información de con qué otra escuela colaborará en la medición, el docente podrá mirar un mapa con los estudiantes y pedirles que calculen la distancia que separa ambas escuelas, midiendo en el mapa (y usando la escala del mapa). Podrá preguntarles también cuán bien alineadas en la dirección norte-sur están.

Es importante notar que la longitud de la sombra no cambia a lo largo del tiempo cerca del mediodía. Por esta razón, si uno no mide la sombra exactamente en el momento del mediodía el error que se puede cometer es pequeño. Es conveniente sugerir a los estudiantes que practiquen medir para identificar el mediodía unos días antes de hacer el experimento.

Es conveniente que el docente trate de medir la sombra por su cuenta, controlando que, efectivamente, la varilla esté lo más vertical posible. Es necesario asegurarse de que la varilla no sea tan alta que su sombra termine fuera de los límites de la base. La longitud de la varilla que es necesario medir es la que va desde el extremo superior de la misma hasta la superficie donde se ve la sombra.

Referencias

WYP Eratosthenes Project (Proyecto Eratóstenes del año mundial de la física).

<http://www.physics2005.org/events/eratosthenes/>

Center for Improved Engineering and Science Education (Centro para el mejoramiento de la educación en ingeniería y ciencia)

<http://www.k12science.org/noonday/askanexpert.html>

NASA

http://heasarc.gsfc.nasa.gov/docs/cosmic/earth_info.html

University of California, Berkeley (Universidad de California en Berkeley)

<http://astron.berkeley.edu/~krumholz/sq/astro/class1.txt>

U.S. Naval Observatory (Observatorio Naval de los Estados Unidos)

Hora del mediodía local:

http://aa.usno.navy.mil/data/docs/RS_OneDay.html

GUIA PARA EL DOCENTE. ACTIVIDADES ADICIONALES.

Sugerimos acá tres actividades adicionales:

- Estudiar cómo cambian las sombras durante el día
- Estudiar cómo cambian las sombras en distintos puntos de la Tierra
- Entender mejor qué es la latitud

Cómo cambian las sombras durante el día.

Si le parece que los estudiantes no han pensado previamente demasiado sobre el tema de las sombras, esta actividad preliminar puede ser beneficiosa. Se divide a los estudiantes en pequeños grupos y se le da a cada uno un palito de uno 5cm, una hoja de papel tamaño oficio y algo de cinta adhesiva. Se les dice luego que peguen el palito en el centro de la hoja de modo que quede perfectamente vertical y que marquen en la hoja la dirección donde está el norte como se muestra en la Figura 7. Si cuentan con una brújula, entonces les puede pedir que orienten la



hoja como se ve en la Figura.

Figura 7:

Five-centimeter straw mounted vertically on a piece of paper.

Students predict and then measure the shadow of this straw at different times.

Se les pide entonces que imaginen que la hoja está sobre el piso bajo la luz del sol y que predigan la ubicación y el largo de la sombra en distintos momentos del día. Discuta con ellos sus predicciones para entender cómo razonaron. Luego pídeles que hagan el experimento y comparen las predicciones con los resultados.

Cómo cambian las sombras en distintos puntos de la Tierra.

Materials for each group: five 4-cm straw pieces, tape, and a piece of 8 ½" x 11" paper.

Explain to students that they will make a model of shadows at different points on Earth. Have them draw a straight line across a piece of 8 ½" x 11" paper and tape the five straw pieces, equally spaced, along this line, so the straws stand straight up. Ask how the paper and straws could be a model of sticks placed at different locations on Earth (curve the paper, with the straws on the convex side). *Explain that to avoid damaging their eyes, they should never look directly at the sun.* In sunlight, ask students how the paper and straws can model the Eratosthenes experiment. (Facing the sun, hold the paper at the ends of the long sides and curve it so the straws point out. Turn the paper to make the shadow of one straw disappear. Make this straw point directly at the sun. The straw without a shadow models the well at Syene.) Have students describe what happens to the shadows of the other straws and relate the shadow of each one to its position. Ask students to relate these shadows to the shadows Eratosthenes used to measure Earth's circumference. See Figure 8.

¿Qué es la latitud?

Once experimentation is complete and the results reported, you can have students relate the measurements they have made to the definition of latitude.

a. Ask them to define latitude (the length of arc, or angle from the center of Earth, measured north or south from the equator).

b. Referring them to Figure 3, ask them to assume that point S is on the equator. Ask on what day the sun would be directly overhead at noon at S. (In 2005, March 20, the vernal equinox, and September 22, the autumnal equinox; at the equinoxes; day and night have equal length, and the axis of Earth's spin is perpendicular to the line from Earth to the sun.)

c. If your students made their shadow measurement on the vernal or autumnal equinox, the resulting angle would be equal to the latitude, as shown in Figure 3 (remember point S is on the equator). If possible, have them try to do this by measuring the shadow of a stick on or near March 20 or September 22.

d. In the Eratosthenes experiment, the angle ($B - A$) is the same as the difference in latitude of the two schools, so students could determine this difference immediately by subtracting the two latitudes of the collaborating schools. Of course, we want students to make measurements and compare, rather than look up the answer in an atlas. If students point this out, you can remind them that they are reenacting an historical experiment.



Figure 8:

Model of shadows of sticks at noon, at different latitudes and the same longitude.