

## Proyecto CTS 2009 – Enseñanza de la Astronomía

### “Observación conjunta del Equinoccio de marzo”

#### **OBJETIVOS GENERALES DEL PROYECTO**

- Fortalecer los vínculos entre investigadores y docentes en Enseñanza de la Astronomía de Brasil, Uruguay y Argentina, en el marco del Programa Ciencia-Tecnología-Sociedad.
- Iniciar acciones para formar una red de vínculos institucionales permanentes tendiente a fortalecer la investigación y las acciones didácticas compartidas en Enseñanza de la Astronomía, tomando como elemento motivador al Año Internacional de la Astronomía.
- Diseñar una nueva observación conjunta de un fenómeno astronómico equivalente (solsticios, eclipse de Luna, etc.) para el año 2010.

#### **OBJETIVOS ESPECÍFICOS DE LA ACTIVIDAD**

- Observar el equinoccio de marzo de 2009, en forma conjunta y simultánea entre grupos de docentes e investigadores en Enseñanza de la Astronomía de las ciudades de São Paulo, Porto Alegre, Montevideo, Buenos Aires y Esquel.
- Generar una instancia de análisis y discusión en forma comparativa de los registros obtenidos en cada ciudad a partir de la observación de un fenómeno astronómico común (el equinoccio de marzo de 2009), en lo posible en tiempo real.
- Brindar elementos a los docentes participantes de la experiencia para que profundicen su concientización sobre qué aspectos del mundo natural, en este caso astronómico, son comunes a todos sin excepción y qué aspectos son propios de cada ubicación geográfica, relacionando esto con nuestras similitudes y diferencias culturales, sociales, etc.
- Producir materiales didácticos especialmente diseñados para su utilización directa en las aulas de los distintos niveles de los Sistemas Educativos de los tres países participantes, con el fin de brindar elementos concretos para que los docentes en ejercicio incorporen en mayor medida a la Astronomía a su práctica real.
- Presentar la experiencia realizada y los resultados obtenidos en distintas reuniones nacionales y regionales, en especial en la reunión de CTS de Manaus en julio de 2009.
- Publicar al menos un artículo en una revista especializada sobre Enseñanza de la Astronomía (por ejemplo, la RELEA), u otra específica del área (por ejemplo, Enseñanza de las Ciencias).
- Producir un libro que registre la experiencia realizada y los resultados obtenidos, en color y bilingüe (español-portugués), a ser distribuido en las instituciones educativas de Brasil, Uruguay y Argentina, y de ser posible también en los demás países de Latinoamérica, en el marco del Programa Ciencia-Tecnología-Sociedad y del Año Internacional de la Astronomía.

## ELEMENTOS PARA LA FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA DE LA EXPERIENCIA

### Descripción del contexto general de la experiencia

La experiencia a desarrollar consistirá en observar en forma conjunta el Equinoccio de marzo de 2009, desde las cinco ubicaciones geográficas en las que viven y trabajan los Responsables de este Proyecto, tal como fuera definido en las reuniones de trabajo realizadas durante el Encuentro de CTS de Porto Alegre, en noviembre de 2008.

Cada Responsable trabajará en su ciudad con grupos de docentes de los distintos niveles educativos, en lo posible focalizando sobre quienes trabajan en Formación Docente, con el fin de que el proceso a desarrollar en esta experiencia tenga en el futuro una mayor llegada a las aulas.

El dispositivo común a los cinco grupos será un sencillo gnomon recto vertical (una varilla perpendicular al suelo), registrándose sistemáticamente la sombra de la misma desde la salida del Sol hasta su puesta, en lo posible durante el 20 de marzo de 2009, materializando las sombras y la dirección de los rayos de luz del Sol en cada instante de medición con hilos atados al gnomon, como se describirá en mayor detalle más adelante. Se utilizará también un Globo Terráqueo Paralelo, dispositivo complementario al gnomon a los fines de este Proyecto.

La ubicación geográfica de cada ciudad se indica en la figura siguiente.



Cabe destacar algunos aspectos, muy interesantes a los fines de comprender a través de la experiencia diseñada la realidad de nuestra geografía regional:

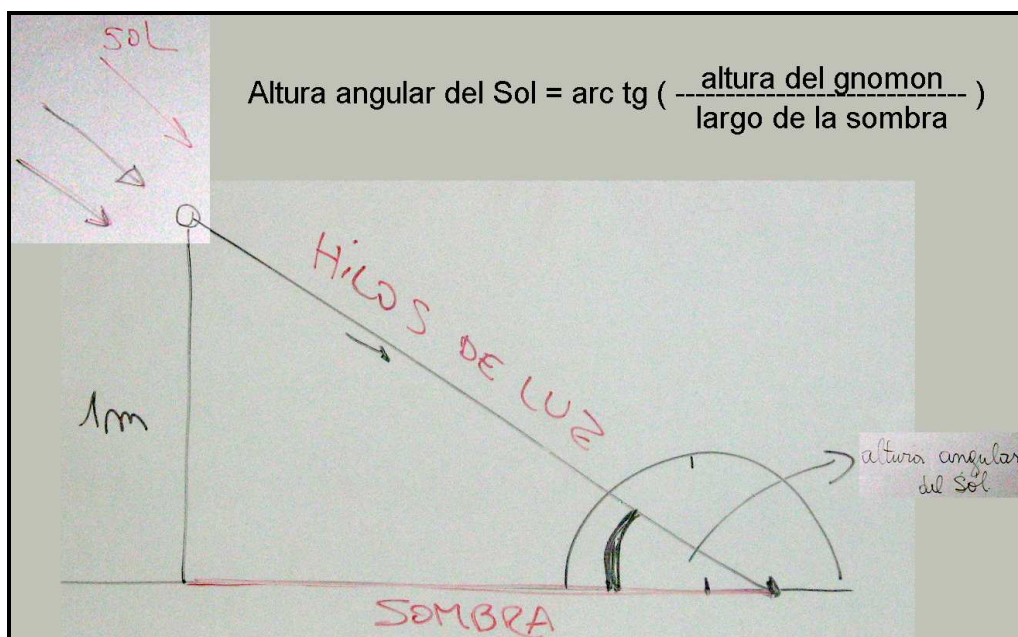
- ✓ La diferencia en latitud geográfica extrema entre las ciudades es de casi 20°, lo que generará que las sombras producidas por los gnomons tendrán largos muy variados, con diferencias mucho mayores que los errores experimentales naturales en una actividad como esta (de casi 50 cm aproximadamente a mediodía solar entre Esquel y São Paulo).
- ✓ La diferencia en longitud geográfica extrema equivale a más de una hora y media. Considerando que para la época del Equinoccio de marzo los tres países estarán en el mismo huso horario, si fuera posible estar en comunicación en tiempo real mientras se realiza la experiencia (con cámaras web, por ejemplo), los docentes participantes podrían percibir en forma muy notoria la velocidad de rotación terrestre y la extensión de nuestra región.

### Descripción de la geometría básica de la experiencia

En cada instante, durante cualquier día, el Sol ocupa una cierta posición en el cielo desde la cual es posible considerar que provienen sus rayos de luz; así, cualquier objeto proyectará una sombra sobre el suelo, cuya longitud máxima estará definida por la recta que une al Sol con el borde del objeto.

Si el objeto es una varilla fina y larga perpendicular al suelo, un “gnomon recto vertical”, su sombra sobre éste será una recta de cierto grosor y un poco difusa cuyo extremo estará en la prolongación de la recta que une al Sol con la punta de la varilla. Si en el extremo de la varilla se ubica un disco de metal con un agujero en su centro, es aún más sencillo determinar dónde termina la sombra producida por el gnomon en cada instante.

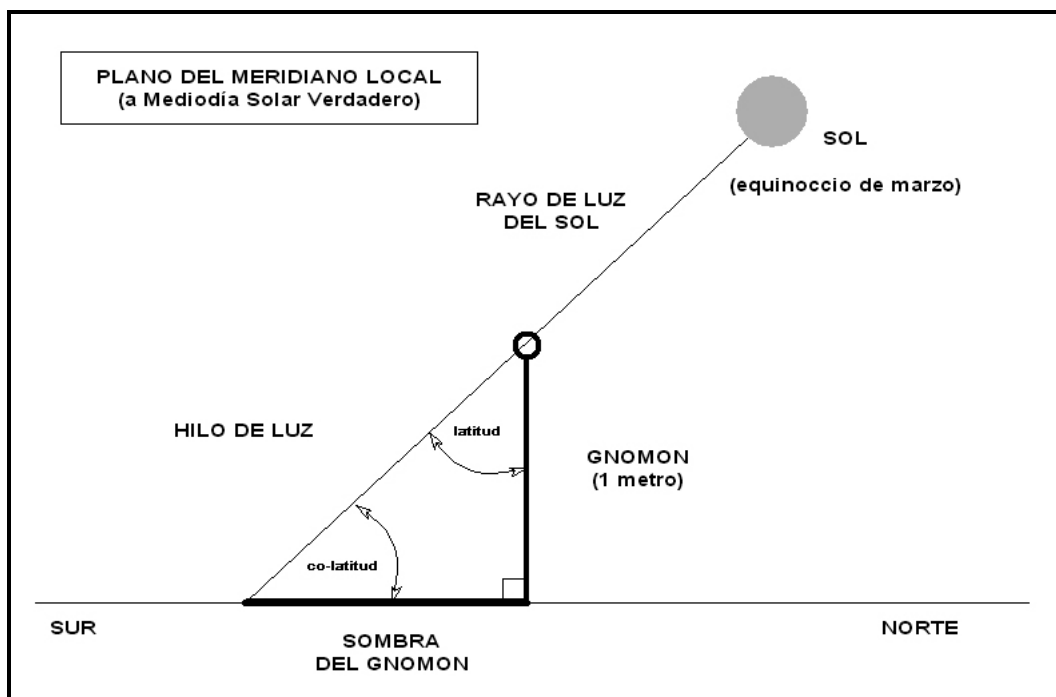
Queda así formado en el espacio tridimensional un triángulo rectángulo, de espesor considerado despreciable (si la varilla no es muy gruesa), en el que el ángulo formado en el extremo de la sombra y sobre el suelo coincide con la altura angular del Sol sobre el horizonte en cada instante, cuyo valor puede obtenerse a partir de una relación trigonométrica sencilla, tal como se indica en la figura siguiente:



## Descripción de la geometría durante el Mediodía Solar Verdadero en los equinoccios

Durante los equinoccios, el Sol recorre una trayectoria en el cielo local que coincide con la proyección del Ecuador Celeste; esto es lo que produce que durante estos días el Sol salga exactamente por el Este y se ponga por el Oeste, y que la duración del día y de la noche sean también exactamente de 12 horas.

En el instante del Mediodía Solar Verdadero, la altura angular del Sol coincide con la co-latitud del lugar de observación (o, lo que es equivalente, el ángulo de los rayos de luz en el extremo del gnomon coincide con la latitud geográfica del lugar de observación), tal como se indica en la siguiente figura:



Estos ángulos pueden determinarse indirectamente a través de la relación trigonométrica entre el largo del gnomon y el largo de su sombra, indicada en la página anterior, o bien por medición directa, mediante la utilización de un transportador de aula, tal como se muestra en las imágenes siguientes:



Medición directa del valor de la co-latitud  
(altura angular del Sol)



Medición directa del valor de  
la latitud del lugar de observación.

### Descripción de la geometría tridimensional en los equinoccios

Si en cada instante de observación durante el día del equinoccio, desde la salida del Sol hasta su puesta, se marcan las sombras del gnomon y se unen con hilos de color la base del gnomon con el extremo de la sombra, y el extremo del gnomon con el extremo de la sombra, queda conformada una estructura de hilos tridimensional en el espacio del lugar de observación.

Lo que hace particularmente interesante al desarrollo de esta actividad durante un equinoccio es que esta estructura tridimensional tiene la forma de sector de un plano, sector que comienza en la arandela de gnomon y termina sobre una línea recta en el suelo, determinada ésta por los extremos de todas las sombras que fueron marcadas durante el día.

Visto de perfil (desde el extremo de la línea recta sobre el suelo), queda también formado un triángulo rectángulo cuyos ángulos guardan la misma relación que lo descrito en la página anterior para el Mediodía Solar Verdadero.

Se dice, entonces, que el plano formado por todos los hilos que materializan los rayos de luz del Sol que pasaron durante el equinoccio por la arandela del gnomon coinciden con el plano del Ecuador Celeste en el lugar de observación. Por lo tanto, el ángulo que este plano (el Ecuador Celeste) forma con el suelo equivale a la co-latitud del lugar (o bien, que el ángulo en la arandela equivale a la latitud).



El gnomon y la estructura de hilos en el espacio tridimensional durante un equinoccio.

## Descripción del Globo Terráqueo Paralelo

El Globo Terráqueo Paralelo es un dispositivo muy sencillo, ingenioso y antiguo que, utilizado en forma sistemática, se convierte en una herramienta didáctica de gran potencialidad.

Consiste en hacer coincidir la orientación espacial con respecto a un sistema de referencia exterior (el fondo estrellado, por ejemplo) del planeta Tierra real con su representación en pequeña escala (un globo terráqueo de los utilizados en la escuela).

Cuando un observador está parado sobre la superficie terrestre (la posición topocéntrica), todo el planeta está debajo de sus pies; ubicando entonces al globo escolar sobre el suelo de modo que el lugar donde vivimos sobre su superficie esté en la parte superior del mismo, podemos considerar que, desde el exterior, ambas posiciones topocéntricas (la real y la representación sobre el globo pequeño) coinciden espacialmente.

Si luego hacemos coincidir las dos líneas Norte-Sur (la real que pasa por los pies del observador, también llamada “meridiana”) con el meridiano representado en el globo, podemos afirmar que ambas líneas Norte-Sur coinciden.

Finalmente, un observador externo ubicado muy lejos podría considerar que ambas esferas, la real y su representación, son “paralelas” en el espacio tridimensional: los ejes de rotación de ambas esferas (la Tierra y el globo) coinciden en su dirección espacial, tanto como lo hacen sus respectivos meridianos locales.

A los fines de esta experiencia, tanto como a los fines de la mayoría de las aplicaciones tecnológicas y de la ecología del planeta, es posible considerar que el Sol está lo suficientemente lejos de la Tierra como para tratar a la luz que llega de él en forma de haces de rayos paralelos. Es decir, el Sol ilumina exactamente igual (en esta aproximación) tanto a la Tierra real como a la pequeña esfera que la representa y que se ubica a los pies del observador.

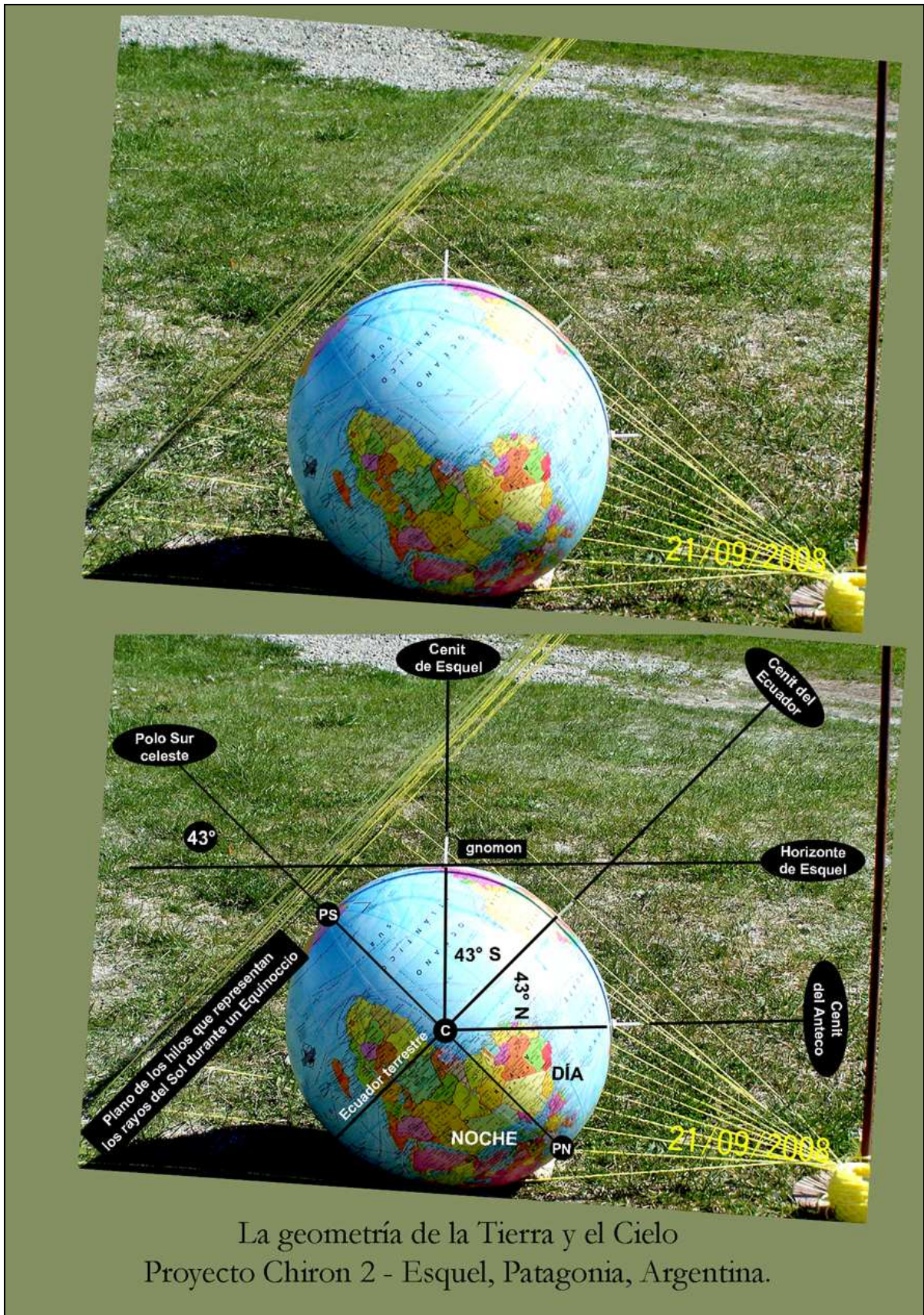
Así, estudiando la iluminación del Globo Terráqueo Paralelo es posible comprender cómo está iluminada la Tierra, la evolución del día y la noche y de las estaciones, tanto en cada lugar en particular como en el planeta como un todo.

**El Globo Terráqueo Paralelo iluminado durante un equinoccio.**



### La visión local y la visión planetaria

La figura siguiente ayuda a comprender las relaciones geométricas entre el lugar de observación y la Tierra como un todo, ambos con respecto a la luz del Sol durante un equinoccio, y permite hallar la relación antes citada entre los ángulos en el gnomon y la latitud geográfica del lugar.



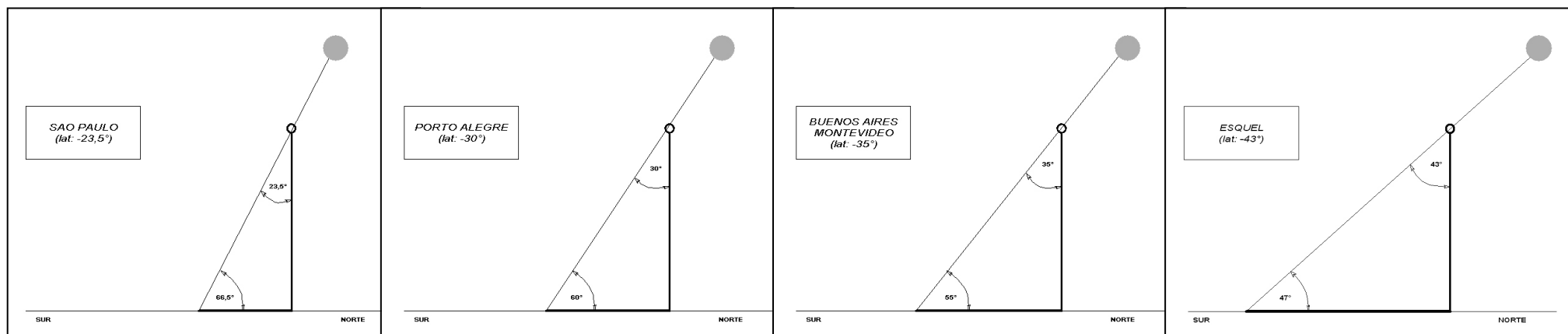
## La observación del equinoccio desde distintos lugares geográficos

Para comprender adecuadamente a los equinoccios, tanto como a la gran mayoría de los fenómenos astronómicos, es necesario analizarlos desde una doble perspectiva: planetaria, de la Tierra como un todo, y local, propia de cada lugar de observación.

En el caso de la experiencia del Proyecto CTS 2009, la observación a realizarse durante el equinoccio de marzo tendrá una fuerte componente de la perspectiva local, aunque todos los lugares compartirán lo general del planeta Tierra en este momento particular: el Sol saldrá por el Este y se pondrá por el Oeste en cada horizonte local; el día durará lo mismo que la noche para todos; la estructura tridimensional de los hilos que materializan los rayos de luz será un plano para todos los gnomons utilizados; la línea que forman los extremos de las sombras serán en todos los casos las rectas Este-Oeste; etc.

Sin embargo, habrá algunas particularidades, también geométricas, muy interesantes: el ángulo de inclinación con respecto al suelo del plano que forman los hilos será diferente para cada lugar de observación, dado que las cinco ciudades están ubicadas a diferentes latitudes geográficas (también están ubicadas a diferentes longitudes geográficas, pero a los fines de la geometría de esta actividad esto no será de interés específico).

En las figuras siguientes se indican, aproximadamente, cómo estarán ubicados los planos de los hilos con respecto al suelo de cada lugar de observación:



Variación de la altura angular del Sol durante un equinoccio en los distintos lugares de observación.



## DESCRIPCIÓN DEL GNOMON A UTILIZAR

Con el fin de que los registros que obtengan los distintos grupos de trabajo sean comparables directamente, permitiéndonos confiar en que los errores experimentales serían equivalentes, es recomendable utilizar una única medida para el largo del gnomon.

A los fines de que, además, las longitudes a medir y las relaciones trigonométricas a utilizar sean lo más sencillas posible, recomendamos un largo idéntico para todos los gnomons de un metro (1 m).

A modo de ejemplo, se describe a continuación un posible diseño para el gnomon a utilizar.

Construido a partir de una varilla de hierro de construcción lisa de 8 mm, este gnomon tiene una chapa soldada en la parte inferior para asegurar que al clavarlo en la tierra el mismo hace “tope” y queda firme y nivelado sobre la superficie.

Tiene asimismo una arandela soldada en la punta, de modo que su sombra termina en un disco oscuro con un punto de luz en su centro, lo que facilita mucho la determinación del extremo de la sombra que se toma como indicativo de la evolución del movimiento del Sol en el cielo local.

La distancia entre el agujero de la arandela y la base circular de metal es de 100 cm.



El gnomon recto vertical de Esquel

FICHA DE TRABAJO PARA LA ACTIVIDAD DE OBSERVACIÓN DEL EQUINOCIO

## RECOMENDACIONES IMPORTANTES

- ✓ Esta actividad debería realizarse, en lo posible, el día del equinoccio (20 de marzo de 2009).
- ✓ Sin embargo, y previendo no sólo problemas climáticos sino cualquier otra situación que impidiera o dificultara trabajar ese mismo día, sería aún posible realizar la actividad con una tolerancia máxima de hasta dos días antes y dos días después del equinoccio. Esta tolerancia no afectaría a los resultados y conclusiones que podrán obtenerse luego del trabajo a realizar, dentro de la precisión con la que la actividad fue diseñada.
- ✓ Como ejemplo extremo de esta tolerancia, podría iniciarse la experiencia el día 18, continuar en los intervalos posibles del 19, luego quizás el 20, etc., hasta que, luego de cinco días de observación, el conjunto general estuviera completo tal como si se lo hubiera observado sin interrupciones durante el mismo día del equinoccio.
- ✓ Si bien es cierto que vivencialmente es muy interesante observar un equinoccio desde el instante de la salida del Sol hasta el instante de su puesta, a los fines geométricos no es estrictamente necesario, ya que con un intervalo de al menos tres horas antes y tres horas después del Mediodía Solar Verdadero los resultados son también muy satisfactorios.
- ✓ El proceso para determinar la línea Norte-Sur es una condición “casi sine-qua-non” para la observación plena del equinoccio, por lo que se ha incluido en esta ficha como una actividad preliminar. Sin embargo, no es estrictamente necesario que los docentes participantes de este Proyecto realicen la actividad preliminar: si en el lugar de observación ya existiera una meridiana marcada, la condición estaría satisfecha. Sin embargo, es fundamental resaltar que la meridiana requerida para la observación del equinoccio no debe ser magnética (utilizando una brújula), no sólo por razones metodológicas (un método no astronómico de orientación) sino por razones conceptuales y didácticas (fortalece ideas previas sobre la relación del campo magnético con la rotación terrestre y con la gravedad, requiere de introducir el concepto de “declinación magnética”, etc.).

## **PARTE PRELIMINAR: la determinación de la línea Norte-Sur**

La observación sistemática de los fenómenos astronómicos en nuestro entorno natural nos brinda una profunda percepción de “simetría”, tanto espacial como temporal, lo que es causado, principalmente, por la forma y movimientos de la Tierra y por nuestra forma de interactuar con el mundo físico.

La principal dirección de simetría espacial en un cierto lugar de observación sobre la superficie terrestre es la línea Norte-Sur (la “meridiana” del lugar), por lo que conocer cómo realizar su determinación en forma sencilla y rigurosa es esencial.

- a) En el lugar de observación elegido, ubiquen el gnomon firmemente clavado en el suelo asegurándose de que esté perpendicular a su superficie.

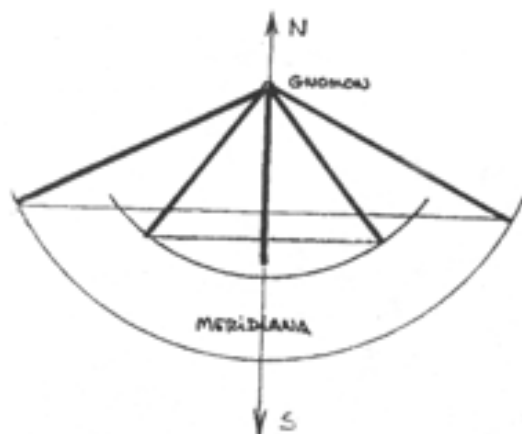
---

**La prolongación de la varilla o gnomon directamente hacia arriba marca un punto imaginario en el cielo denominado Cenit; la correspondiente prolongación hacia abajo, pasando por el centro de la Tierra, determina otro lugar sobre la superficie de ésta llamado las antípodas y sobre el cielo otro punto denominado Nadir. La línea Cenit-observador-centro de la Tierra-Nadir coincide con la línea de una plomada ubicada en la posición topocéntrica.**

**En un determinado instante, y por estar iluminado por el Sol, el gnomon proyecta una sombra sobre el suelo; a medida que el Sol se mueve con relación al horizonte, la sombra del gnomon también se mueve variando su largo y su orientación. La ubicación del Sol en el cielo y el largo y orientación de la sombra en el suelo están directamente relacionados a través del gnomon.**

---

- b) Durante un día cualquiera, durante la mayor cantidad de tiempo posible, registren las sombras del gnomon, teniendo en cuenta que es conveniente que se indiquen la mayor cantidad de sombras posibles. Utilicen para ello una estaca o clavo para marcar el extremo de la sombra y luego unan el clavo con la base del gnomon utilizando un hilo grueso y de color. Luego de marcar la primera sombra, tracen una circunferencia en el piso de tal forma que tenga centro en la base del gnomon y su radio sea el largo de la sombra. Poco después (como sugerencia, media hora) hagan lo mismo con la segunda sombra, y así sucesivamente. Registren además el instante de tiempo que corresponde a cada sombra que vayan marcando.
- c) Al comienzo de la experiencia habrá, por cada sombra, una circunferencia distinta; sin embargo, a partir de un determinado momento los extremos de las sucesivas sombras irán tocando las circunferencias anteriormente marcadas. De esta manera, al finalizar el día habrá varias circunferencias, cada una de las cuales tendrá dos sombras del mismo largo, aunque de distinta orientación; quedan así determinados varios grupos de dos sombras de igual largo cada una. Noten que existe sólo un caso en que hay una única sombra y no un par de sombras: esa es la sombra más corta que dará el gnomon en ese día.
- d) Unan ahora los extremos de las sombras de igual largo, quedando así formados varios segmentos rectos, paralelos entre sí, tantos como circunferencias hayan marcado; luego, dividan cada segmento por la mitad marcando claramente el punto medio con un clavo o estaca.



Unan con un hilo, grueso y de distinto color que los anteriores, la base del gnomon con cada uno de los clavos que marcan la mitad de los segmentos anteriores; queda así determinada una línea que divide exactamente en dos mitades iguales al diagrama de sombras que fueron marcando en el suelo durante todo el día, por consiguiente, también divide en dos mitades iguales al plano del horizonte. Esta línea pasa exactamente por la sombra más corta de todas las que determinaron.

**La línea que divide al horizonte en dos mitades iguales y que pasa por la sombra más corta se denomina meridiana del lugar, y señala exactamente la dirección Norte-Sur.**

Si pudiéramos caminar hacia el Sur por la línea meridiana a lo largo del planeta, llegaríamos al Polo Sur, y viceversa si lo hiciéramos hacia el Norte (los llamados Polos Geográficos). La línea que une los Polos Geográficos y pasa por la posición del observador (posición topocéntrica) se denomina meridiano geográfico. El ángulo entre el meridiano geográfico de un lugar y el correspondiente a Greenwich define la “longitud” de ese lugar. La longitud varía desde 180° O, en las antípodas de ese meridiano, pasando por 0° en Greenwich, hasta 180° E hacia el Este del mismo meridiano de referencia.

La línea perpendicular a la Norte-Sur, que pasa por la base del gnomon (posición topocéntrica) señala hacia el Este y el Oeste.

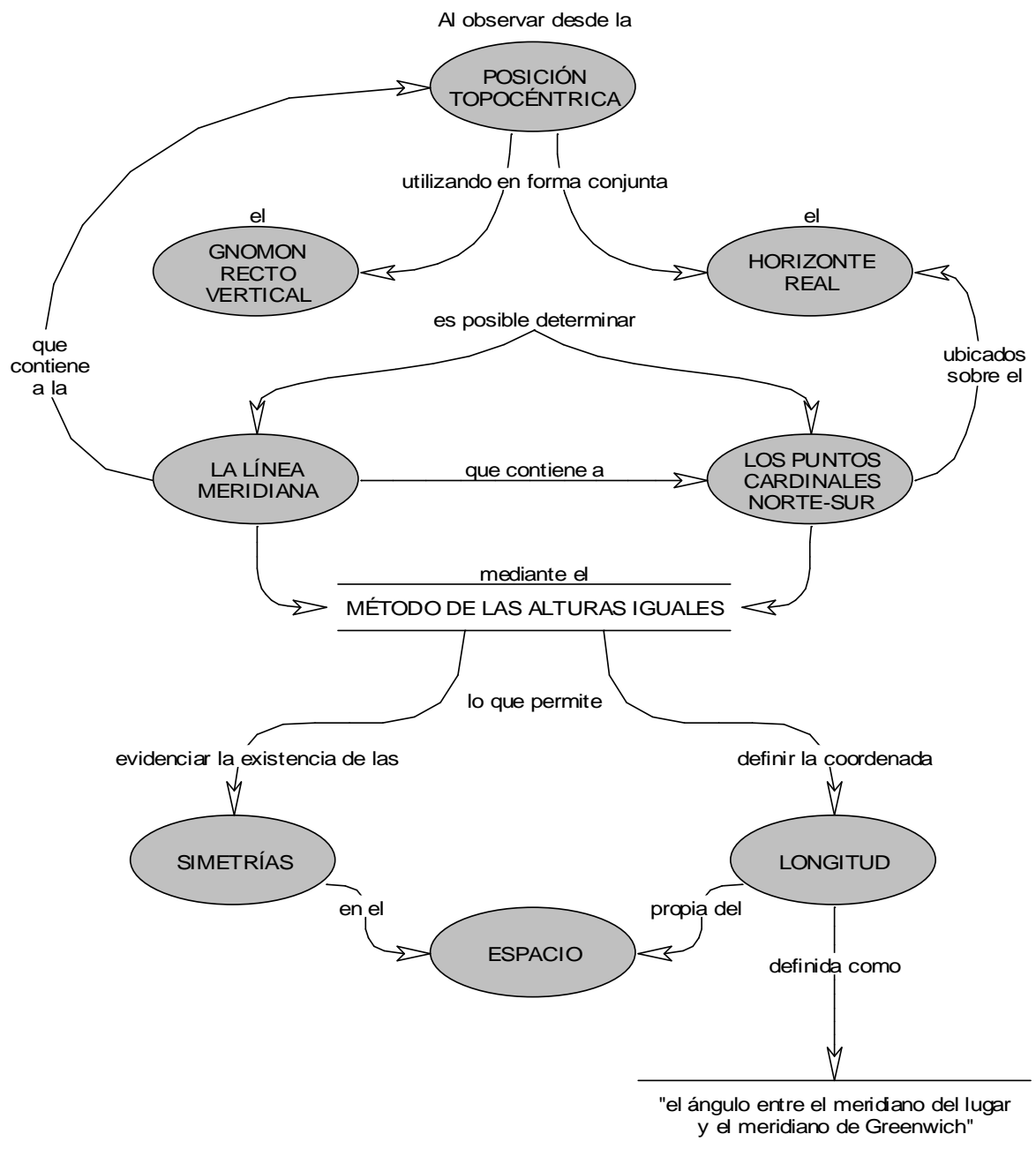
La línea imaginaria en el cielo que pasa por el Norte, por el Cenit, por el Sur y por el Nadir se denomina meridiano celeste.

Es importante recordar que por este método se determina rigurosamente la línea Norte-Sur; no ocurre lo mismo si utilizáramos una brújula, ya que este instrumento señala el Norte y el Sur magnéticos de la Tierra, los llamados Polos Magnéticos, que no coinciden con los Polos Geográficos.

- e) Realicen un gráfico que sintetice esta actividad; es decir, que incluya el punto donde está el gnomon, todas las sombras, los segmentos paralelos, las líneas Norte-Sur y Este-Oeste, los registros de las horas, etc. Para que este gráfico pueda ser utilizado en el futuro, deberá estar hecho a escala en las longitudes y respetar los ángulos entre las sombras.
- f) Prolonguen las líneas Norte-Sur y Este-Oeste aproximadamente dos o tres metros desde la base del gnomon y marquen sus extremos con estacas en las que indiquen claramente los nombres de los **puntos cardinales N, S, E y O**. Estos puntos serán los que utilizaremos en el futuro para el resto de las actividades y **definen nuestro sistema de referencia espacial**.

**ALGUNAS PREGUNTAS COMO PARA IR UN POCO MÁS ALLÁ...**

- √ ¿Qué relación existe entre el Sol y una sombra en particular? Es decir, ¿qué diferencia hay en las alturas del Sol sobre el horizonte cuando la sombra es muy larga y cuando la sombra es muy corta?
- √ Entre las sombras que quedaron marcadas en el piso hay una que es la más corta de todas, ¿qué implica esto con relación a la altura del Sol sobre el horizonte?
- √ El método que utilizaron para determinar la línea Norte-Sur se llama “de las alturas iguales”, ¿a qué hace referencia este nombre?
- √ Averigüen si hay algún día del año en el que el gnomon, en algún momento, deje de dar sombra. ¿Podrían relacionar esto con otras áreas del conocimiento (geografía, climas, etc.)?
- √ ¿En qué sentido se movieron las sombras del gnomon desde el amanecer hasta el atardecer? ¿Cuál será la relación de este movimiento con el que tienen las agujas de un reloj tradicional? Averigüen en qué sentido se mueven las sombras de un gnomon en el Hemisferio Norte. ¿Podrían relacionar esto con otras áreas del conocimiento (historia, geografía, etc.)?
- √ ¿De qué dependerá la forma que tendrá el conjunto de sombras que marcaron en el piso (juntas o separadas, cortas o largas, etc.)? ¿Cómo podrían verificar sus hipótesis; o sea, si dijeran que depende del día del año o que depende de la ubicación geográfica del observador, cómo podrían probar esas afirmaciones?
- √ ¿Cómo se llama el momento del día que separa las sombras del comienzo de la experiencia de las del final de la misma? ¿Qué largo tiene la sombra del gnomon en ese momento?
- √ ¿Cuánto tiempo deberá transcurrir para que el gnomon dé aproximadamente dos sombras iguales, tanto en largo como en orientación?
- √ En la parte final de la actividad señalábamos que los polos geográficos no coinciden con los polos magnéticos. Con relación a esto, averigüen las siguientes cuestiones: ¿Habrá algún planeta o satélite que no tenga polos geográficos? ¿Habrá algún planeta o satélite que no tenga polos magnéticos? En aquellos planetas que tengan tanto polos geográficos como polos magnéticos, ¿habrá algún caso en que los polos geográficos estén muy separados de los magnéticos, es decir, que la brújula señale al Este, por ejemplo?



Esquema conceptual de síntesis de la actividad para determinar la línea Norte-Sur

### **PRIMERA PARTE: la observación del equinoccio desde el propio lugar**

- a) Ubiquen el gnomon sobre una superficie plana, en un lugar en el cual estén seguros de que no estará en sombra en ningún momento del día.

Reconozcan la sombra del gnomon, y marquen el extremo de la misma (el punto de luz en el centro de la sombra de la arandela) con un clavo o una estaca firmemente enterrado en el suelo.

Unan con un hilo, grueso y de color, el clavo con la base del gnomon y también el clavo con el agujero en el disco del gnomon. Quedan así marcadas tanto las sombras que proyectó el gnomon como el rayo de luz que pasó por el agujero y que une el Sol con el clavo.

**El Sol ilumina el gnomon y éste proyecta sombra, excepto en donde está el agujero. Por esta razón, el gnomon, el rayo de luz y la línea de sombra sobre el piso forman un triángulo rectángulo en el espacio tridimensional, de cierto volumen, llamado la “zona de sombra”.**

- b) Desde la salida del Sol hasta su puesta, registren las sombras del gnomon y los rayos de luz que pasan por el agujero, aproximadamente cada media hora, de la manera indicada en el inciso anterior.
- c) Al finalizar la observación, unan todos los clavos con otro hilo, grueso y de distinto color que los anteriores, ¿qué forma tiene la línea que queda así definida? ¿Qué ángulo forma con respecto a la línea Norte-Sur?
- d) ¿Por cuál lugar del horizonte habrá salido el Sol en este día y por cuál se habrá puesto entonces?
- e) Dado que el conjunto de todas las sombras queda marcado en el piso formando un ángulo de 180°, ¿cuántas horas de luz (el día) y cuántas de oscuridad (la noche) habrá el 20 de marzo y el 22 de septiembre? ¿Cuántas horas de luz y cuántas de oscuridad habrá entonces en otros días del año distintos al 20 de marzo y al 22 de septiembre? ¿Qué relación tiene esto con las estaciones del año?

**El 20 de marzo y el 22 de septiembre, el extremo de la sombra del gnomon, y también el de los rayos del Sol, marcan sobre el piso una recta, la línea Este-Oeste, que divide al horizonte en dos partes iguales y es perpendicular a la línea Norte-Sur. Si pudiéramos caminar sobre esta línea, tanto hacia el Este como hacia el Oeste, recorreríamos una circunferencia sobre nuestro planeta llamada paralelo.**

Estos dos son los únicos días en el año en los que el Sol sale exactamente por el Este y se pone exactamente por el Oeste; todos los demás días la línea que une los lugares de salida y puesta se corre ya sea hacia el Norte (en otoño e invierno) o hacia el Sur (en primavera y verano).

El 20 de marzo y el 22 de septiembre hay tantas horas de luz (día) como de oscuridad (noche), por lo que se denomina a esos dos días los equinoccios (“igual duración del día y la noche”); todos los demás días del año, o bien la duración del día es menor que la de la noche (otoño e invierno) o viceversa (primavera y verano).

- g) Realicen una maqueta que sintetice esta actividad; es decir, que incluya el punto donde está el gnomon, todas las sombras, los rayos de luz, las líneas Este-Oeste y Norte-Sur, los registros de las horas, etc. Para que esta maqueta pueda ser utilizada en el futuro, deberá estar hecha a escala en las longitudes (del gnomon y de las sombras) y respetar los ángulos entre las sombras y los ángulos entre los rayos de luz.

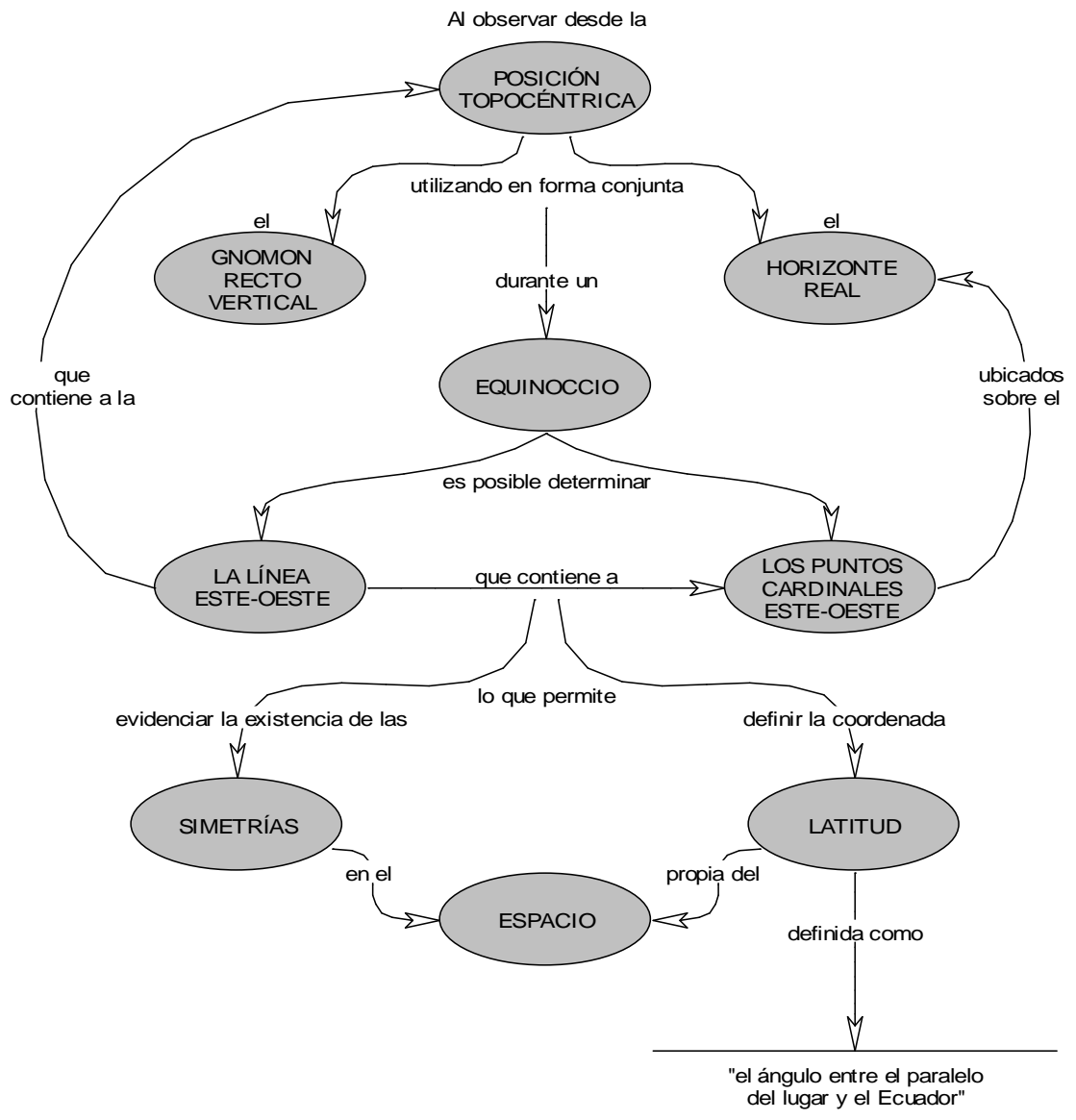
### **ALGUNAS PREGUNTAS COMO PARA IR UN POCO MÁS ALLÁ...**

- √ Es posible que en muchos libros encuentren la siguiente explicación: “para saber cuáles son los puntos cardinales, ubicate de frente a la salida del Sol con los brazos abiertos; tu pecho indicará el Este, el brazo derecho el Sur, el brazo izquierdo el Norte y tu espalda el Oeste”.

Luego de haber realizado la actividad anterior es posible comprender que esa explicación es incorrecta. ¿Podrían explicar por qué? Mirando las sombras que quedan marcadas en el piso en un día cualquiera, ¿podrían medir aproximadamente el error con el que estarían determinando la línea Este-Oeste si lo hicieran por el método erróneo? ¿De qué manera deberían modificar la explicación anterior para que pudiera utilizarse correctamente?

- √ Averigüen qué lugares de nuestra región y del mundo están sobre el mismo paralelo que ustedes. Luego, averigüen cuántas horas de luz y cuántas de oscuridad hay en determinados días del año y compárenlo con lo que sucede en el lugar donde viven.
- √ Analicen la estructura tridimensional de hilos que quedó formada luego de la actividad. ¿Es posible identificar algunas relaciones de simetría espacial y/o temporal en la misma? ¿Podrían deducir algunas consecuencias en lo cotidiano de estas relaciones de simetría y relacionarlas con la geografía, con el clima, etc.?





Esquema conceptual de síntesis de la actividad para la observación de un equinoccio

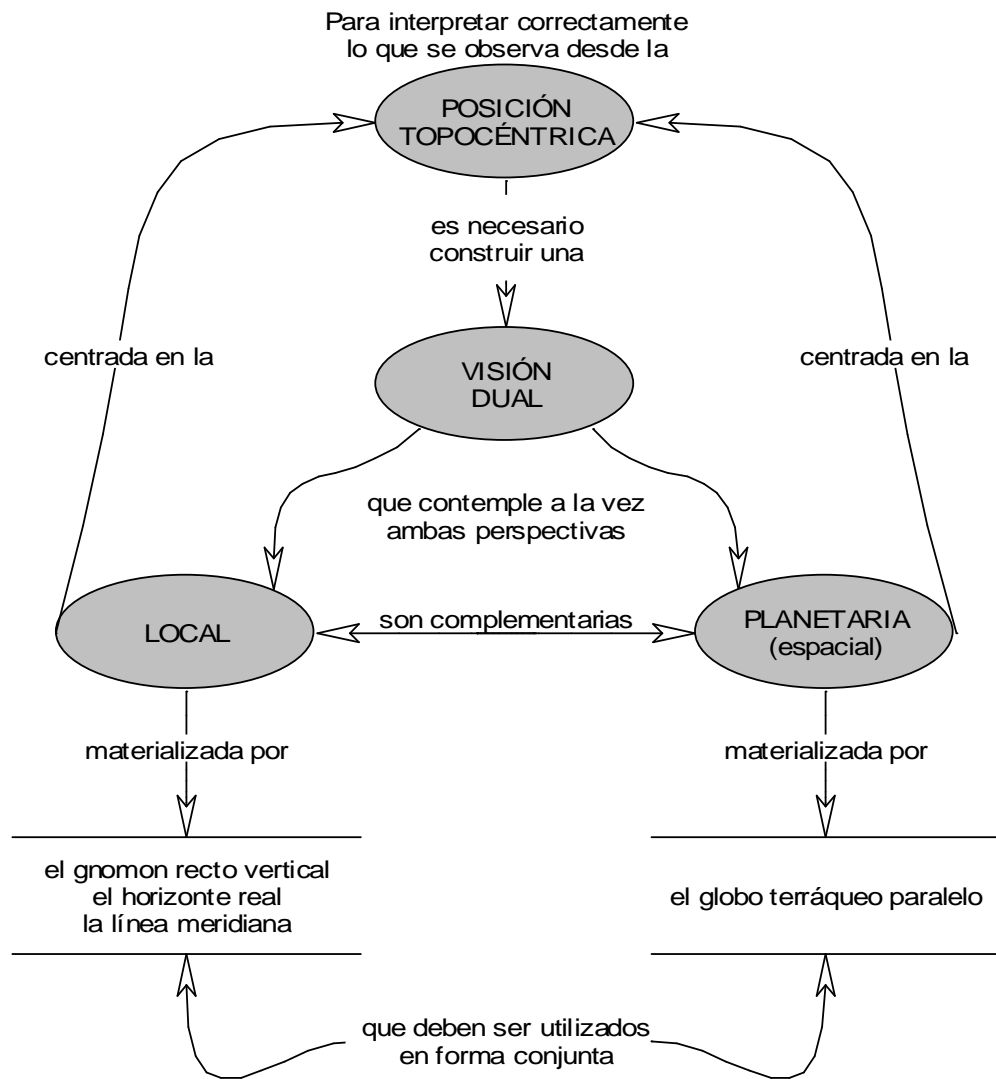
## **SEGUNDA PARTE: el equinoccio y el planeta Tierra**

Para comenzar a construir una visión complementaria de los fenómenos astronómicos, en particular los equinoccios, tanto desde la geografía local como desde el planeta Tierra como un todo, existe un dispositivo muy interesante y útil: el Globo Terráqueo Paralelo.

- a) A un globo terráqueo, lo más grande posible, quítenle su pie de tal forma que sólo quede la esfera propiamente dicha. Identifiquen sobre el globo dónde queda el lugar en el que viven, marcándolo claramente.
- b) En el piso, cerca del gnomon y los hilos, tracen una línea Norte-Sur (astronómica, no la magnética) y pongan allí un pedestal (un tronco, un hierro, etc.) sobre el que apoyarán el globo terráqueo. El pedestal deberá tener una altura adecuada para que un alumno pueda ver fácilmente todo el globo, tanto la parte de arriba como la de abajo.
- c) El gnomon con el que hemos trabajado está puesto sobre el suelo (en la posición topocéntrica), en la línea Norte-Sur (denominada la “meridiana”, una porción de la línea que une los dos polos geográficos o meridiano), dejando debajo de él a todo el planeta Tierra. Traten de reproducir sobre el globo terráqueo esta situación, es decir, ubiquen en el lugar en el que viven una pequeña varilla (el gnomon de la representación), que estará sobre uno de los meridianos del globo terráqueo (los que habitualmente vienen ya marcados).
- d) Finalmente, ubiquen el globo sobre el pedestal cuidando que **ambos meridianos (el de la representación y la meridiana real) coincidan y que el gnomon sobre el globo esté recto, paralelo al gnomon real.** A este globo terráqueo ubicado de esa manera, que **representa fielmente al planeta Tierra como un todo y a nosotros ubicados sobre él, se lo denomina “Globo Terráqueo Paralelo”.**
- e) Observen y comparen las sombras de ambos gnomon: el real sobre el suelo y el pequeño sobre el globo. ¿Qué conclusiones podrían sacar de esta observación?

### **ALGUNAS PREGUNTAS COMO PARA IR UN POCO MÁS ALLÁ...**

- √ Utilizando el Globo Terráqueo Paralelo, ¿podrían deducir cómo son las sombras de un gnomon recto vertical en los otros lugares de observación de este Proyecto? ¿Podrían mostrar cómo se mueven las sombras en el Hemisferio Norte o en las antípodas del lugar donde viven en el instante en que están ustedes trabajando?
- √ ¿Por qué razón ocurre que, a pesar de que el gnomon y sus antípodas están sobre el mismo meridiano terrestre, cuando en un lugar es de día en el otro es de noche?
- √ ¿Hay algún momento del día en el que el globo terráqueo paralelo “deja de funcionar”? Expliquen por qué sucede esto.
- √ ¿Qué características tiene la línea de separación entre la mitad iluminada de la Tierra y la mitad no iluminada (el “terminador”) durante un equinoccio?
- √ ¿Cómo sería la iluminación de este Globo en verano y en invierno, en los solsticios por ejemplo?



Esquema conceptual de síntesis de la actividad con el Globo Terráqueo Paralelo

### **TERCERA PARTE: la relación entre lo local y lo planetario**

- a) Luego de realizada la primera parte de la actividad quedó formada en el lugar de observación una estructura con dos conjuntos de hilos: unos en el piso representando las sombras del gnomon, y otros en el aire representando los rayos de Sol pasantes por el agujero en el extremo del gnomon.

Ubíquense de tal forma que puedan ver la estructura de hilos que representan los rayos de Sol desde uno de sus extremos. ¿Qué observan? **Si varias líneas rectas aparecen, al verlas de perfil, como si fueran una única recta, podemos decir que las mismas están formando un plano.**

- b) Observen ahora el globo terráqueo paralelo y comparen el Ecuador terrestre con el plano formado por los rayos de Sol durante un equinoccio. ¿Qué ángulo forman entre sí? Del mismo modo que hemos considerado al globo como una fiel representación de nuestro planeta, y de nosotros sobre él, así también podemos explicar que **el plano formado por los rayos de Sol en un equinoccio es la representación del Ecuador terrestre en el lugar de observación (posición topocéntrica).**
- c) Claven en el suelo una varilla, larga y de un diámetro no mayor a 2 cm, de modo que quede formando un ángulo recto (perpendicular) al plano de los rayos de Sol.
- d) Observen nuevamente el globo terráqueo paralelo, ¿qué recta en él pasa por su centro y es perpendicular al plano del Ecuador? Podemos considerar entonces **que la recta que es perpendicular al plano formado por los rayos de Sol en un equinoccio es la representación del eje de rotación terrestre en el lugar de observación (posición topocéntrica).**
- e) Midan el ángulo que el eje de rotación forma con respecto al suelo. ¿Podrían relacionarlo con lo que averiguaron en la actividad anterior?

---

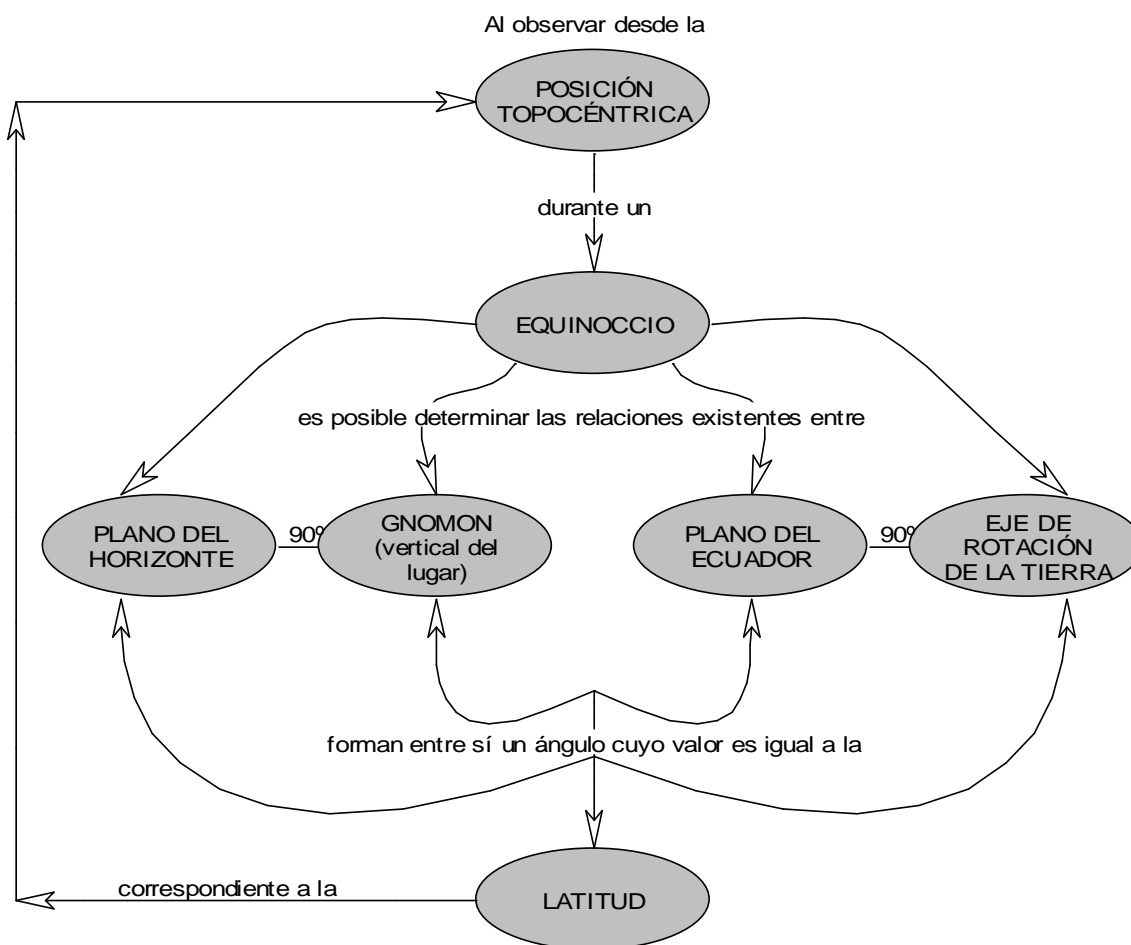
**El ángulo que forma el eje de rotación terrestre en su representación sobre el suelo define el paralelo sobre el que está ubicado el observador y es igual en valor a la latitud del lugar de observación. La latitud varía desde 90°S en el Polo Sur, pasando por 0° en el Ecuador, hasta 90°N en el Polo Norte.**

---

- f) Construyan un pequeño plano con un eje perpendicular a él y ubíquelo sobre el globo terráqueo paralelo cuidando que el ángulo que forma el eje sobre el suelo sea el mismo que el que acaban de medir, y que además la base del plano sea perpendicular al meridiano sobre el que está el lugar de observación en el globo.

### **ALGUNAS PREGUNTAS COMO PARA IR UN POCO MÁS ALLÁ...**

- √ Analicen en qué lugares del planeta ocurre que en algún día del año un gnomon vertical no da sombra; utilicen para ello pequeñas varillas ubicadas en los distintos paralelos de un mismo meridiano del globo terráqueo paralelo. ¿Qué paralelos determinan el límite de la zona en la que sucede eso? Averigüen qué nombre se les da a esos paralelos.
- √ Construyan varios pequeños modelos del Ecuador y el eje, y ubíquenos en distintos lugares sobre el globo terráqueo (en un polo, en el Ecuador, en algún lugar entre los trópicos, etc.). ¿Cómo será la trayectoria del Sol en un determinado día con respecto al horizonte de esos lugares? Para verificar sus respuestas, dejen que el Sol real ilumine al globo terráqueo paralelo y estudien cómo son las sombras y cómo evolucionan sobre esos modelos durante algunas horas y a lo largo de los días.



Esquema conceptual de síntesis de la actividad para construir una visión dual: local y planetaria

#### **CUARTA PARTE: lo común y lo distinto del equinoccio en Brasil, Uruguay y Argentina**

Las partes antes desarrolladas del presente Proyecto se realizan en forma observacional desde cada lugar geográfico de observación, y en un breve lapso de tiempo (por ejemplo, durante el día del equinoccio).

Más allá de la posibilidad tecnológica actual de establecer una comunicación en tiempo real entre los distintos grupos de docentes mientras realizan sus observaciones (con cámaras web, por ejemplo), la comparación de los resultados obtenidos, la discusión conceptual y didáctica, la elaboración de los informes finales, la producción de materiales didácticos, etc., deberá hacerse en forma integrada y compartida durante las semanas posteriores al equinoccio.

Así, es importante que cada grupo de trabajo sea conciente de cuál es la parte final del trabajo común iniciado con este Proyecto, para que los registros obtenidos durante el proceso de observación del equinoccio se resignifiquen más allá de lo local y tengan una proyección didáctica más amplia.

Una vez finalizadas las observaciones realizadas por los distintos grupos de docentes en cada ciudad de Brasil, Uruguay y Argentina, los Responsables de este Proyecto deberán coordinar la puesta en común de los datos obtenidos, y la elaboración de conclusiones, recomendaciones, materiales, etc., los que luego deberán tener una devolución concreta en una instancia final con cada grupo particular de trabajo.

Por esta razón, los registros más importantes a recoger en cada experiencia deberían ser los siguientes (aunque pueden no ser los únicos, según los criterios e intereses de cada grupo):

- Descripción y datos de cada Institución educativa involucrada en el presente Proyecto, con su responsable y grupo de docentes/estudiantes/etc.
- Descripción del contexto físico y social de trabajo durante la realización de la experiencia de observación del equinoccio (lugar, paisaje, clima, otras personas involucradas, etc.).
- Fotografías y/o videos secuenciales de las distintas etapas de cada actividad y de detalles considerados importantes para comprender no sólo los resultados sino el proceso vivido.
- Cuadernos de campo, dibujos, u otro tipo de registro personal de los participantes.
- Relatos, anécdotas, opiniones, etc., que nos permitan comprender los aspectos emocionales de este proceso.
- Datos físicos concretos del proceso durante el equinoccio: longitud de las sombras, instantes de tiempo, medida de los ángulos de los hilos, etc.
- Descripción del contexto físico y social de trabajo durante la discusión en el aula post-observación.
- Materiales finales producidos por los distintos grupos y por el Proyecto en general.
- Evaluación crítica del Proyecto y proyección a futuro.
- .....etc. (todo lo que a criterio de los participantes ayude a mejorar el trabajo compartido entre docentes e investigadores en Enseñanza de la Astronomía de Brasil, Uruguay y Argentina, para profundizar nuestra interacción en el futuro).