

Uso didáctico del sistema de referencia topocéntrico: cómo vincular a los estudiantes con su entorno celeste.

Galperin, Diego.

Cita:

Galperin, Diego (2024). *Uso didáctico del sistema de referencia topocéntrico: cómo vincular a los estudiantes con su entorno celeste. I Encuentro Virtual de Educación y Difusión de la Astronomía. Universidad Nacional de Río Negro.*

Dirección estable: <https://www.aacademica.org/diegogalperin/57>

ARK: <https://n2t.net/ark:/13683/pnsZ/01w>



Esta obra está bajo una licencia de Creative Commons.
Para ver una copia de esta licencia, visite
<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/deed.es>.

Acta Académica es un proyecto académico sin fines de lucro enmarcado en la iniciativa de acceso abierto. Acta Académica fue creado para facilitar a investigadores de todo el mundo el compartir su producción académica. Para crear un perfil gratuitamente o acceder a otros trabajos visite: <https://www.aacademica.org>.



Uso didáctico del sistema de referencia topocéntrico: cómo vincular a los estudiantes con su entorno celeste

Diego Galperin

*Laboratorio de Investigación en Didáctica de las Ciencias Naturales,
Sede Andina de la Universidad Nacional de Río Negro*

dgalperin@unrn.edu.ar

Resumen

La astronomía es un área de gran interés. Pese a ello, la mayoría de las personas no comprende cómo se desplazan los astros en el cielo y los fenómenos astronómicos más cotidianos (día/noche, estaciones y fases lunares). Aquí analizaremos si estas dificultades pueden tener su origen en la utilización de explicaciones “heliocéntricas”, basadas en el movimiento de los astros vistos desde el espacio exterior, dejando de lado la posibilidad de utilizar explicaciones “topocéntricas”, basadas en el movimiento de los astros en el cielo. Se presentará una propuesta de enseñanza fundamentada en la utilización didáctica del sistema de referencia topocéntrico.

Palabras clave: Astronomía; Enseñanza; Enfoque topocéntrico; Propuesta didáctica; Observación del cielo.

Introducción

La enseñanza y el aprendizaje acerca de los fenómenos astronómicos cotidianos (día/noche, estaciones del año y fases lunares) constituye un área de investigación en didáctica de las ciencias que intenta provocar una mejora en la explicación de estos fenómenos por parte de estudiantes de todos los niveles educativos. En este sentido, investigaciones realizadas ponen de manifiesto la escasa comprensión de los mismos por parte de estudiantes de diferentes edades, pero también de los docentes que deben enseñarlos. A su vez, se han detectado errores conceptuales en libros escolares presentes en las escuelas y, también, en videos educativos o de divulgación disponibles en internet. Por último, la mayoría de estos materiales ponen escaso énfasis en vincular dichos fenómenos con lo que puede observarse a simple vista en el cielo, privilegiando explicaciones e imágenes basadas en algo que no podemos ver: el movimiento de la Tierra y la Luna en el espacio exterior.

En función de esta realidad, aquí se esboza un resumen de las dificultades a partir de resultados propios y de otros investigadores junto con los fundamentos disciplinares y didácticos de la utilización del sistema de referencia topocéntrico. Este punto de vista permite describir el movimiento de los astros en el cielo para, a partir de ellos, explicar los fenómenos del día y la noche, las estaciones del año y las fases lunares. Para finalizar, se brinda una propuesta didáctica para su enseñanza en las aulas.



Sistemas de referencia en la enseñanza de la astronomía

Un sistema de referencia constituye un sistema de convenciones para poder medir y precisar la posición y otras magnitudes de un objeto, siendo su elección un aspecto crucial para el análisis y la comprensión de los fenómenos físicos. En este sentido, el principio de relatividad del movimiento sostiene que cada observador puede elegir el sistema de referencia que prefiera ya que carece de sentido hablar de movimiento absoluto de un cuerpo debido a que sólo podemos referirnos a la posición o el desplazamiento de un objeto en relación a otro. En consecuencia, cobra relevancia la decisión acerca de cuál sistema elegir con el fin de lograr que los fenómenos a analizar aparezcan de la forma más simple posible (Landau, Ajeizer y Lifshitz, 1973).

En el caso de los fenómenos astronómicos, se utilizan distintos sistemas de referencia en función del origen elegido para cada uno y de las coordenadas que se definan a partir de dicho origen. Así, los sistemas más utilizados son los que tienen como origen:

- a) un punto de la superficie terrestre (sistema de referencia *topocéntrico*).
- b) el centro de masa de la Tierra (sistema de referencia *geocéntrico*).
- c) el centro de masa del Sistema Solar (sistema *heliocéntrico*).

Cuando se utiliza el sistema de referencia heliocéntrico, los fenómenos astronómicos cotidianos se explican a partir del movimiento de la Tierra y la Luna en el espacio exterior. Este sistema es utilizado mayoritariamente en los materiales educativos y de divulgación pese a que requiere determinadas habilidades mentales visoespaciales para su comprensión (Raviolo, 2019):

- a) *orientación espacial*: imaginar un objeto o fenómeno desde una perspectiva diferente a la propia.
- b) *rotación espacial*: rotar mentalmente un objeto en un plano o en el espacio.
- c) *visualización espacial*: realizar tareas mentales que requieren del movimiento o desplazamiento de las partes de una figura.

En cambio, el sistema de referencia topocéntrico permite explicar los mismos fenómenos a partir del movimiento del Sol y la Luna en el cielo tal como podemos observarlos desde nuestra ubicación en la superficie de nuestro planeta. En este sentido, dado que la Tierra es esférica, cada persona verá a los astros moverse en el cielo de forma diferente, en función de dónde se encuentre. De esta forma, la utilización de este sistema permite tener como objetivo la construcción de un *modelo cinemático celeste topocéntrico*, el cual permite explicar los fenómenos del día y la noche, las estaciones del año y las fases lunares a partir de los movimientos del Sol y la Luna en el cielo descritos desde el lugar donde cada uno vive. (Galperin, 2016).

En función de lo anterior, el ciclo día/noche puede ser explicado adecuadamente en forma heliocéntrica como consecuencia de la rotación terrestre o en forma topocéntrica como causado por el movimiento diario del Sol en el cielo (Galperin y Sáez, 2023). Este último punto de vista tiene la ventaja de tener relación con las vivencias cotidianas, haciendo posible la realización de observaciones del cielo y la comprensión de cuestiones cotidianas a las que no se les suele prestar atención.



Del mismo modo, las estaciones del año pueden ser explicadas topocéntricamente a partir del movimiento norte – sur del Sol en el cielo a lo largo de un año (Galperin, 2022), lo que resulta más sencillo para los estudiantes que explicar el fenómeno heliocéntricamente como una consecuencia de la inclinación del eje terrestre en conjunto con su traslación en torno al Sol.

Por último, las fases lunares pueden ser explicadas en forma topocéntrica como causadas por el movimiento propio de la Luna hacia el este de un día al otro, lo que provoca que cambie su posición en el cielo y, en consecuencia, su ángulo en relación al Sol (Galperin, Alvarez y Santa Ana, 2022).

A continuación se presentan dificultades detectadas en relación a la enseñanza de la astronomía.

Dificultad 1: escasa comprensión de los fenómenos astronómicos cotidianos

Las investigaciones acerca de las causas de los fenómenos astronómicos cotidianos ponen en evidencia su escasa comprensión por parte de estudiantes y de docentes (Vega Navarro, 2007), además de revelar una escasa presencia de propuestas que vinculen su enseñanza con la observación del movimiento de los astros en el cielo (Galperin y Raviolo, 2014). En este sentido, se han podido clasificar y categorizar las explicaciones sobre el día y la noche, las estaciones del año y las fases lunares que brindan estudiantes y docentes (Galperin, 2016).

Para el ciclo día/noche, se han clasificado las respuestas dentro de las siguientes categorías de modelos mentales (Johnson Laird, 1983), los cuales se encuentran ejemplificados en la Figura 1. Los modelos $M_{D/N-1}$ y $M_{D/N-4}$ son correctos desde un punto de vista heliocéntrico o topocéntrico, respectivamente.

$M_{D/N-1}$ - *Modelo científico heliocéntrico*: rotación de la Tierra en el espacio (sin Luna).

$M_{D/N-2}$ - *Modelo de rotación*: rotación de la Tierra con el Sol y la Luna opuestos.

$M_{D/N-3}$ - *Modelo de alternancia*: el Sol está en el cielo de día y la Luna de noche.

$M_{D/N-4}$ - *Modelo científico topocéntrico*: presencia o ausencia del Sol en el cielo.

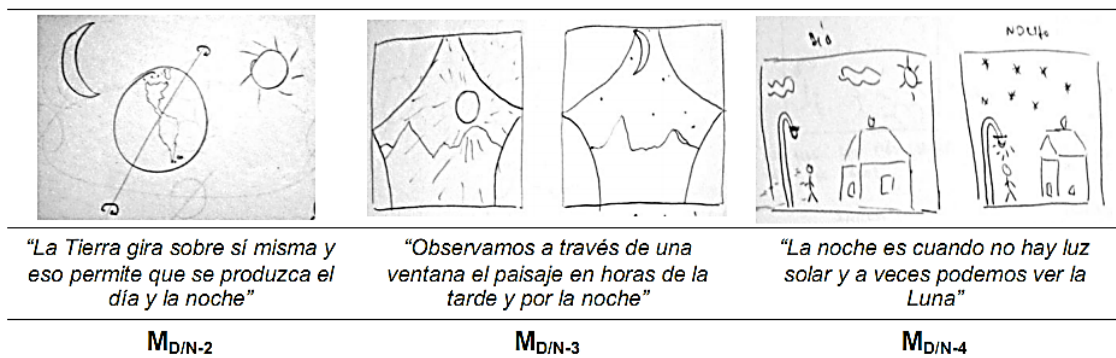


Figura 1. Categorías de modelos sobre la causa del ciclo día/noche (Galperin, 2016).

En la Figura 2 se indica la presencia porcentual de cada uno de estos modelos en las respuestas dadas por estudiantes de nivel primario y secundario y docentes.

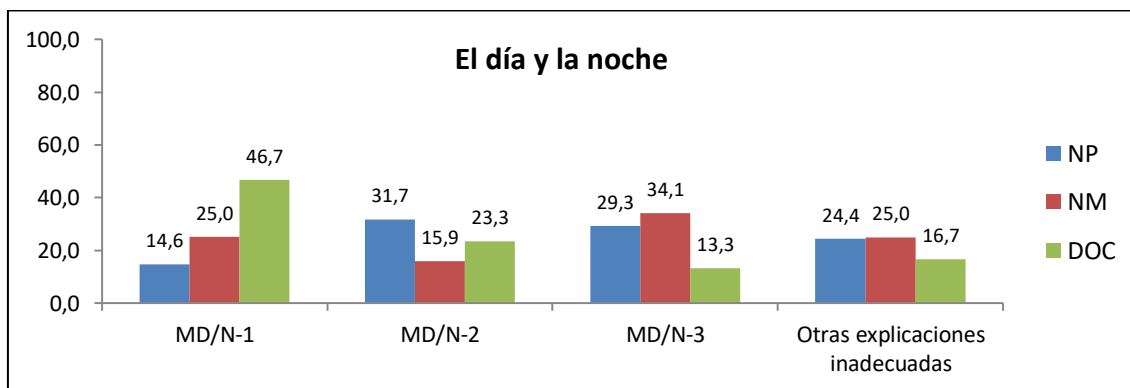


Figura 2. Presencia porcentual de cada modelo mental en estudiantes de 6to. y 7mo. grado de nivel primario (azul), de 1ro. a 3er. año de nivel secundario (rojo) y en docentes (verde).
Fuente: Alvarez, Galperin y Quinteros, 2018; Galperin, Prieto y Heredia, 2018.

Como puede notarse, el modelo científico heliocéntrico $M_{D/N-1}$ (rotación de la Tierra sin dibujar a la Luna) se encuentra poco presente en los niveles primario y secundario. Además, sólo un 46,7% de los docentes utiliza esta explicación. Por el contrario, más de la mitad de los docentes brinda explicaciones inadecuadas pese a ser un fenómeno muy cotidiano y relativamente sencillo de comprender.

En cuanto a la causa de las estaciones del año, se han identificado los siguientes modelos mentales, los cuales se encuentran ejemplificados en la Figura 3. El modelo M_{EA-3} es correcto:

M_{EA-1} - *Modelo de distancia variable*: la Tierra se acerca o se aleja del Sol.

M_{EA-2} - *Modelo de traslación*: la traslación de la Tierra provoca las estaciones.

M_{EA-3} - *Modelo científico heliocéntrico*: traslación de la Tierra e inclinación del eje.

M_{EA-4} - *Modelo de cambios en el paisaje*: nieve, caída de hojas, lluvias, frío, etc.

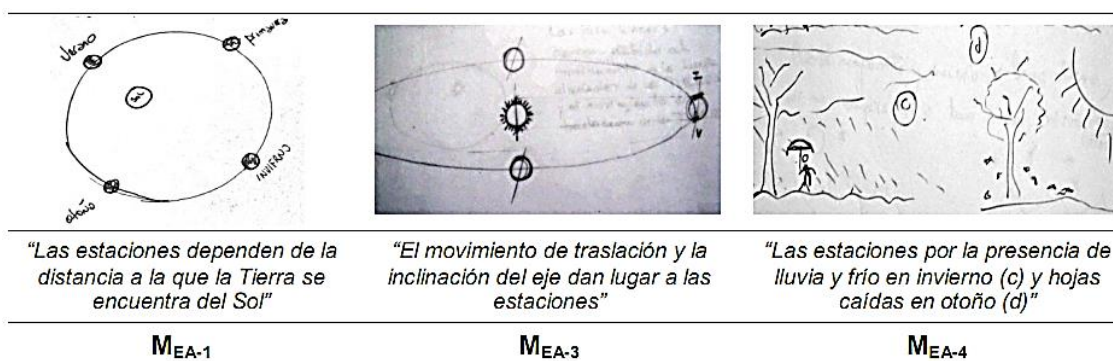


Figura 3. Categorías de modelos sobre la causa de las estaciones del año (Galperin, 2016).



En la Figura 4 se indica la presencia porcentual de cada uno de estos modelos en las respuestas dadas por estudiantes y docentes.

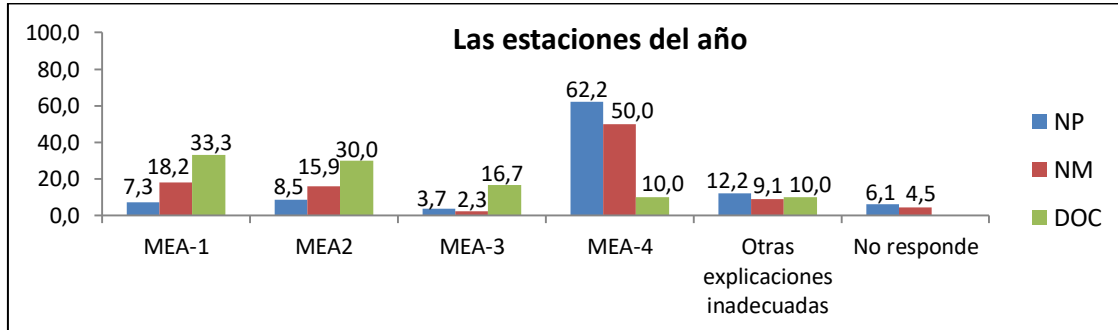


Figura 4. Presencia porcentual de cada modelo mental sobre la causa de las estaciones del año en estudiantes de 6to. y 7mo. grado de nivel primario (azul), de 1ro. a 3er. año de nivel secundario (rojo) y en docentes (verde). Fuente: Alvarez et al., 2018; Galperin et al., 2018.

Como puede notarse, el modelo científico heliocéntrico M_{EA-3} (traslación de la Tierra con su eje inclinado) se encuentra casi ausente en los niveles primario y secundario, detéctandose en sólo un 16,7% de los docentes. Por el contrario, el modelo que plantea que las estaciones del año se deben a cambios en el paisaje (confundiendo causa con consecuencias) se encuentra muy presente en primaria y secundaria, siendo mayor la proporción de docentes que sostiene como causa a la distancia variable entre la Tierra y el Sol (M_{EA-1}). De esta manera, queda en evidencia que los estudiantes expresan mayoritariamente una explicación inadecuada basada en lo que observan a su alrededor (M_{EA-4}), mientras que la mayoría de los docentes presentan explicaciones heliocéntricas, pero también inadecuadas (M_{EA-1} y M_{EA-2}).

Por último, en cuanto a la causa de las fases lunares, se han identificado los siguientes modelos mentales, los cuales se encuentran ejemplificados en la Figura 5. El modelo M_{FL-4} es correcto:

M_{FL-1} - *Modelo de ángulo de incidencia*: el Sol ilumina poco o mucho a la Luna.

M_{FL-2} - *Modelo de revolución*: la revolución lunar provoca las fases (no explica).

M_{FL-3} - *Modelo de eclipse*: la Tierra da sombra sobre una parte de la Luna.

M_{FL-4} - *Modelo científico heliocéntrico*: la Luna se ve distinta al cambiar de posición respecto al Sol a medida que se mueve en su órbita.

En la Figura 6 se indica la presencia porcentual de cada uno de estos modelos en las respuestas dadas por estudiantes y docentes. Se visualiza que el modelo científico heliocéntrico M_{FL-4} se encuentra ausente en los estudiantes, detéctandose en sólo un 10% de los docentes. Por el contrario, la mayoría de los estudiantes no logra esbozar una explicación del fenómeno al no responder o al sólo dibujar lunas en sus distintas fases (no siempre correctas). Por su parte, un 63,3% de los docentes brinda explicaciones inadecuadas sobre el fenómeno (M_{FL-1} , M_{FL-2} y M_{FL-3}), mientras que un 26,7% sólo dibuja lunas en distintas fases sin poder dar una explicación.

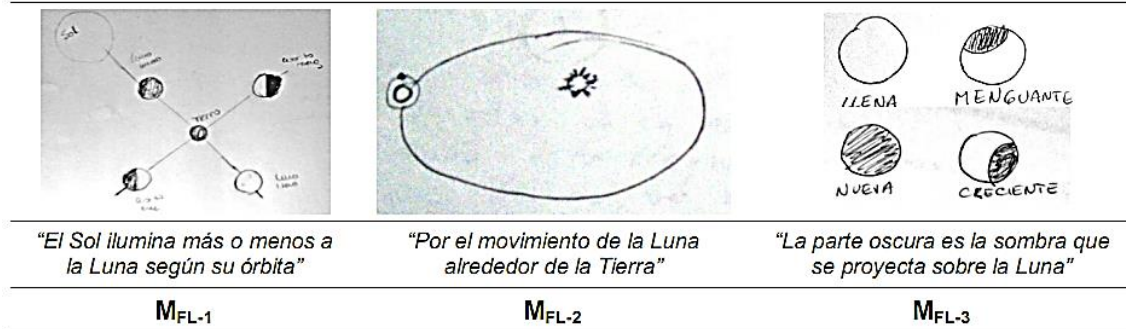


Figura 5. Categorías de modelos sobre la causa de las fases lunares (Galperin, 2016).

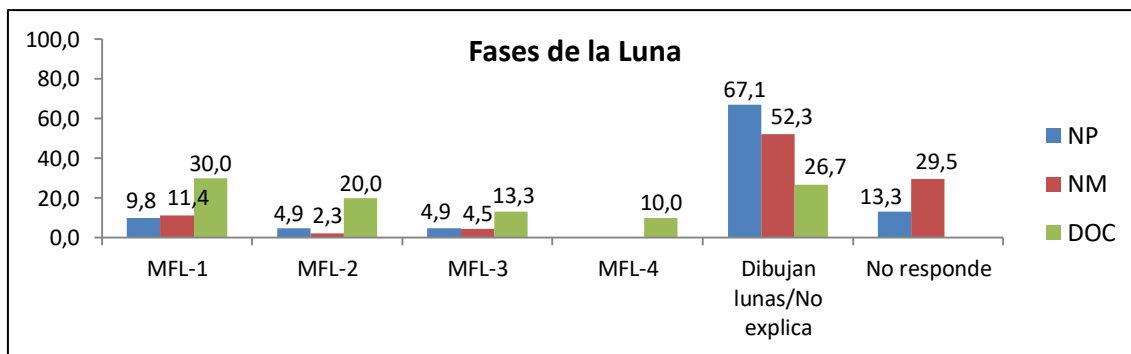


Figura 6. Presencia porcentual de cada modelo mental sobre la causa de las fases lunares en estudiantes de 6to. y 7mo. grado de nivel primario (azul), de 1ro. a 3er. año de nivel secundario (rojo) y en docentes (verde). Fuente: Alvarez et al., 2018; Galperin et al., 2018.

Como conclusión, es posible afirmar que la mayoría de los estudiantes y docentes indagados no comprende los fenómenos astronómicos más cotidianos.

Dificultad 2: la presencia de errores en los libros escolares

En relación con las causas de las dificultades de comprensión de los fenómenos astronómicos cotidianos (día y noche, estaciones del año y fases lunares) tanto por parte de estudiantes como de docentes, se han detectado errores conceptuales y didácticos en libros de texto presentes en las escuelas (Galperin y Raviolo, 2017) y en videos educativos y de divulgación disponibles en Internet (Galperin et al., 2020). En este sentido, la aparición de errores conceptuales implica una comprensión inadecuada del fenómeno natural que se intenta explicar por parte de los autores del texto, como indicar que la noche está asociada con la Luna o que el Sol sale siempre por el este. Por su parte, los errores didácticos son aquellos que promueven aprendizajes inadecuados o refuerzan las concepciones alternativas de los estudiantes debido al tratamiento didáctico que se realiza del contenido. Por ejemplo, incluyendo a la Luna en las imágenes que intentan explicar el ciclo día/noche, lo que refuerza la idea de que la Luna se observa todas las noches, o dibujando la órbita terrestre demasiado ovalada, lo que puede reforzar la concepción alternativa que sostiene que las estaciones se deben a la distancia variable entre la Tierra y el Sol.

En la Figura 7 se muestran imágenes extraídas de distintos libros escolares que poseen errores relacionados con la explicación del fenómeno del día y la noche. En las mismas se asocia el ciclo día/noche con la traslación terrestre (imagen 1), con la salida del Sol siempre por el este (imagen 2), con la presencia de la Luna en el cielo nocturno (imagen 3) o con las actividades que se realizan en cada horario sin ningún vínculo con la causa del fenómeno (imagen 4).



Figura 7. Imágenes extraídas de libros escolares que presentan errores conceptuales y didácticos sobre el ciclo día/noche. Fuente: Galperin y Raviolo, 2017.

En la Figura 8 se presentan imágenes extraídas de distintos libros escolares que poseen errores relacionados con la explicación de las estaciones del año. En las mismas se asocia el fenómeno con los cambios en el paisaje y con las actividades que se suelen realizar en cada estación sin brindar una explicación sobre ello (imagen 1), con trayectorias distintas del Sol a lo largo del año que no coinciden con lo que realmente sucede en el cielo (imagen 2), con la inclinación variable del eje terrestre a medida que la Tierra se traslada (imagen 3) o con una órbita demasiado elíptica (imagen 4).

Por último, la Figura 9 muestra distintas imágenes de libros escolares relacionadas con la explicación de las fases lunares, las cuales poseen errores conceptuales y didácticos. En ellas se representa a la Luna tal como se la vería desde el hemisferio norte sin explicar la causa del fenómeno (imagen 1), una Luna al lado de otra como si sucediesen en la misma noche y se viesen todas sin cambios de posición ni de horario (imagen 2), con la Luna iluminada por la Tierra y no por el Sol (imagen 3) o mostrando la órbita lunar sin explicar la causa de la observación de las distintas fases (imagen 4).

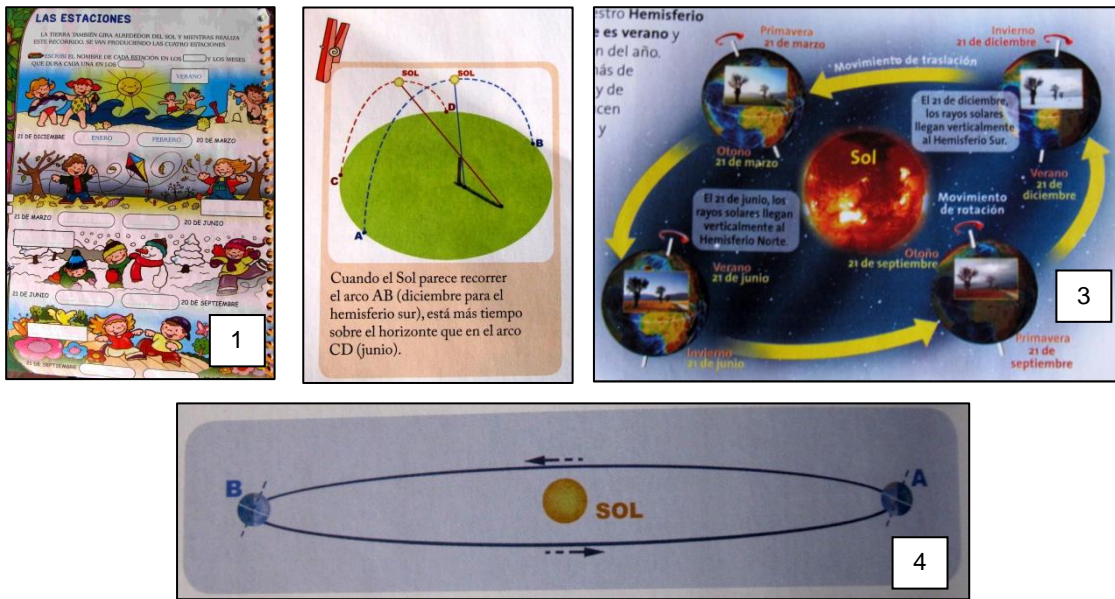


Figura 8. Imágenes extraídas de libros escolares que presentan errores conceptuales y didácticos sobre las estaciones del año. Fuente: Galperin y Raviolo, 2017.



Figura 9. Imágenes presentes en libros escolares con errores conceptuales y didácticos en relación al fenómeno de las fases lunares. Fuente: Galperin y Raviolo, 2017.

Como queda en evidencia, los libros escolares consultados no resultan adecuados para ser utilizados como material de trabajo para los estudiantes o para consulta de los docentes. Esto provoca serias dificultades ya que un docente de nivel primario no necesariamente puede tener conocimiento en profundidad de todos los contenidos que debe enseñar. Además, es posible que estos fenómenos no se enseñen en los profesorados, o que se lo haga en forma superficial o enciclopedista sin relación con lo que se observa en el cielo, dado que se suele suponer que son sencillos y que basta un video o una maqueta para ser comprendidos.



Dificultad 3: el sistema heliocéntrico como único objetivo de enseñanza

Como modo de explicar algunas de las dificultades de comprensión detectadas en los estudiantes, es posible afirmar que las mismas pueden tener su origen en la utilización casi exclusiva del sistema de referencia heliocéntrico en los libros, videos y materiales curriculares, dejando de lado la posibilidad de explicar los mismos fenómenos en forma topocéntrica a partir del movimiento del Sol y la Luna en el cielo.

En este sentido, las dificultades de uso del sistema de referencia heliocéntrico se deben a que requiere habilidades visoespaciales para su comprensión, conocimientos anteriores y la superposición de dos puntos de vista diferentes: el externo a la Tierra junto con el visible desde su superficie. A su vez, muchos estudiantes suelen presentar dificultades en la visualización de modelos tridimensionales, y en la representación bidimensional de objetos tridimensionales, por lo que les resulta complejo poder trabajar desde una perspectiva distinta a la propia: la de un observador en un punto de la superficie terrestre (Parker y Heywood 1998). Estos resultados ponen en cuestionamiento la pertinencia de enseñar los fenómenos astronómicos cotidianos desde un punto de vista heliocéntrico desde los primeros años de la escuela primaria:

"La construcción de un punto de vista heliocéntrico implica un número complejo de factores y no parece apropiado esperar una comprensión de dicha noción antes de la adolescencia temprana. Parece importante reconocer que los alumnos pueden construir nociones intermedias antes de moverse a un punto de vista heliocéntrico" (Baxter, 1989, p. 511).

"La comprensión de la teoría heliocéntrica y su adecuada utilización para explicar los movimientos aparentes de los astros no es fácil para los niños del último ciclo de primaria. Tal comprensión demanda aceptar dos hechos clave que en absoluto resultan intuitivos; uno es la esfericidad de la Tierra y nuestra posición en ella, y otro es su movimiento continuo y regular. Ambos encierran problemas de aprendizaje debidos fundamentalmente a la limitada capacidad de abstracción y visión espacial de los estudiantes de esta edad" (García Barros et al., 1995, p. 3).

"Aunque el sistema Sol-Tierra-Luna puede representarse mediante un modelo físico simple, el razonamiento visoespacial requerido es complejo. Para explicar las fases lunares se requiere cambiar de perspectiva desde un punto de vista en el espacio a uno en la Tierra" (Subramaniam y Padalkar, 2009, p. 18).

Por último, la utilización del sistema de referencia heliocéntrico no implica relación alguna con el entorno celeste de los estudiantes, lo que genera un distanciamiento entre los contenidos desarrollados en la escuela y su utilidad práctica. Por ejemplo, puede suceder que un estudiante conozca los movimientos que realizan los astros en el espacio y que, al mismo tiempo, desconozca que el Sol casi nunca sale por el este.

En función de lo mencionado, la propuesta didáctica a presentar a continuación tendrá como premisa la utilización preponderante del sistema de referencia topocéntrico.



Una propuesta topocéntrica para la enseñanza de los fenómenos astronómicos

A continuación se presenta la síntesis de las actividades de una secuencia para la enseñanza de los fenómenos astronómicos cotidianos a estudiantes de nivel primario basada en la utilización didáctica del sistema de referencia topocéntrico. La misma promueve la construcción de un modelo cinemático celeste descriptivo, explicativo y predictivo de los fenómenos del día y la noche, las estaciones del año y las fases lunares y ha sido implementada y evaluada con resultados muy favorables (Galperin, 2016). La secuencia completa y otros materiales pueden descargarse de [aquí](#).

Actividad 1. Indagación individual: *“Poniendo en juego nuestras ideas sobre los fenómenos astronómicos”*. Tema: ideas iniciales sobre día/noche, estaciones y fases.

Actividad 2. *“Poniendo en juego nuestras ideas sobre el movimiento”*. Discusión y explicación grupal. Tema: movimiento relativo.

Actividad 3. *“¿Cómo es el recorrido diario del Sol?”*. Uso del programa Stellarium. Tema: movimiento diario del Sol.

Actividad 4. *“Armado de una maqueta para representar el movimiento diario del Sol y explicar el día y la noche”*. Actividad final individual. Tema: el día y la noche.

Actividad 5. *“¿Cómo se desplaza el Sol en el cielo a lo largo del año?”*. Actividad utilizando Stellarium. Tema: movimiento anual del Sol.

Actividad 6. Grupal: *“Armado de una maqueta que represente el movimiento anual del Sol. Explicación de las estaciones del año”*. Actividad individual. Tema: las estaciones.

Actividad 7. *“Movimiento diario de la Luna”*. Actividad utilizando Stellarium. Sistematización y explicación. Relación con el movimiento del Sol. Tema: movimiento diario lunar y su similitud con el movimiento diario del Sol.

Actividad 8. *“Movimiento propio de la Luna en el cielo”*. Actividad usando Stellarium. Relación con las fases. Tema: movimiento propio y fase creciente.

Actividad 9. *“Movimiento propio de la Luna en el cielo de una mañana a la otra”*. Actividad usando Stellarium. Relación con las fases lunares. Tema: fase menguante.

Actividad 10. *“Movimiento propio de la Luna en el cielo”*. Actividad usando Stellarium. Relación con las fases lunares. Tema: explicación de las fases lunares.

Actividad 11. Actividad grupal: *“Movimiento propio de la Luna. Las fases lunares”*. Sistematización y explicación de esquemas. Armado de una maqueta con la posición de la Luna en distintas fases. Tema: posición de la Luna en sus distintas fases.

Actividad 10. Evaluación. Actividad final grupal: explicación de día/noche, estaciones y fases. Actividades finales individuales: revisión de ideas iniciales y completar frases y dibujos.

En la Figura 10 se presentan consignas, actividades y esquemas explicativos presentes en la secuencia didáctica con el fin de visualizar el modelo que se pretende construir con los estudiantes. Como puede notarse, todas las actividades se relacionan con lo que se observa a simple vista en el cielo desde la superficie terrestre.

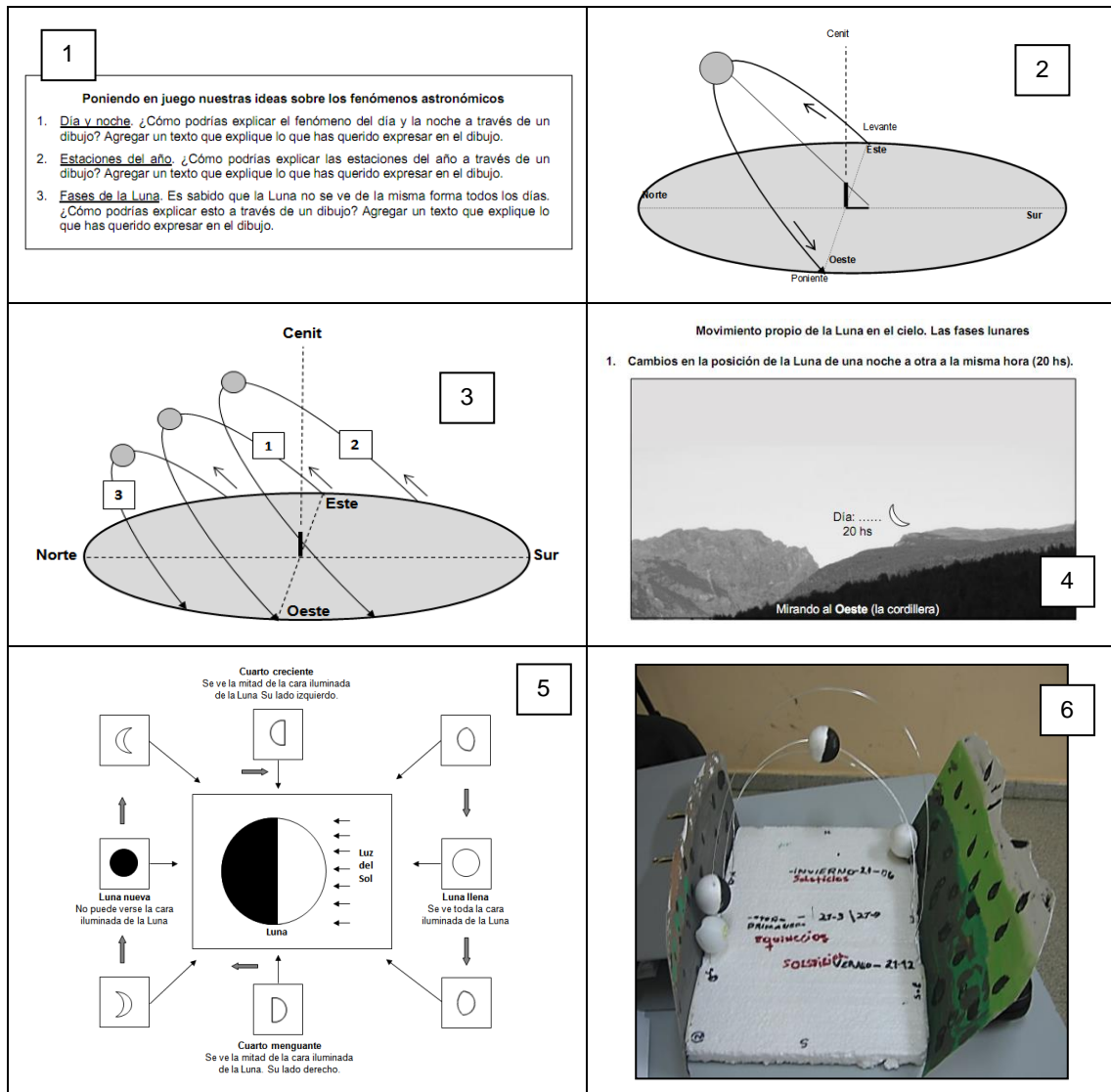


Figura 10. Actividades y representaciones presentes en la secuencia didáctica topocéntrica.

La figura anterior muestra la consigna inicial a resolver por los estudiantes (imagen 1), los esquemas correspondientes al movimiento diario y anual del Sol (imágenes 2 y 3), la consigna de la actividad de observación de la Luna cada día que pasa a la misma hora usando Stellarium (imagen 4), la actividad para representar cómo se observa desde distintos puntos de vista un objeto como la Luna iluminado por la mitad (imagen 5) y la maqueta final a construir explicativa del día y la noche, las estaciones del año y la fase lunar creciente (imagen 6).

La propuesta fue evaluada en forma cuantitativa y cualitativa con estudiantes de 6to. grado de nivel primario, pudiendo visualizarse modificaciones significativas en los modelos explicativos utilizados por los estudiantes (Figura 11).



Figura 11. Comparación de modelos explicativos de los estudiantes antes y después del desarrollo de la propuesta didáctica topocéntrica.

Como puede notarse en la figura anterior, al comparar las representaciones iniciales de los estudiantes (arriba) con las realizadas al finalizar la secuencia de actividades (abajo), es notable el cambio de modelo que utilizan. Mientras que al inicio utilizan una representación heliocéntrica en la que el ciclo día/noche se explica por la traslación del Sol en el espacio girando en torno a la Tierra, al finalizar logran explicar y relacionar el fenómeno con el movimiento diario del Sol de oriente a occidente. Del mismo modo, mientras que al inicio asocian las estaciones con un Sol más grande o más chico en el cielo, al final logran vincular las estaciones con el cambio del lugar de salida del Sol a lo largo del año tomando como referencia a un cerro que se ubica hacia el este. Por último, mientras que al inicio sostienen las fases lunares se deben a la sombra de la Tierra cayendo sobre la Luna, al finalizar dibujan que las fases cambian a medida que se modifica la posición de la Luna en el cielo a lo largo de un mes. En función del análisis realizado, es posible concluir que la propuesta didáctica topocéntrica implementada resultó significativa para la mayoría de los estudiantes (Galperin, 2016).

Conclusiones

Como se ha mostrado, la mayor parte de los estudiantes y docentes no logra comprender fenómenos astronómicos tan cotidianos como el día y la noche, las estaciones del año y las fases lunares. Esto puede tener como una de sus causas que las imágenes incluidas en los libros escolares poseen errores conceptuales y didácticos que suelen reforzar concepciones inadecuadas. A su vez, resulta casi exclusiva la utilización del sistema de referencia heliocéntrico, con sus dificultades asociadas, dejando de lado la posibilidad de brindar explicaciones topocéntricas, las cuales poseen mayor sencillez y gran relación con el entorno cercano.



La implementación de una propuesta topocéntrica para la construcción de un modelo del movimiento del Sol y la Luna en el cielo, el cual permite explicar el día y la noche, las estaciones y las fases lunares, resultó ser eficaz al mostrar una evolución favorable de los modelos utilizados por los estudiantes. A su vez, posee relación directa con lo que ellos pueden percibir a simple vista en el cielo sin necesidad de tener que “salir” imaginariamente al espacio exterior para explicar dichos fenómenos. Esto pone en cuestionamiento los diseños didácticos “heliocéntricos” en los que los estudiantes visualizan a la Tierra y sus movimientos “desde” el espacio exterior, los cuales son frecuentemente utilizados desde el nivel inicial.

En este sentido, resulta relevante lo que expresan Shen y Confrey (2010): “*Las razones por las cuales las personas aceptan el sistema heliocéntrico hoy en día probablemente no sean muy diferentes a las presentes en la antigüedad cuando el sistema geocéntrico era la ortodoxia*”. (p. 22)

Podemos concluir, entonces, que la utilización didáctica del sistema de referencia topocéntrico constituye una alternativa viable a los escasos resultados logrados por el enfoque heliocéntrico tradicional de enseñanza de la astronomía.

Referencias

- Álvarez, M., Galperin, D. y Quinteros, C. (2018). Indagación de las concepciones de estudiantes primarios y secundarios sobre los fenómenos astronómicos cotidianos. En Papini, M. y Sica, F. (comp.), *Las ciencias de la naturaleza y la matemática en el aula: nuevos desafíos y paradigmas*, 129-142. Tandil: UNICEN.
- Baxter, J. (1989). Children's understanding of familiar astronomical events. *International Journal of Science Education*, 11(5), 502-513.
- Galperin, D. (2016). *Sistemas de referencia y enseñanza de las ciencias: el caso de los fenómenos astronómicos cotidianos* (Tesis doctoral). Universidad Nacional del Centro de la Provincia de Buenos Aires, Facultad de Ciencias Exactas, Tandil, Argentina.
- Galperin, D. (2022). Diseño de una secuencia topocéntrica de enseñanza-aprendizaje de las estaciones del año para nivel primario. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 19(1), 101-117.
- Galperin, D. y Raviolo, A. (2014). *Sistemas de referencia en la enseñanza de la Astronomía. Un análisis a partir de una revisión bibliográfica*. Latin American Journal of Physics Education, 8(1), 136-148.
- Galperin, D. y Raviolo, A. (2017). Análisis de imágenes relacionadas con día/noche, estaciones y fases lunares en textos de enseñanza primaria. *Revista Electrónica de Investigación en Educación en Ciencias*, 12(1), 1-11.
- Galperin, D., Prieto, L. y Heredia, L. (2018). Concepciones de docentes sobre las causas de los fenómenos astronómicos cotidianos. En Papini, M. y Sica, F. (comp.), *Las ciencias de la naturaleza y la matemática en el aula: nuevos desafíos y paradigmas*, 116-128. Tandil: UNICEN.
- Galperin, D., Álvarez, M., Heredia, L. y Haramina, J. (2020). Análisis de videos educativos y de divulgación sobre día/noche, estaciones y fases lunares. *Revista de Enseñanza de la Física*, 32(no. extra), 125-133.



- Galperin, D., Alvarez, M. y Santa Ana, M. (2022). ¿Cómo se mueve la Luna en el cielo? Evaluación de una secuencia para la construcción de un modelo topocéntrico para la explicación de las fases lunares. *Ápice. Revista de Educación Científica*, 6(2), 33-51.
- Galperin, D. y Sáez, R. (2023). Casitas luminosas: diseño e implementación de una secuencia para la enseñanza del movimiento diario del Sol a estudiantes de tercer grado de educación primaria. *Actas VI Jornadas de Enseñanza e Investigación Educativa en el campo de las Ciencias Exactas y Naturales*, La Plata, Argentina.
- García Barros, S., Mondelo, M. y Martínez Losada, C. (1995). ¿Qué vemos en el cielo? Una introducción a la enseñanza de la Astronomía. *Suplemento Aula* 44, 34, 2-18. Barcelona: Graó Educación Gilbert, J. y Boulter, C. (2000). *Developing Models in Science Education*. Netherlands: Kluwer Academic Publishers.
- Johnson-Laird, P. (1983). *Mental models*. Cambridge University Press.
- Landau, L., Ajezer, A. y Lifshitz, E. (1983). *Curso de Física General. Mecánica y Física molecular*. Mir: Moscú.
- Parker, J. y Heywood, D. (1998). The earth and beyond: developing of primary teachers' understanding of basal astronomical events. *International Journal of Science Education*, 20(5), 503-520.
- Raviolo, A. (2019). Imágenes y enseñanza de la Química. Aportes de la Teoría Cognitiva del Aprendizaje Multimedia. *Educación Química*, 30(2), 114-128.
- Subramaniam, K. y Padalkar, S. (2009). Visualisation and Reasoning in Explaining the Phases of the Moon. *International Journal of Science Education*, 31(3), 395-417.
- Shen, J. y Confrey, J. (2010). Justifying Alternative Models in Learning Astronomy: A study of K-8 science teacher's understanding of frames of reference. *International Journal of Science Education*, 32(1), 1-29.
- Vega Navarro, A. (2007). Ideas, conocimientos y teorías de niños y adultos sobre las relaciones Sol-Tierra-Luna. Estado actual de las investigaciones. *Revista de Educación*, 342, 475-500.