

Una vuelta al sol vista desde mi escuela

Astronomía para la emancipación: una propuesta para la formación de ciudadanos críticos.

Eje temático: 3 - PROCESOS DE CURRICULARIZACIÓN DE LA FUNCIÓN DE EXTENSIÓN

Patricia Alexandra Knopoff ^{1,2}	koyatun@yahoo.com.ar
Daniel Omar Badagnani ^{1,4}	daniel@fisica.unlp.edu.ar
Santiago Orcajo ^{1,5}	orcajosanti@gmail.com
Diego Petrucci ^{1,4}	dpetrucci@exactas.unlp.edu.ar
Mónica Liliana González ^{1,2}	dispos08@gmail.com
Viviana Rios Alvarado ^{1,5}	vra_6@hotmail.com
Iván Ezequiel López ^{1,5}	ivan@carina.fcaglp.unlp.edu.ar
Keiko Juliana Fushimi ^{1,5}	keiko.fushimi89@gmail.com
Sergio Emilio Montúfar Codoñer ^{1,5}	semc_@live.com
Egly Norka Llerena Suster ^{1,3}	eglynorka@gmail.com
Emilio Lacambra ^{1,3,6}	emilio.lacambra@gmail.com
Irina Luciana San Sebastián ^{1,5}	jirsaixa@gmail.com

¹Grupo Choiols de Astronomía a Ras del suelo; ²Unitec, Facultad de Ingeniería, UNLP; ³Facultad de Ciencias Exactas, UNLP; ⁴Grupo de Investigación del Espacio Pedagógico, Facultad de Ciencias Exactas, UNLP; ⁵Facultad de Ciencias Astronómicas y Geofísicas, UNLP; ⁶Grupo Didáctica de las Ciencias.

Palabras clave

Astronomía a ras del suelo - Formación del pensamiento crítico - Construcción de modelos científicos - Esfera Lisa - Globo Terráqueo Paralelo -

Resumen

Según se indica en la bibliografía, la enseñanza tradicional de la Astronomía no favorece en los estudiantes la elaboración de conceptualizaciones adecuadas (Vosniadou S, 1992, 1994, 2005). Más aún, los docentes encargados de llevarla adelante tienen dificultades conceptuales similares (Camino N, 1995; Gangui A, 2007,2008; Martínez-Sebastià B, 2004). La repetición memorística de modelos científicos creados por otros genera, inclusive, conceptualizaciones erradas, tales como que en invierno hace frío porque la Tierra se encuentra más lejos del Sol o que el Sol sale por el Este todos los días del año. Tampoco se producen aprendizajes interrelacionados, que establezcan una red de contención de los nuevos conceptos por trabajar.

Típicamente, estudiantes y docentes sostienen creencias inconsistentes entre sí y validadas únicamente por provenir de una autoridad científica (Maturana H, 2011). Ese tipo de conocimiento es inerte, incuestionable e inutilizable para construir nuevos conocimientos. Históricamente la creación de modelizaciones astronómicas posibilitó a la humanidad la construcción de una nueva imagen de sí misma y de su relación con el universo. La enseñanza dogmática de estos modelos les niega a los estudiantes la posibilidad de construir esta subjetividad y esta imagen de sí mismos. Cuando esos modelos son incorporados significativamente, el sujeto se empodera (Grupo Choiols, 2012).

Por ejemplo, las conceptualizaciones geográficas relacionadas con los círculos mayores y menores del planeta no se correlacionan con los fenómenos astronómicos que provocan la construcción de esos modelos (Ecuador, Meridianos, Paralelos, etc.). Sin esta correlación, este tipo de conocimiento se percibe por el estudiante como arbitrario.

Es por todo esto que proponemos trabajar construyendo modelos científicos consistentes con las propias observaciones y mediante procedimientos metodológicamente adecuados. La apropiación del conocimiento por parte del sujeto en situación experiencial favorece aprendizajes más significativos y perdurables, que se constituyen en subsumidores para nuevos procesos de aprendizaje (Moreira M, 2004).

Dos ejemplos claros de ello son, por un lado, la comprensión cabal del significado de los mapas y otras cuestiones cartográficas que requieren de la construcción previa de los conceptos de “arriba” y “abajo”, de origen astronómico (y abordados en nuestra secuencia). En segundo lugar, la conceptualización de “marco de referencia” y de “movimiento relativo” son fundamentales para la comprensión de la mecánica clásica.

En función de todo lo enunciado es que se consideró pertinente la presentación de este proyecto a la Convocatoria 2013 de Extensión de la Universidad Nacional de La Plata, resultando acreditado y subsidiado para la ejecución durante el corriente año. Consiste en el desarrollo de una secuencia didáctica completa en dos escuelas públicas de Barrio Jardín – La Plata-, que participan del proyecto. Los objetivos propuestos incluyen trabajar la imagen de ciencia y la naturaleza del conocimiento científico a partir de un tema que resulta atractivo para los niños, niñas y adolescentes: la astronomía. La elección de este tema excede el mero estudio de los astros ya que es central en la constitución de la imagen del Mundo, las representaciones cartográficas y la propia subjetividad del individuo. Además los temas abordados son de gran relevancia para el estudio de otras ciencias, como la Física. Para alcanzar estos objetivos se propone la realización de talleres con los docentes y experiencias de mediciones astronómicas directas con los alumnos. Para ello se emplean instrumentos astronómicos sencillos, durante los cuatro grandes eventos del año (solsticios y equinoccios), y se complementan con la construcción de modelos a partir de diferentes softwares e imágenes satelitales, trabajados sobre las netbooks del programa Conectar

Igualdad de los estudiantes y docentes. Las experiencias se realizan en el predio de la plaza del barrio, posibilitando la interacción de los establecimientos educativos y los extensionistas con la comunidad.

Introducción

El siguiente trabajo presenta la experiencia del proyecto extensión “Una vuelta al Sol vista desde mi escuela”, acreditado y subsidiado por la Universidad Nacional de La Plata en su convocatoria 2013, y se encuentra en ejecución durante el corriente año. Los extensionistas de este proyecto son integrantes de tres unidades académicas de esta Universidad: Facultad de Ciencias Exactas, Facultad de Ingeniería y Facultad de Ciencias Astronómicas y Geofísicas (Observatorio Astronómico). Los destinatarios directos del proyecto son las comunidades educativas de la Escuela Secundaria Básica N° 77 y de la Escuela Primaria N° 125, ubicadas en calle 81 y 116, ambas del Distrito Escolar La Plata. Los destinatarios indirectos son los vecinos del Barrio Jardín, La Plata, circundante a las escuelas, ya que las actividades de observación son realizadas en forma de intervención en la plaza del barrio.

Objetivos

El objetivo general del proyecto es favorecer la comprensión significativa por parte de estudiantes y docentes de los movimientos relativos del sistema Tierra-Sol y las consecuencias de ellos sobre la cotidianeidad de las personas (estaciones del año, ciclos de día y noche, etc).

En el marco de observaciones desde la experiencia directa se consideran como objetivos específicos favorecer el pensamiento crítico de docentes y estudiantes mediando en la construcción cognitiva de modelos científicos de los eventos astronómicos. Esta construcción en conjunto favorece una idea de ciencia no dogmática más próxima a la práctica real de los científicos, desmitificando la imagen previa que se posee socialmente. Con esta construcción de modelos, y en conjunto con el uso e interpretación de imágenes satelitales, se puede propiciar el estudio de la cartografía orientada y correlacionarla a las observaciones astronómicas. Finalmente, con estas herramientas se fomenta la actitud crítica ante la información científica o no científica.

Metodología

En las diversas actividades del proyecto, se recurre a diferentes metodologías, cada una orientada al objetivo y a los destinatarios de la actividad.

Modalidad Taller: es una instancia previamente planificada, de trabajo grupal horizontal, en la que las actividades se van encadenando para construir alguna de las metas

explicitadas en los objetivos. Se utiliza tanto para la formación interna de extensionistas como de docentes de las escuelas. Además, se utiliza esta modalidad en actividades en las que participan extensionistas, alumnos y docentes como puesta en común de las observaciones.

Teóricos dialogados: es una estrategia didáctica mediante la cual dos o más extensionistas discuten dinámicamente las ideas más importantes, de una manera amena y comunicativa (Petrucci, 2009). Durante esta actividad, los responsables de la ejecución del teórico se posicionan en roles previamente establecidos y bien planificados, sosteniendo ejes epistemológicos -generalmente contrapuestos paradigmáticamente- a fin de explicitar algún o varios conceptos o modelos que se quieran poner en cuestión. Esta modalidad se puede complementar, con un trabajo posterior de debate grupal, recuperando conceptos planteados y desarrollándolos en un taller.

Observación directa: Para el estudio de fenómenos astronómicos, se utiliza la tríada didáctica de dispositivos de Astronomía a ras del Suelo, que la compone el Gnomón, la Esfera Lisa y el Globo Terráqueo Paralelo. Estos instrumentos permiten el estudio del sistema Tierra-Sol y se utilizan exponiéndolos a la luz solar durante una jornada completa, y marcando las sombras a intervalos regulares. El gnomon, una vara recta vertical, se utiliza marcando en el suelo horizontal el extremo de la sombra, durante la jornada. Durante los equinoccios estas marcas forman una línea recta y durante los solsticios, éstas producen hipérbolas de concavidades opuestas. La esfera lisa es un dispositivo de forma esférica, rígida, sin inscripciones ni marcas de ningún tipo que se mantiene fija al suelo durante toda la jornada, sobre la que se hacen las marcaciones de los terminadores –líneas que dividen la zona iluminada de la zona en sombras de la esfera- y de los puntos de la esfera donde los rayos del sol caen ortogonales a la superficie de ella. La esfera lisa permite evidenciar la forma en que el Sol está iluminando a la Tierra en ese mismo instante. En los equinoccios quedan marcados sobre ella los Polos y el Ecuador, mientras que durante los solsticios quedan marcados los Círculos Polares y los Trópicos – (Grupo Choiols, 2011). Por último, el globo terráqueo paralelo, o liberado, consiste en un globo terráqueo que se retira de su soporte tradicional y se coloca fijo al suelo con el eje paralelo al eje terrestre de manera que el sitio donde uno está ubicado quede en la parte más alta del globo terráqueo. Él mismo tiene múltiples funcionalidades, pero durante los eventos astronómicos acompaña a los otros dispositivos cargándolos de sentido, porque permite correlacionar lo que se observa en ellos con la información geográfica concreta (<http://www.globolocal.net/>). Al utilizarse los tres dispositivos en conjunto durante todo un año, estas observaciones se potencian, permitiendo la construcción de modelos consistentes con ellas. Estos modelos permiten a los estudiantes y docentes explicar los fenómenos de día-noche, las estaciones y el movimiento relativo. (Ver Anexo I)

Análisis de simulaciones en Planetario: debido a que se requiere de la observación de un ciclo anual completo de eventos astronómicos (solsticios y equinoccios) para generar un modelo completo y consistente de los movimientos relativos del sistema Tierra-Sol, y como el solsticio de diciembre acontece fuera de ciclo escolar, se procede a la simulación de este evento mediante un software de las instalaciones. Se toma en consideración que para el fin del año lectivo, los estudiantes ya habrán experimentado por sí mismos, mediante observación directa, los restantes eventos, y construido conceptualizaciones propias que les permitan dar sentido a dichas simulaciones.

Desarrollo

Como se pretende una construcción de modelos que favorezcan aprendizajes significativos en estudiantes y docentes, se proponen actividades en las cuales se contrastan los modelos con observaciones propias y se analizan su coherencia interna. Además se realizan actividades de formación -tanto de docentes como de extensionistas- para fomentar el intercambio de ideas y establecer prioridades a la hora de realizar talleres con los estudiantes. Las actividades se realizan según las diferentes modalidades antes enunciadas.

Durante el comienzo de año, las actividades se centralizaron en la vinculación entre los extensionistas y docentes de las escuelas realizando un teórico dialogado con posteriores talleres que trabajaron con la construcción de conceptos de movimiento relativo, velocidad y aceleración, y modelos científicos y sus características (coherencia interna, compatibilidad con observaciones, relación con las creencias y valoraciones subjetivas).

Se introdujo a los docentes en la observación directa mediante la triada de dispositivos didácticos en el mes de Abril. El objetivo de este taller era contar con la participación activa, en los futuros talleres, de los docentes a la hora de trabajar con los estudiantes en la plaza y poder realizar actividades en conjunto aula-plaza. El prolongado paro docente inhabilitó la posibilidad de realizar un taller para el equinoccio de Marzo, por lo cual debió readecuarse la actividad de marcación con los estudiantes para el mes de Mayo, fuera de evento astronómico. En esta actividad, se realizaron observaciones solo con el gnomon para poder compararlas luego en el solsticio de Junio y así poder desarrollar diferentes modelos explicativos consistentes.

Para el solsticio de Junio, se realizaron talleres de observación con el gnomon y se realizó una introducción del uso de la esfera lisa en la plaza, para estudiantes y docentes. Luego de ésta, se ejecutó una actividad en las aulas para que los estudiantes pudieran poner en común las ideas y modelos que fueron construyendo durante las actividades observacionales.

En Agosto se realizará una introducción a cartografía orientada y globo terráqueo paralelo mediante la metodología de teórico dialogado. Esta actividad estará dirigida a docentes de manera que en el futuro sean ellos los que realicen los talleres introductorios para los estudiantes en el equinoccio de Septiembre. También se realizará la instalación del software de visualización de imágenes 2Mp (www.conae.gov.ar) en las netbooks del programa Conectar Igualdad, para un posterior trabajo complementario a los modelos generados por los estudiantes.

En Septiembre la actividad prioritaria será en el equinoccio, pues será el último evento vivenciado del año con el acompañamiento de los extensionistas. Se espera que en este evento, las marcaciones y mediciones estén a cargo de los grupos de estudiantes y sus docentes. El análisis de la actividad del equinoccio se realizará posteriormente en las aulas coordinado por los extensionistas.

En noviembre se realizará la simulación del solsticio de diciembre en el Planetario Ciudad de La Plata, como cierre del trabajo de todo el año. La planificación de esta actividad incluye programar un script con el software de las instalaciones y preparar un taller donde se pongan de manifiesto los cuatro eventos, se establezca que hay un ciclo que se repite y se genere un modelo explicativo de los movimientos relativos del sistema Tierra/Sol.

Durante todo el desarrollo del proyecto se toma registro (escrito y audiovisual), por parte de los extensionistas, de las actividades que realizan los estudiantes y docentes. Este registro sirve de materia prima a la hora de efectuar los talleres internos de capacitación, donde se organizan las actividades a ejecutar en la escuela/plaza.

Al finalizar con las actividades propuestas, se realizará una evaluación de lo actuado con un taller de balance en la que participarán todos los integrantes del proyecto.

Recopilación de los Registros:

Con las actividades llevadas a cabo hasta el momento, se registró numerosa información sobre los modelos explicativos de los estudiantes. Estos son algunas explicaciones e interrogantes de los estudiantes:

Sobre el gnomon:

- "Es un reloj, la sombra se va moviendo como las agujas del reloj."
- "La sombra está del lado contrario al sol"
- "La sombra se acorta cuando el sol sube"
- "Es lo mismo que la tierra le de vuelta al sol a que el sol le de la vuelta a la tierra"
- "El gnomón hace sombra porque el sol está del otro lado."
- "La sombra depende de dónde están el gnomón y el sol."
- "La sombra se mueve porque el sol se mueve en el cielo."
- "Si el sol estuviera exactamente arriba del gnomón no haría sombra."

- “El sol le da la vuelta al palo.”
- “En realidad la tierra le da la vuelta al sol.” – ¿Por qué? – “Porque la seño nos dijo.”

Sobre la esfera lisa:

- “Representa a la Tierra.”
- “Tiene luz y sombra, y representan el día y la noche.”
- “Siempre va a haber una mitad iluminada de la misma forma.”
- “Se va a mover (la sombra) igual a lo largo del año
- “El movimiento del Sol acompaña la parte iluminada de la esfera a lo largo del día.”
- “Es el planeta Tierra iluminado por el Sol, la mitad iluminada es verano y la oscura es invierno.”
- “Nosotros estamos en la mitad que da el sol y es invierno”
- Debate entre estudiantes:
 - *“¿Dónde estamos nosotros?”*
 - *“Estamos acá abajo. (Señalando un punto de debajo de la esfera lisa). Acá está el ecuador (Dibujando un círculo máximo como si estuviera el polo norte arriba y el sur abajo). Acá está Estados Unidos, acá Europa y acá nosotros (Haciendo referencia a la esfera lisa como el planeta con el eje perpendicular al suelo y el norte hacia arriba).*
 - *“Pero si estamos viendo el Sol entonces tenemos que estar arriba. Ahí está oscuro, tenemos que estar arriba, entonces ¿Estamos en Estados Unidos?”*
- Un extensionista le hace notar al estudiante que él había señalado el norte en una dirección horizontal y que en la esfera lisa lo señala hacia arriba. El chico responde: “Primero marco el norte de verdad, el otro es una representación y el norte va para arriba.”
- “No nos damos cuenta que la tierra se mueve, porque se mueve despacito.”
- “El Sol gira siempre sobre el cielo y cuando se hace de noche se esconde atrás de la Luna.”
- “En verano va a estar más tiempo iluminada (la esfera lisa) y en invierno menos.”
- Se les pregunta: “¿Habrá alguna parte del planeta que siempre esté oscura?”. Y responden: “Sí, donde hace mucho frío, en el polo oscuro”.

Conclusiones

Visto lo desarrollado del proyecto hasta el momento, se considera que los estudiantes han comenzando a formularse los interrogantes apropiados para poder construir por ellos mismos los modelos explicativos buscados.

Consideramos que al finalizar la secuencia didáctica, luego de los dos eventos astronómicos faltantes, los modelos construidos por los estudiantes serán coherentes con

las observaciones realizadas. Una vez lograda esta construcción cognitiva, los estudiantes podrán derivar de sus modelos las consecuencias de esos movimientos: estaciones del año, ciclo día-noche, carácter representacional de la cartografía, significado de los círculos máximos y menores del planeta, relatividad del movimiento.

Asimismo hemos notado que la presentación de modelos altamente coherentes y consistentes, pero de difícil aceptación desde su estética, favorecen la posibilidad de discutir la importancia de la subjetividad en la admisión de modelos científicos. En este debate se destaca la fuerza de los modelos preestablecidos; sin embargo a partir de consensos logrados entre los estudiantes, se llega a cuestionarlos. Esto nos sirve para que, en un futuro, ellos puedan poner en duda, cualquier tipo de información científica o no científica que reciban.

Bibliografía

- BOILEVIN, J. M. (2010). Contribution à la réflexion sur la rénovation de l'enseignement des sciences physiques dans l'enseignement secondaire. Quelques apports de la didactique des sciences. Note de synthèse pour l'Habilitation à Diriger des Recherches. Marseille : Université de Provence.
- CAMINO N, 1995, 'Ideas previas y cambio conceptual en astronomía. Un estudio con maestros de primaria sobre el día y la noche, las estaciones y las fases de la luna', Enseñanza de las ciencias, 13, 1:81-96.
- DE MANUEL, J. (1995). ¿Por qué hay veranos i inviernos? Representaciones de estudiantes (12.-18) y de futuros maestros sobre algunos aspectos del modelo Sol-Tierra. Enseñanza de las Ciencias, 13 (2), 227-236.
- FREIRE, P. (1996/2006). "Pedagogía de la autonomía". Siglo XXI editores; Sao Paulo.
- GANGUI, A.; IGLESIAS, M. Y C. QUINTEROS (2008). Diagnóstico situacional de los docentes de primaria en formación sobre algunos fenómenos astronómicos. En G. Fioriti. (Comp.), Actas del I Congreso Internacional sobre Didácticas Específicas, edición en CD-ROM, UnSAM Edita (ISBN: 878-987-23259-6-1).
- Globo Local, Movimiento para la Liberación del Globo Terráqueo. <http://www.globolocal.net/>
- GRUPO CHOIOLS (2011). La esfera lisa. Documento interno del Grupo Choiols. <https://sites.google.com/site/choiolsastronomia/la-esfera-lisa>
- GRUPO CHOIOLS (2012). Manifiesto choiolero. Documento interno del Grupo Choiols. <https://sites.google.com/site/choiolsastronomia/manifiesto-choiolero>
- HARLEY, JOHN B ((2005). La nueva naturaleza de los mapas. México: Cfe.
- IGLESIAS M, QUINTEROS C Y GANGUI A, 2007, 'Astronomía en la escuela: situación actual y perspectivas futuras', Actas de 15a reunión nacional de Educación en la Física, publicado en CD-ROM por la Asociación de Profesores de Física de la Argentina, arXiv:0807.0418
- MOREIRA, MARCO ANTONIO (2004) La teoría de los campos conceptuales de Vergnaud, la enseñanza de las ciencias y la investigación el área. Porto Alegre: Instituto de Física de UFRGS.

- MOREIRA, MARCO ANTONIO (2004) Sobre cambio conceptual, obstáculos representacionales, modelos mentales, esquemas de asimilación y campos conceptuales. Porto Alegre: UFRGS.
- MARTÍNEZ-SEBASTIÀ, B. (2004). La enseñanza/aprendizaje del modelo Sol- Tierra: Análisis de la situación actual y propuesta de mejora para la formación de los futuros profesores de primaria. *Revista Latino-Americana Educação em Astronomia, RELEA*, 1, 7-32.
- MATURANA, H.R. (2011) *La Objetividad. Un recurso para obligar*. Granica: Buenos Aires.
- NUSSBAUM, J. (1979). Children's conceptions of the earth as a cosmic body: A cross-age study. *Science Education*, 65, 2, 187-196.
- PETRUCCI, D (2009). El taller de enseñanza de física de la UNLP como innovación: diseño, desarrollo y evaluación. Tesis doctoral en el Departamento de Didáctica de las Ciencias Experimentales, Facultad de Ciencias de la Educación, Universidad de Granada.
- VOSNIADOU, S., & BREWER, W. F. (1992). Mental models of the earth: A study of conceptual change in childhood. *Cognitive psychology*, 24(4), 535-585.
- VOSNIADOU, S., & BREWER, W. F. (1994). Mental models of the day/night cycle. *Cognitive science*, 18(1), 123-183.
- VOSNIADOU, S., & SKOPELITI, I. (2005). Developmental shifts in children's categorizations of the earth. In *Proceedings of the XXVII Annual Conference of the Cognitive Science Society* (pp. 2325-2330). Stresa, Italy.

Anexo I

Esfera Lisa

No nos es posible determinar de forma directa qué región del planeta está iluminada por la luz solar en un momento dado, estando nosotros ubicados sobre él. Por ese motivo, recurrimos a un dispositivo sencillo, cuyo estado de iluminación es análogo al de la Tierra y de fácil observación y registro para el estudio sistemático. Este dispositivo consiste en una esfera rígida con un soporte y sin inscripciones, a la que denominamos esfera lisa (figura 1). La esfera lisa se coloca sobre una superficie firme horizontal, de forma tal de asegurarse que se mantenga sin movimiento durante todo el período en el cual se va a realizar la observación.



Fig.1 - Esfera lisa

La propuesta es realizar un análisis de la homotecia producida por cambio de escala, entre lo que se observe sobre la esfera y lo que está sucediendo en el planeta, a partir del estado de iluminación de ambos objetos. Éstos pueden ser asimilados a dos esferas contiguas que se encuentran iluminadas por la misma fuente de luz. Dado que la esfera menor (la esfera lisa) se encuentra posicionada sobre la esfera mayor (el planeta), y en tanto esta última realiza ciertos movimientos por el espacio, lleva consigo a la pequeña de forma tal que el estado de iluminación de la mayor será similar al estado de iluminación de la menor. Este supuesto es válido si consideramos que la fuente de luz (el Sol) se encuentra a una distancia tal, con respecto a ambas esferas, que el tamaño de las mismas es despreciable con respecto a esa distancia. Realizadas estas consideraciones, sostenemos que la observación sistemática de la esfera lisa informará del estado de iluminación del planeta, en tiempo real.

Un procedimiento de trabajo es la *marcación del terminador* en intervalos previamente determinados, por ejemplo cada una hora durante el transcurso de un día. El terminador es la línea que separa la parte iluminada de la parte en sombras de un cuerpo que se encuentra iluminado por una fuente de luz exterior a él (figura 2). Específicamente en astronomía se utiliza este término (terminador) para referirse a la línea mencionada, en los planetas y otros objetos del sistema Solar. En nuestro Sistema, la fuente de luz es el Sol y los cuerpos celestes del sistema se encuentran parcialmente iluminados por él. Durante los días soleados, se observa con claridad el terminador en la superficie de la esfera lisa (fotografía 1).

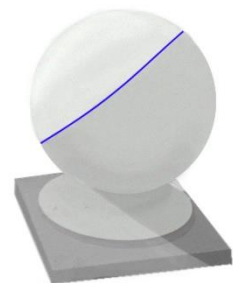


Fig.2 - Esfera lisa iluminada, con el terminador marcado

Otro procedimiento es la marcación de puntos sobre la superficie en los cuales los rayos de luz inciden de forma normal a la superficie de la esfera. Esto se logra desplazando un palillo en posición normal (ortogonal al plano tangente en el punto) a la superficie o bien utilizando un dispositivo construido ad hoc, que denominamos *marcador de verticales de luz* (figura 3). Cuando el marcador de verticales se coloca



Fig.3 – Marcador de verticales de luz.

con la base en la superficie de la esfera, se aprecia que en un momento dado, la sombra del vértice superior se proyecta sobre la base. Dado que dicho vértice y la base tienen orificios alineados y de igual tamaño, hay una única posición del marcador sobre la esfera lisa para cada momento del día, en la cual el rayo de luz que ingresa por la parte superior del marcador coincide con el centro de su base. Por geometría se deduce que esta posición coincide con el único punto de la esfera lisa donde el rayo de luz solar incide ortogonal a la superficie (fotografías 2 y 3).



A la izquierda, en la fotografía 1 (*fotografía tomada por Joaquín Camino, septiembre de 2012, La Plata*), se observan tres terminadores ya trazados más temprano el mismo día, y un terminador siendo trazado con lápiz. El marcador de verticales de luz, se va desplazando sobre la esfera hasta observar la coincidencia de los orificios superior e inferior, respecto del haz de luz incidente, como se muestra en las fotografías 2 y 3 de la derecha (*fotografías tomadas por Emilio Lacambra, diciembre de 2013, La Plata*).

¿Qué se observa en los Equinoccios?

✚ **Por marcación del terminador:** todos los terminadores se cortarán en dos puntos diametralmente opuestos de la esfera lisa. Se puede justificar astronómicamente que estos puntos se corresponden con los polos geográficos del planeta.

- ✚ **Por marcación de verticales de luz:** quedará determinada una porción de circunferencia, equidistante de los dos puntos de intersección de los terminadores. Se puede justificar que, completando la circunferencia, se corresponde con el Ecuador.



En la esfera lisa quedarán marcados tras el equinoccio la línea del Ecuador (fotografía 4), el Polo Norte (fotografía 5) y el Polo Sur (fotografía 6). *Fotografías tomadas por Álvaro José Cano Mejía en mayo de 2014 en Chivilcoy, provincia de Buenos Aires (marcaciones realizadas en marzo del mismo año en La Plata).*

¿Qué se observa en los Solsticios?

- ✚ **Por marcación del terminador:** todos los terminadores formarán las envolventes de dos circunferencias diametralmente opuestas sobre la esfera. Se puede justificar que las circunferencias se corresponden con los círculos polares.
- ✚ **Por marcación de verticales de luz:** quedará determinada una porción de círculo, más próxima a una de las dos envolventes -dependiendo del solsticio que se esté considerando-. Se corresponde con uno de los dos Trópicos - Capricornio o Cáncer-, dependiendo del solsticio.



En la parte austral de la esfera, los terminadores se cortan (fotografía 7) formando las envolventes de una circunferencia imaginaria que puede trazarse con compás (fotografía 8) y corresponde al Círculo Polar Antártico. La esfera lisa vista desde arriba (fotografía 9) permite ver la circunferencia antes trazada y la línea determinada por la unión de las verticales de luz, correspondiente al Trópico de Capricornio. *Fotografías tomadas por E. Lacambra en diciembre de 2013 en la ciudad de La Plata.*

Globo terráqueo paralelo

Desde lo astronómico, la mejor representación de un cuerpo modelizado esférico es la propia esfera. El globo terráqueo es una representación *uno a uno* del planeta Tierra. Tradicionalmente se posiciona al dispositivo sostenido por un eje que permite la libre rotación de la esfera, el cual se encuentra inclinado aproximadamente 23° respecto de la vertical gravitatoria. Esta inclinación aparece arbitraria, en tanto y en cuanto no quede completamente explícito el modelo teórico que sustenta tal forma de representación.

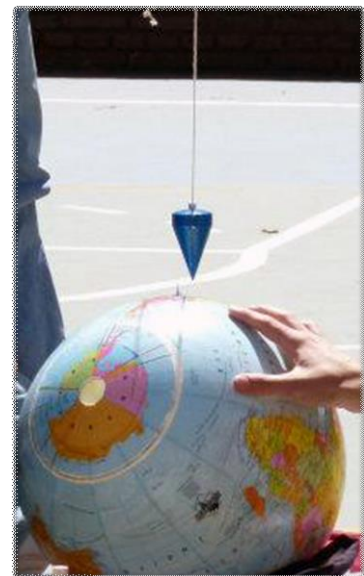
Entendiendo al planeta como un objeto real, independiente de la existencia del observador, se sigue que el mismo tiene una única posición en el Universo, en cada momento. Tal vez no resulte simple realizar una representación mental de la posición del planeta Tierra en un instante dado, pero la posición que ocupe será única -aunque no sea simple representar cuál sea ésta-.

Aceptado esto, se puede concluir que no es necesario privilegiar el posicionamiento del dispositivo en ninguna posición arbitraria, tal como la inclinación del eje de rotación diurno con respecto a la normal al plano de la órbita de traslación anual ($23,5^\circ$).

Entonces, la orientación no arbitraria del dispositivo se logra colocándolo con la locación del observador en posición tal que el plano tangente en ese punto se encuentra paralelo al nivel de líquidos libres de lugar, y las verticales gravitatorias del punto sobre el planeta y sobre el globo son también paralelas entre sí. Finalmente, se hace corresponder la línea que une imaginariamente los puntos correspondientes a los Polos sobre el globo con la dirección cardinal geográfico-astronómica Norte-Sur (Meridiana).

Si todo esto pudo seguirse sin inconvenientes, se puede asegurar que ese globo terráqueo se encuentra exactamente en la misma posición que el planeta real, en ese momento. No hay otra posición “correcta” para colocarlo, si se pretende que ambos se encuentren en la misma posición.

Un globo terráqueo colocado como se ha indicado se denomina globo terráqueo paralelo o globo terráqueo liberado. El primer nombre, “paralelo”, se refiere a que ambos objetos (el planeta real y su representación) están ubicados con sus ejes paralelos. Es decir que el eje de rotación de cada uno es paralelo al del otro objeto. La segunda denominación, “liberado”, hace referencia a que este dispositivo no está sujeto a ningún armazón –si consideramos la situación física-. Pero también es una denominación fuerte desde lo



Fotografía 10. Con una plomada se puede poner en evidencia la vertical gravitatoria. *Fotografía tomada por Patricia Knopoff en Villa Giardino (Córdoba) en septiembre de 2011.*

ideológico. En un globo liberado, la parte superior se corresponde con la locación de la persona que lo ha posicionado. Un globo liberado coloca a la persona que lo contempla en la cima del mundo. En esta posición es fácil observar que todo el planeta se encuentra bajo los pies del observador, sin ninguna porción del planeta que se encuentre por encima de él.

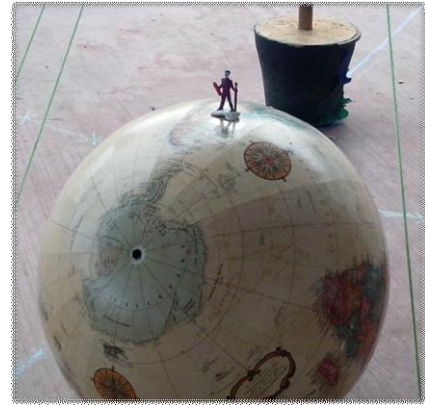
Por encima del observador sólo hay cielo. Esto es un hecho fácilmente observable en lo cotidiano. Y el globo liberado permite reconocer esta situación: la posición más elevada del planeta es la del propio sujeto, para todos los sujetos del planeta.

La Tierra no es esférica, pero esta aproximación es válida y valiosa para numerosos análisis. Representar al objeto con un modelo *uno a uno* presenta muchos beneficios. En este tipo de modelos, cada punto del objeto real es asociado con uno y sólo un punto del objeto representante. La posición en que se coloque esta representación del planeta no es menor.

Un globo terráqueo paralelo es un dispositivo didáctico astronómico, ya que es un representante del planeta, posicionado en el espacio de la misma forma que el objeto real.

Considerando que el globo terráqueo se encuentra sobre la superficie del objeto que está representando (la Tierra) y ambos objetos se encuentran en el mismo lugar del universo, en el mismo momento, la situación es didácticamente poderosa, ya que el estado de iluminación del globo terráqueo paralelo será esencialmente idéntico al estado de iluminación del planeta en ese mismo momento. Si se necesita comprender qué es lo que está sucediéndole al planeta, no es posible observar el fenómeno directamente, pero este dispositivo permite intermediar en la observación. Es posible observar en un representante adecuado (un globo terráqueo paralelo) lo que está ocurriendo. Este estado de iluminación del planeta permitirá analizar y determinar los dos grandes movimientos que realiza la Tierra y sus consecuencias lumínicas: la sucesión del día y la noche y la sucesión de las estaciones.

Es por todo ello que podemos afirmar que un globo terráqueo en posición paralela sirve para analizar y comprender los estados lumínicos del planeta y sus consecuencias en la vida cotidiana.



Fotografía 11. Con un muñeco sobre un globo terráqueo paralelo se puede representar la posición de la Tierra y el observador. *Fotografía tomada por E. Lacambra en Chivilcoy en mayo de 2014.*



El trabajo conjunto con esfera lisa y globo terráqueo paralelo permite observar cómo cambia el estado de iluminación de la Tierra durante el día y durante el año. De esa forma, pueden explicarse fenómenos como el día y la noche, y las estaciones del año. Además, permite darles sentido a puntos y líneas astronómicas: polos, trópicos, ecuador, círculos polares.

Con las marcaciones durante un equinoccio (fotografía 12) se puede observar la correspondencia entre la intersección de los terminadores y el Polo Sur, y entre la línea de verticales de luz y el Ecuador (por el ángulo en que fue tomada la fotografía no se ve el Polo Norte). La pelota pequeña sobre el globo paralelo se utiliza como representación de la esfera lisa para mostrar que ésta y el planeta están iluminados de la misma forma en cada momento.

A partir de las marcaciones durante el solsticio de diciembre (fotografía 13) se deduce que al sur del Círculo Polar Antártico hubo luz del Sol durante todo el día y que en el Trópico de Capricornio los rayos incidieron de forma normal.

Fotografías tomadas por E. Lacambra en La Plata, la fotografía 12 en marzo de 2014 y la 13 en diciembre de 2013.

