

# Comparación de modelos mentales de estudiantes y docentes sobre las causas del día y la noche, las estaciones y las fases lunares: un análisis a partir de los sistemas de referencia astronómicos

Comparison of students' and teachers' mental models of day and night, seasons and lunar phases: an analysis based on astronomical reference frames

Diego Galperin<sup>1,2</sup>, Marcelo Alvarez<sup>1</sup>, Leonardo Heredia<sup>1</sup>, Rayén Saéz<sup>2</sup> y Anabel Milner<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Sede Andina, Universidad Nacional de Río Negro. Villegas 147, Bariloche, CP 8400, Río Negro, Argentina.

<sup>2</sup>Instituto de Formación Docente Continua de El Bolsón. Liniers y Alberti, CP 8430, Río Negro, Argentina.

E-mail: [dgalperin@unrn.edu.ar](mailto:dgalperin@unrn.edu.ar)

## Resumen

En este trabajo se analiza la evolución de los modelos mentales presentes en estudiantes y docentes acerca de las causas del día y la noche, las estaciones del año y las fases lunares. Se llevó a cabo una indagación basada en dibujos y explicaciones con 292 estudiantes de primaria y secundaria y con docentes de todos los niveles. Se clasificaron las respuestas obtenidas en categorías de modelos mentales, detectándose una escasa evolución durante la escolaridad y la presencia de concepciones similares en ambos grupos. Sin embargo, se identificaron diferencias en cuanto al sistema de referencia astronómico utilizado en forma preponderante por cada uno de ellos. Los resultados sugieren una revisión del modo en que son desarrollados estos contenidos en el ámbito escolar y en la formación docente.

**Palabras clave:** Modelos mentales; Día y noche; Estaciones del año; Fases lunares; Sistema de referencia astronómico.

## Abstract

This work analyzes the evolution of mental models present in students and teachers about day and night, seasons and lunar phases. An inquiry based on drawings and explanations was carried out with 292 primary and secondary students and with teachers of all levels. The responses were classified into mental models categories. A small evolution was detected during schooling and the presence of similar conceptions in both groups. However, significant differences were identified in relation to the astronomical reference frame used predominantly by each one of them. The results suggest the revision of the way in which these contents are developed in schools and in preservice teacher education.

**Keywords:** Mental models; Day and night; Seasons; Moon phases; Astronomical reference frame.

## I. INTRODUCCIÓN

Las ideas presentes en personas de todas las edades acerca de las causas de distintos fenómenos naturales han sido estudiadas desde hace más de tres décadas, a partir de la investigación generalizada de las llamadas concepciones alternativas, las cuales debían ser eliminadas o modificadas para facilitar el aprendizaje significativo de las explicaciones científicas (Posner *et al.*, 1982). Al mismo tiempo, se desarrolló otra perspectiva sobre la construcción del conocimiento a partir de la noción de modelos mentales (Johnson-Laird, 1983), concebidos como modelos de trabajo en la mente del sujeto, los cuales hacen posible la descripción, explicación y predicción de eventos. Estos modelos mentales evolucionan con el tiempo para organizar información, creencias y suposiciones de manera coherente, contribuyendo así a la comprensión del mundo con el que interactuamos a diario. La relevancia de este enfoque es que los modelos mentales permiten al sujeto razonar sobre cómo funcionan los sistemas, dar significado a las imágenes y evaluar proposiciones como verdaderas o falsas. De esta manera, los sujetos hacen inferencias y predicciones, responden preguntas, deciden sobre acciones y controlan su implementación. Por lo tanto, estas representaciones internas cumplen funciones similares a los modelos científicos ya que permiten la descripción, explicación, predicción y acción eficiente en relación con un sistema (Harrison y Treagust, 2000).

Distintos trabajos han dado cuenta de los modelos mentales que utilizan estudiantes de diferentes edades al intentar explicar los fenómenos del día y la noche, las estaciones del año y las fases lunares, habiéndose identificado una gran cantidad de modelos explicativos incorrectos desde el punto de vista científico (Baxter, 1989; Schoon, 1992; Vosniadou y Brewer, 1994; Trumper, 2001; Danaia y McKinnon, 2007; Chiras y Valanides, 2008; Gomide y Longhini, 2017; Alvarez, Galperin y Quinteros, 2018). Varios de estos modelos mentales coinciden con los detectados en docentes en actividad y en futuros docentes (Camino, 1995; Kikas, 1997; Parker y Heywood, 1998; Fernández Nistal y Peña Boone, 2007; Vega Navarro, 2001, 2007; Galperin y Raviolo, 2015; Saglam Arslan y Durikan, 2016).

Por su parte, el análisis de las investigaciones sobre la enseñanza y el aprendizaje de los fenómenos astronómicos cotidianos evidencia una preponderancia del uso del sistema de referencia heliocéntrico como si fuera el único posible para dar cuenta de dichos fenómenos (Galperin y Raviolo, 2014). En contraposición, ha sido poco explorada la posibilidad de explicar estos mismos fenómenos utilizando el sistema de referencia topocéntrico, el cual permite describir, explicar y predecir los fenómenos celestes y relacionarlos con lo que puede observarse en el cielo todos los días, simplificando su comprensión (Camino, 1999; Galperin, 2016).

En este trabajo se analizan los modelos mentales que utilizan estudiantes de nivel primario y secundario para explicar los fenómenos del día y la noche, las estaciones del año y las fases de lunares. A su vez, se examinan las concepciones de los docentes y se analiza la relación entre sus modelos mentales y los de los estudiantes centrando la mirada en el sistema de referencia astronómico que utiliza cada grupo. Con los resultados hallados se elaboran conclusiones relacionadas con la enseñanza de la astronomía en las escuelas y en la formación docente.

## II. MODELOS MENTALES Y SISTEMAS DE REFERENCIA ASTRONÓMICOS

Las investigaciones mencionadas han permitido identificar determinados modelos mentales que suelen encontrarse presentes en estudiantes y docentes de diferentes partes del mundo al intentar explicar los fenómenos del día y la noche, las estaciones del año y las fases lunares (Vega Navarro, 2007). Estos dos últimos fenómenos suelen ser muy poco comprendidos ya que la mayor parte de los sujetos brinda explicaciones incorrectas desde el punto de vista científico. En este sentido, el modelo mental preponderante en relación a la causa de las estaciones es el que asocia el fenómeno con la distancia variable entre el Sol y la Tierra debido al carácter elíptico de su órbita. Del mismo modo, las fases lunares suelen ser explicadas inapropiadamente a partir de la sombra que proyecta la Tierra sobre la Luna o por un cambio en el porcentaje de su superficie iluminada por el Sol. Por su parte, el ciclo día/noche es explicado adecuadamente a partir de la rotación de la Tierra por una mayor proporción de personas, aunque se han detectado concepciones relacionadas con la idea errónea de que la Luna se encuentra presente en el cielo todas las noches. Para explicarlo, las personas construyen modelos en los que la Tierra rota con el Sol y la Luna opuestos en el espacio, o donde la Tierra está fija y son el Sol y la Luna opuestos entre sí los que giran en torno a nuestro planeta.

Dada la existencia de una gran proporción de estudiantes y docentes que sostienen modelos inapropiados sobre las causas de estos fenómenos, algunos estudios han puesto la mirada en la búsqueda de otras explicaciones que sean correctas desde el punto de vista científico pero que no impliquen un punto de vista heliocéntrico que requiera “salir” imaginariamente de nuestro planeta para “observar” el movimiento de la Tierra y la Luna en el espacio. Para ello es posible utilizar el sistema de referencia topocéntrico, centrado en un punto de la superficie terrestre, haciéndolo coincidir con la posición del observador. De este modo, es posible construir un modelo cinemático celeste que permite describir el movimiento del Sol y la Luna en el cielo y explicar científicamente los fenómenos astronómicos cotidianos. En este sentido, el ciclo día/noche puede ser explicado a partir del movimiento diario del Sol del horizonte oriental al

occidental, las estaciones en función de su movimiento anual norte – sur y las fases lunares como una consecuencia del movimiento propio de la Luna hacia el este de un día al otro (Galperin, 2016).

La utilización didáctica del sistema de referencia topocéntrico no implica negar la posibilidad de explicar los mismos fenómenos astronómicos desde el sistema de referencia heliocéntrico. Por el contrario, dado que ambos marcos de referencia son adecuados para explicar dichos fenómenos, el uso de uno u otro dependerá de su simplicidad y de su capacidad predictiva en relación con su contexto de uso (Plummer, Wasko y Slagle, 2011). Por lo tanto, este trabajo se enfoca en analizar el marco de referencia utilizado implícitamente por estudiantes y docentes cuando intentan explicar el ciclo día/noche, las estaciones del año y las fases lunares. Nuestro objetivo será determinar si ciertas dificultades de comprensión podrían estar asociadas al sistema de referencia utilizado para explicar el fenómeno.

### III. METODOLOGÍA

Se llevó a cabo una indagación referida a las causas de los fenómenos astronómicos cotidianos con 166 docentes que estaban iniciando un curso de perfeccionamiento sobre la temática. De ellos, 92 corresponden al nivel primario, 64 al nivel medio, 7 al nivel terciario y 3 al nivel inicial. A su vez, la misma indagación fue realizada con un grupo de 126 estudiantes de entre 10 y 16 años, de los cuales 82 cursan el nivel primario y 44 el nivel medio. La indagación era de carácter abierto y consistía en tres hojas en blanco con el título "Poniendo en juego nuestras ideas sobre los fenómenos celestes", cada una de ellas correspondiente a un fenómeno distinto: el día y la noche, las estaciones del año y las fases lunares. Se solicitó que cada estudiante o docente explique el fenómeno realizando un dibujo, pudiendo agregar un texto corto. Los dibujos y textos fueron clasificados en categorías de modelos mentales y analizados en función del sistema de referencia utilizado. Posteriormente se realizaron entrevistas a algunos estudiantes y docentes con el fin de validar las categorías de modelos mentales en las que habían sido clasificados. A partir de las representaciones internas preponderantes en cada grupo, se elaboraron sugerencias en relación a la enseñanza de estos fenómenos en el ámbito escolar y en la formación docente.

### IV. RESULTADOS

Para llevar a cabo el análisis de los dibujos y explicaciones se tuvieron en cuenta algunas de las categorías de modelos mentales sobre los fenómenos del día y la noche, las estaciones del año y las fases de la Luna propuestas en los trabajos de investigación detallados anteriormente. A su vez, se incluyó un análisis en relación al sistema de referencia al que corresponde implícitamente cada una de estas categorías: heliocéntrico o topocéntrico.

#### A. El día y la noche

A partir de las respuestas se definieron cuatro categorías de modelos mentales sobre la causa del día y la noche, dos heliocéntricos (He) y dos topocéntricos (To), siendo  $M_{D/N-1}$  y  $M_{D/N-4}$  acordes al conocimiento científico:

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

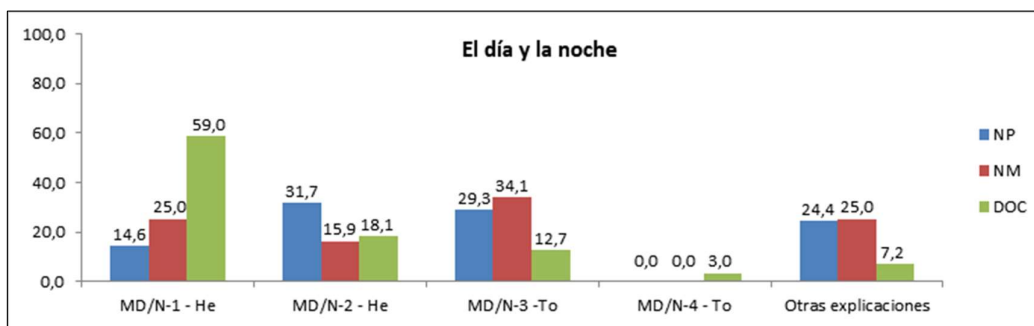
$M_{D/N-2}$  – He: Modelo de rotación: rotación de la Tierra en el espacio con el Sol y la Luna opuestos entre sí.

$M_{D/N-3}$  – To: Modelo de alternancia: presencia del Sol en el cielo durante el día y de la Luna de noche.

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

Otros modelos minoritarios o muy confusos no acordes con el conocimiento científico fueron clasificados como "Otras explicaciones". La figura 1 muestra los resultados hallados al analizar las respuestas dadas por estudiantes y docentes.

Como se muestra en la figura 1, sólo el 14,6% de los alumnos de nivel primario y el 25% de los alumnos de nivel medio pudo brindar una explicación correcta del fenómeno utilizando una explicación heliocéntrica ( $M_{D/N-1}$ ). En cambio, un 62% de los docentes logró explicar adecuadamente el ciclo día/noche, donde la mayoría utilizó el modelo  $M_{D/N-1}$  y sólo un 3% brindó una explicación topocéntrica basada en el movimiento diario del Sol en el cielo ( $M_{D/N-4}$ ).



**Figura 1.** Porcentaje de estudiantes de nivel primario (NP), de nivel medio (NM) y de docentes (DOC) asignados a cada categoría de modelos mentales sobre el día y la noche. Los modelos mentales  $M_{D/N-1}$  y  $M_{D/N-4}$  son científicamente correctos.

Por su parte, se detectó que el 31,7% de los estudiantes de primaria, el 15,9% de los de nivel medio y el 29,3% de los docentes asociaron el día y la noche con la rotación terrestre, aunque incluyendo inadecuadamente a la Luna en posición opuesta al Sol ( $M_{D/N-2}$ ). Vale aclarar que, pese a que la presencia de la Luna en el cielo nocturno es correcta muchos días al mes, no resulta adecuado incluirla cuando se desea explicar el día y la noche ya que dicho astro no guarda relación con este fenómeno.

A su vez, un 29,3% de alumnos de primaria, un 34,1% de secundaria y un 12,7% de los docentes explican inadecuadamente el ciclo día/noche desde el sistema de referencia topocéntrico, asociando la noche con la presencia de la Luna en el cielo ( $M_{D/N-3}$ ). Por último, cerca del 25% de los estudiantes brinda otras explicaciones inadecuadas, entre las que se destaca la que relaciona el ciclo día/noche con la traslación de la Tierra en torno al Sol (6,1%). Por su parte, un 7,2% de los docentes no pudo categorizarse en ninguno de los modelos anteriores, encontrándose que un 1,2% sostiene la relación del fenómeno con la traslación terrestre.

## B. Las estaciones del año

A partir de las respuestas sobre la causa de las estaciones se definieron cuatro categorías de modelos mentales, tres heliocéntricos (He) y dos topocéntricos (To), siendo  $M_{EA-3}$  y  $M_{EA-5}$  acordes al conocimiento científico:

$M_{EA-1}$  – He: Modelo de distancia variable (órbita elíptica): la Tierra se acerca o se aleja del Sol al moverse en su órbita.

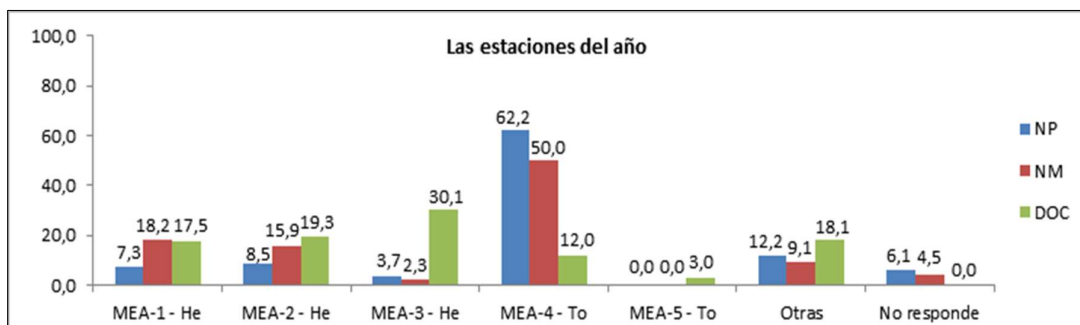
$M_{EA-2}$  – He: Modelo de traslación: el movimiento de la Tierra en su órbita provoca las estaciones.

$M_{EA-3}$  – He: Modelo científico heliocéntrico: las estaciones ocurren debido a la traslación de la Tierra con su eje inclinado siempre del mismo modo.

$M_{EA-4}$  – To: Modelo de cambios ambientales: las estaciones se deben a cambios en el paisaje terrestre (nieve, caída de hojas, lluvias, viento, presencia del Sol, etc.).

$M_{EA-5}$  – To: Modelo de desplazamiento solar: las estaciones son consecuencia de los cambios en la trayectoria diaria del Sol debido a su movimiento anual norte-sur.

Otras explicaciones minoritarias o muy confusas no acordes con el conocimiento científico fueron clasificadas como "Otras". La figura 2 muestra los resultados hallados al analizar la totalidad de las respuestas (N=292).



**Figura 2.** Porcentaje de estudiantes de nivel primario (NP), de nivel medio (NM) y de docentes (DOC) asignados a cada categoría de modelos mentales sobre las estaciones del año. Los modelos mentales  $M_{D/N-3}$  y  $M_{D/N-5}$  son científicamente correctos.

Como se muestra en la figura 2, sólo un 30,1% de los docentes pudo brindar una explicación científicamente correcta del fenómeno a partir de la traslación de la Tierra en torno al Sol con su eje inclinado siempre de la misma manera ( $M_{EA-3}$ ). Sin embargo, la presencia de este modelo es casi nula en alumnos de nivel primario y secundario (3,7% NP; 2,3% NM). A su vez, un 3% de los docentes brindó una explicación topocéntrica científicamente correcta al explicar las estaciones a partir del movimiento anual del Sol en el cielo ( $M_{D/N-5}$ ).

Por su parte, se detectó que el 15,8% de los estudiantes de primaria, el 34,1% de nivel medio y el 36,8% de los docentes explicaron inadecuadamente las estaciones del año considerando sólo la traslación de la Tierra, asociando el fenómeno con una concepción de distancia Tierra-Sol variable ( $M_{EA-1}$  y  $M_{EA-2}$ ). A su vez, más de la mitad de los estudiantes (62,2% NP; 50,0% NM) realizó dibujos topocéntricos que muestran cambios en el paisaje sin indicar sus causas ( $M_{EA-4}$ ). Este tipo de representaciones también se detectaron en el 12% de los docentes. Por último, cerca de un 5% de los estudiantes de primaria y secundaria no logra brindar una respuesta sobre la causa de las estaciones (6,1% NP; 4,5% NM), mientras que aproximadamente un 10% ofrece distintas explicaciones inadecuadas (12,2% NP; 9,1% NM). Esto también aparece en las representaciones de un 18,1% de los docentes, quienes brindaron otras explicaciones, diversas y confusas, las cuales no pueden ser incluidas dentro de las categorías anteriores.

### C. Las fases de la Luna

A partir de las respuestas de estudiantes y docentes sobre la causa de las fases de la Luna se definieron cuatro categorías de modelos mentales, siendo  $M_{FL-4}$  acorde al conocimiento científico:

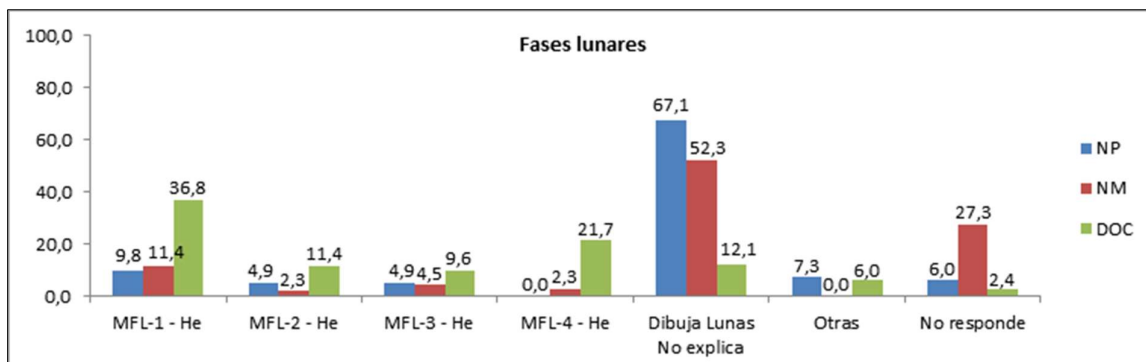
$M_{FL-1}$  – He: Modelo de ángulo de incidencia: el Sol ilumina una parte mayor o menor de la Luna a medida que gira en torno a la Tierra, presentando fases al ser observada desde el espacio.

$M_{FL-2}$  – He: Modelo de revolución: el movimiento orbital de la Luna provoca las fases (no explica cómo).

$M_{FL-3}$  – He: Modelo de eclipse: la Tierra proyecta sombra sobre una parte de la Luna.

$M_{FL-4}$  – He: Modelo científico heliocéntrico: la Luna se ve distinta desde la Tierra al cambiar de posición en su órbita pese a que el Sol ilumina siempre una mitad.

Otras explicaciones confusas no acordes con el conocimiento científico fueron clasificadas como “Otras”. A su vez, se decidió establecer una categoría para representaciones no explicativas que mostraban a la Luna en sus distintas fases (la mayoría de las veces en forma incorrecta). La figura 3 presenta los resultados hallados.



**Figura 3.** Porcentaje de estudiantes de nivel primario (NP), de nivel medio (NM) y de docentes (DOC) asignados a cada categoría de modelos mentales sobre las fases lunares. La categoría  $M_{FL-4}$  es científicamente correcta.

Como se muestra en la figura 3, existe una gran dispersión de respuestas en relación al fenómeno de las fases lunares. Esto indica una escasa comprensión del fenómeno tanto en estudiantes como en docentes. En este sentido, un 79,5% de los docentes brindaron explicaciones heliocéntricas, aunque sólo un 21,7% de ellas corresponde al modelo científicamente correcto del fenómeno ( $M_{FL-4}$ ). Este modelo fue detectado sólo en un 2,3% de los estudiantes de nivel medio y fue nula su presencia en el nivel primario. A su vez, fue minoritaria la utilización de explicaciones heliocéntricas por parte de los alumnos (aprox. 20%).

Por su parte, se detectó que el 9,8% de los estudiantes de primaria, el 11,4% de nivel medio y el 36,8% de los docentes sostuvo que la revolución lunar provoca las fases al ser iluminada un porcentaje distinto de su superficie ( $M_{FL-1}$ ). Una proporción minoritaria (4,9% NP; 2,3% NM; 11,4% DOC) no explicó la relación de dicho movimiento con el cambio de forma de la Luna ( $M_{FL-2}$ ), mientras que resultó minoritario el modelo de eclipse ( $M_{FL-3}$ ) que sostiene que la Tierra obstruye la llegada de la luz del Sol a la Luna (4,9% NP; 4,5% NM; 9,6% DOC).

Por otro lado, en forma similar a lo detectado con estaciones del año, se observa que la mayor parte de los estudiantes de primaria y secundaria presentan dibujos que muestran cómo se observa la Luna en el cielo en sus distintas fases sin explicar la causa de dichos cambios (67,1% NP; 52,3% NM). Este tipo de representaciones topocéntricas también fueron detectadas en un 12,1% de los docentes. A su vez, un 13,0% de los estudiantes de nivel primario, un 27,3% de nivel medio y un 8,4% de los docentes no logró esbozar ninguna respuesta o brindó explicaciones confusas que no podían ser incluidas en ninguna de las categorías anteriores.

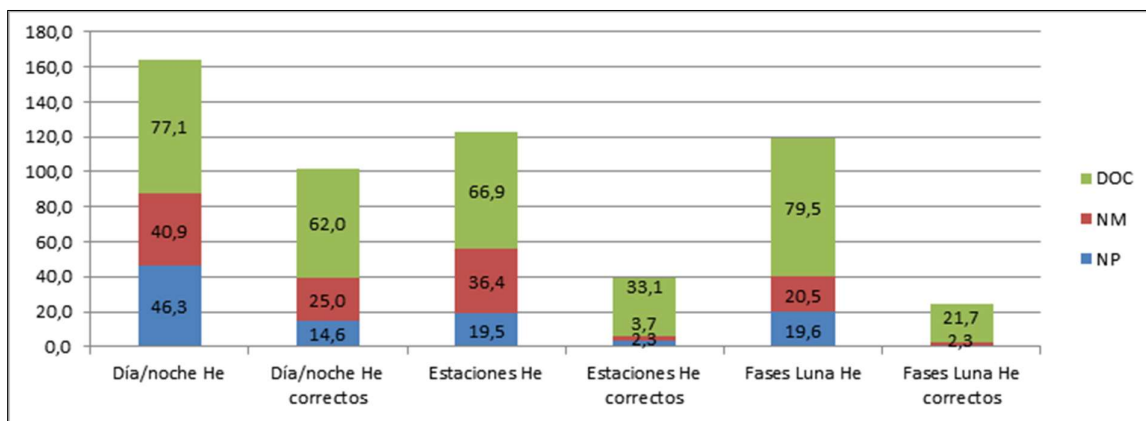
## V. ANÁLISIS

La mayoría de los docentes (62%) pudo brindar una explicación científicamente correcta del ciclo día/noche, proporción que disminuye ampliamente en los estudiantes de nivel primario y secundario (14,6% NP; 25,0% NM). Estas explicaciones son casi en su totalidad heliocéntricas ( $M_{D/N-1}$ ). Por lo tanto, una proporción importante de los docentes (38%) y la mayor parte de los estudiantes (más del 80%) no logra explicar adecuadamente este fenómeno.

En relación con las estaciones del año, sólo un 33,1% de los docentes pudo brindar una explicación científicamente correcta sobre el fenómeno, la gran mayoría de ellos en forma heliocéntrica ( $M_{EA-3}$ ). En los estudiantes la presencia de este modelo es casi nula (3,7% NP; 2,3% NM), siendo muy importante la presencia de la explicación basada en cambios en el paisaje local ( $M_{EA-4}$ ) tanto en nivel primario como secundario (62,2% NP; 50,0% NM). Esta representación también se encuentra presente en el 12,0% de los docentes. Por lo tanto, la mayoría de los docentes (66,9%) y casi todos los estudiantes (más del 95%) no logran explicar correctamente las estaciones del año.

Por su parte, sólo un 21,7% de los docentes pudo brindar una explicación científicamente correcta sobre las fases lunares para lo cual utilizaron en forma exclusiva el sistema de referencia heliocéntrico ( $M_{FL-4}$ ). Sólo un estudiante de nivel medio pudo ser catalogado dentro de esta categoría de modelo mental, siendo inadecuadas casi la totalidad de las respuestas del grupo de 126 alumnos. La mayoría de ellos presentaron representaciones topocéntricas que muestran a la Luna en distintas fases, aunque generalmente incluyendo errores en cuanto al nombre de la fase y al lado lunar iluminado. Es notorio que casi un tercio de los estudiantes de nivel medio no logró esbozar ninguna respuesta sobre el fenómeno. Por lo tanto, una gran proporción de docentes (78,3%) y prácticamente todos los estudiantes (99,2%) no lograron explicar correctamente las fases lunares.

Por último, se buscó analizar cuál fue el sistema de referencia astronómico utilizado en forma preponderante por estudiantes y docentes. Para ello, en la figura 4 se representa la presencia porcentual de modelos mentales heliocéntricos en cada grupo y se lo compara con el porcentaje de respuestas correctas para cada fenómeno.



**Figura 4.** Porcentaje de estudiantes de nivel primario (NP), de nivel medio (NM) y de docentes (DOC) que presentan modelos mentales heliocéntricos. Comparación con el porcentaje de ellos que son científicamente correctos.

Como puede verse en la figura 4, la mayoría de los docentes presentó explicaciones heliocéntricas de los tres fenómenos (77,1% D/N; 66,9% EA; 79,5% FL), aunque eran correctas mucho menos de la mitad de ellas para el caso de las estaciones del año (33,1%) y de las fases lunares (21,7%). En cambio, la presencia de modelos mentales heliocéntricos resultó ser minoritaria en los estudiantes (44,4% D/N; 25,4% EA; 19,8% FL), siendo bastante similar en ambos niveles, aunque la gran mayoría de ellas no son correctas para ninguno de los tres fenómenos.

Como puede observarse, la presencia del sistema de referencia heliocéntrico fue preponderante en docentes y minoritaria en los estudiantes, aunque su utilización no pone en evidencia una comprensión adecuada de los

fenómenos astronómicos cotidianos, especialmente en lo que respecta a las estaciones del año y a las fases lunares. En este sentido, la mayoría de los docentes posee explicaciones heliocéntricas inadecuadas, las cuales han sido reportadas en numerosas investigaciones realizadas en las últimas décadas. Por su parte, la presencia de descripciones o explicaciones topocéntricas basadas en lo que se observa desde la superficie terrestre resulta mayoritaria en los estudiantes, quienes se vuelcan en mayor medida a ellas sin recurrir a las explicaciones heliocéntricas presentes en los materiales de enseñanza. Esto puede indicar que la comprensión desde una visión externa resulta compleja ya que requiere el desarrollo de ciertas habilidades visoespaciales (Cole, Cohen, Wilhelm y Lindell, 2018).

## VI. CONCLUSIONES

La mayoría de los estudiantes presentaron modelos mentales inadecuados acerca de las causas del día y la noche, las estaciones del año y las fases lunares, siendo estos dos últimos los fenómenos menos comprendidos. No se detectaron diferencias significativas en los conocimientos de alumnos de nivel primario y secundario en el rango de edades del estudio (10 a 16 años). Los modelos mentales incorrectos desde el punto de vista científico sobre las estaciones del año y las fases lunares fueron detectados también en la mayoría de los docentes, incluyendo un porcentaje importante de ellos que no pudo explicar adecuadamente el fenómeno del día y la noche.

En relación con los sistemas de referencia astronómicos, la mayor parte de los docentes utilizó el sistema de referencia heliocéntrico, dejando de lado la posibilidad de brindar explicaciones topocéntricas correctas desde el punto de vista científico. En contraposición, la mayoría de los estudiantes optaron por brindar descripciones y explicaciones topocéntricas de los tres fenómenos, especialmente de las estaciones del año y las fases lunares, lo que parecería indicar una cierta comodidad intelectual para la comprensión de los fenómenos desde este punto de vista. Lo observado indica la necesidad de fortalecer los conocimientos disciplinares de los docentes, lo cual podría lograrse a partir de incluir la utilización del sistema de referencia topocéntrico dentro de la formación docente.

En función de estos resultados, cabe preguntarse si el modelo heliocéntrico debe seguir siendo el modelo escolar objetivo de enseñanza presente desde los primeros años de la escuela primaria, tal como se encuentra estipulado en la mayoría de los materiales curriculares. En contraposición, sería factible utilizar explicaciones topocéntricas científicamente correctas y cercanas a la cotidianeidad para luego, a medida que se avance en conocimientos y en el desarrollo de habilidades visoespaciales, abordar la comprensión de las explicaciones heliocéntricas. Esto no implica negar el modelo heliocéntrico, sino considerarlo un objetivo de enseñanza a más largo plazo.

## 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. (Comp.), *Las ciencias de la naturaleza y la matemática en el aula: nuevos desafíos y paradigmas*, 129-142. Tandil: UNICEN.
- Bayraktar, S. (2009). Pre-service Primary Teachers' Ideas about Lunar Phases. *Journal of Turkish Science Education*, 6(2), 12-23.
- Baxter, J. (1989). Children's understanding of familiar astronomical events. *International Journal of Science Education*, 11(5), 502-513.
- 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.
- Camino, N. (1999). Sobre la didáctica de la astronomía y su inserción en EGB. En Kaufman, M. y Fumagalli L. (Comps.), *Enseñar ciencias naturales*, 143-173. Buenos Aires: Paidós.
- Chiras, A. y Valanides, N. (2008). Day/night Cycle: Mental Models of Primary School Children. *Science Education International*, 19(1), 65-83.
- Cole, M., Cohen, Ch., Wilhelm, J. y Lindell, R. (2018). Spatial thinking in astronomy education research. *International Phys. Rev. Phys. Educ. Res.*, 37(11), 1815-1833.

- Danaia, L. y McKinnon, D. (2007). Common alternative astronomical conceptions encountered in junior secondary science classes: Why is this so? *Astronomy Education Review*, 6(2), 32-53.
- Fernández Nistal, M. y Peña Boone, S. (2007). Concepciones de maestros de primaria sobre el día y la noche y las estaciones del año. *Revista Latinoamericana de Estudios Educativos Para la Construcción del Saber*, 37(3-4), 189-220.
- 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. (2015). Argentinean students' and teachers' conceptions of day and night: an analysis in relation to astronomical reference systems. *Science Education International*, 26(2), 126-147.
- Galperin, D. (2016). *Sistemas de referencia y enseñanza de las ciencias: el caso de los fenómenos astronómicos cotidianos* (Tesis doctoral). Tandil: FCE, UNICEN.
- Gomide, H. y Longhini, M. (2017). Modelos mentais de estudantes dos anos iniciais do ensino fundamental sobre o dia e a noite: um estudo sob diferentes referenciais. *Revista Latino-Americana de Educação em Astronomia*, 24, 45-68.
- Harrison, A. y Treagust, D. (2000). A typology of school science models. *International Journal of Science Education*, 22(9), 1011-1026.
- Johnson-Laird, P.N. (1983). *Mental Models*. Cambridge University Press, England.
- Kikas, E. (1997). The impact of teaching on students' explanations of astronomical phenomena. *Psychology of Language and Communication*, 1(2), 45-52.
- Parker, J. y Heywood, D. (1998). The earth and beyond: developing of primary teachers' understanding of basic astronomical events. *International Journal of Science Education*, 20(5), 503-520.
- Plummer, J., Wasko, K. y Slagle, C. (2011). Children learning to explain daily celestial motion: Understanding astronomy across moving frames of reference. *International Journal of Science Education*, 33(14), 1963-1992.
- Posner, G., Strike, K., Hewson, P. & Gertzog, W. (1982). Accommodation of a scientific conception: Toward a theory of conceptual change. *Science Education*, 66, 211-227.
- Saglam Arslan, A. y Durikan, U. (2016). Pre-service Teachers' Mental Models of Basic Astronomy Concepts. *Science Education International*, 27(1), 88-116.
- Schoon, K. (1992). Students alternative conceptions of Earth and space. *Journal of Geological Education*, 40, 209-214.
- Trumper, R. (2001). Assessing students' basic astronomy conceptions from junior high school through university. *Australian Science Teachers Journal*, 47(1), 21-31.
- Vega Navarro, A. (2001). Tenerife tiene seguro de Sol (y de Luna): Representaciones del profesorado de primaria acerca del día y la noche. *Enseñanza de las Ciencias*, 19(1), 31-44.
- 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.
- Vosniadou, S. y Brewer, W. (1994). Mental models of the day/night cycle. *Cognitive Science*, 18, 123-183.