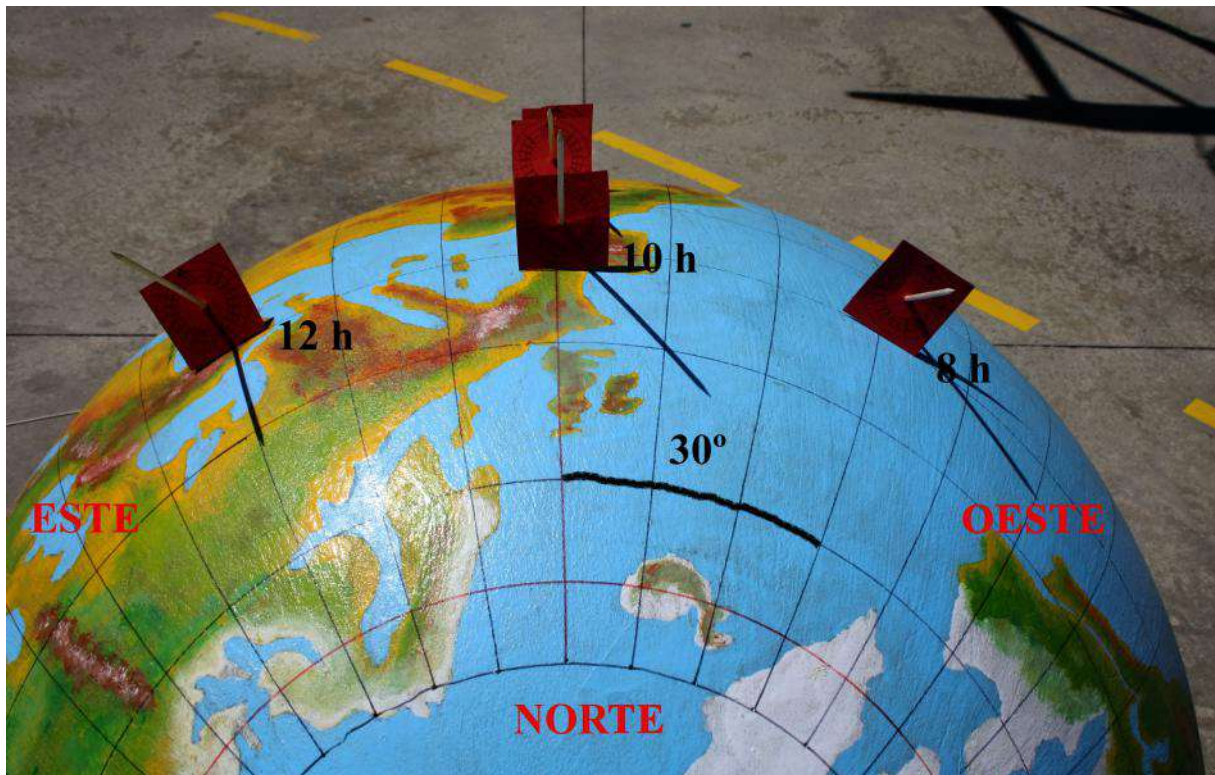


USANDO LA TIERRA PARALELA

Anicet Cosials Manonelles, Institut Guindàvols, Lleida, anicetc@gmail.com



Sabemos que la Tierra Paralela sirve para observar la evolución de la sombra sobre la Tierra a lo largo del día y en diferentes épocas del año, y conocer así en tiempo real, en qué zonas del planeta es de día y de noche. En este artículo vamos a ver cómo hacer actividades con ella, por ejemplo observar las sombras en los solsticios y en los equinoccios, determinar experimentalmente el tiempo solar local en diferentes longitudes o determinar el mediodía solar en diferentes puntos de la Tierra con la ayuda de un gnomon.

La Tierra Paralela^{1,2} (Imágenes 1 y 2) es una maqueta que sirve para observar la incidencia de la luz del Sol en cualquier lugar de la Tierra.

Se debe situar nuestra posición en la parte superior de la esfera de modo que quede paralela al suelo que pisamos, y luego sin perder esa

posición debe girarse de manera que el eje del modelo quede en dirección de nuestra meridiana, con su polo norte hacia el norte. De esta manera, el eje quedaría con una inclinación igual a la latitud del lugar donde se hace la observación, en nuestro caso en el Instituto Guindàvols de Lleida (41'5° N).

¹ Rosa M. Ros, "Tierra paralela". <http://sac.csic.es/unawe/cuentos/tierra.pdf> (consultado el 30 de mayo de 2014);

² Esteban, Esteban (2014): "El globo terráqueo, una bola casi mágica", *Publicaciones ApEA nº 28*, disponible en [este enlace](#).



Imagen 1. Maqueta de la Tierra paralela. Los ejes de rotación de las dos tierras son paralelos. Nosotros (Lleida) estamos a la parte más alta de la esfera.

Diremos que nuestro modelo está puesto en estación. Entonces la maqueta se mueve igual que la Tierra y ambas (Tierra y maqueta) las ilumina el Sol por igual. Se pueden hacer observaciones en diferentes horas del día, en



Imagen 2. Explicando el equinoccio de otoño en 2014 con alumnos de 1º de ESO del Institut Guindàvols.

diferentes épocas del año, hacer girar el modelo y ver la evolución de las sombras a lo largo del día, conocer en qué zonas del planeta es de día y en cuáles de noche, en qué lugares sale el Sol y en qué lugares se pone, observar las sombras en los solsticios y equinoccios, comprobar el diferente calentamiento en la maqueta de distintas zonas según la incidencia de los rayos solares en diferentes latitudes, etc.

Hemos puesto nuestro modelo de Tierra paralela en estación (Imagen 3) y hemos observado lo siguiente:

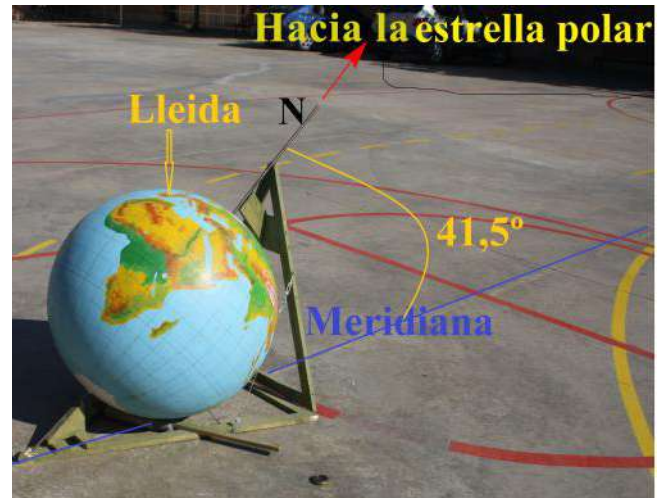


Imagen 3. Modelo de "Tierra paralela" puesta en estación.

OBSERVACIÓN 1: EL DÍA Y LA NOCHE

En la Imagen 4, la línea que separa la zona iluminada de la oscura del modelo (terminador) nos indica los lugares del planeta donde está amaneciendo en tiempo real. La foto es del 8 de julio de 2014.

La parte iluminada se corresponde con la zona del planeta donde es de día, y la parte oscura se corresponde con la noche. En una zona del terminador se hace de noche, y en la opuesta amanece. Si observemos cómo evoluciona la sombra a lo largo del día veremos que avanza de Este a Oeste. Esto es debido al hecho de que la Tierra gira al revés. Cada hora, la línea que separa la noche del día recorre 15° . En un día, 24 horas, la Tierra da una vuelta girando 360° .

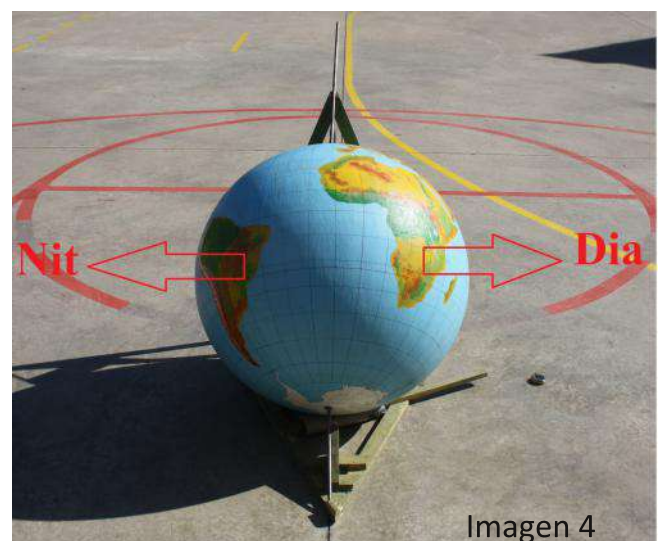


Imagen 4



Imagen 5. Se hace de noche en el Este. (CRP del Segrià, Lleida, 19 de septiembre de 2014). La fecha es muy próxima al día del equinoccio, por lo cual, la línea de separación entre el día y la noche coincide con un meridiano.

Otra cosa que vemos es que cuando es verano en Lleida (hemisferio norte) el Sol ilumina todo el día la región polar ártica (allí siempre es de día), y no ilumina la región polar antártica (en ese lugar siempre es de noche).

OBSERVACIÓN 2: EVOLUCIÓN DE LA SOMBRA DE UN GNOMÓN EN EL HEMISFERIO NORTE

Si ponemos los gnomones en un mismo meridiano observamos:

1. Que las direcciones de las sombras a lo largo del meridiano van cambiando poco a poco con la latitud. (Imagen 6). Por este motivo los relojes de sol se deben diseñar para cada lugar.

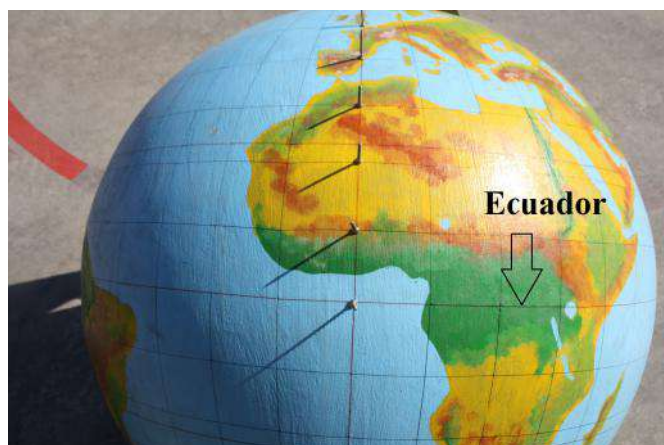


Imagen 6: Sombra de los gnomones colocados en un mismo meridiano antes del mediodía solar. Las sombras por la mañana apuntan al Oeste



Imagen 7: Sombra de los gnomones colocados en un mismo meridiano después del mediodía solar, el 8 de julio de 2014. Las sombras por la tarde apuntan hacia el Este

2. Que las sombras por la mañana apuntan al Oeste (Imagen 6), por la tarde hacia el Este (Imagen 7), y al mediodía siguen la dirección del meridiano local (Imágenes 8 y 9).



Imagen 8: Sombras en un meridiano al mediodía solar en una fecha muy próxima al equinoccio de otoño (CRP Segrià, 19 de septiembre de 2014). Las sombras siguen la dirección del meridiano local: en el hemisferio norte se dirigen hacia el Norte, y en el hemisferio sur hacia el Sur. En el Ecuador, el gnomon no proyecta sombra porque la luz del Sol incide sobre la Tierra con un ángulo de 90°: $h = 90^\circ - \text{Latitud } (\phi) + \text{Declinación del Sol}$. $\rightarrow h = 90^\circ - 0^\circ + 0^\circ = 90^\circ$. La línea que divide el día y la noche coincide con un meridiano

3. Que las sombras al mediodía señalan la línea del meridiano: mientras en el hemisferio norte apuntan hacia el Polo Norte, en el hemisferio sur apuntan hacia el sur (ver Imágenes 8 y 9).

4. En los equinoccios no hay sombra al mediodía en el ecuador (Imagen 8).

5. En los equinoccios, la línea que separa el día y la noche coincide con un meridiano (Imagen 8).



Imagen 9. Mediodía solar. Las sombras siguen la dirección de la línea meridiana (azul).



Imagen 10. Solsticio de verano (26-06-2015). Al mediodía solar no hay sombras en los puntos situados sobre el Trópico de Cáncer (latitud = $23,5^\circ$). Altura del Sol (h) = $90^\circ - \text{Latitud } (\phi) + \text{Declinación del Sol}$. $\rightarrow h = 90^\circ - 23,5^\circ + 23,5^\circ = 90^\circ$



Imagen 11. En el hemisferio Norte, se observa que el terminador está inclinado respecto a los meridianos y roza el círculo Polar Ártico produciendo el Sol de medianoche. Es de día en toda la zona comprendida por el Círculo Polar Ártico. En el hemisferio Sur es de noche en toda la zona comprendida por el Círculo Polar Antártico.

6. En los solsticios no hay sombra al mediodía en los puntos situados en los trópicos (Imagen 10).

7. En el solsticio de verano no hay noche en el casquete polar Ártico (se da el llamado Sol de medianoche), ni hay día en el casquete polar Antártico (Imagen 11).

Si observamos los gnómones en un mismo **paralelo**: (Imagen 12) observamos que:



Imagen 12. Sombra de los gnómones situados en un paralelo

1. Las sombras, a lo largo del día van de Oeste a Este pasando por el Norte (Imagen 13).

2. Viendo hacia dónde va la sombra del gnomon podemos saber más o menos la hora solar del lugar. Cuanto más corta sea, más cerca estamos del mediodía solar. En este momento el Sol está atravesando el meridiano local y su sombra se proyectará siguiendo el meridiano del modelo.

3. En los equinoccios, el Sol sale por el Este y se pone por el Oeste. Los extremos de las sombras de los gnómones siguen la dirección del paralelo del paralelo local. (Imágenes 14 y 15).

³Equació del temps i analemes. Disponible en

<http://www.astroosona.net/web/Apunts/Equaci%F3%20del%20temps%20i%20analemes.pdf> . Consultado el 30 de abril de 2020.

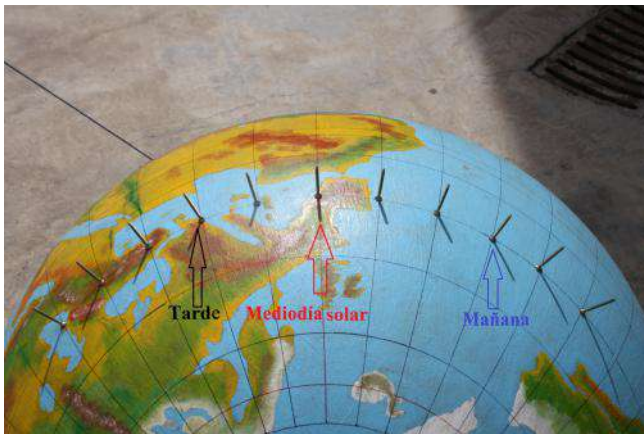


Imagen 13. Dirección de la sombra de los gnomones en diferentes momentos del día. Por la mañana la sombra apunta hacia el Oeste, al mediodía al Norte, y por la tarde al Este



Imagen 14. Equinoccio de otoño. Lleida 23 de septiembre de 2019. En el ecuador, las sombras siguen la dirección del paralelo



Imagen 15. Puesta de Sol en el equinoccio de primavera. El Sol sale por el Este y se pone por el Oeste. Esta foto fue tomada el día 28 de marzo de 2017, cerca del equinoccio, a las 17:50 (UT) desde la Avenida del Paralelo de Barcelona. Se observa que la dirección de los rayos solares coincide con la dirección de la calle, puesto que, como su nombre indica, sigue la dirección del paralelo local.

OBSERVACIÓN 3: RELOJES DE SOL ECUATORIALES

Para entender el funcionamiento de un reloj solar ecuatorial es interesante plantar unos cuantos, en distintos lugares de nuestro modelo, y observar la hora solar que marcan, teniendo en cuenta que la hora solar nunca coincide con la hora.



Imagen 16. La hora solar local (12 h) no coincide con la hora civil (13:45 h)

Los relojes ecuatoriales se deben colocar de modo que el estilo sea paralelo al eje del mundo (eje de rotación de la Tierra) (Imágenes 17, 18 y 19). De este modo se consigue que el plano del reloj sea paralelo al plano del ecuador celeste.

Si colocamos los relojes a lo largo de un meridiano y nos fijamos en las sombras, nos damos cuenta que todos los relojes marcan la misma hora: las 9 h (Imagen 19).



Imagen 17. Relojes de sol ecuatoriales situados en diferentes puntos del mismo meridiano. Se observa que los planos de los relojes situados en diferentes latitudes son paralelos entre sí, y paralelos al ecuador celeste.



Imagen 18. Relojes ecuatoriales situados en el mismo meridiano



Imagen 19. Todos los relojes indican la misma hora solar (las 9 h). La hora solar en los diferentes lugares de un meridiano es la misma

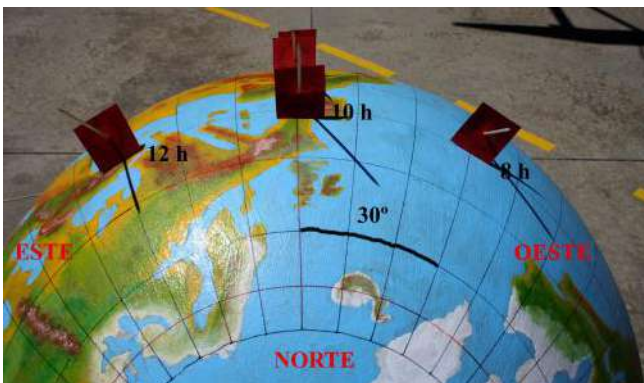


Imagen 20. La hora solar es diferente a lo largo de un paralelo, aumenta de Oeste a Este. La diferencia horaria entre lugares separados 15° es de 1 hora

Vamos a ver ahora cómo funcionan los relojes ecuatoriales colocados a lo largo de un paralelo.

Nuestro modelo de “Tierra paralela” se ha diseñado de tal modo que se han dibujado 36

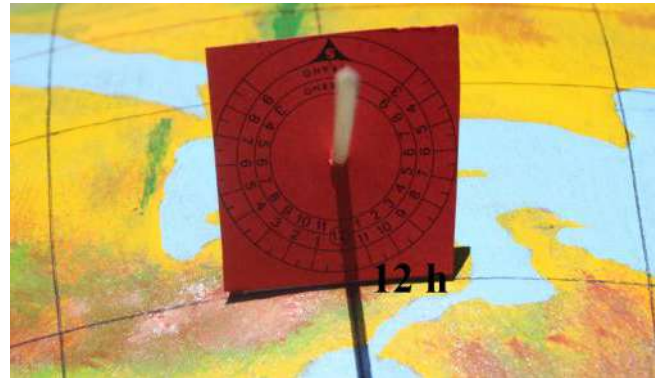


Imagen 21. Mediodía solar. La sombra del estilo coincide con la dirección del meridiano local.

meridianos separados 10° entre ellos. Hemos colocado 3 relojes ecuatoriales en diferentes lugares de un mismo paralelo, separados 30° entre el primero y el segundo, y también 30° entre el segundo y el tercero. Si observamos las sombras de los relojes vemos que señalan las 8, las 10 y las 12 horas respectivamente. Llegamos a la conclusión que la diferencia horaria entre dos lugares de un mismo paralelo es de dos horas por cada 30° de separación y eso es equivalente a una hora por cada 15° (Imagen 20).

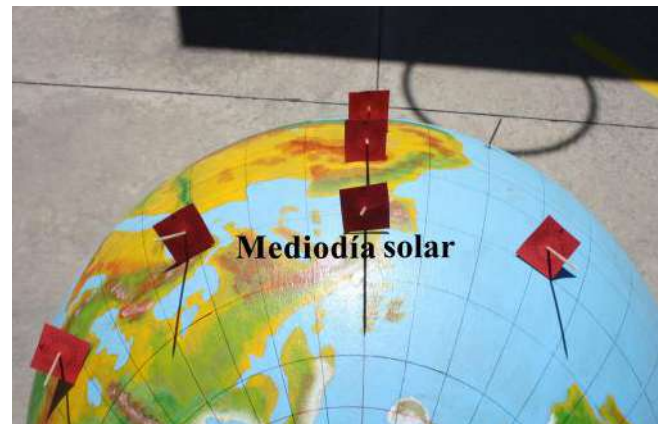


Imagen 22. En todos los lugares del meridiano del centro de la imagen es mediodía

La hora solar en un paralelo aumenta de oeste a este. El mediodía solar es más temprano en el Este que en el Oeste.

Cuando la sombra del gnomón tiene la dirección del meridiano es el mediodía solar (Imágenes 21 y 22). En la imagen anterior se puede observar que en el lugar donde está situado el reloj de la izquierda es mediodía.