

# El sistema de referencia topocéntrico en la enseñanza de la astronomía: discusión didáctica sobre su uso en el aula

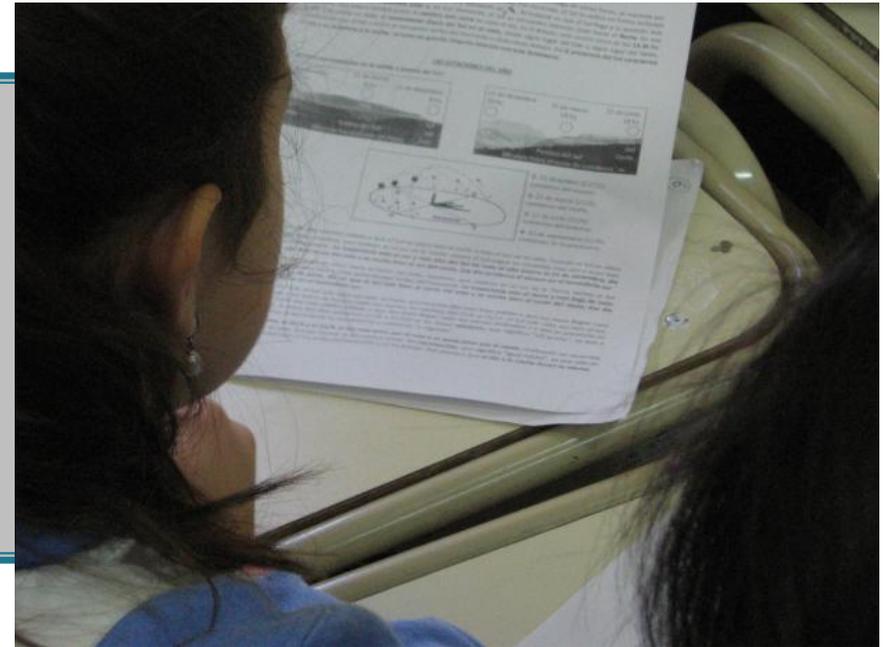
**Dr. Diego Galperin**

**Proyecto “Miradas al cielo”**

[www.miradasalcielo.com.ar](http://www.miradasalcielo.com.ar)

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

**El Bolsón – Río Negro**



Tipo de trabajo: Trabajo de Investigación

Nivel educativo: Nivel primario

# Introducción

## Problema abordado:

- Escasa comprensión de los fenómenos astronómicos cotidianos (día/noche, estaciones y fases) por parte de estudiantes y docentes.
- Presencia de errores conceptuales y didácticos en los libros escolares.
- Uso casi exclusivo del sistema de referencia heliocéntrico en los materiales curriculares.
- Escaso desarrollo del sistema de referencia topocéntrico para la comprensión de los fenómenos astronómicos.

**Objetivos:** Discusión de los fundamentos disciplinares y didácticos de la utilización del sistema de referencia topocéntrico para la enseñanza de la astronomía. Presentación de una propuesta de enseñanza y de los resultados del proceso de implementación.

## Lineamientos teóricos

- Sistema de referencia: sistema de convenciones para poder medir y precisar la posición y otras magnitudes de un objeto.
- Sistemas de referencia astronómicos: varían según qué origen se tomen como referencia. Los más comunes: heliocéntrico, geocéntrico o topocéntrico.

**Sistema de referencia heliocéntrico:** los fenómenos se explican a partir del movimiento de la Tierra y la Luna en el espacio exterior. Utilizado mayoritariamente. Requiere habilidades visoespaciales.

**Sistema de referencia topocéntrico** (desde la posición local de observadores terrestres): los fenómenos se explican a partir del movimiento del Sol y la Luna en el cielo. Con escaso desarrollo didáctico.

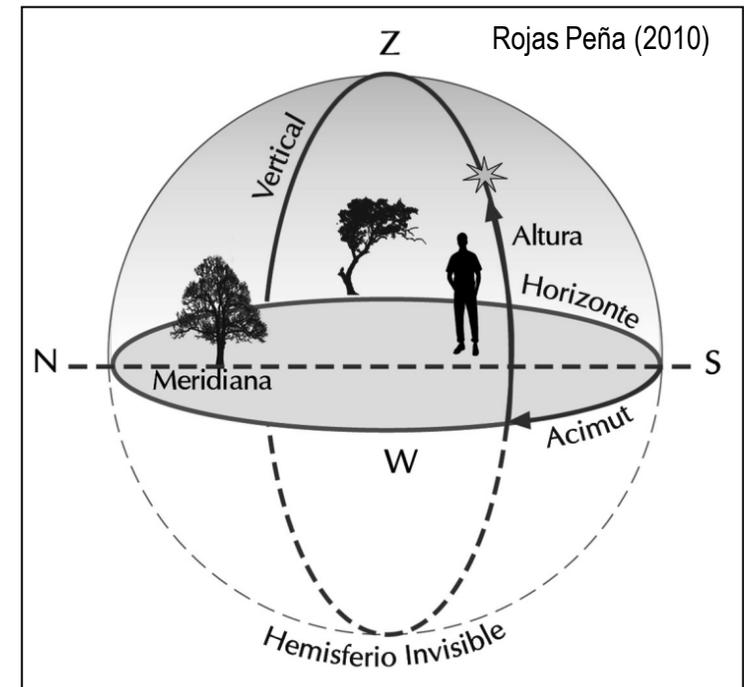
- Modelo cinemático celeste (topocéntrico): explica los fenómenos del día y la noche, las estaciones y las fases lunares a partir de los movimientos del Sol y la Luna en el cielo.



# Sistema de referencia topocéntrico

Nombre	Origen	Plano fundamental	Punto fundamental	Coordenadas
Horizontal o Altacimutal	Topocéntrico	Horizonte del observador	Punto sur (o norte)	Acimut (A) y altura (h)

- ⇒ Sistema de referencia local. Representa el cielo visto desde un punto de la superficie terrestre.
- ⇒ Sencilla relación con las vivencias cotidianas. Permite construir explicaciones adecuadas de los fenómenos astronómicos cotidianos.
- ⇒ Día y noche: movimiento diario del Sol.
- ⇒ Estaciones: movimiento anual del Sol.
- ⇒ Fases lunares: movimiento propio de la Luna.

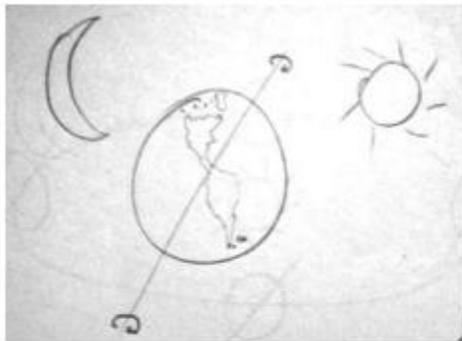


# Dificultades detectadas

## El día y la noche: categorías de modelos mentales de alumnos y docentes

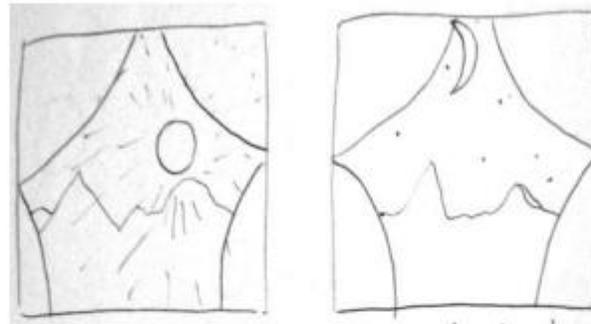
(Vega Navarro, 2007; Galperin, 2016)

- ⇒  $M_{D/N-1}$  - **Modelo científico heliocéntrico**: rotación de la Tierra en el espacio (sin Luna).
- ⇒  $M_{D/N-2}$  - **Modelo de rotación**: rotación de la Tierra en el espacio con el Sol y la Luna opuestos.
- ⇒  $M_{D/N-3}$  - **Modelo de alternancia**: presencia del Sol durante el día y de la Luna de noche.
- ⇒  $M_{D/N-4}$  - **Modelo científico topocéntrico**: presencia o ausencia del Sol en el cielo.



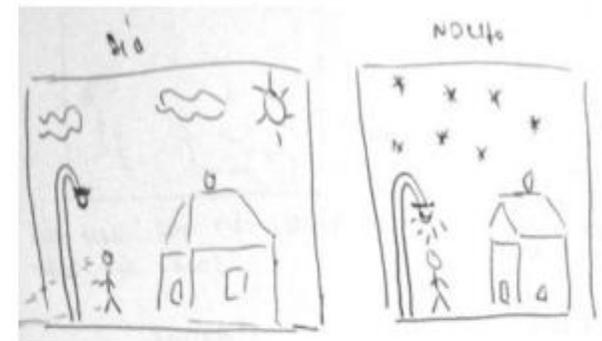
“La Tierra gira sobre sí misma y eso permite que se produzca el día y la noche”

$M_{D/N-2}$



“Observamos a través de una ventana el paisaje en horas de la tarde y por la noche”

$M_{D/N-3}$



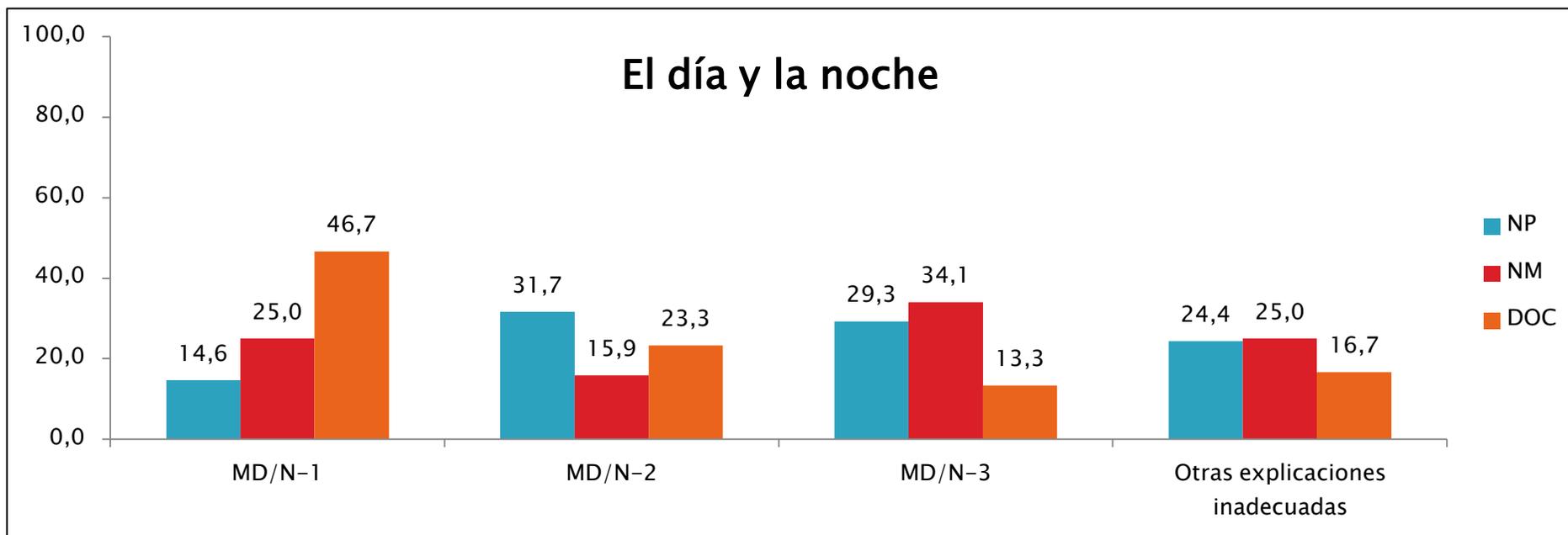
“La noche es cuando no hay luz solar y a veces podemos ver la Luna”

$M_{D/N-4}$

# Dificultades detectadas

## El día y la noche: categorías de modelos mentales de alumnos y docentes

(Galperin, et al., 2018; Álvarez et al., 2018)



$M_{D/N-1}$  - Modelo científico heliocéntrico

$M_{D/N-2}$  - Modelo de rotación

$M_{D/N-3}$  - Modelo de alternancia

**Otras:** Sol y Luna giran en torno a la Tierra / Tierra gira alrededor del Sol

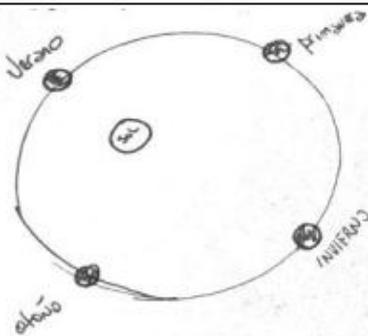
Un 46,7% de los docentes brinda una explicación científicamente adecuada sobre el día y la noche

# Dificultades detectadas

## Estaciones del año: categorías de modelos mentales

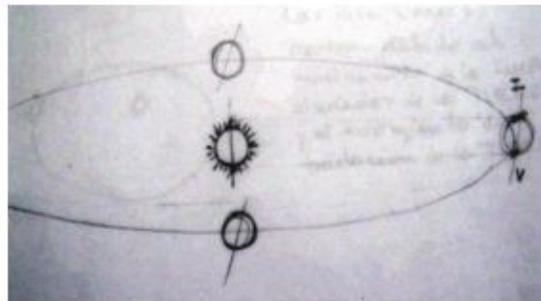
(Parker y Heywood, 1998; Galperin, 2016)

- ⇒  $M_{EA-1}$  - **Modelo de distancia variable (órbita elíptica):** la Tierra se acerca o se aleja del Sol.
- ⇒  $M_{EA-2}$  - **Modelo de traslación:** el movimiento de la Tierra en su órbita 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, viento, presencia del Sol, etc.



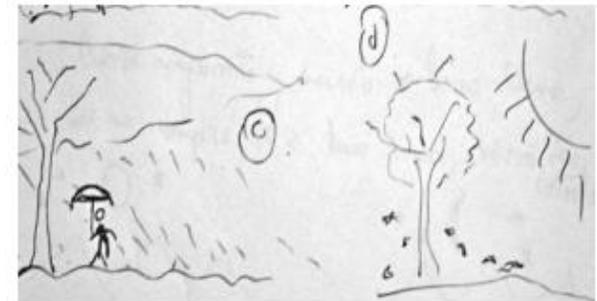
“Las estaciones dependen de la distancia a la que la Tierra se encuentra del Sol”

$M_{EA-1}$



“El movimiento de traslación y la inclinación del eje dan lugar a las estaciones”

$M_{EA-3}$



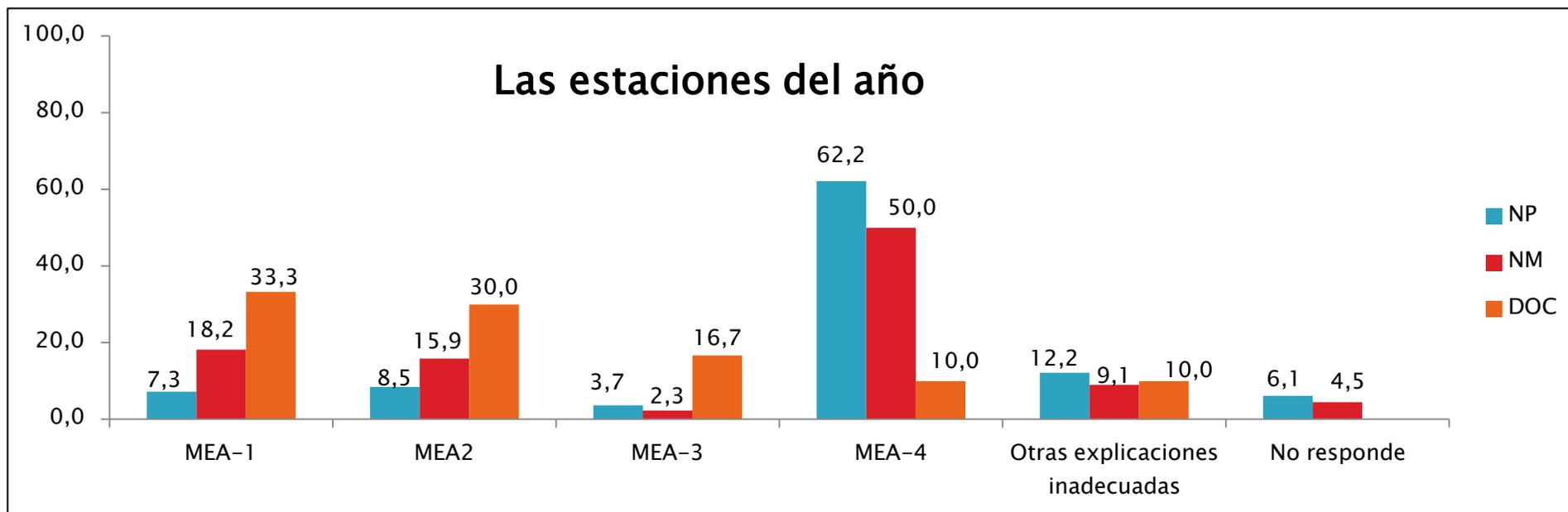
“Las estaciones por la presencia de lluvia y frío en invierno (c) y hojas caídas en otoño (d)”

$M_{EA-4}$

# Dificultades detectadas

## Estaciones del año: categorías de modelos mentales de alumnos y docentes

(Galperin, et al., 2018; Álvarez et al., 2018)



$M_{EA-1}$  - Modelo de distancia variable

$M_{EA-2}$  - Modelo de traslación

$M_{EA-3}$  - Modelo científico heliocéntrico

$M_{EA-4}$  - Modelo de cambios ambientales

**Otros:** Sol más cerca o más lejos

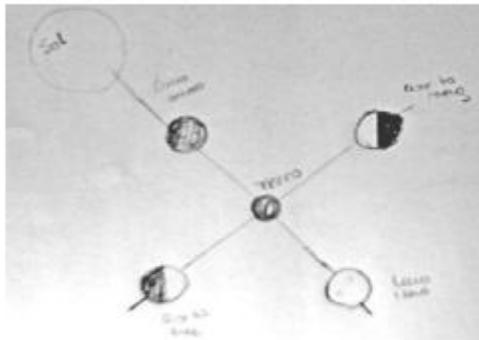
Un 16,7% de los docentes brinda una explicación científicamente adecuada sobre las estaciones

# Dificultades detectadas

## Fases de la Luna: categorías de modelos mentales

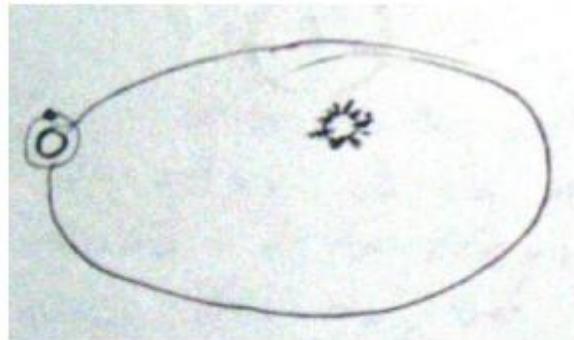
(Camino, 1995; Galperin, 2016)

- ⇒  $M_{FL-1}$  - Modelo de ángulo de incidencia: el Sol ilumina una parte mayor o menor de la Luna.
- ⇒  $M_{FL-2}$  - Modelo de revolución: el movimiento orbital de la Luna provoca las fases (no explica).
- ⇒  $M_{FL-3}$  - Modelo de eclipse: la Tierra da sombra a una parte de la Luna.
- ⇒  $M_{FL-4}$  - Modelo científico heliocéntrico: la Luna se ve distinta al cambiar de posición en su órbita.



“El Sol ilumina más o menos a la Luna según su órbita”

$M_{FL-1}$



“Por el movimiento de la Luna alrededor de la Tierra”

$M_{FL-2}$



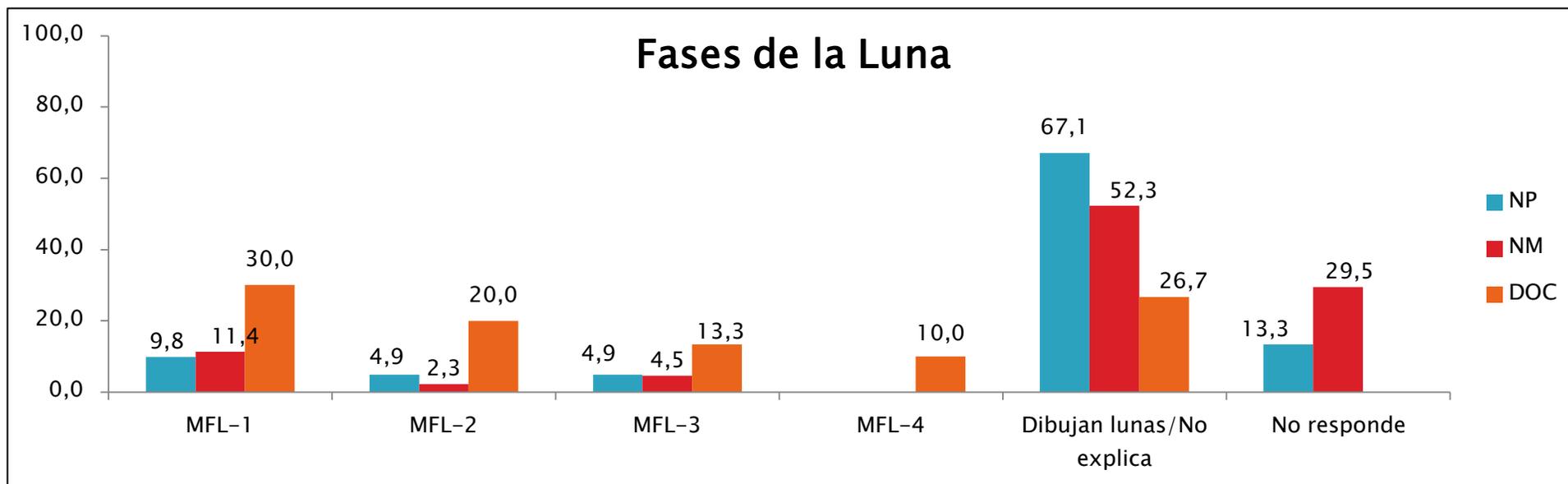
“La parte oscura es la sombra que se proyecta sobre la Luna”

$M_{FL-3}$

# Dificultades detectadas

## Fases de la Luna: categorías de modelos mentales de alumnos y docentes

(Galperin, et al., 2018; Álvarez et al., 2018)



$M_{FL-1}$  - Modelo de ángulo de incidencia

$M_{FL-2}$  - Modelo de revolución

$M_{FL-3}$  - Modelo de eclipse

$M_{FL-4}$  - Modelo científico heliocéntrico

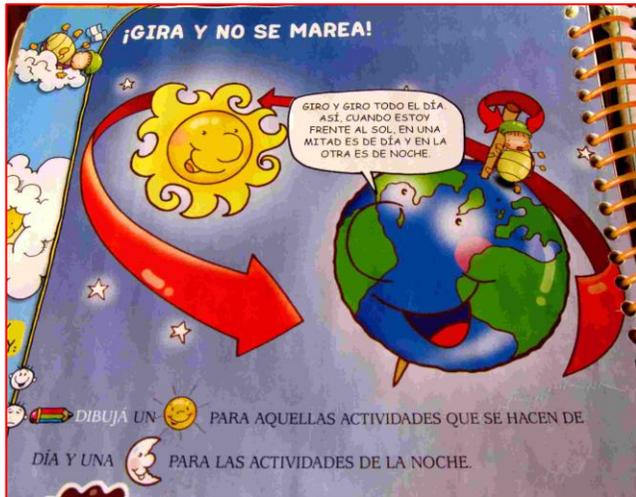
**Otros:** Dibuja fases en el espacio / Depende cómo la ilumina el Sol

Un 10% de los docentes brinda una explicación científicamente adecuada sobre las fases lunares

# Dificultades detectadas

## Día y noche: imágenes con errores didácticos y/o conceptuales

(Galperin y Raviolo, 2017)

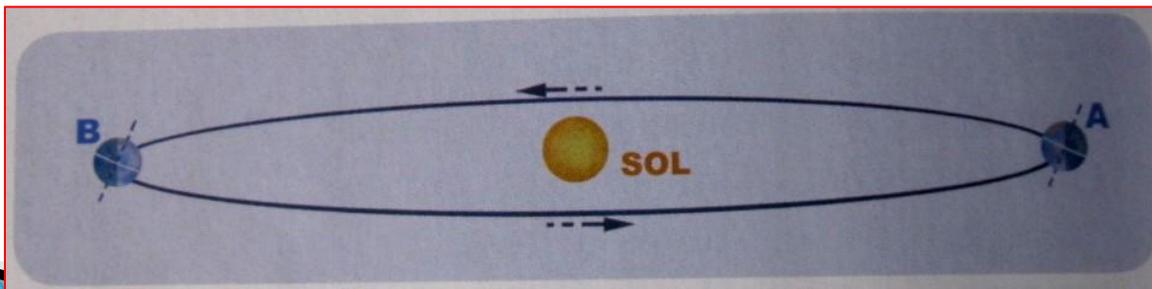
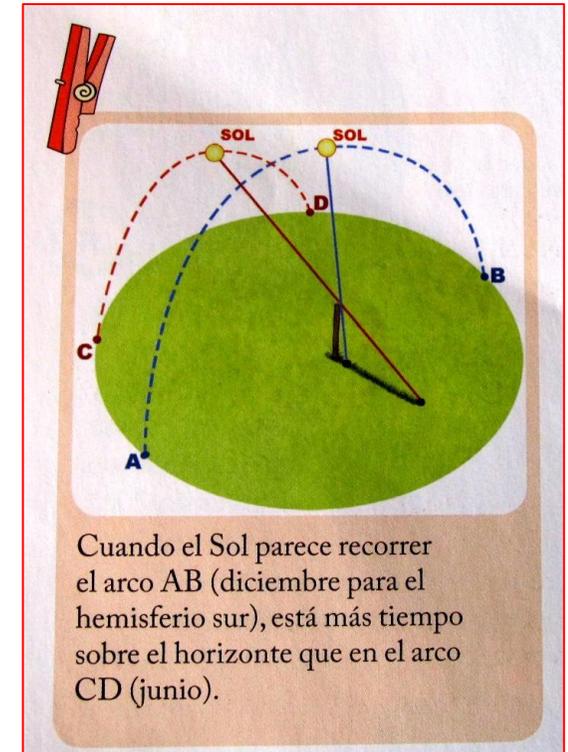
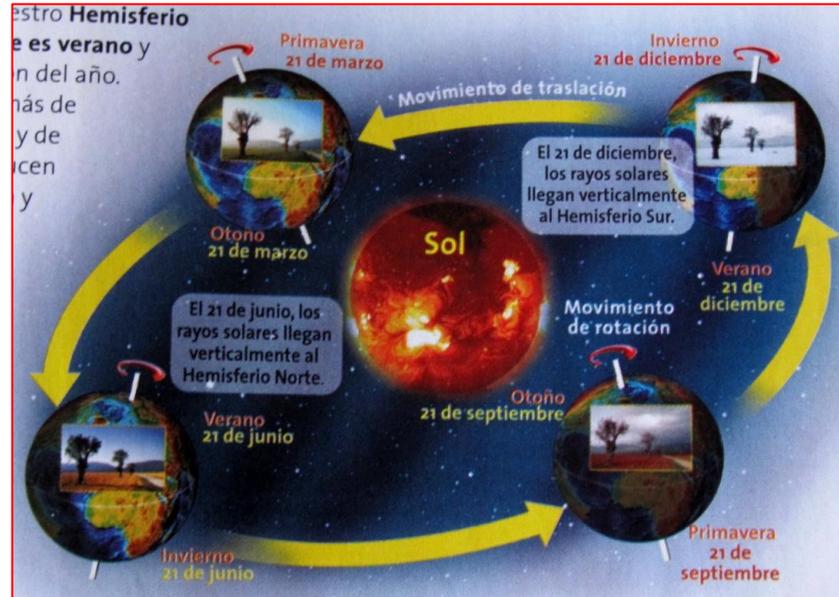


Asociado a actividades / Animismo / Aparece la traslación / Aparece la Luna / Salida del Sol = Este

# Dificultades detectadas

## Estaciones del año: imágenes con errores didácticos y/o conceptuales

(Galperin y Raviolo, 2017)

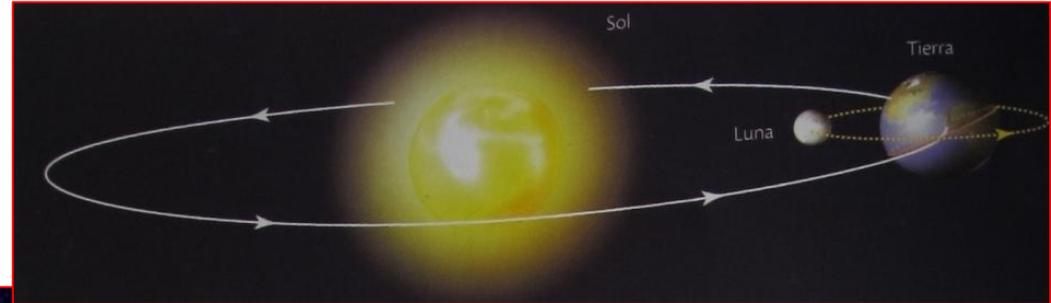
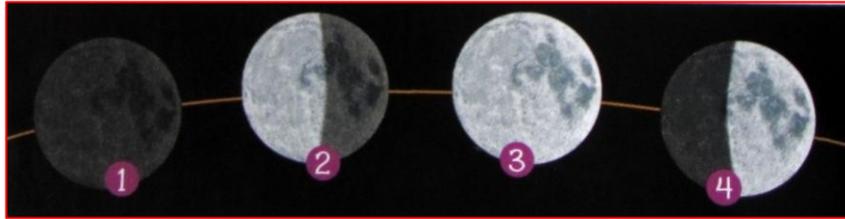


Asociado a actividades / Órbita demasiado elíptica / Inclinación variable del eje / Trayectoria del Sol errónea

# Dificultades detectadas

## Fases de la Luna: imágenes con errores didácticos y/o conceptuales

(Galperin y Raviolo, 2017)



*Luna como en el hemisferio norte / Parte iluminada siempre apuntando a la Tierra / Parecen ocurrir en la misma noche / No se indica el movimiento de la Luna en el cielo*

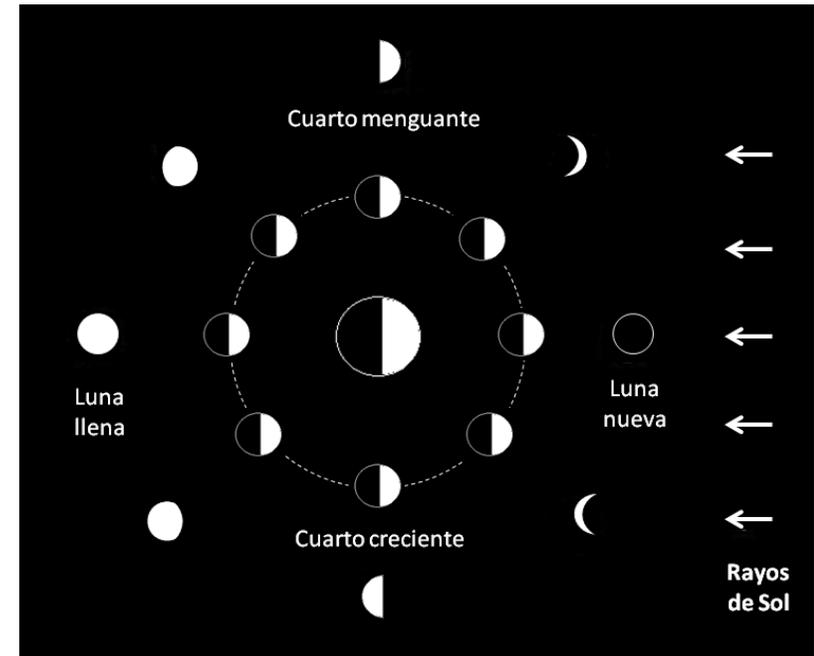
# Dificultades detectadas

## Utilización didáctica del sistema de referencia heliocéntrico

### Dificultad de uso del sistema de referencia heliocéntrico.

Se deben combinar dos sistemas de referencia: los movimientos en el espacio exterior y lo que efectivamente se observa desde un punto determinado de la superficie terrestre. Ejemplo: fases de la Luna.

Comprender las fases lunares [heliocéntricamente] implica que "uno debe cambiar de perspectiva, pasando al espacio exterior a partir de un punto de vista basado en la Tierra" (Subramaniam y Padalkar, 2009, p. 18)



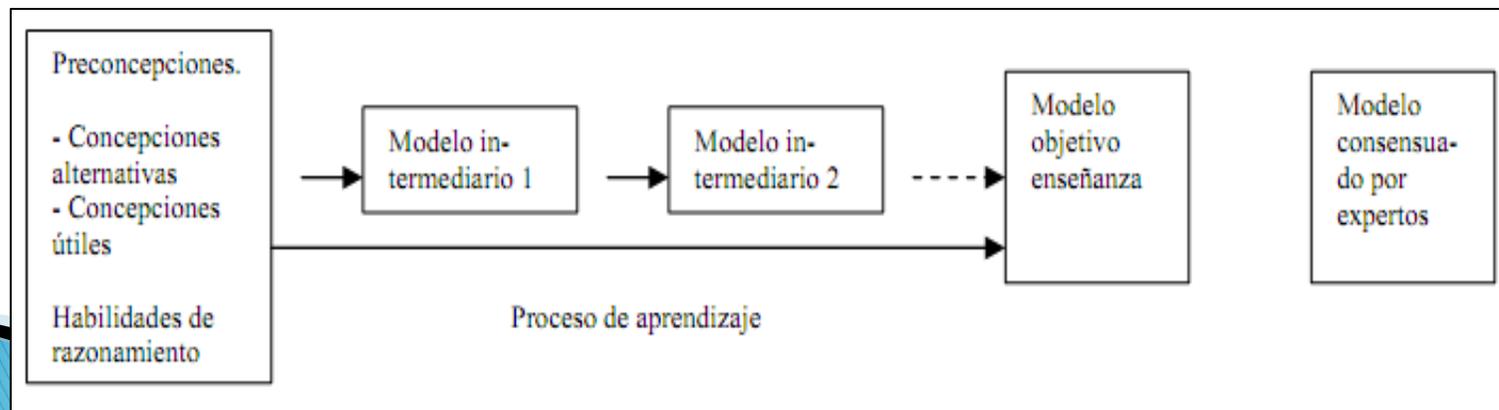
# Dificultades detectadas

## Tendencia heliocéntrica implícita en la investigación educativa en el área

(Galperin y Raviolo, 2014)

**Sistemas de referencia en la enseñanza de la astronomía.** 64% de los artículos analizados (50) utiliza el sistema de referencia heliocéntrico exclusivamente. Ninguno explica los fenómenos sólo en forma topocéntrica. El modelo heliocéntrico sería el único válido (o correcto) para la enseñanza de la astronomía en todos los niveles educativos.

El proceso de aprendizaje consiste en recorrer un camino paulatino desde las concepciones que poseen los estudiantes inicialmente hasta alcanzar el modelo objetivo a enseñar, atravesando uno o más modelos intermediarios (Clement, 2000).



# Dificultades detectadas

## Debidas a la utilización del sistema de referencia heliocéntrico

**Requiere requisitos previos.** Comprender la forma de la Tierra y el concepto de gravedad. Tamaños relativos del Sol, la Luna y la Tierra. Desarrollo de habilidades de razonamiento espacial: rotación mental y visualización espacial). Trabajo desde dos puntos de vista simultáneamente.

*"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).*

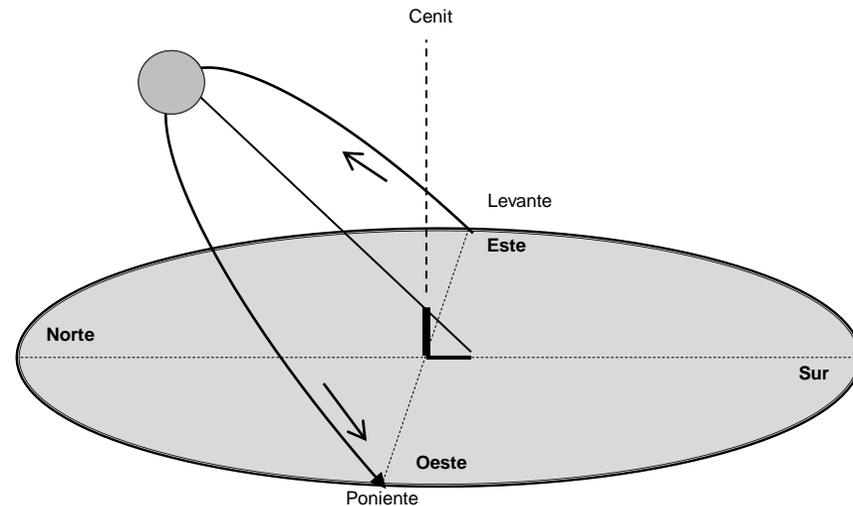
**No implica relación con el entorno celeste cercano.** Por ejemplo: se pueden conocer los movimientos de los astros en el espacio y, al mismo tiempo, desconocer por dónde sale el Sol.

# La propuesta diseñada: Construcción de un modelo cinemático celeste

- **Actividad 1.** Indagación individual: "Poniendo en juego nuestras ideas sobre los fenómenos astronómicos".
- **Actividad 2.** "Poniendo en juego nuestras ideas sobre el movimiento". Discusión y explicación grupal.
- **Actividad 3.** "¿Cómo es el recorrido diario del Sol?". Uso del programa Stellarium.
- **Actividad 4.** Armado de maqueta para representar el movimiento diario del Sol y explicar el día y la noche. Actividad final individual.

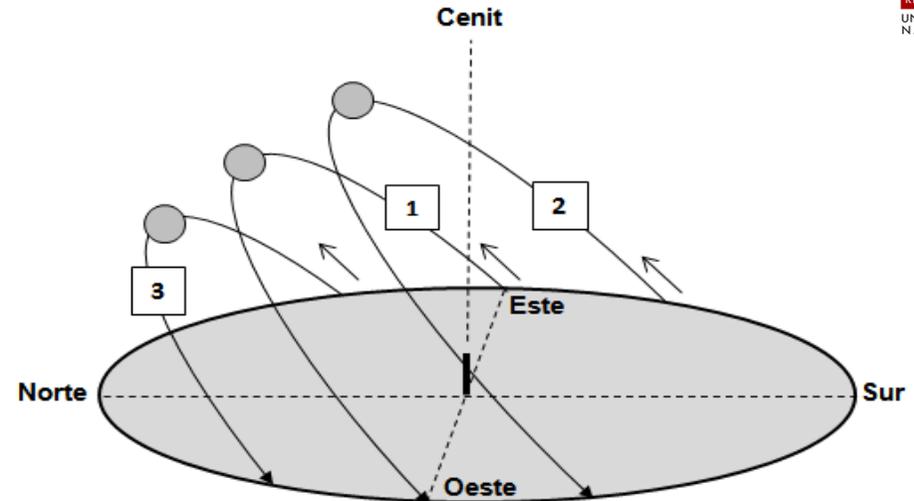
## Poniendo en juego nuestras ideas sobre los fenómenos astronómicos

1. Día y noche. ¿Cómo podrías explicar el fenómeno del día y la noche a través de un dibujo? Agregar un texto que explique lo que has querido expresar en el dibujo.
2. Estaciones del año. ¿Cómo podrías explicar las estaciones del año a través de un dibujo? Agregar un texto que explique lo que has querido expresar en el dibujo.
3. Fases de la Luna. Es sabido que la Luna no se ve de la misma forma todos los días. ¿Cómo podrías explicar esto a través de un dibujo? Agregar un texto que explique lo que has querido expresar en el dibujo.



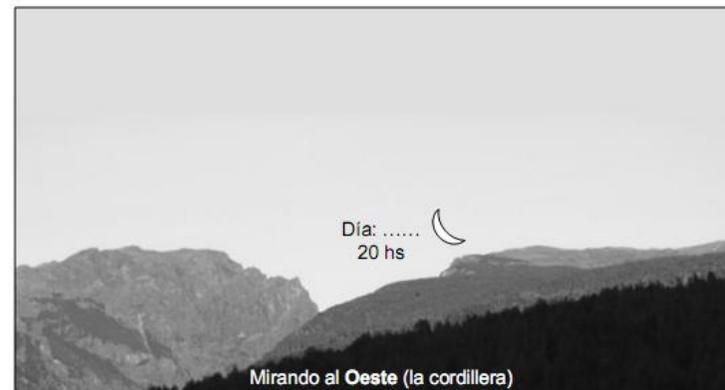
# La propuesta diseñada

- **Actividad 5.** “¿Cómo se desplaza el Sol en el cielo a lo largo del año?”. Actividad utilizando Stellarium.
- **Actividad 6.** Grupal: “Armado de una maqueta que represente el movimiento anual del Sol. Explicación de las estaciones del año”. Actividad individual.
- **Actividad 7.** “Movimiento diario de la Luna”. Actividad utilizando Stellarium. Sistematización y explicación. Relación con el movimiento del Sol.
- **Actividad 8.** “Movimiento propio de la Luna en el cielo”. Actividad usando Relación con las fases.



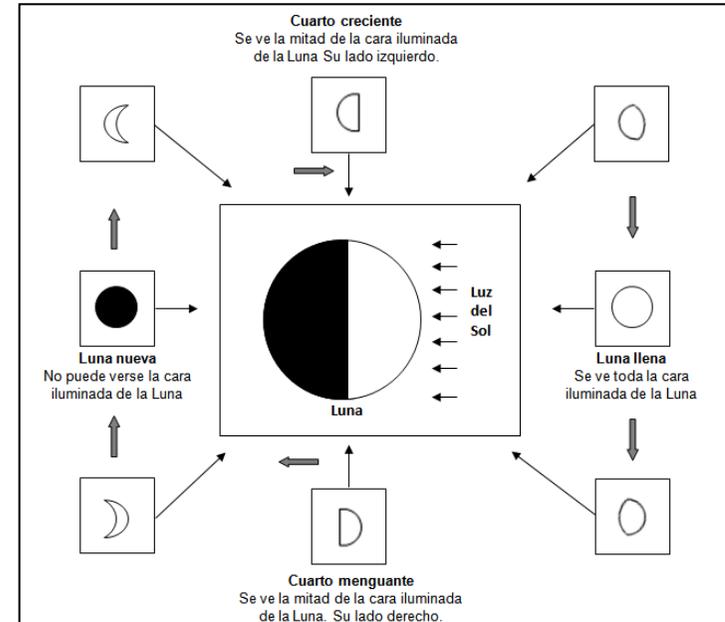
## Movimiento propio de la Luna en el cielo. Las fases lunares

1. Cambios en la posición de la Luna de una noche a otra a la misma hora (20 hs).



# La propuesta diseñada

- **Actividad 7.** “Movimiento diario de la Luna”. Actividad usando Stellarium.
- **Actividad 8.** “Movimiento propio de la Luna en el cielo”. Actividad usando Stellarium. Relación con las fases lunares.
- **Actividad 9.** 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.
- **Actividad 10.** Evaluación. Actividad final grupal: Explicación de día/noche, estaciones y fases. Actividades finales individuales:
  - 1) Revisión de ideas iniciales.
  - 2) Completar frases y dibujos.



# Resultados de la implementación

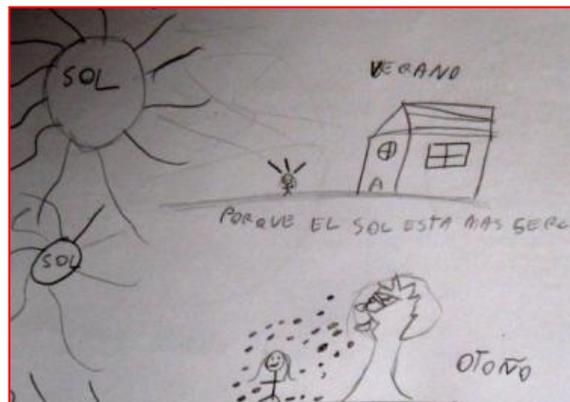
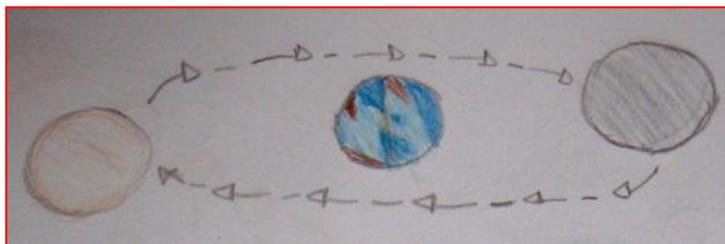
6to. grado de escuela pública de El Bolsón (26 alumnos)

Día y noche

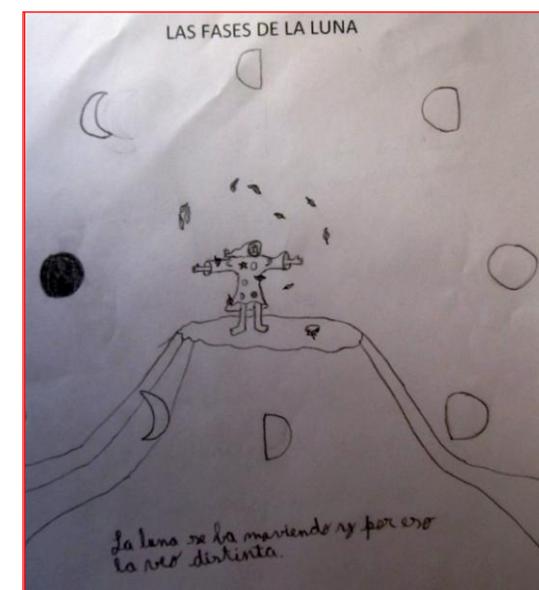
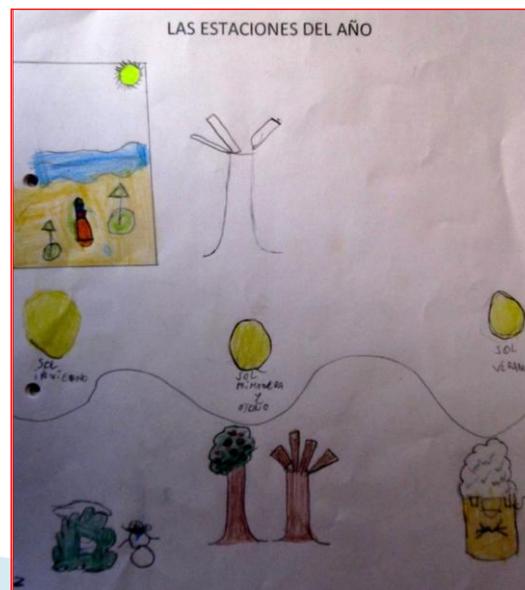
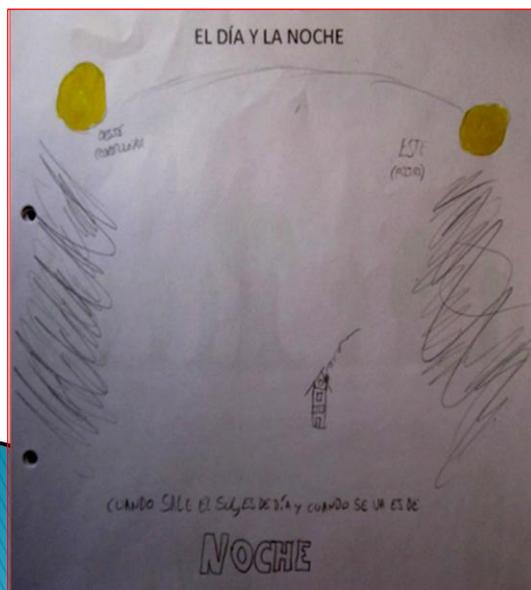
Estaciones del año

Fases de la Luna

IDEAS INICIALES (Ind)

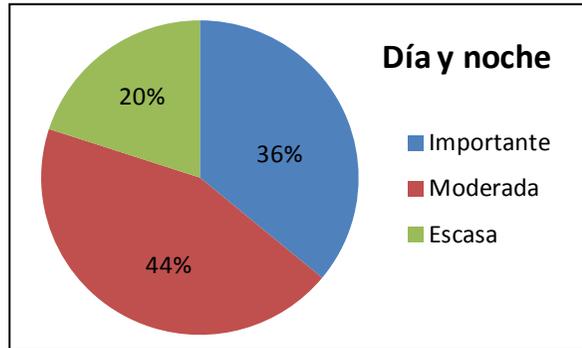


IDEAS FINALES (Grupal)

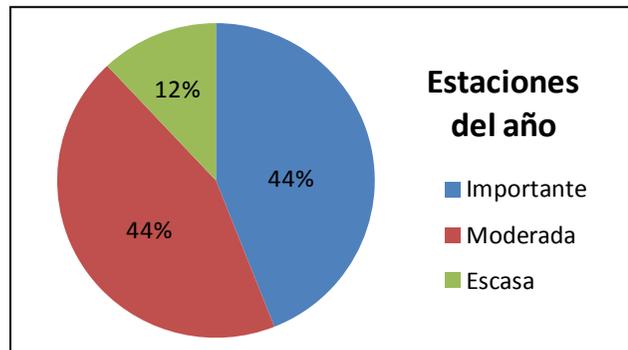


# Resultados de la implementación

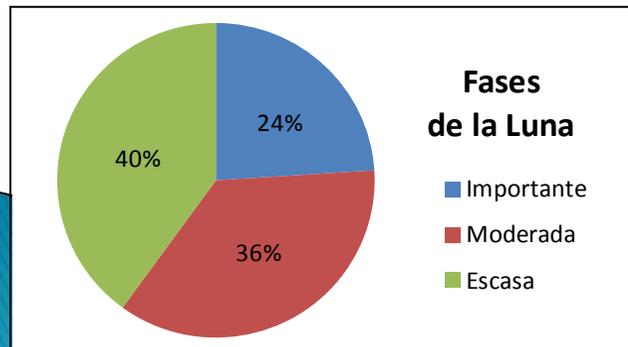
## Evolución individual del grupo de clase



**Movimiento diario del Sol. Explicación del día y la noche.** La mayoría de los estudiantes (80%) logró una evolución importante o moderada. Al inicio, un 23% pudo explicar el día y la noche de forma heliocéntrica (rotación de la Tierra).



**Movimiento anual del Sol. Explicación de las estaciones.** La gran mayoría de los estudiantes (88%) logró una evolución importante o moderada. Al inicio, ningún alumno pudo brindar una explicación adecuada del fenómeno.



**Movimiento propio de la Luna. Explicación de las fases lunares.** Un 60% de los estudiantes logró una evolución importante o moderada. Es el fenómeno más complejo de comprender. Al inicio, ningún alumno pudo brindar una explicación adecuada.

## Conclusiones

- La mayor parte de los alumnos y docentes no logra comprender los fenómenos astronómicos cotidianos del día y la noche, las estaciones del año y las fases lunares. Muchas imágenes sobre los fenómenos astronómicos incluidas en los libros escolares poseen errores conceptuales y didácticos que refuerzan las concepciones inadecuadas.
- Se utiliza implícitamente el 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 propuesta de construcción de un modelo cinemático celeste resultó ser eficaz al mostrar una evolución favorable de los modelos mentales de los estudiantes. Posee relación directa con lo que se puede percibir a simple vista sin necesidad de tener que “salir” imaginariamente al espacio exterior. Esto pone en cuestionamiento los diseños didácticos “heliocéntricos” utilizados ya desde el nivel inicial.
- La utilización didáctica del sistema de referencia topocéntrico resulta ser una alternativa viable a los escasos resultados logrados por el enfoque heliocéntrico tradicional de enseñanza de la astronomía.

*"Las razones por las cuales las personas aceptan el sistema heliocéntrico hoy en día probablemente no son muy diferentes a las presentes en la antigüedad cuando el sistema geocéntrico era la ortodoxia" (Shen y Confrey, 2010, p. 22).*

# Nuestro proyecto de enseñanza, divulgación e investigación en enseñanza de la astronomía

## MIRADAS AL CIELO

Grupo Astronómico  
OSIRIS



### 6to. Encuentro de Jóvenes Astrónomos

Las Grutas - Río Negro - 10 al 12 de octubre de 2015



**Página web:** [www.miradasalcielo.com.ar](http://www.miradasalcielo.com.ar)

**Email:** [astroosiris@gmail.com](mailto:astroosiris@gmail.com)

**Facebook:** [@grupoastronomicoosiris](#) / [@grupoosiris](#)

**Instagram:** [@astroosiris](#)

**Twitter:** [@gruposiris](#)

**¡Gracias por la atención!**

# Referencias bibliográficas

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: Universidad Nacional del Centro de la Provincia de Buenos Aires.

Bastero Montserrat, J. (2000). *Astronomía sin dejar la Tierra*. Barcelona: Octaedro.

Baxter, J. (1989). Children's understanding of familiar astronomical events. *International Journal of Science Education*, 11(5), 502-513.

Bayraktar, S. (2009). Pre-service Primary Teachers' Ideas about Lunar Phases. *Journal of Turkish Science Education*, 6(2), 12-23.

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.

Clement, J. (2000). Model based learning as a key research area for science education. *International Journal of Science Education*, 9 (22), 1041-1053.

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. (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. <<http://ridaa.unicen.edu.ar/xmlui/handle/123456789/896>> [Consulta: 22 marzo 2017]

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: Universidad Nacional del Centro de la Provincia de Buenos Aires.

# Referencias bibliográficas

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: Cambridge University Press.

Justi, R. y Gilbert, J. (1999). History and philosophy of science through models: The case of Chemical Kinetics. *Science & Education*, 8, 287-307.

Lombardi, O. (2010). Los modelos como mediadores entre teoría y realidad. En Galagovsky, L. (coord.), *Didáctica de las Ciencias Naturales: el caso de los modelos científicos*, 83-94. Buenos Aires: Lugar.

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.

Rojas Peña, I. (2010). *Astronomía elemental. Volumen I: Astronomía básica*. Valparaíso, Chile: USM.

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.

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.

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.