

# LA ESFERA LISA. EL DISPOSITIVO DIDÁCTICO QUE DA FUNDAMENTO ASTRONÓMICO AL GLOBO TERRÁQUEO PARALELO.

## THE SMOOTH SPHERE. THE DIDACTIC DEVICE THAT PROVIDES AN ASTRONOMICAL FOUNDATION TO THE PARALLEL EARTH GLOBE

## A ESFERA SUA VE. O DISPOSITIVO DIDÁTICO QUE FORNECE UMA BASE ASTRONÔMICA PARA O GLOBO TERRESTRE PARALELO

Néstor Camino<sup>1</sup>

Nicoletta Lanciano<sup>2</sup>

Cristina Terminiello<sup>3</sup>

1

**Resumen:** La Esfera Lisa es un dispositivo didáctico para la Enseñanza de la Astronomía, sencillo, de bajo costo y de gran potencialidad didáctica. Consiste en una esfera sin marcas de ningún tipo, dispuesta al aire libre, iluminada por el Sol. A partir del registro sistemático de su estado de iluminación (terminadores, sombras de pequeños gnomons) y usando un nivel de burbuja, se determinan los puntos y círculos más importantes: posición topocéntrica, Polos, Trópicos, Círculos Polares y Ecuador. De gran precisión en las medidas, se vincula con el planeta real y constituye el fundamento astronómico para la utilización del Globo Terráqueo Paralelo.

**Palabras-clave:** Esfera Lisa. Globo Terráqueo Paralelo. Didáctica de la Astronomía. Observación. Diurno.

**Abstract:** The Smooth Sphere is a didactic device for Teaching Astronomy, simple, inexpensive and with great didactic potential. It consists of a sphere without marks of any kind, arranged in the open air, illuminated by the Sun. From the systematic record of its illumination state (terminators, shadows of small gnomons) and using a bubble level, the points and most important circles are determined: topocentric position, Poles, Tropics, Polar Circles and Equator. Highly accurate in measurements, it is linked to the real planet and constitutes the astronomical basis for the use of the Parallel Earth Globe.

**Keywords:** Smooth Sphere. Parallel Earth Globe. Didactics of Astronomy. Observation. Diurnal.

---

<sup>1</sup> Lic. en Astronomía, Prof. en Fisicomatemáticas, Dr. en Cs. de la Educación. Plaza del Cielo–CONICET-FHCS UNPSJB, Esquel, Argentina. ORCID: [0000-0003-1091-5741](https://orcid.org/0000-0003-1091-5741) , [nestor.camino.esquel@gmail.com](mailto:nestor.camino.esquel@gmail.com).

<sup>2</sup> Università di Roma «La Sapienza» e Gruppo di ricerca sulla pedagogia del cielo del MCE (Movimento di Cooperazione Educativa) pedagogia Freinet. Roma, Italia. ORCID: [0000-0001-5990-6120](https://orcid.org/0000-0001-5990-6120) , [nicoletta.lanciano@uniroma1.it](mailto:nicoletta.lanciano@uniroma1.it).

<sup>3</sup> Profesora en Ciencias de la Educación. Complejo Plaza del Cielo. [crister@gmail.com](mailto:crister@gmail.com)



REVISTA INTERNACIONAL  
DE PESQUISA EM  
DIDÁTICA DAS CIÊNCIAS  
E MATEMÁTICA

**Resumo:** A Esfera Suave é um dispositivo didático para o Ensino de Astronomia, simples, barato e com grande potencial didático. Consiste em uma esfera sem marcas de qualquer tipo, disposta ao ar livre, iluminada pelo Sol. A partir do registro sistemático de seu estado de iluminação (terminadores, sombras de pequenos gnômons) e usando um nível de bolha, os pontos e círculos mais importantes: posição topocêntrica, pólos, trópicos, círculos polares e equador. De grande precisão nas medições, está vinculado ao planeta real e constitui a base astronômica para o uso do Globo Terrestre Paralelo.

**Palavras-chave:** Esfera Suave. Globo Terrestre Paralelo. Didática da Astronomia. Observação. Diurno.

**Submetido 16/09/2020**

**Aceito 17/11/2020**

**Publicado 17/11/2020**

### El Globo Terráqueo Paralelo: una herramienta didáctica de gran importancia

El Globo Terráqueo Paralelo (Figura 1) es una herramienta didáctica de gran potencialidad y riqueza conceptual, educativa y cultural, que posibilita la construcción de aprendizajes significativos en el campo de la Enseñanza de la Astronomía.

Es un dispositivo, un instrumento astronómico, que permite materializar, “visualizar”, muchos conceptos esenciales para la Astronomía y la Geografía, con total rigurosidad y profunda simplicidad. La profundidad del trabajo didáctico a partir del Globo Terráqueo Paralelo se sustenta en décadas de experiencias y desarrollos teóricos, metodológicos y didácticos. (McKINNEY, 1965; UNESCO, 1973; LANCIANO, 2019)



Globo Terráqueo Paralelo en Esquel y en Roma.

Figura 1: Izq.: Globo Terráqueo Paralelo en Esquel, durante un solsticio, y Der.: GTP en Roma.  
Imagen: Izq.: Complejo Plaza del Cielo; Der.: Nicoletta Lanciano

El Globo Terráqueo Paralelo posibilita la construcción de una “visión dual”: local y planetaria (Figura 2), para describir y explicar la mayoría de los fenómenos y conceptos de la Astronomía observacional “a ojo desnudo” (CAMINO, 1988-1989, 2000; TIGNANELLI, 2010). Por esto, cabe preguntarnos entonces por sus fundamentos astronómicos, para ser conscientes de ellos y poder generar luego acciones didácticas acordes a cada grupo de estudiantes, potenciando sus aprendizajes. (CAMINO, 2012)

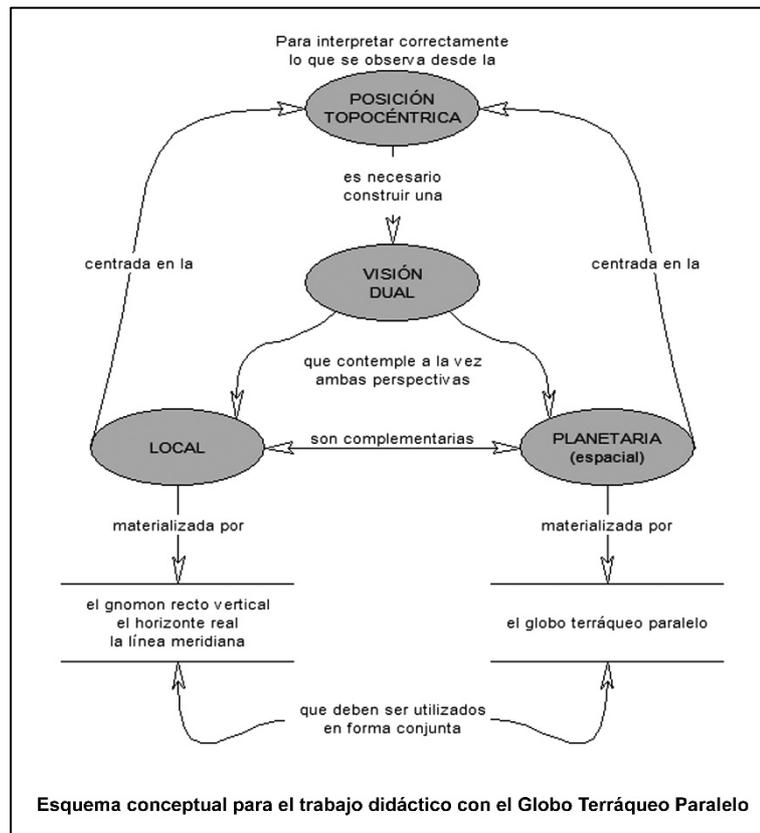


Figura 2: Esquema conceptual sobre la visión dual que ofrece un Globo Terráqueo Paralelo.  
 Imagen: Complejo Plaza del Cielo

La característica geométrica esencial de un Globo Terráqueo Paralelo, que lo hace tan especial, es que éste y la Tierra son “homotéticos”, es decir: cada línea y cada plano del dispositivo didáctico son paralelos a los correspondientes líneas y planos del planeta, y los puntos de la superficie de uno tienen su correspondiente en la superficie del otro; así, la Tierra y el Globo Terráqueo Paralelo tienen el mismo estado de iluminación.

Como dispositivo astronómico, esta condición geométrica tridimensional se satisface al cumplir dos condiciones. La primera, es que la posición topocéntrica del observador en el Globo Terráqueo Paralelo esté ubicada en el cenit de la esfera del globo (del mismo modo que lo está la posición topocéntrica en el planeta real), de modo tal que la vertical astronómica de la representación coincide con la vertical astronómica de la realidad. La segunda, es que el plano del meridiano astronómico del observador en el Globo Terráqueo Paralelo esté contenido en el meridiano astronómico de la realidad, con los respectivos ejes de rotación paralelos entre sí.

## La Esfera Lisa

El dispositivo que hemos denominado “Esfera Lisa” (Figura 3) consiste en una esfera sin ningún tipo de marca o detalle en su superficie, construida en cemento blanco, de alta resistencia a las condiciones climáticas ya que estará siempre expuesta a la intemperie (gran amplitud térmica, vientos fuertes, baja humedad ambiente, alta radiación UV)<sup>4</sup>. Si bien el diámetro de la esfera puede ser cualquiera, un tamaño muy adecuado para el trabajo didáctico es de 40-50 cm de diámetro. (LANCIANO et al, 2011)



Figura 3: Esfera lisa, construida en cemento blanco, de 48 cm de diámetro.  
Imagen: Complejo Plaza del Cielo

El material elegido para su construcción tiene además dos importantes características: su reflectividad, haciendo que la diferencia entre la zona iluminada y la zona no iluminada directamente por el Sol sea muy notoria, y la posibilidad de escribir sobre su superficie durante una observación, borrándose luego lo escrito muy fácilmente.

<sup>4</sup> Si fuera a utilizarse por única vez, no instalada en forma permanente a la intemperie, una esfera de telgopor o de otro tipo de material de bajo costo es también adecuado para el trabajo propuesto.

### Antecedentes de la relación de la Esfera Lisa y el Globo Terráqueo Paralelo

El dispositivo didáctico Esfera Lisa fue desarrollado hace más de diez años por los Autores, como complemento para comprender y utilizar cada vez mejor el Globo Terráqueo Paralelo, en especial en lo que respecta a sus fundamentos astronómicos, conceptuales, metodológicos y didácticos. No hemos hallado un antecedente idéntico de este desarrollo Esfera Lisa-Globo Terráqueo Paralelo en la Enseñanza de la Astronomía.

Sin embargo, deseamos llamar la atención sobre el que quizás sea el único dispositivo similar, cuyo origen se remonta varios siglos al pasado, y que, si bien no se conoce completamente su historia, es interesante comentarlo por su interés cultural e histórico. Nos referimos a la denominada “esfera de Matelica”, la cual sería un antecesor ubicado a “mitad de camino” entre la Esfera Lisa y el Globo Terráqueo Paralelo.

Durante la refacción de un edificio en el centro histórico de la ciudad de Matelica, Macerata, Italia, se halló una esfera de mármol blanco, de 29.6 cm de diámetro, con inscripciones, símbolos y líneas en bajo relieve (Figura 4). Su origen sería anterior al siglo II antes de Cristo, en la época greco-romana.<sup>5</sup> La esfera de Matelica se considera el primer reloj de Sol esférico, y permitiría determinar, una vez orientado adecuadamente, distintos efectos del movimiento diurno y anual del Sol en el cielo local (CARUSI et al, 1989).

6

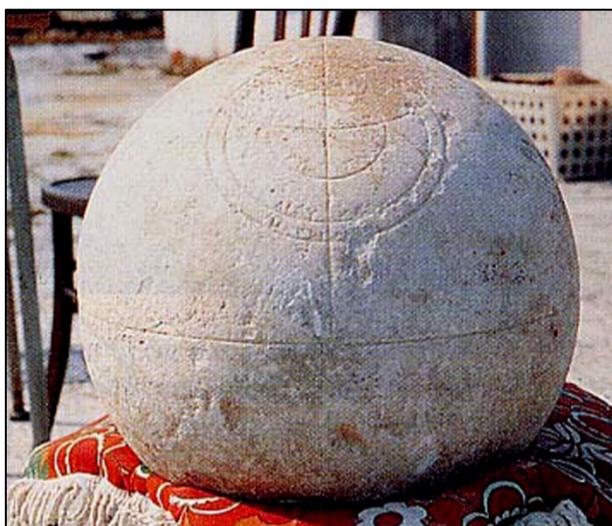


Figura 4: La esfera de Matelica, marcada y orientada, precursora del Globo Terráqueo Paralelo.  
Imagen: Andrea Carusi y Danilo Baldini, 1989.

<sup>5</sup> Existe una esfera muy similar, de la misma época y prácticamente del mismo tamaño y material, hallada en la ciudad de Prosymna, Grecia. Sugerimos consultar: SCHALDACH, K., FEUSTEL, O. “The globe dial of Prosymna”. BSS Bulletin Volume 25(iii) September 2013.

### **Proceso para transformar una Esfera Lisa en un Globo Terráqueo Paralelo**

¿Cuáles son, entonces, los pasos observacionales para transformar una Esfera Lisa en un Globo Terráqueo Paralelo, satisfaciendo en el proceso aquellas condiciones geométricas (homotecia) antes presentadas? (Figura 5).

Realizaremos para este proceso dos tipos de observaciones, uno basado en la gravedad local, el otro basado en el seguimiento y registro sistemático del estado de iluminación en tiempo real de la Esfera Lisa al estar iluminada por el Sol.

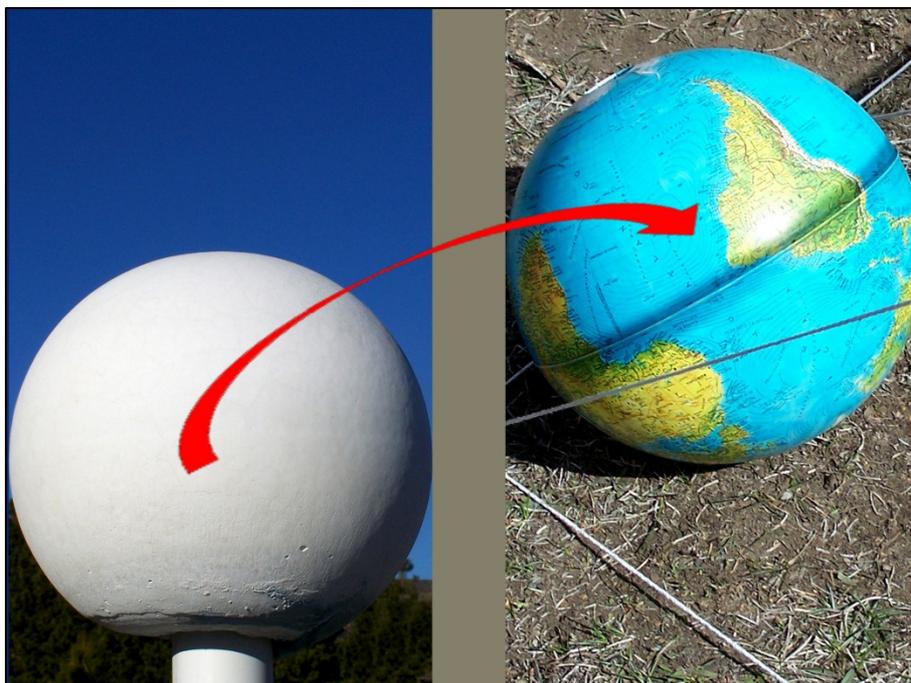


Figura 5: ¿Cómo se transforma una Esfera lisa en un Globo Terráqueo Paralelo?  
Imagen: Complejo Plaza del Cielo

### **La materialización del plano del horizonte y de la vertical astronómicos del lugar**

La posición de un observador sobre la superficie terrestre se denomina “posición topocéntrica”, la cual está determinada por la vertical astronómica del lugar y por el plano del horizonte astronómico, el cual es tangente al planeta en el punto de observación.

La vertical astronómica está materializada por la dirección de una plomada, y el horizonte astronómico está materializado por la superficie de los líquidos en libertad en grandes regiones. La vertical y el horizonte astronómicos son perpendiculares entre sí.

El plano del horizonte local y la vertical astronómica, perpendiculares entre sí, materializan el Sistema Horizontal Local de coordenadas astronómicas, esencial para el estudio del cielo.

Para determinar el plano de los líquidos en libertad, se utiliza un nivel de burbuja, ya sea circular o lineal. El punto sobre la Esfera Lisa que se corresponde con la posición topocéntrica se ubica a partir de utilizar pequeños niveles de burbuja, moviéndolos sobre la superficie hasta encontrar el punto, único, en el que la burbuja está centrada exactamente. Esta posición será, entonces, el punto de tangencia entre el plano del horizonte astronómico y la superficie de la esfera.

En el caso de utilizar niveles circulares (Figura 6) la posición se encuentra rápidamente. En el caso de utilizar niveles lineales, se debe buscar la posición de equilibrio de la burbuja en dos direcciones mutuamente perpendiculares; en la intersección de las mismas se ubica el punto buscado.

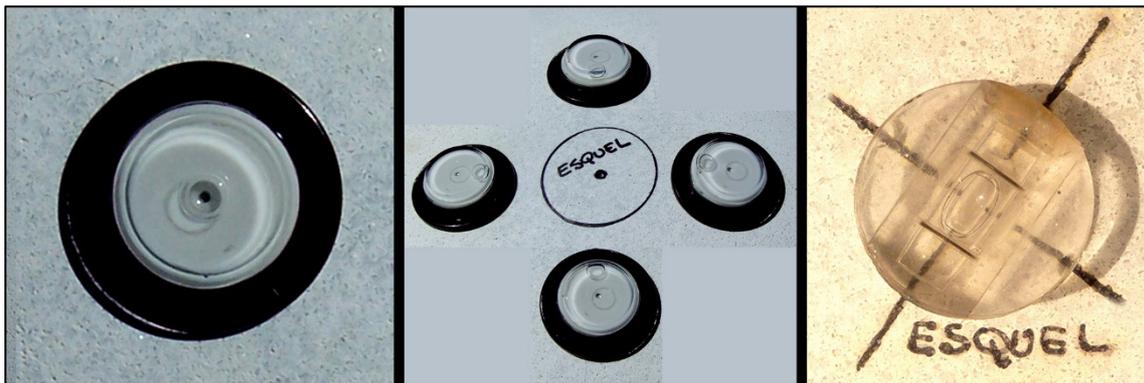


Figura 6: Uso de niveles de burbuja para ubicar la posición topocéntrica sobre la Esfera Lisa.  
Imagen: Complejo Plaza del Cielo

En la posición topocéntrica recién hallada se ubicará un pequeño observador con un gnomon recto vertical, los que representarán al observador real y su gnomon sobre la Tierra (Figura 7).

El uso de una plomada muestra claramente que existe una y solo una dirección vertical posible para cada punto sobre la superficie del planeta, y que la misma es perpendicular al plano del horizonte antes indicado.



Figura 7: El observador con su gnomon en la posición topocéntrica sobre la Esfera Lisa.  
 Imagen: Complejo Plaza del Cielo

9

En la Figura 8 se muestran distintas posiciones de la plomada y de un observador, para visualizar la univocidad de la vertical del lugar con la posición topocéntrica y su perpendicularidad con el plano del horizonte local: las verticales de dos lugares de observación no son paralelas, ya que la Tierra no es plana (por si quedara alguna duda...).

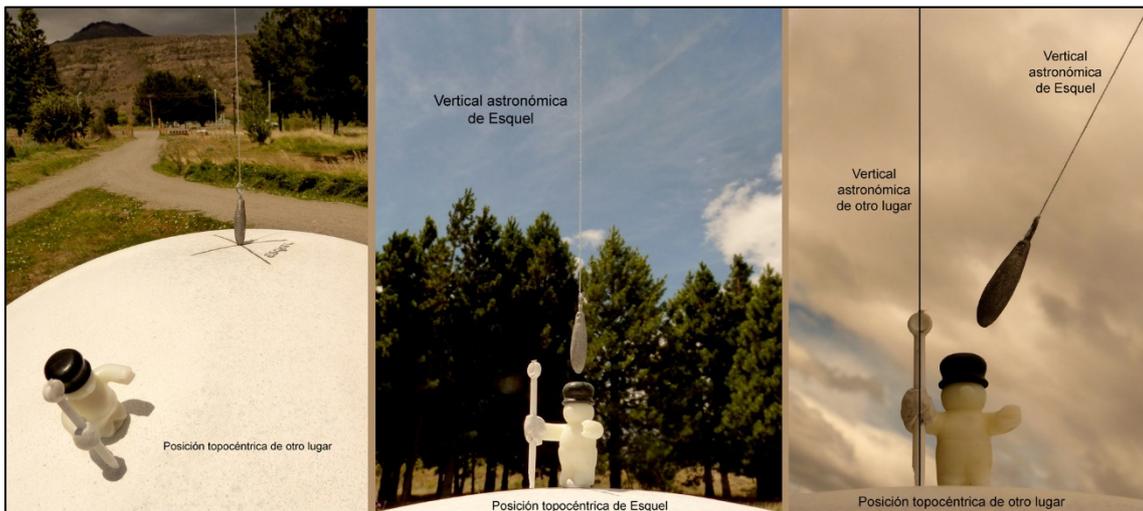


Figura 8: El observador con su gnomon en la posición topocéntrica sobre la Esfera Lisa.  
 Imagen: Complejo Plaza del Cielo

## La determinación de los Polos de rotación

Para determinar los Polos de rotación (Polos geográficos) del Globo Terráqueo Paralelo en construcción, es necesario registrar el estado de iluminación de la Esfera Lisa durante un equinoccio. Tal registro se realizará a partir del seguimiento sistemático del terminador (o círculo de iluminación, un círculo máximo), la línea difusa (debido a la atmósfera terrestre) que separa la mitad del planeta Tierra iluminada directamente por el Sol (lado diurno) de la que está en sombra (lado nocturno).

Durante un equinoccio, el terminador instante tras instante pasa exactamente por ambos Polos de rotación. Es decir: durante un equinoccio, cada terminador equivale a un meridiano geográfico.

Por consiguiente, registrando los terminadores día-noche sobre la Esfera Lisa en distintos momentos del día del equinoccio, la intersección de los mismos determina sobre la superficie dos puntos, uno hacia el cielo (en Esquel, el Polo “elevado” será el Polo Sur) y otro hacia el suelo (el Polo “depresso” será el Polo Norte) (Figura 9 y Figura 10).

10

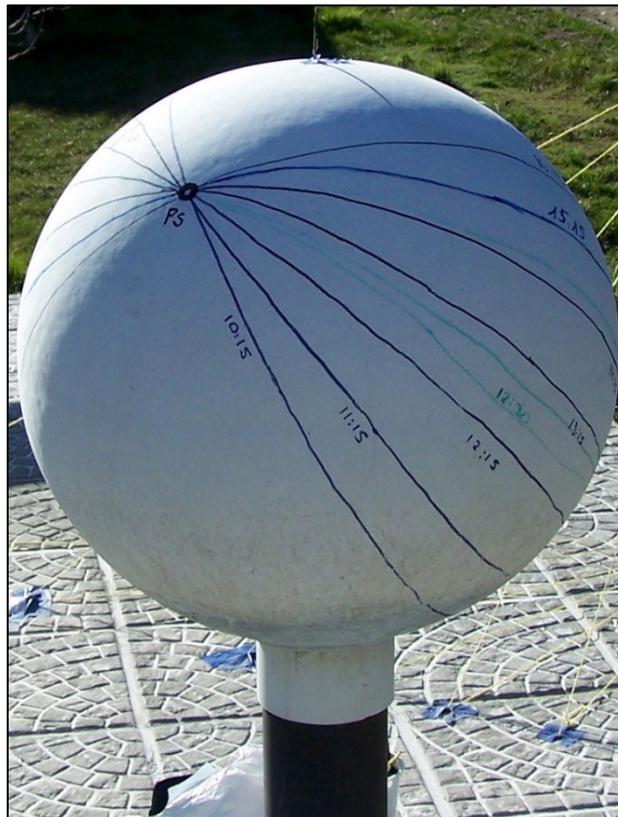


Figura 9: Terminadores/meridianos registrados sobre la superficie de la Esfera Lisa durante un equinoccio. Imagen: Complejo Plaza del Cielo



Figura 10: Secuencia del estado de iluminación de la Esfera Lisa durante un equinoccio.  
Imagen: Complejo Plaza del Cielo

Si el intervalo entre los registros de los terminadores es exactamente de una hora, el ángulo que forman los mismos en el punto de intersección es de  $15^\circ$  (Figura 11). Esta sencilla experiencia permite mostrar en tiempo real el fundamento de la división del espacio terrestre en veinticuatro zonas de  $15^\circ$  de amplitud, lo que equivale cada una a una hora de tiempo ( $24 \times 15^\circ = 360^\circ$ ;  $24 \times 1 \text{ h} = 24 \text{ h}$ ): tal es el fundamento del sistema internacional de husos horarios, que vincula espacio y tiempo sobre la superficie terrestre.

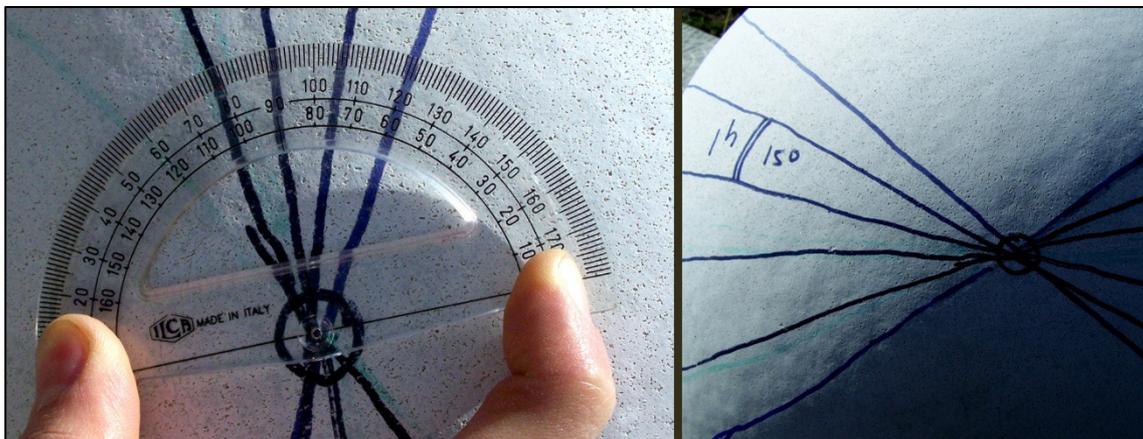


Figura 11: Terminadores registrados a intervalos de 1 h están separados por  $15^\circ$  en los Polos de rotación.  
Imagen: Complejo Plaza del Cielo

## La determinación de los Círculos Polares

Para determinar los círculos polares, Norte y Sur, es necesario registrar el estado de iluminación de la Esfera Lisa durante un solsticio. En estos dos días, en diciembre y junio, el terminador se mueve por la esfera instantáneamente alejándose más que cualquier otro día del año de los Polos de rotación.

Así, registrando la evolución de los terminadores durante un solsticio, a partir de dibujar un segmento de los mismos cercano a los Polos, quedan definidas dos regiones circulares: para el Hemisferio Sur, durante el solsticio de diciembre, una que queda siempre iluminada (centrada en el Polo Sur) y la otra que queda siempre en sombra (centrada en el Polo Norte); viceversa ocurre durante el solsticio de junio (Figura 12).

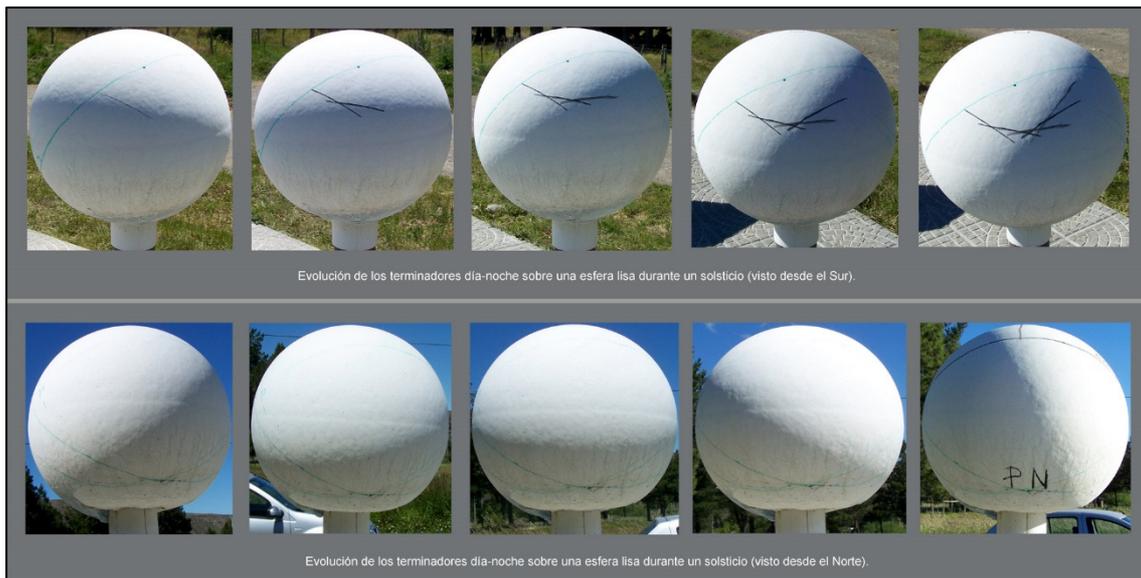


Figura 12: Secuencia del estado de iluminación de una Esfera Lisa durante el solsticio de diciembre.  
 Imagen: Complejo Plaza del Cielo

Cada conjunto de segmentos (uno en la zona iluminada, el otro en la zona en sombra) “envuelve” a una circunferencia, la cual es tangente a cada uno de estos segmentos (y por consiguiente a cada terminador); los puntos de tangencia están todos a la misma distancia del Polo.

Las circunferencias con centro en los Polos determinan entonces el Círculo Polar Norte y el Círculo Polar Sur, que definen a su vez a los Casquetes Polares (Figura 13).

El trazado final de ambas circunferencias se realiza a partir del ajuste de los distintos segmentos de los terminadores con la utilización de un compás, con centro en los Polos antes determinados (y así nuevamente verificados), lo cual nos posibilitará una mayor precisión en el trabajo didáctico posterior, que desarrollaremos más adelante.



Figura 13: Trazado final de la curva tangente a los terminadores durante un solsticio.  
Imagen: Complejo Plaza del Cielo

### La determinación de los Trópicos

El proceso para determinar los Trópicos será también a través del registro sistemático del estado de iluminación de la Esfera Lisa, aunque esta vez utilizando la sombra proyectada por un pequeño gnomon recto vertical, en lugar de utilizar los terminadores día-noche.

Ante todo, es importante contar con una definición de Trópico, a partir de una condición relacionada con la posición del Sol en ciertos instantes y lugares, y la consecuente sombra que proyectan los objetos opacos iluminados por el mismo. Así, la definición a partir de la cual trabajaremos es la siguiente: *Un Trópico es el lugar geométrico de los puntos sobre la superficie terrestre en los cuales, durante un solsticio y a mediodía solar verdadero, una varilla recta vertical da sombra sobre su propio pie.*

Si sucede esto, significa que el Sol se ubicó en ese instante en el cenit del punto sobre la superficie terrestre, fenómeno que se denomina un “paso cenital”. (Figura 14)



Figura 14: Pequeña varilla recta perpendicular a una Esfera Lisa, durante un solsticio, con su sombra proyectada directamente sobre su vertical. Imagen: Complejo Plaza del Cielo

Cabe destacar que este dispositivo tiene dos objetivos didácticos. El primero es dar continuidad y coherencia a la observación sistemática de las sombras que proyecta un gnomon recto vertical, y su utilización para determinar distintos parámetros espaciales y temporales (latitud, meridiana, mediodía solar verdadero, oblicuidad de la Eclíptica respecto al Ecuador, entre otros) (CAMINO et al, 2009, 2014, 2016). El segundo objetivo es contrastar aquella afirmación, ampliamente difundida, de que en un solsticio los objetos en un Trópico “no dan sombra”, lo cual es un concepto erróneo: en puntos sobre la superficie terrestre ubicados entre los Trópicos, cuando sucede un paso cenital, los cuerpos dan sombra sobre su propio pie, pero jamás dejan de proyectar sombra, como objetos opacos que son todos (árboles, personas, edificios, gnomons) <sup>6</sup>.

<sup>6</sup> Es importante notar además que esta misma experiencia puede realizarse utilizando pequeños “tubos de luz”: el equivalente al dispositivo antes mostrado, pero a partir de un tubo o agujero sobre un pequeño trípode, el cual, durante el paso cenital, proyecta sobre la Esfera Lisa un disco de luz. Este dispositivo es interesante además porque puede vincularse con distintas costumbres y rituales de pueblos originarios de América ubicados en la zona tropical, quienes utilizaban estos tubos de luz en cavernas y edificios como marcadores temporales. Sugerimos ver MORANTE, R. B. (2019). Observatorios astronómicos en tubos de lava mesoamericanos. *AVÁ* 35. ISSN: 1515-2413 (impreso); 1851-1694 (on-line).

De acuerdo con la definición anterior, y durante un solsticio, se distribuyen varias de estas pequeñas varillas rectas perpendiculares a la superficie de la Esfera Lisa, y en un determinado instante se identifica aquella cuya sombra se proyecta sobre su propio pie.

En cada instante, habrá un único punto sobre la Esfera Lisa en el cual una varilla recta dé sombra sobre su propio pie: por ese punto pasará el Trópico. El instante de tiempo en que ocurre esto es el mediodía solar verdadero del punto en cuestión (Figura 15).

A medida que pase el tiempo, quedarán marcados sobre la Esfera Lisa un conjunto de puntos, aquellos que cumplieron con la condición establecida. La unión de todos esos puntos es la traza del Trópico que corresponda a la fecha de observación (de Capricornio en diciembre, de Cáncer en junio) en su proyección sobre la Esfera Lisa (y sobre el Globo Terráqueo Paralelo). (Figura 16)



Figura 15: Pequeñas varillas rectas perpendiculares a la Esfera Lisa, con sus respectivas sombras durante un solsticio. Las de los extremos no están sobre un Trópico, la del centro sí lo está.

Imagen: Complejo Plaza del Cielo

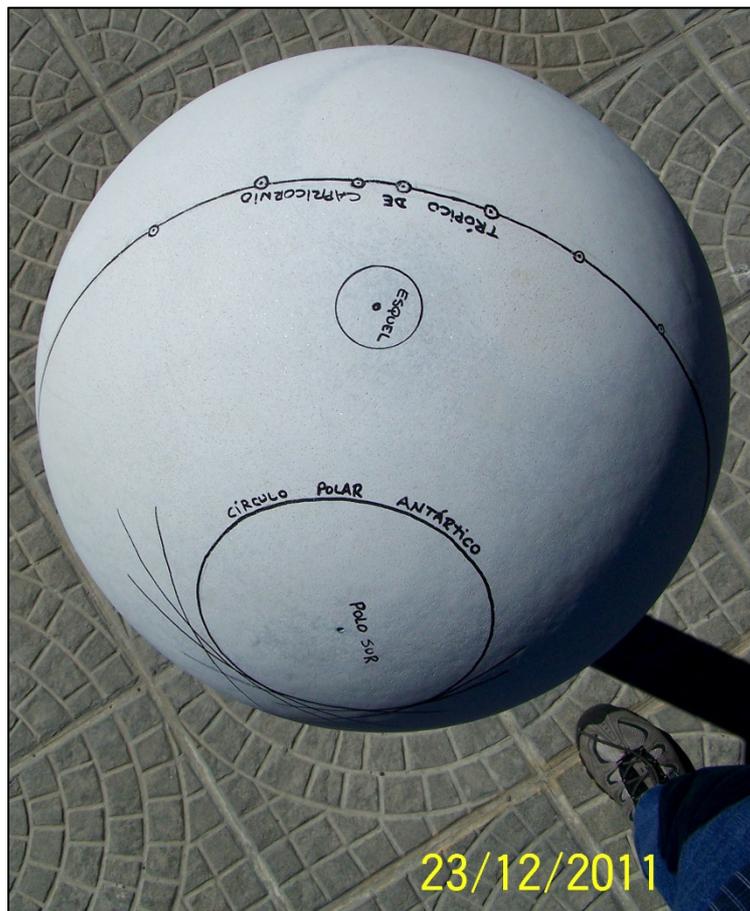


Figura 16: La Esfera Lisa con la posición topocéntrica, los Polos, los Círculos Polares y el Trópico de Capricornio ya marcados. Imagen: Complejo Plaza del Cielo

### La determinación del Ecuador

El Ecuador terrestre puede marcarse sobre la Esfera Lisa de la misma manera que para la determinación de los Trópicos, es decir: buscar el paso cenital del Sol sobre los puntos que cumplen con esa condición durante el mediodía solar verdadero en los días de equinoccio. Por razones de espacio, daremos por comprendida esta forma de trabajo, consideraremos ya marcado el Ecuador sobre la Esfera Lisa, y pasaremos a realizar algunos cálculos, con el fin de probar la “bondad” y precisión del dispositivo didáctico Esfera Lisa en la fundamentación y construcción de un Globo Terráqueo Paralelo.

### La Esfera Lisa como un instrumento de medición

¿De qué manera podríamos afirmar que los procedimientos realizados sobre la Esfera Lisa brindan también la posibilidad de realizar mediciones, con un grado satisfactorio de precisión? Más aún, si esto fuera así, el Globo Terráqueo Paralelo podría utilizarse con total confianza para realizar mediciones y cálculos en cuanto a las dimensiones espacial y temporal, ya que la Esfera Lisa que lo fundamenta es confiable.

El primer paso es analizar en qué grado coinciden los puntos (posición topocéntrica y Polos) y los círculos (Círculos Polares, Trópicos y Ecuador) determinados con la representación habitual de nuestro planeta (en este caso, utilizaremos Google Earth). A partir de la Figura 17, podemos afirmar que las determinaciones realizadas sobre la Esfera Lisa satisfacen los criterios didácticos buscados para este instrumento.

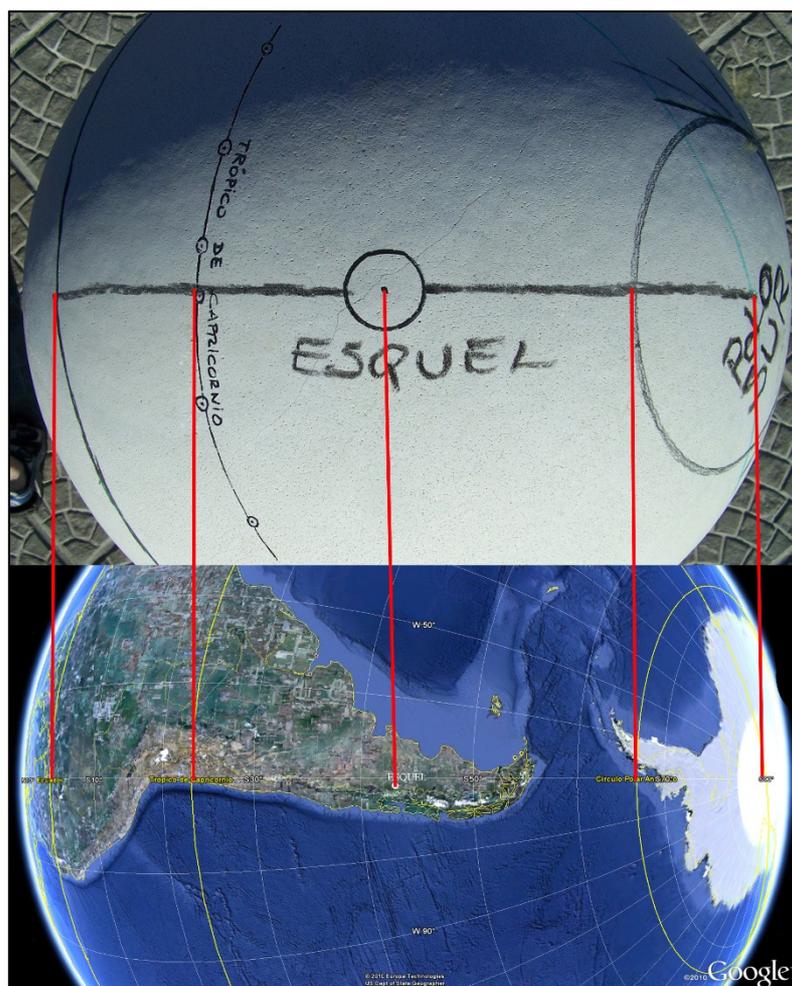


Figura 17: Comparación entre la Tierra presentada por Google Earth y la Esfera Lisa ya marcada.  
Imagen: Complejo Plaza del Cielo

Si realizamos ahora un análisis más fino, cuantitativo, buscando con qué precisión podríamos medir, por ejemplo, latitudes geográficas, sobre la Esfera Lisa ya marcada, necesitaremos realizar algunos cálculos y discutir los resultados que se obtengan.

La medición indirecta de la latitud de ciertos lugares se realizará a partir de una relación de proporcionalidad entre la distancia lineal sobre un meridiano y la distancia angular correspondiente, para dos puntos sobre la esfera, tomando como origen de medición el Ecuador.

Para medir las distancias lineales se dispondrá una cinta métrica de hule sobre el meridiano del lugar, entre el Polo y el Ecuador (Figura 18).

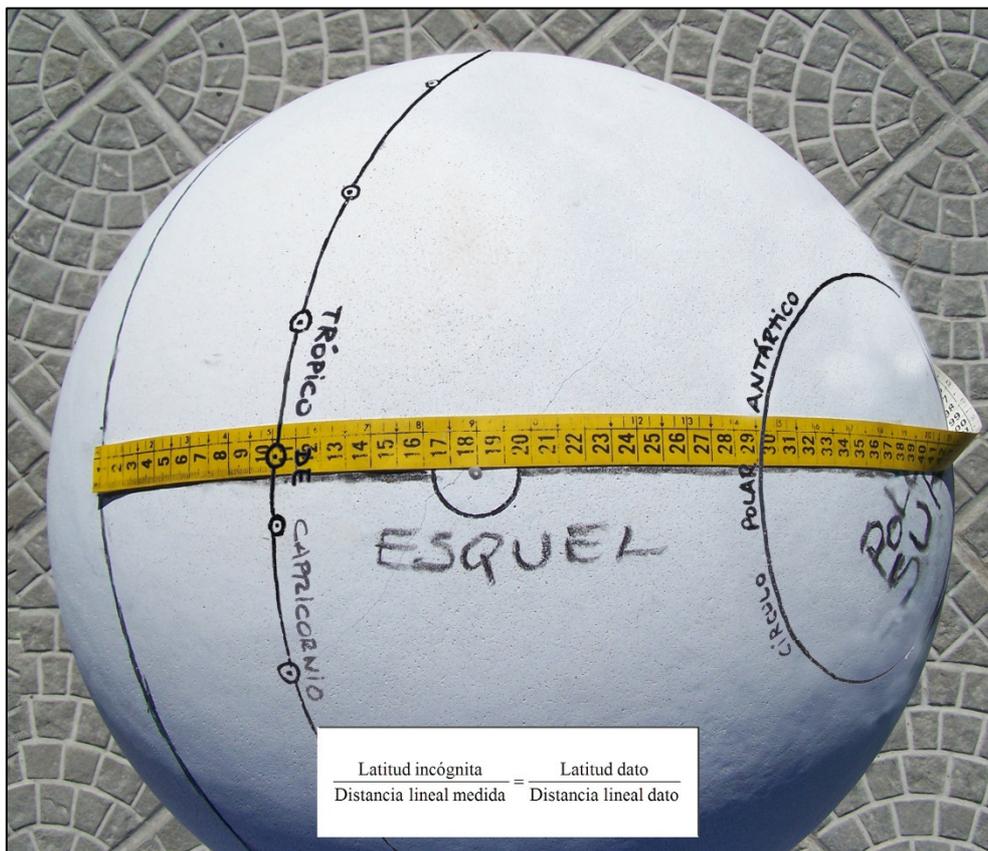


Figura 18: Relación de proporcionalidad entre la distancias lineales y latitudes sobre una Esfera Lisa.  
 Imagen: Complejo Plaza del Cielo

La medición indirecta de la latitud del lugar de observación (Esquel), se realiza a partir del cálculo que se muestra en la Figura 19. Nótese el bajo error relativo (<1%) en esta determinación, en un método que utiliza simplemente la observación a ojo desnudo y el uso de niveles de burbuja.

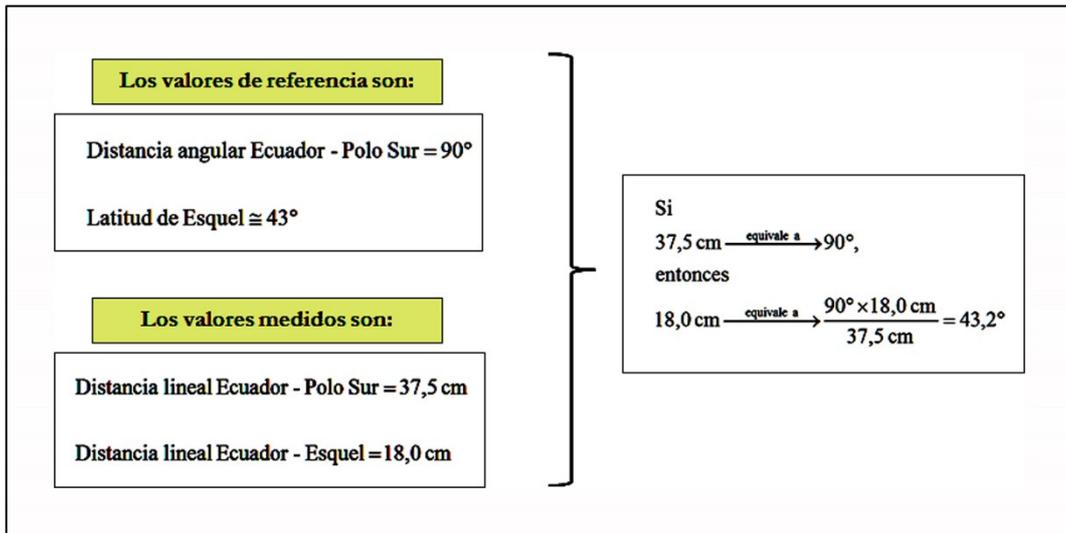


Figura 19: Cálculo de la latitud del lugar de observación (Esquel).  
 Imagen: Complejo Plaza del Cielo

La medición indirecta de la latitud del Círculo Polar Sur se realiza a partir del cálculo que se muestra en la Figura 20. En este caso el error relativo es mayor (<10%).

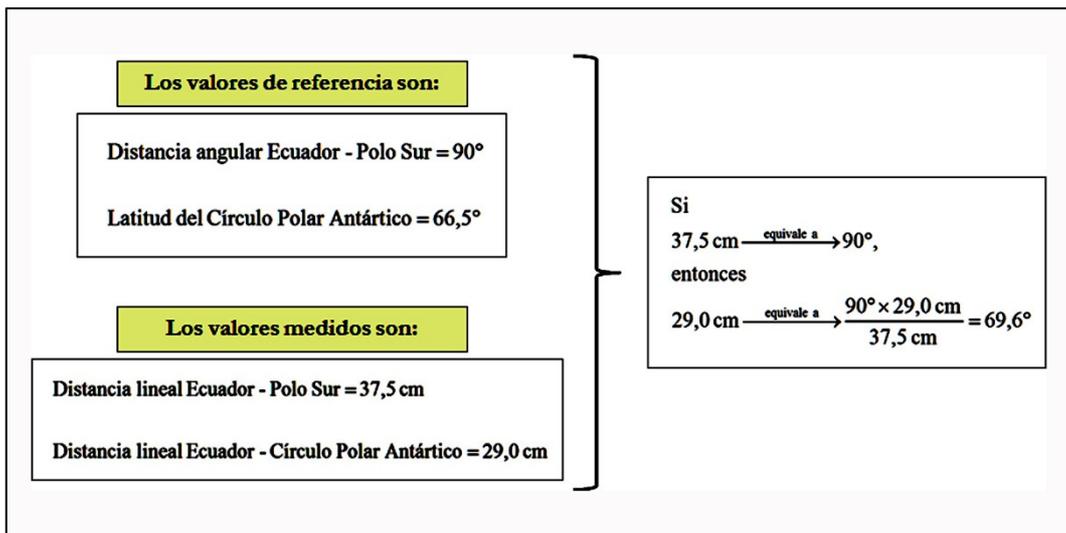


Figura 20: Cálculo de la latitud del Círculo Polar Sur.  
 Imagen: Complejo Plaza del Cielo

La medición indirecta de la latitud del Trópico de Capricornio se realiza a partir del cálculo que se muestra en la Figura 21. En este caso el error relativo es bajo (<2%).

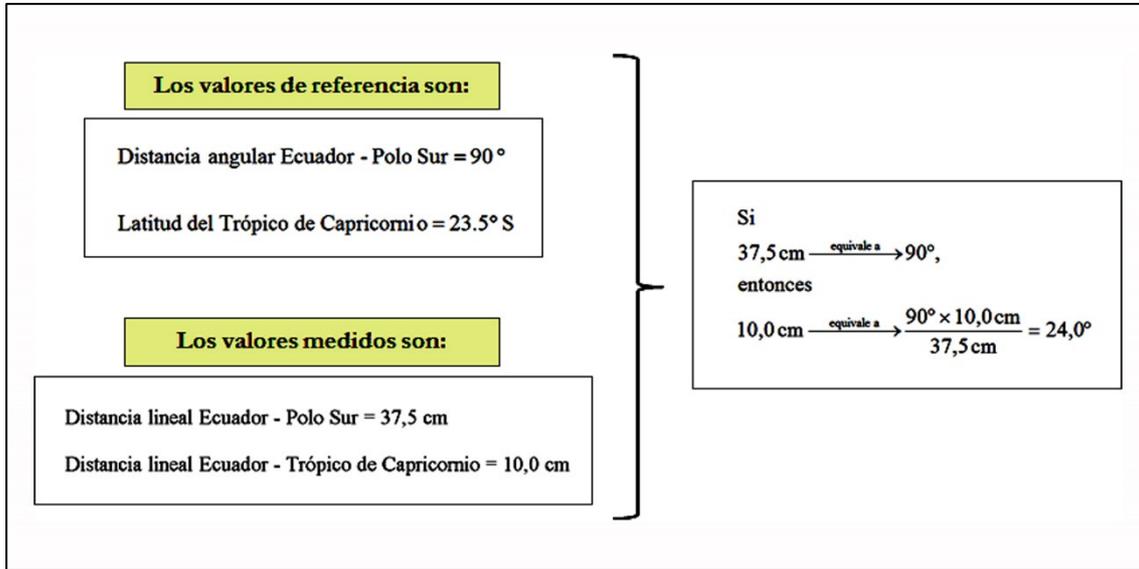


Figura 21: Cálculo de la latitud del Trópico de Capricornio.  
Imagen: Complejo Plaza del Cielo

Recordemos que la distancia lineal medida sobre un mismo meridiano, entre el Trópico y el Ecuador, es igual a la distancia lineal medida entre el Círculo Polar y el Polo, lo cual se corresponde con las respectivas diferencias en latitud.

### Discusión sobre los errores relativos de las mediciones realizadas

Al comparar los errores relativos en las mediciones indirectas realizadas, es claro que el proceso de determinación de la latitud de la posición topocéntrica de Esquel fue el más preciso (<1%), luego la determinación de la latitud del Trópico de Capricornio (<2%) y mayor aún la determinación de la latitud del Círculo Polar Antártico (<10%). Si consideramos que no hubo errores de procedimiento, el análisis nos lleva a focalizar la atención sobre qué clase de observación se realizó en cada caso: gravitatoria y lumínica.

La determinación de la posición topocéntrica fue un proceso gravitatorio, utilizándose un nivel de burbuja, dispositivo que permite identificar un punto sobre la esfera con gran precisión.

La determinación del Trópico fue también muy precisa, ya que fue realizada buscando una pequeña sombra de forma circular, condición que está asociada también a una única posición sobre la esfera, en cada instante del solsticio.

La determinación del Círculo Polar tuvo su principal fuente de incerteza en que la línea de los terminadores es muy difusa, y no es posible determinarla con mayor precisión, esto debido a la existencia de la atmósfera (el terminador difuso produce crepúsculos y albas).

### Las escalas de la Esfera Lisa

Dada la gran distancia entre el Sol y la Tierra, sumado a la diferencia en sus tamaños, y lo mismo vale para cualquier esfera ubicada sobre la superficie terrestre, podemos considerar que toda Esfera Lisa (y posteriormente todo Globo Terráqueo Paralelo), de los tamaños que fueran, representan fielmente y en tiempo real (Figura 22) el estado de iluminación de la Tierra en el espacio (excepto cuando la posición topocéntrica está en el lado nocturno del planeta, en que el dispositivo deja de funcionar).

21

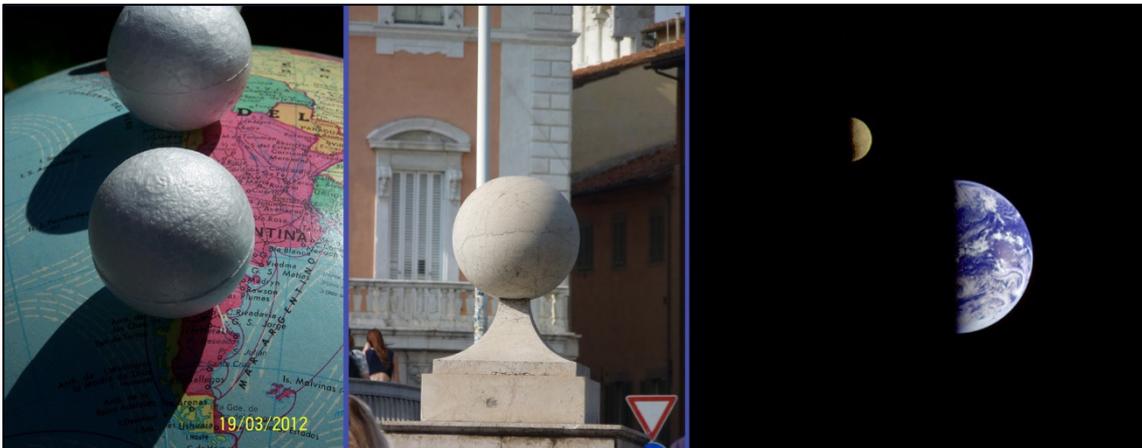


Figura 22: Pequeñas esferas lisas sobre un Globo Terráqueo Paralelo, una esfera ornamental en Pisa (Italia), las esferas de la Tierra y la Luna: todas equivalentes para la iluminación del Sol.  
Imagen: Complejo Plaza del Cielo y NASA Galileo 1992.

Por consiguiente, es posible observar el estado de iluminación del planeta en tiempo real en esferas lisas de gran tamaño o también muy pequeñas, variando únicamente la precisión de las medidas posibles de ser realizadas en unas y otras.

La Figura 23 muestra un conjunto de pequeñas esferas lisas de telgopor, ubicadas en distintas latitudes, en un mismo meridiano, sobre un Globo Terráqueo Paralelo, durante el equinoccio de marzo. Sobre las esferas lisas se han indicado los correspondientes ejes de rotación y horizonte del lugar. Nótese la sencillez del dispositivo, resaltándose nuevamente que la precisión con la que se observan distintas características (altura sobre el horizonte del Polo en cada lugar, por ejemplo) tiene la suficiente calidad como para constituir una muy valiosa herramienta didáctica, de gran rigurosidad conceptual y claridad metodológica.

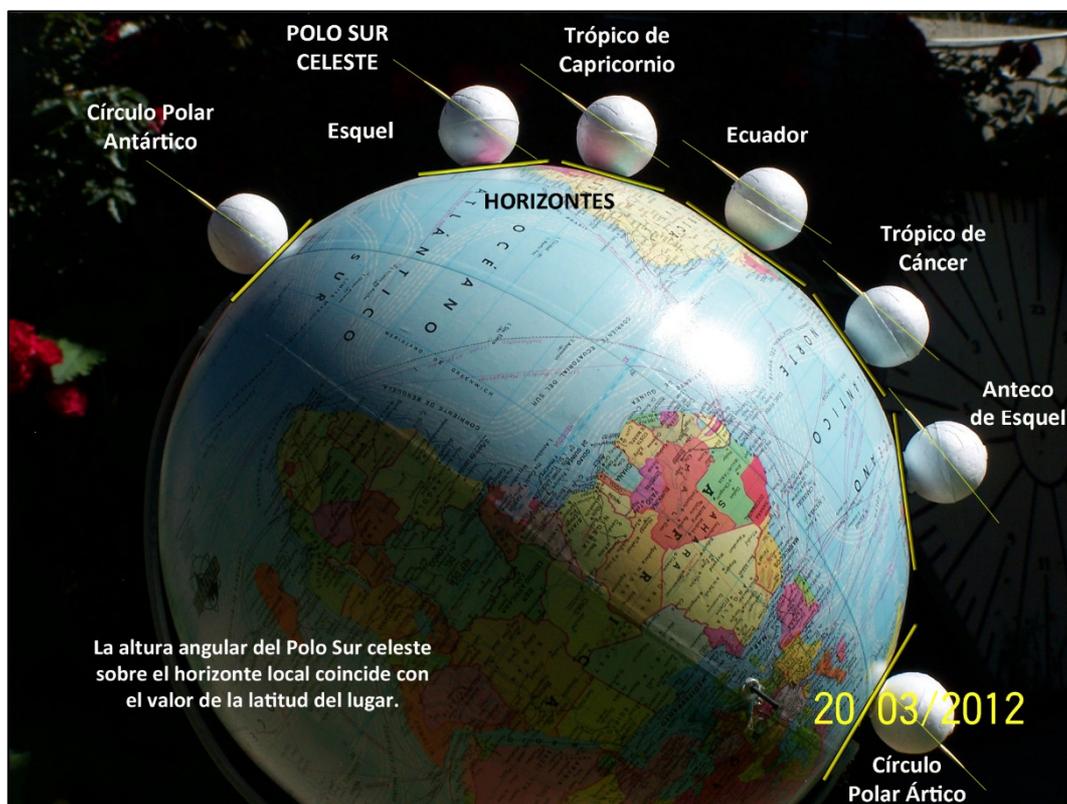


Figura 23: Pequeñas esferas lisas distribuidas en distintas latitudes, en el mismo meridiano, sobre un Globo Terráqueo Paralelo, durante un equinoccio. Imagen: Complejo Plaza del Cielo.

### Reflexiones didácticas

La Esfera Lisa es una herramienta didáctica muy sencilla, de bajo costo, y de muy fácil manejo para todas las edades. Sin embargo, sus posibilidades para la construcción de conceptos astronómicos, geográficos, geométricos, entre otros muchos, le da una riqueza singular como recurso para la Didáctica de la Astronomía.

La calidad y potencia didácticas de la Esfera Lisa, posibilita además confiar en las mediciones que pueden realizarse tanto con este sencillo dispositivo, como así también con el Globo Terráqueo Paralelo, al cual da fundamento astronómico.

Cuando los estudiantes desarrollan un trabajo de observación y registro sistemático sobre la Esfera Lisa, como el aquí presentado, comienzan a comprender de forma vivencial y significativa de qué manera se fue gestando a través de la Historia el sistema de coordenadas geográfico y el sistema de tiempos actualmente en vigencia.

Se quita de esta manera el misterio de esas líneas que cubren el planeta y que en general no se conoce su origen, y se comienza a comprender cuáles aspectos son convencionales (unidades de medida, nombres, entre otros) y cuáles son materializaciones de regularidades lumínicas naturales que a través de siglos las personas observaron y utilizaron para organizar la vida en sociedad (Trópicos, entre otros).

### **Comentario final**

23

La posibilidad de comprender cómo funciona el entorno del mega espacio astronómico (Lanciano, 1996) desde la posición que cada uno tiene como observador sobre la Tierra, en el meso espacio, interpretando observaciones y fenómenos cotidianos, e incorporando conceptos de gran importancia para la Didáctica de la Astronomía como lo son la gravedad (Camino, 2006) y la luz (Camino, 2013), es quizás uno de los aspectos más relevantes del trabajo con la Esfera Lisa y con el Globo Terráqueo Paralelo.

Recomendamos entonces la utilización sistemática de un conjunto de dispositivos didácticos para la Enseñanza de la Astronomía, conformado por un gnomon recto vertical, una Esfera Lisa y un Globo Terráqueo Paralelo, en las aulas de las instituciones educativas de todos los niveles, para el trabajo sobre Astronomía y Geografía (CAMINO et al, 2014).

Este conjunto es adecuado para el trabajo didáctico de observación y registro de los fenómenos del cielo, para construir descripciones y explicaciones intuitivas y formales, para medir y calcular, para determinar parámetros de tiempo y espacio propios del sistema que forman la Tierra y el Sol.

Más aún, el trabajo con este conjunto de dispositivos es de gran relevancia para fortalecer la construcción de una mirada respetuosa de la diversidad, democrática y global, cuyo espíritu está esencialmente integrado a la propuesta que sobre Didáctica de la Astronomía hemos desarrollado en más de treinta años de trabajo profesional (Lanciano, 2014, 2019, 2020).

La Esfera Lisa y el Globo Terráqueo Paralelo son dispositivos basados en profundos fundamentos astronómicos, los cuales les dan una proyección sin límites en su utilización para una Didáctica de la Astronomía más cercana a la vida de las personas. Asimismo, sus principios antropológicos son esenciales para una ideología que considera a la Educación Intercultural como el principal camino para la transformación de nuestras comunidades, en paz y con respeto por todas las identidades. (LANCIANO et al, 2012)

## Referências

CAMINO, N. (1988-1989) Revista “El Gnomon Patagónico”. Complejo Plaza del Cielo, Esquel, Argentina.

CAMINO, N., et alii. (2000). “Construcción de las nociones de espacio y tiempo en segundo y tercer ciclos de EGB. Aspectos conceptuales y didácticos de la determinación de la posición en el espacio y el tiempo mediante la construcción de un reloj de Sol (segunda parte)”. **Actas del V Simposio de Investigadores en Educación en Física**. ISBN: 987-20512-1-6 (vol. I) / ISBN: 987-20512-3-2 (vol. II), Santa Fe, Argentina.

CAMINO, N. (2006). “Génesis y Evolución del Concepto de Gravedad. Construcción de una Visión de Universo”. Tesis de Doctorado. Facultad de Humanidades y Ciencias de la Educación, UN de La Plata. Disponible en: <http://www.memoria.fahce.unlp.edu.ar/tesis/te.232/te.232.pdf>

CAMINO, N., et alii. (2009). “Observación conjunta del Equinoccio de marzo, Proyecto CTS 4– Enseñanza de la Astronomía”. Cad. N°31 (número especial), SBPC. Disponible en: [http://www.sbpcnet.org.br/site/publicacoes/outras-publicacoes/caderno\\_digital/caderno\\_31.pdf](http://www.sbpcnet.org.br/site/publicacoes/outras-publicacoes/caderno_digital/caderno_31.pdf)

CAMINO, N. (2012). “La Didáctica de la Astronomía como campo de investigación e innovación educativas”. En Bretones, Paulo (compilador), Actas electrónicas del I Simpósio Nacional de Educação em Astronomia (SNEA I). Rio de Janeiro, Brasil.

CAMINO, N. (2013). “La luz en el universo actual”. Capítulo del libro Radiaciones. Una mirada multidimensional, del Programa “Escritura en Ciencias – 2013”, Instituto Nacional de Formación Docente, Ministerio de Educación de la Nación. 2014. ISBN 978-950-00-1046-7. Disponible en: [http://cedoc.infed.edu.ar/upload/Radiaciones\\_una\\_mirada\\_multidimensional.pdf](http://cedoc.infed.edu.ar/upload/Radiaciones_una_mirada_multidimensional.pdf)

CAMINO, N., et alii. (2014). “Determinación de la oblicuidad de la Eclíptica. Proyecto de observación conjunta entre Brasil y Argentina”. **Actas III Simpósio Nacional de Educação em Astronomia**. Curitiba, Brasil. Disponible en: <http://www.sab-astro.org.br/IIISNEA>

CAMINO, N., TERMINIELLO, C. (2014). “Escuelas a cielo abierto. Experiencias posibles sobre Didáctica de la Astronomía en escuelas públicas”. Capítulo del libro Ensino de Astronomia na escola. Concepções, ideias e práticas. Organizador: Marcos Daniel Longhini (Universidade Federal de Uberlândia). Editora: Átomo, Brasil. ISBN 978-85-7670-239-9. Pp. 423-441.

CAMINO, N., et alii. (2016). “Determinación observacional de la Analema. Proyecto de observación conjunta sudamericano”. **Actas IV Simpósio Nacional de Educação em Astronomia**. Goiânia, Brasil. Disponible en: <https://www.sab-astro.org.br/eventos/snea/iv-snea/atas/>

CARUSI, A., BALDINI, D. “Il globo di Matelica”. In: *l’Astronomia*, vol. 2, no. 92, (1989), pp. 30–38. Disponible en: <http://www.antiqui.it/archeoastronomia/globo.htm>

LANCIANO, N. (2020). Sitio web del Proyecto Internacional Globo Local: [www.globolocal.net](http://www.globolocal.net)

LANCIANO, N., CAMINO, N., MORELLATO, J. (2011). “Dagli orologi Solari sferici al Mappamondo Parallelo. Uno strumento didattico”. **Actas del XVII Seminario Nazionale di Gnomonica Pescia (PT)**. Pescia, Italia.

LANCIANO, N. (1996). “L’analisi delle concezioni e l’osservazione in classe: strumenti per la definizione degli obiettivi educativi e delle strategie pedagogiche per l’insegnamento dell’Astronomia nella scuola elementare in Italia”. Tesis doctoral, N°235, Universidad de Ginebra, Suiza. 313 pp. +Allegati.

LANCIANO, N., CAMINO, N. (2012). “Le nuove visioni per il mondo nascono da nuove visioni del mondo/della Terra”. En Falchetti, Elisabetta y Utzeri, Beatrice Utzeri (curadoras), **I linguaggi della sostenibilità. Nuove forme di dialogo nel museo scientifico**. ANMS e-Books, Roma, Italia. ISBN 978 88 908819 0 9. 2013. pp. 243-254.

LANCIANO, N. (2014). “A complexidade e a dialética de um ponto de vista local e de um ponto de vista global em Astronomia”. En: LONGHINI, Marcos Daniel (organizador). **Ensino de Astronomia na escola: concepções, ideias e práticas**. Uberlândia/MG-Brasil: EDUFU - ISBN: 978-85-7670-239-9 pp 167-193.

LANCIANO, N. (2019). **Strumenti per i giardini del cielo**. IV Edizione, ed Asterios (Trieste).

MCKINNEY, W. M. (1965). **Geography via Use of the Globe: Do It This Way**. National Council for Geographic Education, Illinois, USA. Disponible en: <http://files.eric.ed.gov/fulltext/ED128244.pdf>

TIGNANELLI, H. (2010). **La escuela da vuelta el mundo**. Ministerio de Educación de la República Argentina, Dirección Nacional de Educación Primaria, Áreas Curriculares, Ciencias Naturales, disponible en <http://www.fundacionconsenso.org.ar/dossier.pdf> .

UNESCO. (1973). **Nuevo manual de la UNESCO para la Enseñanza de las Ciencias**. Disponible en: <http://lcve.mincyt.gob.ar/downloads/LCVE-materiales-02.pdf>