

Aportes para la enseñanza del sistema Sol-Tierra en el nivel primario: una mirada desde la Tierra

Fernando Ariel Karaseur¹, Cecilia Giselle Lastra¹, Alejandro Gangui^{1,2}

1. Universidad de Buenos Aires, Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, Argentina.
2. CONICET - Universidad de Buenos Aires, Instituto de Astronomía y Física del Espacio (IAFE), Argentina.

fkaraseur@hotmail.com

Resumen

La construcción de la analema, la curva que representa el movimiento aparente del Sol para un observador, se constituye como una estrategia potente para el aprendizaje significativo de conceptos relacionados con la astronomía. Basándonos en mediciones propias y discusiones anteriores de nuestro grupo acerca de las capacidades que podrían desarrollarse con la misma, presentamos algunas actividades secuenciadas que fueron diseñadas para trabajar con alumnos de séptimo grado de nivel primario, con el objetivo de problematizar el movimiento aparente del Sol. Su implementación en contexto de enseñanza permite afirmar que el trabajo de transposición realizado -prescindiendo de la construcción de la analema- facilita la comprensión del fenómeno a partir de la observación sistemática mediada por el registro fotográfico y la utilización de otros formatos de representación del fenómeno, como el simulador *Stellarium* y tablas.

Palabras clave: astronomía; transposición didáctica; nivel primario; movimiento aparente del Sol; curva analema.

Introducción

El Proyecto Analema (Camino et al., 2016) hace hincapié en la observación sistemática del Sol y promueve la discusión en torno a su enseñanza. Se sustenta en la construcción con materiales concretos de la analema, la curva que realiza el Sol en el cielo en el transcurso de un año si se lo observa desde un mismo lugar y a una hora civil fija. La resultante se debe al movimiento relativo entre el observador y el Sol, y en la Tierra tiene forma de “8” asimétrico. Posee una componente “vertical” que da cuenta de la variación en la declinación del Sol y una componente “horizontal” que muestra la diferencia entre la hora civil y el tiempo solar verdadero, como muestra la Figura 1.



Figura 1. La curva analema dibujada sobre la superficie de un reloj de Sol vertical del Observatorio de Greenwich.

Algunos de los posibles métodos para obtenerla son:

- Fotografiar el Sol durante todo un año a la misma hora civil, respecto de alguna referencia fija.
- Marcar en el suelo el extremo de la sombra que proyecta un gnomon al ser iluminado por el Sol a una hora civil fija durante todo un año.
- Medir el extremo de la sombra que proyecta un gnomon al ser iluminado por el Sol durante todo el año al mediodía solar. Luego, teniendo en cuenta la Ecuación del Tiempo (es decir, la diferencia en tiempo entre el Tiempo Solar Verdadero y el Tiempo Solar Medio) y la declinación, graficar la curva analema.

En principio, reconocemos un grado de abstracción creciente entre estos tres métodos, los cuales imponen ciertas condiciones para los registros con criterios que no son triviales para los alumnos y que requieren de un tiempo prolongado para completarlos y obtener conclusiones.

El primero es el que más se acerca a la observación directa asistemática inicial de los alumnos, pero requiere de conocimientos técnicos para lograr buenas fotografías y de cierto cuidado para que sean comparables a los efectos de analizar el movimiento aparente del Sol.

El segundo método puede explicarse como la proyección del primero, de modo que se vuelva concreto, duradero y de fácil registro. Sin embargo, no es menor el hecho de que no todas las escuelas cuentan con un patio con la orientación que permita realizar estos registros y que, en la práctica, registrar frecuentemente requiere de una *logística* que debe ser sostenida en el tiempo para trasladar a al menos algunos alumnos por los ámbitos de la escuela.

El tercer método, que llevamos a la práctica (Gangui, Lastra y Karaseur, 2018), posee un grado de formalización y abstracción que se aleja de la sola observación sistemática y su registro. Consideramos que para construir un aprendizaje significativo del movimiento aparente del Sol en los primeros niveles de enseñanza resulta necesario realizar diversas operaciones de transposición didáctica, volviendo a las bases del fenómeno y construyendo un modelo a enseñar (Chevallard, 1991). Es decir, partiendo de la observación directa, su registro y representación a partir de recursos sencillos y criterios compartidos y consensuados por los alumnos (Gangui e Iglesias, 2015). Presentamos a continuación algunas de las actividades ideadas y secuenciadas con tal objetivo y parte de los resultados de su implementación.

Observaciones directas, representaciones y problematización del movimiento aparente del Sol

Discutimos algunas de las actividades propuestas y sus resultados y las referenciamos en el contexto de la secuencia de enseñanza, destinada a alumnos de séptimo grado de nivel primario con el objetivo de sentar las bases del abordaje del modelo externo Sol-Tierra, según las prescripciones del Diseño Curricular de CABA (GCBA, 2012).

Uno de los objetivos principales de la secuencia en la que se inscriben las actividades que presentamos es que los alumnos pasen de una observación asistemática del cielo a tener la necesidad de sistematizarla y registrarla construyendo los criterios propios, en pos de resolver problemas (Porlán, 1999) y desarrollar otras capacidades (Lastra, Karaseur y Gangui, 2017). Entre estas podemos mencionar aquellas cognitivas (utilizar modelos reconociendo alcances y limitaciones, pensamiento crítico), intrapersonales (entender el aprendizaje como un proceso que requiere una reflexión metacognitiva) e interpersonales (trabajo con otros y comunicación de aprendizajes).

La secuencia se desarrolla inmediatamente a continuación de la unidad de movimiento, en la que se presentan conceptos básicos de cinemática en forma cualitativa (sistema de referencia, posición, reposo, movimiento, movimiento relativo, etc.). Si bien no se exige su *correlatividad*, sí se espera un uso algo menos intuitivo de los conceptos.

Motivación y primeros acercamientos al fenómeno

El estudio del movimiento aparente del Sol comienza en la secuencia con una propuesta de breve estudio de casos (Wassermann, 1994). Se presenta para ello la problemática del acceso a la energía eléctrica en la Puna de nuestro país, referida a los pueblos que se están proveyendo mediante la instalación de paneles solares. En este contexto, se les propone a los alumnos que planteen algunas preguntas-problema que se vinculen directamente con el Sol. Aquellas vinculadas con el proceso de generación de energía eléctrica quedan fuera del alcance de la secuencia y se les sugiere una investigación optativa. A nuestros efectos resultan relevantes las cuestiones acerca de la posición y la orientación –*óptima*– de los paneles. Este tipo de preguntas motivan la necesidad e importancia de orientarse espacialmente, uno de los ejes centrales de la secuencia.

En esta instancia se propone la Actividad A (*Luces y sombras*): *Sacá al menos dos fotos -con solo unos segundos de diferencia- en las que pueda verse un objeto o persona y además su sombra (completa) debida a la luz del Sol. No compartas tus fotos con otros compañeros (es imprescindible para la actividad que haremos en clase).*

Su formulación es lo suficientemente amplia como para que los alumnos puedan variar la posición del observador entre ambas fotografías, que sería lo deseable, aunque en la práctica no es lo que suele ocurrir. En los casos en que sí sucede se aprovecha para destacar con todo el grupo esta diferencia, resaltándola. A este criterio de análisis se le sumará la relación causa-efecto entre el Sol, los objetos (cuerpos) y las sombras.

Aunque parezca trivial, aún en estas edades resulta una instancia válida y significativa

dentro de la secuencia, especialmente para desarrollar la capacidad de describir usando referencias. A partir de las fotografías, como la de la Figura 2, la actividad propuesta en clase consiste en descubrir el objeto (cuerpo) que produjo la sombra a partir de una proyección de la foto truncada, y describir las posiciones relativas del Sol, el objeto (cuerpo) y la sombra, de modo que expliciten que sus posiciones pueden unirse en línea recta y reparen en los tamaños relativos. Para ello los alumnos usan espontáneamente referencias de uso cotidiano como *arriba*, *abajo*, *izquierda*, *derecha*, *adelante* y *atrás*.



Figura 2. Fotografía tomada por un alumno para la Actividad A.

Introducción de los puntos cardinales como referencias

A continuación, se propone la resolución de un problema basado en “Tres portugueses bajo un paraguas (sin contar el muerto)”, de Rodolfo Walsh (1955). En este cuento se describen las posiciones relativas de cuatro personas con relación a los puntos cardinales. Uno de ellos es asesinado y los otros tres se convierten en sospechosos. A partir de la lectura parcial del cuento, los alumnos deben deducir quién es el asesino. Luego completamos su lectura, verificando o corrigiendo sus respuestas. Desprendemos como conclusión la relatividad de las referencias de uso cotidiano –según la posición del observador- y la necesidad de dar referencias un tanto más *absolutas*. Recordamos así la existencia de los puntos cardinales, que suele enseñarse desde mitad del nivel primario en un contexto netamente relacionado a la interpretación de mapas. En esta instancia aún no explicitamos los vínculos entre Norte-Sur, el meridiano y el mediodía

solar ni entre Este-Oeste y las salidas y puestas durante los equinoccios. Justamente ese es el propósito del resto de la unidad.

Una vez que contamos con las referencias, con el objetivo de responder a las preguntas-problema que surgieron del estudio de casos, nos adentramos en la descripción de los movimientos aparentes diurnos mediante un conjunto de recursos:

- En primer lugar para una localidad y día específicos (Actividad B)
 - luego comparándola en un mismo día para distintas localidades sobre un meridiano (usando el simulador *Stellarium* y tablas del Servicio de Hidrografía Naval, de modo que aporte a la construcción de la noción de la curvatura de la superficie de la Tierra)
 - después pasando los días en una localidad (Actividad C y D),
 - por último adentrándonos en cualquier variante de localidad y día del año. El estudio de las sombras en un globo terráqueo local permite reconocer las diferencias de las mismas y el pasaje de lo local a pensarse como parte de un todo sobre el planeta Tierra. Luego se analiza al movimiento anual visto desde dos ciudades con igual latitud pero ubicadas en distintos hemisferios (aproximadamente CABA y Rabat, ver Actividad D).
- Culminada la Actividad A, comienza una etapa de la secuencia donde se plantean idas y venidas entre las Actividades A, B, C, y D, trabajos de observación sistemática mediados por el simulador *Stellarium*, análisis de las tablas de salida y puesta del Sol y la consulta bibliográfica.

El movimiento aparente del Sol para una localidad y día específico

Se propone como Actividad B la siguiente: *Elegí un objeto que esté al aire libre y fijo al suelo (por ejemplo, un poste de luz, un semáforo, un árbol, etc.). A lo largo de un día, sacá tres fotografías de la sombra completa del mismo:*

- a) *una por la mañana, lo más temprano posible;*
- b) *una cercana al mediodía; y*
- c) *otra por la tarde, lo más tarde posible.*

Es importante que las fotos las tomes siempre desde la misma posición, sin cambiar la orientación de la cámara (¿por qué?). Registrá siempre el horario.

Los alumnos ya están en condiciones de proponer descripciones utilizando como referencias los puntos cardinales y comparando las longitudes de las sombras. Para que esta comparación resulte factible, nuevamente se retoma la importancia de la posición del observador (y en este caso en particular, de la orientación de la cámara). A partir de

sus fotografías, como las de la Figura 3, los alumnos constatarán que las sombras más cortas se asocian con un horario cercano al mediodía, cuando la altura del Sol es relativamente grande.



Figura 3: Fotografías y textos presentados por una alumna para la Actividad B. A: Fotografías del mismo lugar para tres horarios distintos de un día. B: Fotografías que la alumna toma en otro lugar para igual horario vespertino a los efectos de mostrar sombras.

Empleando el *Stellarium* constatarán que eso ocurre cuando el Sol pasa por el meridiano a una altura máxima, que corresponde al Norte si lo proyectamos sobre el horizonte. Con esto se introduce la relación entre la dirección Norte-Sur y el mediodía *solar* (que distinguimos del mediodía civil), explicitando el sentido astronómico de estos puntos cardinales. En esta instancia logran elaborar textos como el que sigue: “...*el sol se encuentra un poco hacia el oeste debido a que eran las 15:50 pm y ya había pasado el mediodía solar. A esa hora la sombra es corta por que el sol se encuentra más en el medio*” (Texto producido por la alumna, que se refiere a su foto de Figura 3b). Su intención de describir la posición del Sol es clara, relacionando causas y consecuencias. Si bien nunca fue propuesto, utiliza a su modo *am* y *pm* en sus indicaciones horarias. Resulta significativo notar la interferencia de referencias más habituales para ella que hacen poco clara la descripción, cuando dice “más en el medio”.

El movimiento aparente anual del Sol visto desde una localidad

Se propone como Actividad C la que sigue: *Elegí un objeto que esté al aire libre (y fijo al suelo) y un horario específico del día. Al menos una vez por semana sacá una fotografía de la sombra completa del mismo. Es importante que las fotos las tomes siempre desde la misma posición. La cámara deberá orientarse siempre de la misma*

manera, en la dirección Norte-Sur. ¿En qué sentido deberías apuntar? ¿Por qué? Repetí este procedimiento a lo largo de, al menos, el transcurso de toda la unidad.

Se espera que los alumnos puedan tomar fotografías de un modo lo suficientemente sistemático como para que resulten comparables. Partimos de la orientación correcta de la cámara teniendo en cuenta como referencia la dirección Norte-Sur –construida a partir del registro del mediodía solar en su punto de observación- y el sentido hacia el Sur de las sombras teniendo en cuenta nuestra latitud. Sin que esto sea explicitado, sus fotografías se convierten en una especie de analema en trozos, donde el extremo de cada sombra corresponde a un punto de la curva. Al mismo tiempo, resignifican la lectura de tablas de salida y puesta del Sol, llegando a conclusiones como las que siguen para la Ciudad de Buenos Aires:

Agosto: nosotras vemos que mientras van pasando los días va amaneciendo más temprano y anocheciendo más tarde (...) Azimut: mientras pasan los días el azimut de salida va aumentando y el de puesta va disminuyendo. (...) Septiembre: pasa algo muy parecido que en agosto porque sigue amaneciendo cada vez más temprano y va anocheciendo cada vez más tarde, por eso los días se van haciendo más largos. (Texto producido en equipo por tres alumnas de 7mo grado).

A estas relaciones que los alumnos logran establecer entre la longitud de las sombras, la duración de los días y las características del arco solar, los alumnos logran añadir las referidas a los efectos sobre las temperaturas asociadas a cada momento del día o estación del año. Instancias como la que siguen permiten extender estas conclusiones a otras localidades y momentos del año.

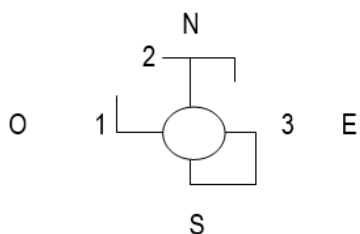
El movimiento aparente anual del Sol visto desde distintas localidades

Se propone como Actividad D la que sigue: *Resuelvan el siguiente problema: En las vacaciones de invierno un grupo de amigos de la Ciudad de Buenos Aires decidió hacer un campamento cerca de la ciudad. Poco antes del amanecer de un día despejado, emprendieron una caminata por uno de los senderos que salen de su campamento. Sin reconocer cuál era, ingresaron y continuaron hasta que uno de ellos comenzó a sentirse muy mal y debieron pedir ayuda por teléfono. “¿Cómo haremos para indicarles dónde estamos? Solo tenemos este plano”, comentó uno. “¡Ya sé!” –Exclamó otro– “Todos los senderos están en la dirección norte-sur o este-oeste. En nuestro trayecto, caminamos*

en una misma dirección hasta pasado el mediodía. Y luego cambiamos de dirección, pero nunca pudimos ver al Sol delante de nosotros. Dejen que yo pida la ayuda.”

- a) *Decidan en cuál de los caminos ingresaron, justificando su elección.*
- b) *Determinen en qué parte del camino elegido se encuentran estos amigos al momento de pedir ayuda.*
- c) *Ese verano volvieron y decidieron caminar por el Sendero 3 desde poco antes del amanecer. Si al principio veían al Sol a su derecha, ¿por cuál de los accesos comenzaron?*
- d) *¿La resolución del problema sería la misma si este campamento estuviera ubicado en Rabat (Marruecos) u otra ciudad del hemisferio norte? Debatan sus razonamientos.*

Actividades como esta culminarían una secuencia desde el punto de vista topocéntrico, ya



que en esta instancia los alumnos ya pueden establecer similitudes y diferencias en los movimientos aparentes del Sol para distintas localidades y momentos del año.

A modo de cierre

El Diseño Curricular para el nivel primario en la Ciudad de Buenos Aires centra sus prescripciones de Ciencias Naturales para séptimo grado en la explicación externa de los fenómenos relacionados con el sistema Sol-Tierra y luego incorporándole la Luna. Si bien los movimientos aparentes se indican para grados anteriores, nuestra experiencia nos demuestra que una secuencia que promueva el aprendizaje significativo del modelo externo debe sustentarse en sólidas y recientes problematizaciones de los movimientos aparentes. La sistematización de la descripción del movimiento aparente del Sol no conduce necesariamente a que los alumnos establezcan su correspondencia con explicaciones a partir del modelo externo heliocéntrico y puedan diferenciarlas de otras sustentadas en un modelo geocéntrico. Consideramos que nuestro trabajo de transposición de la construcción de la analema es una línea de acción posible para que,

en conjunto con observaciones y registros del cielo nocturno, los alumnos construyan significativamente explicaciones acerca los movimientos reales relativos del sistema Sol-Tierra en correspondencia con las explicaciones científicas actuales. En este sentido, un abordaje didáctico que permita construir cierta continuidad fundamentada entre una visión topocéntrica y un modelo externo heliocéntrico requiere de discusiones que abordaremos en trabajos venideros.

Referencias bibliográficas

- Camino, N.; Terminiello, C.; Zaninetti, M.; Gangui, A.; Lastra, C.; Girola, R.,...Cano Mejía, A. J. (2016). Observational determination of the Analemma: a joint south american project. En Actas do IV Simpósio Nacional de Educação em Astronomia (SNEA 2016), Goiania, Brasil, 26-29 julio 2016, ISSN: 2316-1698, 2016.
- Chevallard, Y. (1991). La transposición didáctica. Del saber sabio al saber enseñado. Buenos Aires: Aique.
- Diseño curricular para la escuela primaria: segundo ciclo de la escuela primaria: educación general básica / dirigido por Silvia Mendoza. - 1a ed. 1a reimp. - Ciudad Autónoma de Buenos Aires: Ministerio de Educación del Gobierno de la Ciudad Autónoma de Buenos Aires, 2012. Recuperado de: https://www.buenosaires.gob.ar/sites/gcaba/files/disen%C3%B3_curricular_para_la_escuela_primaria_segundo_ciclo_tomo_2.pdf
- Gangui, A., Iglesias, M. (2015). Didáctica de la astronomía: actualización disciplinar en Ciencias Naturales: propuestas para el aula. Buenos Aires: Paidós.
- Gangui, A., Lastra, C., Karaseur, F. (2018). On times and shadows: the observational analemma. *The Physics Teacher*, 56 (6): 367-369. Recuperado de: <https://doi.org/10.1119/1.5051148>
- Lastra, C., Karaseur, F., Gangui, A. (2017). La construcción de la analema como estrategia para el desarrollo de capacidades en la enseñanza del sistema Sol-Tierra. Trabajo en formato póster presentado en la 102ª Reunión de la Asociación Física Argentina. La Plata: inédito.

Porlán, R. (1999). Hacia un modelo de enseñanza – aprendizaje de las ciencias por investigación. Enseñar ciencias naturales. Buenos aires: Paidós.

Walsh, R. (1955). Tres portugueses bajo un paraguas (sin contar el muerto). En Revista Leoplán. Buenos Aires: Editorial Sopena Argentina S.A.. Recuperado de: <https://www.pagina12.com.ar/diario/especiales/subnotas/3215-1675-2002-03-25.html>

Wassermann, S. (1994). El estudio de casos como método de enseñanza. Buenos Aires: Amorrortu Editores.