



PRESENTACIÓN GENERAL

Una de los proyectos aceptados por la Comisión del Año Internacional en España, dirigido a los centros escolares, lleva el título Medida del Radio de la Tierra. Debería ser la celebración de un día de fiesta de ciencia, con múltiples actividades científicas alrededor de un instrumento de la máxima sencillez: un palo, que un grupo de alumnos y profesores han plantado en un rincón del patio y que hace sombra.

El proyecto está abierto a la participación de todos los niveles de la escolaridad.

Los más pequeños deberán observar en un par o tres de ocasiones espaciadas a lo largo del día la posición de la sombra, tal vez dibujarla. Sería suficiente objetivo la verbalización correcta del cambio de lugar del Sol a lo largo del día. Sus maestros sabrán completarlo con algunas actividades más lúdicas, adaptadas a su nivel, para que también ellos puedan participar de la fiesta.

Alumnos un poco mayores observarán y marcarán la trayectoria del extremo de la sombra del gnomon, con la guía de algún profesor o alumno mayor, en un lienzo de papel de embalaje extendido para esta finalidad sobre el suelo.

Una vez hechas las marcas en el lienzo de papel hay trabajo para todos:

- Tomar medidas, tarea que pueden realizar, por duplicado, distintos grupos de alumnos
- Trazar y medir arcos y mediatrices, que permitirán trazar la dirección Norte-Sur
- Hacer gráficas, para la determinación del instante del mínimo de la longitud de la sombra
- Calcular interpolaciones para refinar los cálculos
- Los alumnos mayores pueden incluso ajustar la longitud de la sombra a una función de segundo grado (no lo es, pero en un intervalo pequeño alrededor del mínimo es válida la aproximación) y derivar e igualar a cero para calcular analíticamente el instante de paso de la sombra por el mínimo de longitud y el valor de la sombra en este instante.

El resultado de las tareas anteriores, realizadas por todos los participantes el próximo 26 de marzo, servirá para el cálculo del radio de la Tierra, en una adaptación del método de Eratóstenes.

Se recogerán las medidas de todos los participantes (unos centenares) y en un cálculo de ajuste estadístico se obtendrá un único valor de la circunferencia y del radio de la Tierra. El cálculo conjunto ha de permitir por un lado obtener una mejor precisión en el resultado final y por otro lado despertar el sentimiento de participación en una experiencia colectiva, adhesión a una celebración científica importante a nivel mundial.



En una ficha de actividad, Cómo explicar la medida de Eratóstenes, se describe el razonamiento y la forma cómo obtuvo la circunferencia de la Tierra el sabio griego.

La comprensión del método propuesto por Eratóstenes, la repetición de la medida y los cálculos a partir de los datos de dos observadores situados aproximadamente en el mismo meridiano, constituyen un buen ejercicio para los alumnos de secundaria. Debe señalarse, sin embargo, que al trabajar con instrumentos muy simples, y por tanto con errores no despreciables, sólo se puede esperar la obtención de resultados significativos si la distancia entre estos observadores, en dirección Norte-Sur, es de unos centenares de kilómetros. Por parte de los coordinadores del proyecto, se crearán pequeños grupos con los centros de secundaria que deseen realizar esta experiencia de forma aislada con otros centros. Estos grupos incluirán algún centro del Norte, alguno del centro y alguno del Sur, de forma que entre ellos puedan ponerse en contacto, intercambiar datos y dar sus propios resultados (una por cada par de observadores del grupo). Estas medidas se publicarán a lado del resultado conjunto del día 26 de marzo.

Al tiempo que se desarrolla la parte colectiva de la experiencia hay otras actividades que tienen relación con distintos temas del currículum escolar y que pueden ser llevados a cabo con el mismo sencillo instrumental, y, en parte, con los mismos datos que con él se obtienen.

- Plantear y resolver algunos problemas de Trigonometría (cálculos de la altura del sol)
- Calcular, por semejanza de triángulos la altura de algunos elementos del entorno (un árbol, una farola, un edificio) como ejercicio de Geometría y como práctica de la habilidad de toma de medidas (Tecnología)
- Calcular la longitud y la latitud geográficas, con posible implicación de los profesores de Ciencias Sociales
- Suministrar elementos para el repaso, en los niveles escolares que corresponda, a los temas hora solar local, husos horarios, hora oficial.

El cálculo del radio de la Tierra es solamente la culminación de la actividad, su parte más visible.

Tan importante como una precisión razonable en el resultado final (limitada por usar un instrumental muy simple) serán las habilidades de experimentar y de reflexionar como científicos que los profesores sabrán reforzar en los alumnos en el desarrollo de las distintas actividades.

En www.astronomia2009.es se encuentran fichas detalladas de las distintas actividades.

Cómo proceder. Generalidades

El cálculo de Eratóstenes se basa en la proporción de dos medidas de dos observadores, una angular (diferencia de altura del Sol en el momento del tránsito por el meridiano) y otra lineal (que puede ser la distancia entre los



observadores o la distancia de cada uno de ellos a una referencia común, por ejemplo el Ecuador). Esta medida se ha de expresar en unidades de longitud (Eratóstenes midió en estadios, en la experiencia se hará en kilómetros).

El instrumento básico a utilizar para la medida de ángulos es el gnomon, un palo o estilo vertical que proyecta la sombra sobre una superficie horizontal.

En vez de medir directamente la longitud de la sombra se ha preferido proponer el registro de la evolución de la sombra marcando sobre un trozo de papel grueso (papel de embalaje) extendido sobre el suelo el extremo de la sombra y anotando al lado de cada marca la hora en que se realizó.

Este lienzo de papel deberá tener las dimensiones adecuadas para que quepan en él el propio gnomon y la trayectoria del extremo de la sombra. Antes de dar por finalizada la experiencia deberá marcarse la posición del gnomon. Esta forma de proceder tiene la ventaja de conservar un registro que puede ser objeto de medida y cálculo por parte de distintos grupos de personas.

Para poder registrar la posición del gnomon es preferible que este sea de quita y pon. Un elemento del menaje de hogar que puede ser usado (y es sumamente barato) es un recogedor de barreduras.

Para el registro de las sombras puede usarse un trozo de papel Kraft, que se vende en papelerías por rollos. El de 1 m de anchura es suficiente. Si se previesen unas sombras muy largas (en invierno) podría ser conveniente o bien acortar el palo del recogedor o duplicar la anchura del papel de registro juntando dos tiras de papel con cinta adhesiva o proveerse de un rollo de mayor anchura.

Con este registro se determina el ángulo altura del Sol sobre el horizonte en el momento de su paso por el meridiano del lugar de observación. Puede hacerse por Trigonometría. También puede hacerse simplemente dibujando un triángulo rectángulo cuyos catetos sean iguales o proporcionales a la altura del gnomon y a la longitud de la sombra y midiendo el ángulo con un semicírculo graduado. O finalmente, las escuelas de alumnos más pequeños pueden simplemente comunicar estas dos medidas, altura del gnomon y longitud de la sombra.

La segunda medida a comunicar es una distancia lineal. Se propone obtenerla con regla milimetrada sobre un mapa, seguida de los cálculos adecuados de escala. Se ha preferido este método al también posible a partir de la latitud del lugar de observación. Posiblemente se hace más evidente el carácter de medida lineal. La tradición dice que Eratóstenes estimó esta medida enviando a un esclavo a recorrer el camino en línea recta de Alejandría a Assuán contando los pasos. Para la experiencia del 26 de marzo se pide a los centros que comuniquen su distancia en kilómetros al paralelo 40°N, tomando distancias positivas hacia el Norte y negativas hacia el Sur.



El método científico

Tal vez alguien preguntará por el valor científico de una experiencia en que se obtiene solamente un valor aproximado (por simplicidad del material usado) de un valor que debería ser bien conocido por todos los escolares.

La respuesta es clara. El conocimiento científico que ha ido atesorando la humanidad a lo largo de los siglos está formado por conceptos, relaciones, leyes, valores de ciertas constantes que conjuntamente conforman el estado actual de cada ciencia, entre ellas, la Astronomía. El proceso hasta este punto no ha sido rectilíneo y continuo; ha habido avances y retrocesos y ensayos sucesivos; se han descartado explicaciones o teorías que no encajaban correctamente; se han refinado los cálculos.

Cada generación recibe este legado y debe transmitirlo a la generación siguiente mejorado y ampliado.

No es posible que cada generación repita todos los experimentos y cálculos que han conducido al corpus científico actual, pero sí debe aprender la forma como este corpus se ha constituido y se va completando, el conjunto de habilidades experimentales e intelectuales conocido como el Método Científico.

El día 26 de marzo pediremos a nuestros alumnos que, con un instrumento sumamente simple, midan, tabulen, calculen, obtengan resultados, contrasten estos resultados con la bibliografía y con los de otros observadores. No es pecar de presuntuoso decir que les pediremos que hagan ciencia

Pere Closas, Aster, Agrupació Astronòmica de Barcelona