

Observando la Tierra Paralela en varios puntos del planeta



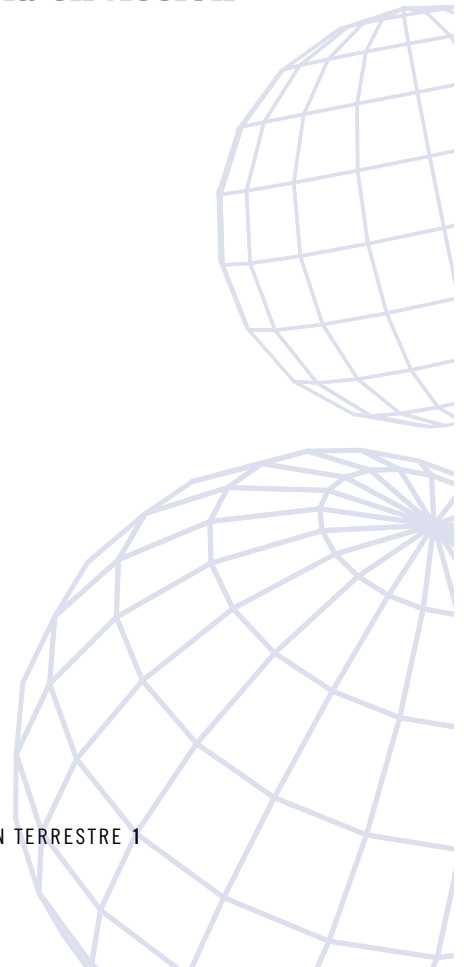
**Un proyecto del “Día Internacional de la Luz”
y la gran experiencia de Ciencia en Acción**


Rosa M. Ros · Nicoletta Lanciano · Carme Alemany · Esteban Esteban

Observando la Tierra Paralela en varios puntos del planeta


Un proyecto del “Día Internacional de la Luz”
y la gran experiencia de Ciencia en Acción

TIERRA PARALELA, EVIDENCIA DE LA TRASLACIÓN TERRESTRE 1





Desde 2009, Año Internacional de la Astronomía, el grupo de trabajo NASE de la Unión Astronómica Internacional ha contribuido al desarrollo de las habilidades de enseñanza de la astronomía de miles de profesores de todo el mundo. Varias veces, como en el caso del proyecto “El poder del sol”, realizado en 2019, NASE ha promovido proyectos que involucraron a profesores de todo el mundo en una empresa conjunta de promoción de la Astronomía, en las escuelas y para el público en general, utilizando un experimento común. En 2020, NASE unió a profesores y escuelas de muchos países, como Alemania, Andorra, Argentina, Bulgaria, Corea del Sur, Ecuador, España, Estados Unidos, Filipinas, Finlandia, Grecia, Indonesia, Irán, Italia, Japón, Paraguay, Portugal, Rumania, Senegal, Serbia, Tanzania y Uganda, en torno al material didáctico “Tierra Paralela” y utilizar el poder de tener la visión del “camino solar” y los cambios de luz del día en todo el mundo y proporcionar este conocimiento global a los estudiantes mediante la exploración de este material.



A lo largo de los años, la Asociación Europea para la Educación en Astronomía (EAAE) y NASE han trabajado en estrecha cooperación en todos los proyectos de NASE que involucran a países europeos, y es un privilegio haberlo hecho nuevamente. Me gustaría agradecer a Rosa Maria Ros por esta cooperación y por su destacada coordinación del grupo de trabajo NASE que continuamente sigue realizando trabajos no solo en Europa, sino, sobre todo, en países emergentes donde NASE es la mayoría de las veces el único promotor de Astronomía en formación de profesores. “Tierra Paralela” fue otro éxito, como podemos percibir por el número de países involucrados.

La Tierra Paralela es una herramienta poderosa para mejorar el conocimiento y la visión de los estudiantes sobre el mundo y las diferencias geográficas que explican muchas diferencias culturales de un país a otro, pero nos muestra que somos un solo mundo, con todas estas situaciones diferentes.

El uso de la Tierra Paralela en algunos casos puede mejorar a los estudiantes sobre Astronomía, Geografía y Matemáticas, y si se explora adecuadamente, nos hace recordar que miramos hacia el Espacio y que mejorar nuestro conocimiento sobre el Espacio nos ha permitido desarrollar tecnología y muchas cosas que son parte de nuestra vida diaria, pero el comienzo de todo conocimiento debe ser nuestro propio planeta, no solo porque es el más cercano, sino porque tiene muchas características que pueden desarrollar habilidades de pensamiento utilizando las relaciones de la Tierra con su estrella o satélite, y sobre todo, porque es el más hermoso de todos los planetas que conocemos y debemos aprender a alimentarlo y cuidarlo.

Faro, Octubre 2020

Alexandre da Costa Ferreira

President of the Executive Council of EAAE

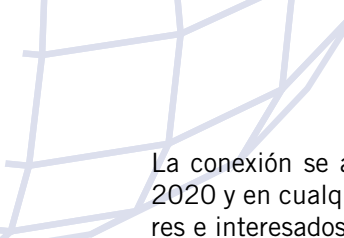
Introducción

La Tierra Paralela es una propuesta del Programa NASE (Network for Astronomy Education) que surge dentro del “Día Internacional de la Luz” y cuyo evento de clausura es albergado por el programa internacional “Ciencia en Acción”, como la Gran Experiencia del mismo.

Ciencia en Acción es un proyecto para docentes de países de habla hispana y portuguesa que reconoce y promociona las actividades realizadas por los profesores de todos estos países que tienen una lengua en común. Estaba previsto invitar a la final de Ciencia en Acción, diversos países participantes en “La Terra Paralela”, y además, situar en diferentes lugares de la ciudad anfitriona, Murcia, diversos modelos de la Tierra en estación y poder mostrar su interés a los transeúntes y alumnos visitantes. Pero la situación de la pandemia en España hizo imposible desarrollar este programa y en su lugar se procedió a un encuentro online en el que participaron muchos de los países participantes en este proyecto.

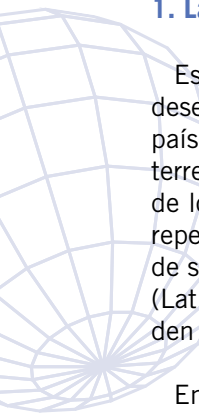


Fig. 1: Participantes en el evento final de la Tierra Paralela, Gran Experiencia de Ciencia en Acción. (Foto: Rosa M Ros)



La conexión se abrió a todos los participantes de Ciencia en Acción en la edición de 2020 y en cualquiera de las anteriores desde 2000 y por “Youtube” a todos los familiares e interesados en seguir la actividad en directo.

1. La Tierra Paralela: Proyecto dentro del Día Internacional de la Luz de UNESCO



Este año 2020 el proyecto elegido para llevarlo a cabo en todos los países que lo deseen ha sido la Tierra Paralela. Es fácil de replicar y puede realizarse en todos los países con un mínimo de recursos económicos. De hecho si no se dispone de un globo terrestre, también se puede hacer con un balón y dibujando en su superficie el contorno de los continentes. Todos los equipos de profesores y estudiantes fueron invitados para repetir el experimento durante medio año, entre los equinoccios, del 20 de marzo al 23 de septiembre de 2020. Era suficiente enviar los datos requeridos junto con la posición (Latitud y Longitud) la fotografía correspondiente como una simple observación que pueden realizar en cualquier lugar tomando una instantánea con un móvil.

En general, los maestros y profesores realizaron el experimento con los estudiantes, en otros casos, los estudiantes con el apoyo de sus maestros e instituciones locales participaron en un festival local para invitar a los habitantes de su ciudad a participar de la experiencia. Los reportes fueron enviados a NASE.

En 2019, el proyecto reinterpretando el fotómetro de Bunsen, propuso determinar la potencia del Sol usando una simple bombilla incandescente con una mancha de aceite de girasol y la mejilla de un voluntario. En 2018, el proyecto reprodujo la detección de infrarrojos con el mismo método utilizado por William Herschel en 1800.

2. El Método utilizado para llevar a cabo el proyecto

Observar el movimiento de traslación terrestre, que es origen de las estaciones, no es sencillo. Existe una simple estrategia que permite ver la Tierra desde fuera y con la parte iluminada y con sombra en el modelo, que se corresponden a cada día y a cada hora: es la llamada Tierra Paralela. Es decir, un globo terrestre iluminado de la misma forma que la Tierra por el mismo foco que es el Sol.

Si el Sol ilumina dos esferas, produce sobre ellas las mismas zonas de luz y sombra (figura 2). Basta orientar correctamente el globo terrestre según lo está la Tierra y habrá las mismas zonas con luz y sombra las mismas zonas. Y así, podremos ver nuestro planeta como si fuéramos un astronauta situado más lejos de lo que esta la ISS.

Usaremos pues un globo terrestre de los usuales, solo que le quitaremos el pie y lo situaremos sobre un vaso bien orientado para observar las estaciones en los diferentes países en que se realice la experiencia. Del 20 de marzo al 23 de septiembre todos los equipos de estudiantes que lo deseen están invitados a enviar su observación fotográfica sobre el globo terrestre y comprender en que estación esta.



Fig. 2: Proyección de sombras sobre esferas de diferente diámetro (Foto: José M. Gómez, Observatorio Astronómico Prof. Alexis Troche, Universidad de Asunción (25°S, 57°W), San Lorenzo, Paraguay).

3. La Tierra Paralela, como instalarla y usarla

El globo terrestre, con el soporte usual, no sirve de modelo. El globo terrestre debe situarse en el exterior, sobre un vaso y bien orientado, con el lugar desde donde nosotros observamos en la parte superior para ser un modelo útil.

Usaremos pues un globo terrestre de los usuales, solo que le quitaremos el pie y lo situaremos sobre un vaso (figura 3a), con el eje de rotación del globo terrestre en la misma dirección que lo tiene realmente la Tierra (podemos ayudarnos de una brújula que nos indicara a dirección norte-sur).



Fig. 3a: Orientando le eje de rotación según la dirección norte-sur en Indonesia (Foto: Ihsan Mu-harrik, Daarul Uluum Senior High School, (7°S, 107°E), Bogor, Indonesia). Fig. 3b: Colocando en el punto más alto usando un bolígrafo cilíndrico (Foto : Ivo Jokin, Municipal Center for Extracurricular Activites of Dolna Mitropolia, (43°N, 25°E), Baykal Village, Bulgaria)-



Fig.4a: Podemos situar un muñeco indicando nuestra posición y trocitos de plastilina para indicar la línea de la zona luz/sombra. (Foto Josephine Maria Windajanti, Santa Maria Catholic Senior High School (8°S, 113°E), Malang, Indonesia), Fig. 4b: Con el paso de las horas esta línea luz/sombra se ira corriendo. También se pueden situar algunos trozos de palillos para estudiar sus sombras, (Foto: Margarita Metaxa, Tositseio Arsakeio Ekali High School, (27°N, 78°E), Athens, Greece).

Además sabemos que la posición de nuestra ciudad debe estar en la parte superior del globo, ya que, cualquier lugar del mundo donde vivamos, si nos movemos en línea recta en cualquier dirección durante muchos km, está claro que siempre acabaremos por descender sobre la superficie del globo. Así pues nuestra posición es siempre la superior. En consecuencia, usaremos una brújula que nos indique la dirección norte-sur para orientar el eje del globo y situaremos nuestra ciudad arriba del todo. Para comprobar que está bien colocada podemos dejar un lápiz sobre la ciudad en equilibrio (figura 3b), si está arriba no se caerá, si se cae el lápiz hay que corregir un poco la posición hasta que quede estable. Podemos ilustrar esta posición colocando un muñequito (figura 4a).

Con pedacitos de “plastilinas” podemos marcar la línea sol/sombra y veremos que lentamente se ira desplazando por la superficie del globo a medida que pasan las horas y llegar a un momento en que será de noche (figura 4b). También podemos poner pequeños trozos de palillos a modo de gnomon y ver como son las sombras y como se desplazan a lo largo del día y visualizar os efectos del movimiento de rotación sobre la Tierra.



Fig. 5a y 5b: Avance de la sombra a lo largo de un día. La primera foto fue tomada a las 9:00 y la segunda foto a las 12:30. En 3 horas y media (a 15° por hora) se ha movido unos 50° (lo que se puede comprobar sin más que contar los 5 paralelos, de 10° en 10°, que hay entre la primera y al segunda foto). (Fotos: Shila Rose D. Sia, Philippine Normal University, (14°N, 120°E), Filipinas)

4. Las Estaciones

Pero lo más interesante es visualizar el movimiento de traslación, esto es ver cómo se sitúa la línea sol/sombra a lo largo del año. Así se puede observar en los equinoccios en 21 de marzo (figura 6a) y el 23 de septiembre (figura 6c) y en el hemisferio norte en verano y en el hemisferio sur en invierno (figura 6b).



Fig. 6a y 6c: La línea de separación del día y la noche pasa por ambos polos, esto es, el primer día de primavera y el primer día de otoño. Fig. 6b: En el hemisferio norte, el polo norte está en la zona soleada por lo tanto significa que es verano para este hemisferio y estamos observando el fenómeno del Sol de medianoche. En el hemisferio sur, el polo sur está en la sombra y es invierno. (Fotos Juan A. Prieto, Colegio Huerta de la Cruz de Algeciras (36°N, 6°W), España).



Fig. 7a: Diversos globos terráqueos muestran el hemisferio norte iluminado durante el solsticio del 21 de junio (verano) en Boston (Foto: Mirjana Bozic, Outdoor Science Education Team (42°N, 71°W), Boston, USA) verano. Fig. 7b: Esfera terrestre en el hemisferio sur durante el solsticio del 21 de junio (invierno) en Asunción (Foto: José M. Gómez, Observatorio Astronómico Prof. Alexis Troche, Universidad de Asunción (25°S, 57°W), San Lorenzo, Paraguay)

5. El Globo Paralelo y la investigación en didáctica de la Astronomía

«Alto es para todos la dirección del cielo, bajo es para todos la dirección del centro de la Tierra»

«Desde el espacio todos nos inclinamos pero cada uno, a su manera, se ve derecho»

«No notamos que la Tierra es redonda porque somos tan pequeños que no vemos la curvatura»

Niños de Roma de 10 años en Diario del cielo AS 2013-14, N:

Lanciano et al, New Press Ed.

Un gran problema en Astronomía es poner de acuerdo y en diálogo, lo que vemos a nuestro alrededor y lo que experimentamos con los sentidos, con lo que sabemos y pensamos.

Por ejemplo, vemos salir el Sol en diferentes puntos de nuestro horizonte oriental en los distintos días del año, recorrer un arco en el cielo y ponerse por el oeste; decimos que “El Sol sale y se pone”, pero pensamos que es la Tierra la que, al girar sobre sí misma, provoca la salida y puesta del Sol y por tanto el día y la noche. Lo que vemos y decimos es lo que Ptolomeo vio y dijo, pero nuestro “conocimiento” estructurado y compartido está más cerca del sistema del mundo que elaboró Copérnico. Nuestra investigación nos dice, sin embargo, que para ser copernicanos convencidos y conscientes debemos haber mirado el cosmos durante mucho tiempo desde nuestro único punto de vista, que es la Tierra y reconocer que seguimos hablando y viendo cómo lo hizo Ptolomeo.

Cuanto más miramos las relaciones entre el Sol y la Tierra, en el mismo lugar, desde nuestra posición topocéntrica, más capaces seremos de imaginar y modelar lo que sucede en otros puntos de la Tierra al mismo tiempo, y también lo que sucede en otros momentos del año. Mirar “aquí y ahora” nos permite ampliar nuestra mirada hacia una visión global del planeta.

Acostumbrarse a mirar con atención y volver a mirar varias veces al día y al año el Globo Paralelo colocado al Sol, es muy útil para aprender a captar cuáles son los elementos que varían y cuáles los que permanecen constantes a medida que pasan las horas y los días. Todo esto se puede ver en el Globo Paralelo.

Todos aprendemos que cuando es invierno, por ejemplo en el hemisferio Sur, el Polo Sur está a la sombra y el Polo Norte está iluminado por el Sol todo el día. Con una esfera blanca podemos identificar los 2 polos y ver las estaciones: en la esfera blanca trazamos el gran círculo que separa la zona oscura de la iluminada, llamado terminador, cada hora durante todo un día.

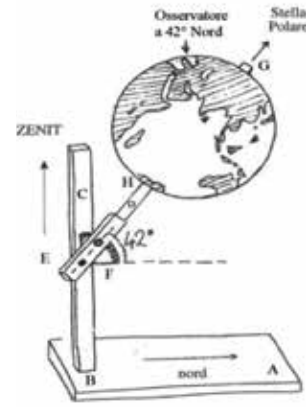
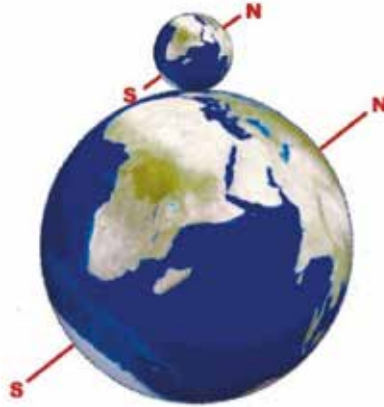


Fig. 8a, 8b y 8c: El Globo Paralelo, lo hemos llamado así porque: tiene el eje que pasa por los polos que es paralelo al eje de la Tierra que pasa por los polos geográficos del planeta, y el plano tangente a la esfera del Globo Paralelo es paralelo al plano horizontal en el punto correspondiente a cada país. (Fotos: Nicoletta Lanciano, Università La Sapienza, (42° N, 12° E) Roma, Italia).



Fig.9a y 9b: Si observamos las sombras de los gnómones colocados en el Globo Paralelo y miramos nuestra sombra en el suelo, descubrimos cuáles son las direcciones en el terreno plano (las indicadas por la brújula) y en la esfera de la Tierra (con los meridianos y paralelos dibujados en el globo). Esto nos permite seguir dialogando entre lo que ves a tu alrededor en el suelo y lo que sucede y ves en la esfera. (Fotos: Nicoletta Lanciano, Università La Sapienza, (42° N, 12° E) Roma, Italia).

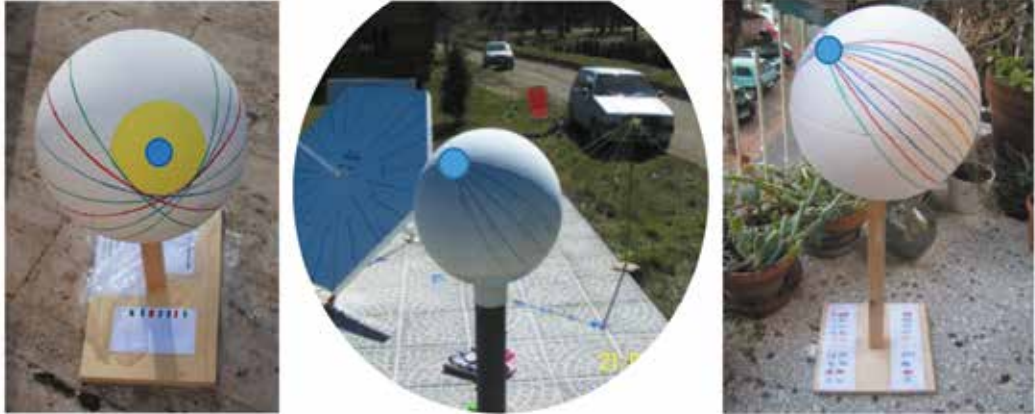
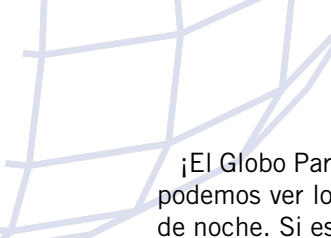


Fig. 10a: Esferas blancas al Sol. En los días del solsticio a junio hemisferio Norte Roma latitud 42°N , el punto azul indica el Polo Norte Celeste, Fig. 10b: El día del equinoccio Esquel 43°S . El punto azul indica el Polo Sur Celeste, Fig. 10c: El día del equinoccio en Roma. El punto azul indica el Polo Norte Celeste (Fotos 10a y 10c: Nicoletta Lanciano, Università La Sapienza, (42°N , 12°E) Roma, Italia), (Foto 10b: Néstor Camino, Complejo Plaza del Cielo CONICET, Universidad Nacional de la Patagonia S. Juan Bosco, (43°S , 71°W), Esquel, Argentina)




Fig. 11a y 11b: Símbolo y página del sitio web en muchos idiomas del Proyecto Internacional Globolocal www.globolocal.net (Fotos: Nicoletta Lanciano, Università La Sapienza, (42°N , 12°E) Roma, Italia)

Sin embargo, ¡debemos tener paciencia para esperar a que salga el Sol y que no haya nubes!



¡El Globo Paralelo nos hace viajar a todos los países del mundo! Si estamos en el Norte podemos ver lo que pasa en el Ecuador o en el Sur. Si es de día podemos ver donde es de noche. Si es verano podemos ver donde es Invierno! Para ello es un instrumento y no solo un modelo de la Tierra.



Pero sobre todo, el Globo Paralelo devuelve a todos y a cada uno su posición en la cima del mundo: ¡por eso es una herramienta democrática!

6. Resumen de usos de la Tierra Paralela según la edad del alumnado

La Tierra Paralela permite muchas aproximaciones didácticas a distintos niveles, según nos refleja en este resumen, su autor Juan A. Prieto colaborador de Ciencia en Acción y participante en los proyectos de NASE dentro de la Gran Experiencia. Como profesor de secundaria y primaria ha realizados las actividades que menciona y que presentó en la realización online.

Observaciones a lo largo del año

- 1) El motivo de que haya estaciones en el planeta es la traslación de la Tierra. Cuando en el hemisferio norte es invierno, en el hemisferio sur es verano y viceversa. #, #
- 2) En tanto a las horas de luz: #, #
 - a. En verano hay más horas de luz que de oscuridad (en el hemisferio considerado). Además en el casquete polar por un tiempo no existe la noche.
 - b. En cambio, en invierno hay menos horas de luz que horas de noche, así como el polo es casi siempre de noche (en el hemisferio considerado).
 - c. En primavera y en otoño la duración de las horas de luz y de noche son muy parecidas, coincidiendo en los equinoccios.

Observaciones inmediatas

- a) Con respecto al terminator:
 - 1) Observar que algunas zonas terrestres se encuentran sin luz, mientras otras sí la tienen. #
 - 2) Observar el sentido en el que avanza la zona iluminada de la Tierra y así determinar el sentido de rotación de la Tierra. #, #
 - 3) Determinar que mientras en el lugar de la observación es de día, hay lugares en los que se pone el Sol al oeste y otros en los que amanecer al este. #, #
 - 4) Determinar la hora aproximada en la que se pondrá el Sol, en el lugar y el día de la observación y la hora a la que amanecerá al día siguiente. #, #
 - 5) Cuando es invierno en el hemisferio norte, el polo norte no sufre radiación so-

lar, mientras que en verano sufre radiación durante todo el día (lo contrario en el hemisferio sur). #, #

6) El primer día de primavera y el primer día de otoño el terminador pasa justo por el eje de la Tierra, por lo que mientras en la mitad exacta del planeta es de día, en la otra mitad es de noche. #, #

7) Si se observan los meridianos, se puede deducir que el terminador avanza 15° cada hora, de esta forma se puede saber qué hora es en cualquier punto del planeta. #, #

B) Con respecto a la proyección de la sombra de un gnomon.

1) Localizar el punto en el que el Sol parece estar directamente encima, el Sol está en el cenit. #, #, #

2) Si se colocan pequeños gnómones en la superficie de la Tierra Paralela, se observa la evolución de las sombras en distintos puntos del planeta y a distintas horas. #, #

3) Si se colocan gnómones a lo largo de un mismo meridiano, se observa: #, #

a) Que en todos los lugares de un mismo meridiano es la misma hora.

b) Que las sombras que producen van todas en el mismo sentido en función del hemisferio, pero la dirección varía según la latitud del lugar.

c) Que las sombras, por la mañana van hacia el oeste, al mediodía hacia el norte (o sur, dependiendo del hemisferio) y por la tarde hacia el este.

d) Que las sombras, al mediodía, señalan la línea del meridiano.

e) Que al amanecer y al anochecer, las sombras son muy alargadas y al medio día en cambio más cortas.

f) Que cuanto más cerca del ecuador las sombras son más cortas y cuanto más hacia los polos son más largas.

Podemos concluir que en los lugares de un mismo meridiano siempre es la misma hora; que cuanto más cerca de los polos, los rayos solares caen más oblicuos y por lo tanto, la razón de que los climas sean más fríos en los polos que en el ecuador.

4) Si se colocan gnómones a lo largo de un mismo paralelo, se observa que a lo largo del día, las sombras van de oeste a este pasando por el norte (por el sur en el hemisferio opuesto), y se puede calcular de una manera aproximada la hora del lugar de observación. #, #

Alumnos < 12 años, # Alumnos entre 12 y 18 años, # Alumnos > 18 años

7. Otras utilidades menos conocidas de la Tierra Paralela

Medición de la Tierra según Eratóstenes

Es muy conocida la experiencia de Eratóstenes para determinar el tamaño de la Tierra y se organizan proyectos colaborativos desde diferentes lugares. Pero estos proyectos suelen tener un grave inconveniente, que puede solucionarse con la utilización de la Tierra Paralela.

Muchas veces ha estado nublado en el momento preciso, con la consiguiente frustración de nuestro alumnado. La mala climatología del Norte de España hizo surgir allí esta idea: ¿No podríamos hacerlo nosotros solos sin ayuda externa? Eratóstenes lo hizo él solo. Él conocía el dato de un lugar en que el Sol se encontraba en el cenit en un momento preciso. Utilizando el globo terráqueo paralelo podemos obtener ese dato.

No lo haremos necesariamente al mediodía ni mediremos la longitud de un meridiano, sino la del círculo máximo que pasa por nuestra localidad y el lugar que en el momento elegido para nuestra actividad tiene el Sol en el cenit. Siempre hay un único círculo máximo que pasa por dos puntos concretos de la esfera terrestre y su longitud será la misma que la de un meridiano.

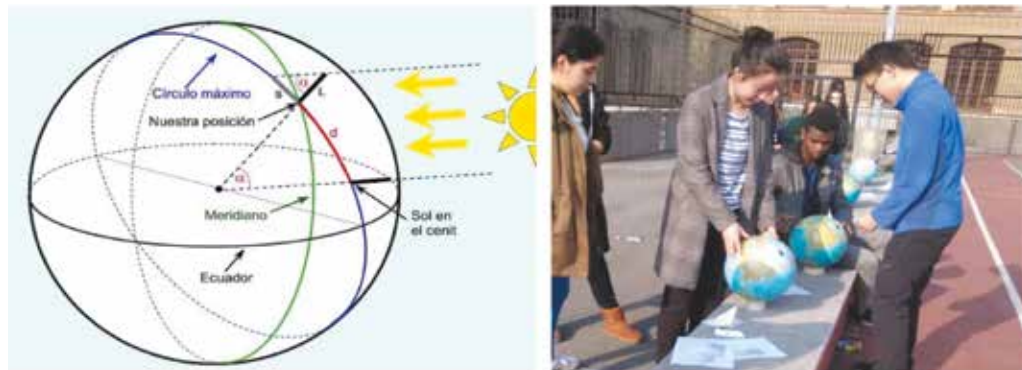


Fig. 12a: Hay un único círculo máximo que pasa por nuestra posición y el punto con el Sol en el cenit, y su longitud es igual que la de un meridiano, Fig. 12b: Cuando los gnomones están ya preparados, alumnado del IES Bertendona de Bilbao coloca de manera precisa los globos terráqueos. (Fotos: Esteban Esteban, Aula de Astronomía de Durango, (43° N, 3° W) España)

En cualquier momento que haga Sol, determinamos el lugar que en ese instante tiene el Sol en el cenit, medimos la sombra S de un gnomon de longitud L donde estemos no-

sotros, y calculamos el ángulo a que se obtiene como $a = \arctg(S/L)$, o también dibujando un triángulo semejante y midiéndolo con un transportador de ángulos.

Por una proporción, el ángulo a es al ángulo completo de 360° como la distancia d entre los dos lugares (que puede obtenerse con la aplicación de Google-maps que nos dará un valor exacto), es a la longitud del círculo máximo, esto es $2\pi R$ (siendo R el radio de la Tierra):

$$a/360^\circ = d/2\pi R.$$

Despejando, se obtiene R el radio de la Tierra:

$$R = d \cdot 360^\circ / 2\pi a$$

Es importante ser muy precisos tanto en la colocación del globo terráqueo, como en la determinación del punto con el Sol en el cenit, para evitar un error elevado: Para asegurarse de que nuestra localidad está exactamente en el punto más alto, puede colocarse sobre ese lugar del globo un tornillo de cabeza plana y alinearlos visualmente con algunos elementos verticales como farolas o paredes.

La dirección Norte-Sur puede obtenerse orientando un reloj de sol portátil, que utilizado adecuadamente es más exacto que una brújula porque no le afecta la declinación magnética. La determinación del punto con el Sol en el cenit hay que hacerlo con un gnomon totalmente perpendicular a la superficie, y normalmente no es fácil. Se puede hacer tomando otro tornillo y deslizando su cabeza por la superficie del globo hasta que no haga sombra: Lo insertamos en una tira de cartulina cuyos extremos agarraremos e iremos moviendo en la dirección contraria a su sombra hasta que ésta desaparezca.



Fig. 13a y 13b: Determinación del punto con el Sol en el cenit, (Fotos: Esteban Esteban, Aula de Astronomía de Durango, (43° N, 3° W) España)

Haciéndolo así el error máximo final no suele exceder de un 4% y este método tiene varias ventajas porque puede programarse todos los años, puede hacerse en cualquier momento soleado en horario de clase y de manera individual o por parejas de alumnos así todos participarán activamente, permitiendo detectar fácilmente posibles errores.

Visualización de las sombras de edificios o monumentos lejanos.

Es muy interesante y motivador trabajar con maquetas a escala para apreciar sombras de edificios en tiempo real. Visualizar desde casa la sombra del instituto y ver si llega al patio e ir a jugar un partido evitando el Sol en un día caluroso, u observar las sombras de edificios famosos. La sombra de la Torre Eiffel ¿Atraviesa ahora mismo el río Sena? o ¿La sombra de la Estatua de la Libertad se sale de la pequeña isla donde está erigida?



Fig. 14a y 14b: En 2017 se hizo la experiencia en la ikastola Alkartu de Barakaldo, en el mismo instante que un familiar de un profesor se encontraba en París, nos envió la imagen real y vimos que coincidía con el modelo de la Tierra Paralela. (Fotos: Esteban Esteban, Aula de Astronomía de Durango, (43° N, 3° W) España)

La curvatura de la Tierra nos impediría colocar nuestras maquetas con la inclinación adecuada, pero esto lo solucionamos con la Tierra Paralela: Para el ejemplo de la torre Eiffel imprimimos un pequeño plano de la zona de París donde está ubicada y a la misma escala elaboramos la torre de plastilina. Colocamos el globo terráqueo paralelo y en él, en París, ponemos la maqueta conservando la dirección norte y si hace Sol, veremos cómo es su sombra en ese momento.

Si dejamos colocado todo y lo observamos en varios momentos del día veremos los cambios, obtendremos resultados interesantes relativos a la evolución de la longitud y dirección de las sombras pero con una mayor motivación que proporciona la curiosidad.

8. La Tierra Paralela y los relojes de Sol

Observando la Tierra Paralela a lo largo del día, podemos darnos cuenta que la línea que separa el día de la noche (terminador) se mueve de Este a Oeste o de oriente a occidente. Así, mientras en los lugares que se encuentran más al Este se va haciendo de noche, amanece en los lugares situados más al Oeste. Vemos también que dicha línea se mueve 15° cada hora. Así podemos comprender que los husos horarios son cada uno de los 24 sectores esféricos en que se divide la Tierra, como resultado de repartir los 360° de la esfera entre las 24 horas que invierte en dar una vuelta completa sobre su eje.

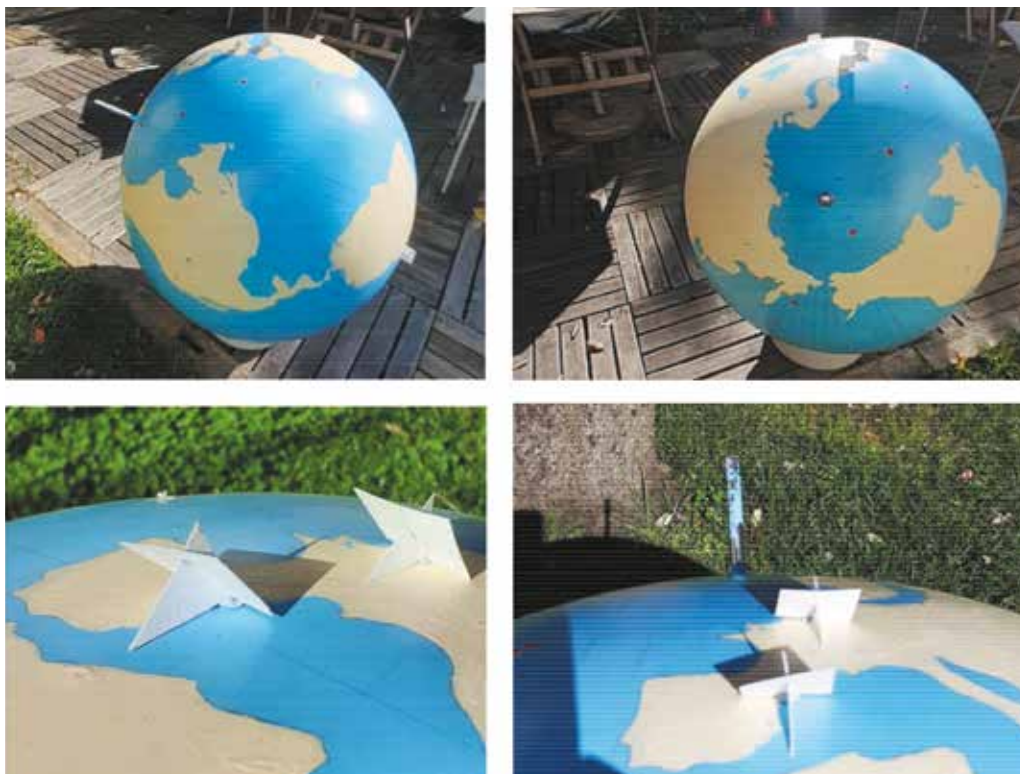


Fig. 15a y 15 b: Reloj de Sol ecuatorial, con el plano del reloj según el ecuador y el gnomon según el eje de rotación terrestre. El ángulo de inclinación del gnomon corresponde a la latitud del lugar donde esté instalado el reloj solar. Fig. 15c y 15d: Diferentes relojes ecuatoriales sobre la Tierra Paralela. (Fotos: Carme Alemany, CEIP El Roure Gros, Santa Eulalia de Riuprimer, (42° N, 2° E), España).

Para conocer la hora en algún lugar del mundo se toma como referencia el meridiano de Greenwich o meridiano 0. A partir de él añadimos 1 hora por cada huso horario que se encuentre hacia el Este y restamos 1 hora por cada uno que se encuentre hacia el Oeste.

Resulta muy interesante construir un reloj de Sol ecuatorial y situarlo al lado de la esfera de la Tierra Paralela para comprender que los dos planos que lo componen corresponden al eje y al ecuador terrestre (figura 15). El marcador horario funciona como el ecuador terrestre y el gnomon como el eje de rotación. Así, el ángulo de inclinación del gnomon corresponde a la latitud del lugar de observación. Comparando la hora que marca el reloj de Sol con la que podemos deducir de la Tierra Paralela podemos comprender su funcionamiento.



Fig. 16a y 16b: Situando sobre la tierra imágenes de paisajes, tipos de casas, imágenes de animales se puede comprender la influencia del clima en los habitantes de la zona.

Observando la Tierra paralela con los niños, a parte del propio estudio astronómico, podemos relacionar aprendizajes de diversas áreas del conocimiento (geografía, ciencias sociales, matemáticas, conocimiento del medio natural, economía), que a menudo se estudian erróneamente desconectadas de la misma realidad.

- Podemos acercarlos a la idea de vivir en un mundo global, en el que todos los seres vivos que lo habitamos estamos interrelacionados y dependemos unos de los otros y todos en conjunto dependemos de nuestro planeta. Podemos comprender la idea de frontera física como fruto de nuestra organización humana y reflexionar sobre sus efectos, como las migraciones.

- Puede ser un punto de inicio para intentar conocer la vida de niños y niñas que habitan en distintas zonas de la Tierra, ver como sus actividades, sus juegos y sus costumbres están íntimamente relacionadas con el entorno en el que habitan tanto como con la riqueza de sus países.

- A partir de imágenes de paisajes desde el aire de zonas de la Tierra, se puede dialogar sobre la realidad que nos muestran e introducir conceptos sobre paisaje, clima, trabajo, economía, formas de vida, protección del medio.

- Situando sobre la superficie de la Tierra paralela pequeñas imágenes de animales, en el lugar de su hábitat natural podemos comprender su morfología, su alimentación, sus relaciones. Al igual podemos hacerlo con imágenes de cultivos y relacionarlos con el clima y la alimentación de los habitantes de la zona.

En definitiva, el modelo de la Tierra paralela, puede ser un elemento globalizador del aprendizaje y dinamizador del diálogo y la reflexión, tan necesarios en la escuela.

9. La Tierra Paralela para invidentes

El material de construcción de la Tierra Paralela es determinante en ciertos aspectos.

Por ejemplo una Tierra Paralela de fibra de vidrio como la que aparece en las figuras 17a, 17b y 17c, permite a las personas con dificultades visuales, simplemente con pasar la mano por la superficie, percibir la diferencia de temperatura provocada por la incidencia de los rayos solares en diferentes zonas de la Tierra. Las zonas que permanecen en la zona sombreada están más frías que las zonas que reciben la luz solar. En particular la zona donde el Sol incide perpendicularmente está más caliente que otras zonas donde la incidencia de los rayos solares es más oblicua y que al pasar la mano se perciben menos calientes.

Los continentes pintados sobre la misma tienen diferente rugosidad que los océanos, lo que permite distinguir entre océanos y continentes.



Fig. 17 a, 17b y 17c: Al pasar la mano por la superficie se nota la diferencia de temperatura provocada por la incidencia del Sol.

10. La Tierra Paralela en diferentes lugares del mundo

Y al final algunos ejemplos originales para disponer la Tierra Paralela. En algunos países es difícil encontrar un globo terrestre y además es muy caro. En otros casos el confinamiento debido al COVID19 o la situación específica de la ciudad en el país, hizo difícil encontrar un globo terráqueo.

Cuando no es fácil conseguir una esfera terrestre, todo vale, desde un globo hinchable a una cebolla y a una esfera de porexpan (figuras 18a, 18b y 18c).



Fig. 18a: Como no se podía conseguir la esfera, un globo hinchable donde se dibujó el polo, el ecuador y el meridiano de Greenwich (Foto: Aboulaye Ba, Cheikh Anta Diop University (15°N, 17°W), Dakar, Senegal), Fig. 18b, Con el contorno de los continentes en una cebolla (Foto: Alejandra Pachamé, ISFD35, Las Lomas de Zamora (34°S, 58°W), Argentina), Fig. 18c, Con una esfera de porexpan donde se dibuja las líneas del terminador, (Foto: Viviana Sebben, EETP 471, Rosario (33°S, 61°W), Argentina).

Los equipos de todo el mundo han realizado este experimento y han enviado sus fotografías por correo electrónico durante el medio año en que el proyecto estuvo activo. El experimento fue ejecutado por grupos de todas las edades y con diferentes culturas. Varios ejemplos de diferentes experimentos realizados se pueden ver en http://sac.csic.es/astrosecundaria/es/proyectos_con_unesco/la_tierra_paralela/ListaDocs.php o bien en <http://www.naseprogram.org>



Fig. 19: Alumnos de primaria de Àgora Internacional School Andorra. Su profesor había preparado la Tierra Paralela para otro grupo de estudiantes de secundaria, pero estos fueron a preguntar para que servía y como se usaba. Así fueron ellos lo que realizaron la actividad, se equivocaron la primera vez, lo hicieron de nuevo y les salió bien. El error les sirvió comprender y después enviaron sus fotos al programa internacional. (Foto: Carlos Moreno, Àgora Internacional School Andorra, La Massana, (43°N, 2°E), Andorra)

En otras ocasiones las imágenes que nos llegaron de la Tierra Paralela nos dan su contexto cultural, como es el caso de Japón.

O por ejemplo, en 2011, en Serbia se construyó un gran globo azul en la ciudad de Sabac, que se ha convertido en el símbolo de la ciudad.

En la conexión online desde Rumania tuvimos la conexión en directo con el aula en vivo, llena de estudiantes durante su clase de física.



*Fig. 20: Desde la escuela secundaria del Templo Shitennoji en Osaka.
(Foto: Akihito Tomita, Wakayama University, (34°N, 135°E), Japón)*



Fig. 21: Alumnos de primaria con su profesora con la Tierra Paralela en Šabac, (Foto: Goran Stojčić, Center for Professional Development, (45°N, 20°E), Sabac, Serbia).



Fig. 22: En el día del solsticio, el ángulo entre el terminador y el meridiano es igual al ángulo entre el eje de rotación de la Tierra y la normal a la eclíptica (23,5 grados). Esto se ve claramente en la imagen. (Foto: Goran Stojićević, Center for Professional Development, (45°N, 20°E), Sabac, Serbia)



Fig. 23a y 23b: Paula Chis conectada en directo desde el aula en Cluj-Napoca Romania. Con sus alumnos preparó una Tierra Paralela con un balón, pero es igualmente útil cuando no se dispone de otra (Fotos, Paula Chis, Colegiul National George Baritiu, Cluj-Napoca (46°N, 24°E), Romania)

En el caso de Corea del Sur, una escuela de secundaria, Incheon Yesong middle school, realizó el proyecto con un grupo de estudiantes y lo presentó, en la conexión en directo, una estudiante del grupo que hablaba inglés.



Fig. 24a: Soo Young Cho estudiante de secundaria de Incheon exponiendo el trabajo realizado con sus compañeros y el profesor Mikyong Kim en Incheon, Korea el Sur (37°N , 121°E) (Foto Rosa M. Ros). Fig. 24b: El grupo de estudiantes preparando la Tierra Paralela (Foto Mikyong Kim, Incheon Yesong middle school (37°N , 121°E), Corea del Sur).

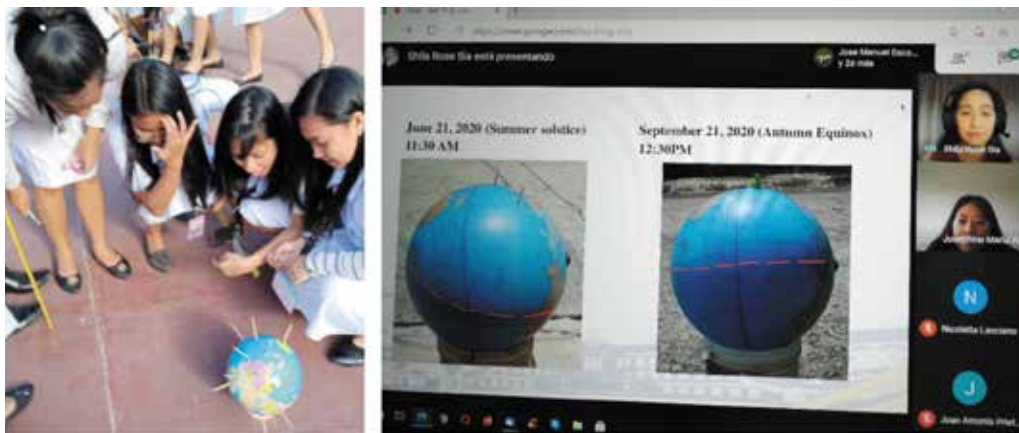


Fig. 25a: Observing in Caloocan City (Foto: Shila Rose D. Sia, Philippine Normal University, Caloocan City (14°N , 120°E), Philippine), Fig. 25b: Conexión online con la presentación de Shila Rose Sia (Foto: Rosa M. Ros).

La presentación online de Filipinas fue muy completa en el sentido de comparar sus propias observaciones de distintas horas y periodos del año. Analizando el movimiento de rotación y el de translación con un buen número de observaciones con estudiantes de diversos niveles educativos.

En la presentación de Otto Trust por Uganda comento varias preguntas que le hacen sus estudiantes cuando usa la Tierra Paralela, en particular una de ella es esencial en cuanto a conceptos mal entendidos. La pregunta es “Si la Tierra es esférica, ¿por qué la gente de Sudáfrica no cae debajo?” Sin duda esta es una pregunta clave y la Tierra Paralela puede llevar a comprender que el concepto de arriba y abajo es relativo. Donde el observador esta es siempre arriba. ¿Cómo se va a caer entonces?

«La gravedad, es una fuerza que atrae todo lo que tiene masa hacia el centro de la Tierra. Por lo tanto, la gente en Sudáfrica está siendo atraída hacia el centro de la Tierra no puede caer».

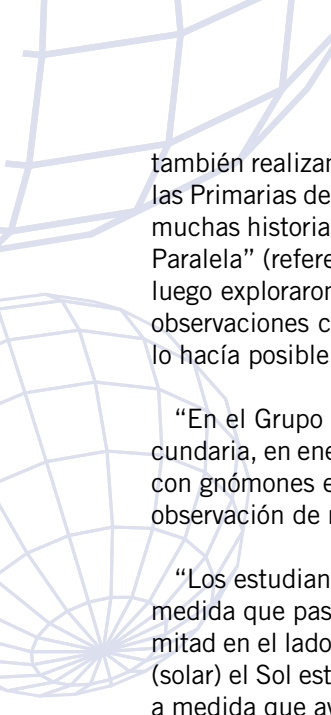


Fig. 26a: Otto Trust, durante su presentación online, (Foto Rosa M. Ros). Fig. 26b: Tierra Paralela en Kampala, Uganda, (Foto Otto Trust, Mbarara University of Science and Technology, Kampala (0°N, 33°E), Uganda).

11. Experiencias nacionales ligadas al Proyecto de La Tierra Paralela

Portugal

En Portugal se realizó la experiencia en varias escuelas de primaria de forma simultánea. Según nos contaba el organizador Alex Costa “Durante el tiempo del proyecto



también realizamos sesiones de lectura de cuentos de Astronomía para niños de las Escuelas Primarias de Ferradeira, Areal Gordo y Penha, del mismo Grupo de Escuelas. Se leyeron muchas historias y cuentos de Astronomía. Bajo el mismo ámbito se exploró el libro “Tierra Paralela” (referencia en la bibliografía) con los maestros de primaria de estas escuelas que luego exploraron las actividades con sus alumnos. En todas las escuelas se realizaron las observaciones con la Tierra Paralela a lo largo del año y según la situación del COVID-19 lo hacía posible”.

“En el Grupo Escolar João de Deus se realizaron observaciones, con los alumnos de secundaria, en enero, marzo, mayo, junio y septiembre de 2020 utilizando un globo terráqueo con gnómones en varias latitudes y colocando la ciudad de Faro en la cima del mundo (la observación de mayo y junio involucró a unos pocos estudiantes debido a COVID-19)”.

“Los estudiantes pudieron ver cada día la diferencia en varias latitudes y observar que a medida que pasaba el tiempo durante el día del equinoccio, los polos norte y sur tenían la mitad en el lado oscuro y la mitad en el lado brillante. También observaron que al mediodía (solar) el Sol estaba sobre el Ecuador. Los estudiantes se sorprendieron al ver que en junio, a medida que avanzaba el día en todo el Polo Norte, siempre era brillante y en el Polo Sur siempre estaba oscuro. Esto es bastante extraño porque sabían (de memoria) que en los polos hay seis meses de luz diurna y seis meses sin sol, pero claramente no se habían apropiado del concepto. También parecían sorprendidos (todos excepto uno) de que incluso en el solsticio de verano el Sol nunca pasaba por el cenit, aunque muchos de ellos sabían que el Trópico de Cáncer era donde el Sol viajaba más hacia el norte. Esto muestra claramente que a veces los estudiantes memorizan cosas sin saber lo que realmente significan.

“En el equinoccio de marzo los estudiantes de secundaria también realizaron el Experimento de Eratóstenes con un gnomon y usando Google Earth como esclavo para darnos la distancia al Ecuador (el lugar donde el Sol estaba en el cenit). La latitud de Faro es $37^{\circ} 01' 09''$ N ($37,019122^{\circ}$ en notación decimal) y los estudiantes utilizaron un gnomon con una altura de $L=92,80 \pm 0,05$ cm y una sombra de $S=68,95 \pm 0,05$ cm, que significa un ángulo en la parte superior de $a=36,9686^{\circ}$,

$$a = \arctg (S/L)$$

que es el resultado experimental para la diferencia de latitudes con respecto al Ecuador.

Dado que Google Earth nos da una distancia (en nuestro meridiano) al ecuador de 4116,14 km, el cálculo del perímetro de la Tierra es de 40083 km, que tiene un error del 0,2% del perímetro polar teórico de 40008 km”.



Fig. 27a: La Tierra Paralela con una colección de gnómones que se observaban como iban evolucionando de forma periódica. Fig. 27b: Explicando cuentos para niños con algún enigma que para decifrarlo es necesario saber astronomía y tener algún conocimiento de las constelaciones. (Fotos: Alexandre da Costa, Agrupamento de Escolas João de Deus, (37°N, 8°E), Faro, Portugal).

Irán

Algunos equipos prepararon proyectos especiales, como es el caso de las actividades desarrolladas por la asociación iraní ITAU (Iranian Teacher Astronomical Union) que tras organizar diversas actividades entre los dos equinoccios reunieron una docena de niños y estudiantes el día del solsticio de junio frente al Malek Building al sur de Bushehr.

Estuvieron desde las 8 de la mañana hasta las 12 del mediodía observando el movimiento del Sol a lo largo de las horas. Comenzaron con la observación de la dirección y tamaño de su propia sombra y después siguieron observando la Tierra Paralela (figuras 28a, 28b, 28c y 28 d). Esta fue una actividad muy seria para los estudiantes de una edad tan joven (de 4 a 9 años) y que descubrieron cosas que nunca habían observado.



Fig. 28a, 28b, 28c y 28d: Estudiantes en Irán, haciendo un estudio de sombras a lo largo del día. A su vez comparaban con las sombras en la Tierra Paralela, (Fotos Mahdi Rokni, Iranian Teachers Astronomical Union, (29°N, 51°E), Bushehr, Irán).

“Los niños comparan su sombra con la sombra de la Tierra Paralela, luego buscan la sombra más corta de la tierra. Hay un lugar en la Tierra Paralela donde no hay sombra en ese momento. Al mediodía, los niños regresaron al mismo y ahora miran sus sombras muy sorprendidos. Hace mucho calor, pero ... los niños buscan un lugar sin sombras en la Tierra Paralela. El punto anterior ahora tiene una sombra, y hay otro en la Tierra sin sombra ...»

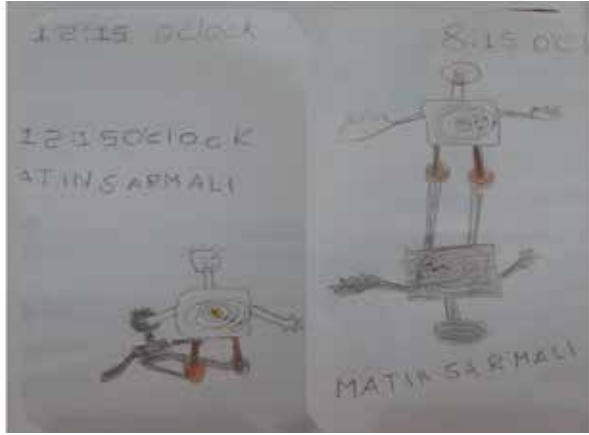


Fig. 29a y 29b: En Irán, niños observando la Tierra Paralela. En el dibujo de la derecha, se ve perfectamente que la sombra empezó delante del alumno muy larga (a las 8:15) y acabo detrás y corta (a las 12:15), así que casi hubo un paso por el zenit el 21 de junio (la latitud del lugar, Bushehr con latitud $28,9^\circ$, esta próximo al trópico. (Fotos Mahdi Rokni, Iranian Teachers Astronomical Union, (29°N , 51°E), Bushehr, Irán).

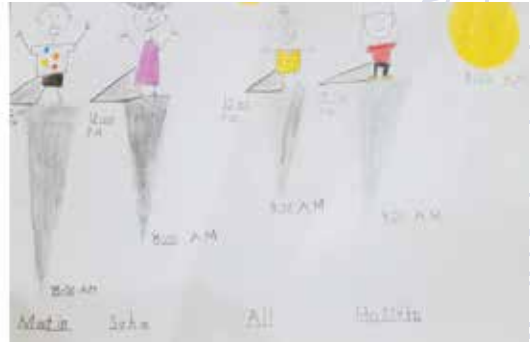


Fig. 30a y 30b: Las profesoras preparando la Tierra Paralela con el Sol cerca del cenit en Irán y al fondo el Golfo Pérsico. En el dibujo de la derecha se van 4 niños con las sombras delante y largas a las 8:00 AM y cortas al lado a las 12:00 PM, (Fotos Mahdi Rokni, Iranian Teachers Astronomical Union, (29°N , 51°E), Bushehr, Irán).

Indonesia

Algunos países organizaron campañas de observación a graves de grupos de amateurs, centros educativos y otras instituciones. Por ejemplo, Indonesia lo llevo a cabo especialmente en el equinoccio de septiembre. Entre otras, tanto ITERA, Institut Teknolo-

gi Sumatera, universidad estatal en Lampung como la asociación KS ANDROMEDA en Yogyakarta impulsaron a sus miembros (que trabajaron en colaboración y comparando los resultados entre ellos) a participar con esferas terrestres, globos inflables e incluso balones de deporte.

Los resultados de las observaciones realizadas en unos pocos días y en diferentes islas y lugares de Indonesia se pueden hallar en la web de NASE, pero destacaremos aquí el interés de un trabajo realizado en un mismo país que se extiende por una zona de longitudes comprendidas entre 95°E y 140°E, es decir 3 horas de diferencia horaria.



Fig. 31a: Con palillos en los dos extremos del país (Foto: Aditya Abdilah Yusuf, ITERA, Lampung (5°S, 105°E) Indonesia), Fig. 31b: Preparando la Tierra Paralela (Foto Iswanto Adi Setya Utomo, Jogja Astro Club, Yogyakarta (8°S, 110°E) Indonesia), Fig. 31c: Con plastilina señalando el terminador al avanzar la hora (Foto: Yudhiakto Pramudya, KS ANDROMEDA, Bantul, (3°S, 111°E) Indonesia), Fig. 31 d: Señalando la posición en los diferentes meridianos del país, (Foto: Agung Laksana, Senior High School Muhammadiyah 1, (7°S, 110°E), Yogyakarta, Indonesia).

12. La Tierra Paralela para explicar conceptos específicos

Sol de medianoche

Pero una de las imágenes más espectaculares nos llegó desde el círculo polar ártico. Según nos decía su autor Sakari Ekko: “En la región polar, al norte del Círculo Polar Ártico, hay un momento alrededor del verano en el que el Sol no se pone en absoluto. Se llama la hora del sol de medianoche. Es fácil de demostrar utilizando el método de la Tierra Paralela”.



Fig. 32: Una única foto no indica que se tomó a medianoche, pero una serie de fotos visualiza la trayectoria del Sol en el cielo del norte. (Foto: Sakari Ekko, European Association for Astronomy Education, Hetta, 2° al norte del Círculo Polar Ártico (68°N, 24°E), Finland).

“Mi casa de verano está en la Laponia finlandesa, a unos 2° al norte del Círculo Polar Ártico, cerca de un pequeño pueblo llamado Hetta. En el solsticio de verano, el Sol está a más de 2° sobre el horizonte a medianoche. El sol no se pone en absoluto en Hetta durante casi dos meses”.

“¿Y el invierno? Bueno, no es posible utilizar el método de la Tierra Paralela en pleno invierno en Hetta porque el Sol no sale durante más de un mes. Sin embargo, la oscuridad no es total”.



Fig. 33: Sol de medianoche en Hetta. 2° al norte del Círculo Polar Ártico, (Foto: Sakari Ekko, European Association for Astronomy Education, (68°N, 24°E), Hetta, Finland).



Fig. 34a: Al mediodía, en el solsticio de invierno, la luz tiene un maravilloso color azul que se refleja en la nieve. ¡La “hora azul” en Hetta dura varias horas! Foto 34b: Simulación del invierno en Hetta (flecha amarilla). (Foto: Sakari Ekko, European Association for Astronomy Education, (68°N, 24°E), Hetta, Finland).

“Es posible mostrar la noche polar con el método de la Tierra Paralela. Usando el globo en su latitud en el solsticio de invierno, encontrará que la región al norte del Círculo Polar Ártico está en la sombra. Esta es quizás la propiedad más instructiva del método de la Tierra Paralela: puede ver la altitud y el azimut del Sol en todo el hemisferio iluminado”.



Foto 35: En invierno, solo las auroras y la luz de la Luna suelen iluminar el paisaje. (Foto: Sakari Ekko, European Association for Astronomy Education, (68°N, 24°E), Hetta, Finland).

Explicar las estaciones en zona ecuatorial

Otra visión a considerar desde una zona especial del planeta nos llegó de Tanzania, país en la zona ecuatorial. Como nos decía su autor Noorali Jiwaji: “Nosotros no experimentamos las cuatro estaciones que se enseñan en los libros. Realmente solo tenemos tres temporadas: calor, lluvioso, frío o incluso solo dos: calor y frío. Entonces, aprender de los libros es simplemente empollar sin comprender. Pero la Tierra Paralela demuestra por qué hace calor durante todo el año en los trópicos y se comprende la importancia de la inclinación del eje de la Tierra.”

Para poder comprender el fenómeno, cabe establecer comparaciones, así: «Las sombras largas en latitudes altas se pueden comparar con las sombras largas, en nuestras latitudes, por las mañanas y las tardes que son más frescas.»



Fig. 36: La Terra Paralela ayuda a explicar por qué no hay estaciones durante todo el año en los trópicos (Foto: Noorali Jiwaji, Open University of Tanzania, (7°S, 39°E), Dar es Salaam, Tanzania)



Fig. 37a y 37b: Se puede comparar las sombras largas de diferentes latitudes para comprender la diferencia de temperaturas. (Foto: Noorali Jiwaji, Open University of Tanzania, (7°S, 39°E), Dar es Salaam, Tanzania)

3. Resultados y conclusiones

Un total de XXX proyectos fueron enviados por medio centenar de profesores de países de cuatro continentes (África, América, Asia y Europa). En ellos se comprueba como tuvieron la oportunidad de observar directamente el movimiento del Sol a lo largo de medio año y compartir la información obtenida con otros colegas de otros centros educativos e incluso con otros colegas de diferentes países. Se han involucrados un total de 22 países: Alemania, Andorra, Argentina, Bulgaria, Corea del Sur, Ecuador, España, Estados Unidos, Filipinas, Finlandia, Grecia, Indonesia, Irán, Italia, Japón, Paraguay, Portugal, Rumania, Senegal, Serbia, Tanzania y Uganda.

Hubo dieciocho países que participaron en la sesión de clausura de este proyecto, incluido como Gran Experiencia, de perfil internacional, dentro del festival Ciencia en Acción del año 2020. La Conexión tuvo lugar en directo, con la plataforma Google Meet de la Universidad Politécnica de Catalunya y con retransmisión en vivo gracias al canal Youtube de Ciencia en Acción. Varios equipos de profesores y estudiantes participaron en una conexión en directo durante 3 horas exponiendo sus resultados y compartiendo la experiencia en Youtube con otras personas motivándolas hacia la ciencia en general y la astronomía en particular. La retransmisión permanece grabada en el canal de Ciencia en Acción y pasado unos meses aun recibe descargas de estudiantes y profesores interesados.

El éxito fue considerable:

- el programa CEA planea una nueva «gran experiencia» relacionada con una actividad de observación en el campo de la astronomía que se puede organizar fácilmente en muchos países sin tener que contar con una gran infraestructura y que sea sencilla de llevar al gran público como experimento científico en vivo y en directo.
- el Grupo de Trabajo NASE planea repetir un nuevo proyecto global para 2020 que involucre a países en diferentes continentes y repetir un evento final probablemente en más de un país para facilitar la reunión cara a cara o bien una reunión online entre varios equipos.

Finalmente queremos agradecer a varias instituciones internacionales que brindan apoyo al «Proyecto Tierra Paralela» promoviéndolo en sus países y áreas de influencia:

CONICET, Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas, Argentina
CSIC, Consejo Nacional de Investigaciones, España.
EAAE Asociación Europea para la Enseñanza de la Astronomía

Bibliografía

- Alemany, C., Ros, R.M., (2011), Tierra Paralela, Consejo Superior de Investigaciones Científicas, EU-UNAWA, Barcelona.
- Esteban, E., (2009), “El globo terráqueo paralelo: una bola mágica para enseñar astronomía”, Alambique, revista de Didáctica de las Ciencias Experimentales Nº 61, Ed. Graó
- Esteban, E., (2017), Astronomía para Aprender 2017, Publicaciones de ApEA nº 31.
- García, B. (2012). Proyecto de Eratostenes con Rafaela. NASE. 18 de septiembre de 2020 de http://sac.csic.es/astrosecundaria/es/astronomia_en_la_ciudad/Eratostenes.pdf
- Lanciano, N. (2014), «A complexidade e a dialética de um ponto de vista local e de um ponto de vista global em Astronomia», Ensino de Astronomia na escola: concepções, ideias e práticas. Uberlândia/MG-Brasil: EDUFU - Editora da Universidade Federal de Uberlândia, - ISBN: 978-85-7670-239-9 pp 167-193.
- Lanciano N., (2014), Il Globo Istrice, Progetto Alice, vol XV, n 43, pp 161-172
- Lanciano, N., (2016), Strumenti per i giardino del cielo, IV Edizione, ed Asterios, Trieste
- Lanciano N., Giordano E., Rossi S., Berardo M., (2012) “La sphère de la Terre entre astronomie et géométrie - Le Projet International Globo Local, Poster, Actes EMF 2012, Enseignement des mathématiques et contrat social Enjeux et défis pour le 21° siècle, Ginevra (Svizzera)” 2012 <http://www.emf2012.unige.ch/images/stories/pdf/Actes-EMF2012/Actes-EMF2012-Affiches/AFF-pdf/EMF2012AF> ISBN : 978-2-8399-1115-3
- Ros, R.M., (2001), De l'intérieur et de l'extérieur, Les Cahiers Clairaut, 95, p.1-5, Orsay, 2001.
- Ros, R.M., (1998), Laboratorio de Astronomía, Tribuna de Astronomía, 154, p.18-29, 1998.
- Ros, R.M., (2002), Sunrise and sunset positions change every day, Proceedings of 6th EAAE International Summer School, 177, 188, Barcelona.
- Ros, R.M., Capell, A., Colom, J., (2005), El planisferio y 40 actividades más, Antares, Barcelona.
- Ros, R.M., Lanciano, N., (1995). El horizonte en la Astronomía, Astronomía Astrofotografía y Astronáutica, 76, p.12-20.
- Rossi, S., Giordano, E., Lanciano, N., (2015), “The Parallel Globe: a powerful instrument to perform investigation on Earth's illumination”, <http://stacks.iop.org/0031-9120/50/32> Phys. Educ. 50 (2015) 32-41. doi:10.1088/0031-9120/50/1/32
- Rossi, S., Giordano, E., Lanciano, N., (2016), “The Sky on Earth project: a synergy between formal and informal astronomy education” Phys. Educ. 51, published online, <http://dx.doi.org/10.1088/0031-9120/51/5/055003>.

<http://artheque.ens-cachan.fr/items/show/399?image=2&v=#bibnum> 2011 GLOBOLocal
Projet international de libération des mappemondes de leurs supports “universels” pour
qu’elles deviennent locales et démocratiques – JIES Chamonix 2011– «L’idée de nature dans
la médiation et l’éducation scientifiques»

