

¿Cómo se mueve la Luna en el cielo? Evaluación de una secuencia para la construcción de un modelo alternativo para la explicación de las fases lunares.

Diego Galperin, Marcelo Alvarez y Matías Santa Ana.

Cita:

Diego Galperin, Marcelo Alvarez y Matías Santa Ana (2022). *¿Cómo se mueve la Luna en el cielo? Evaluación de una secuencia para la construcción de un modelo alternativo para la explicación de las fases lunares.* *Ápice. Revista de Educación Científica*, 6 (2).

Dirección estable: <https://www.aacademica.org/diegogalperin/52>

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



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>.



¿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

Diego Galperin, Marcelo Alvarez y Matías Santa Ana

Laboratorio de Investigación en Didáctica de las Ciencias Naturales.
Universidad Nacional de Río Negro. Bariloche (Argentina)

[Recibido el 13 de abril de 2022, aceptado el 26 de septiembre de 2022]

Este trabajo presenta el diseño y evaluación de una secuencia para la enseñanza de las fases lunares en el nivel primario a partir de la construcción de un modelo explicativo topocéntrico basado en el movimiento de la Luna en el cielo. Este modelo permite vincular a los estudiantes con lo que pueden observar desde la escuela o desde sus propias casas, evitando la utilización de explicaciones basadas en el movimiento lunar visto desde el espacio exterior. La secuencia incluye esquemas explicativos y fue implementada a modo de prueba en forma virtual con tres estudiantes de séptimo año de nivel primario. Para su evaluación se recolectó información mediante el análisis de las producciones de cada estudiante, el registro de las clases sincrónicas y la realización de entrevistas individuales. Los resultados evidencian una evolución favorable de los conocimientos de los estudiantes acerca del fenómeno y de la posibilidad de vincularlo con lo que pueden percibir en su propio entorno celeste.

Palabras clave: fases lunares; secuencia de enseñanza-aprendizaje; modelo explicativo topocéntrico; nivel primario.

How does the Moon move? Evaluation of a sequence for a topocentric explanatory model of the lunar phases

The aim of this article is to present and evaluate a teaching sequence for a topocentric explanatory model of the lunar phases at primary school level. The model is based on the movement of the moon in the sky as observed by students from school or from their homes, rather than from outer space. The sequence includes explanatory diagrams and was implemented on a virtual test basis with three final-year primary school students. To evaluate the model, information was collected through the analysis of each student's outputs, the recording of synchronous classes, and individual interviews. The results show a favourable evolution of students' knowledge about the phenomenon and the possibility of relating it with what they observe in their own celestial environment.

Keywords: lunar phases; teaching and learning sequence; topocentric explanatory model; primary education.

Introducción

Las fases lunares representan un fenómeno que llama la atención de personas de todas las edades, incluso de niños de muy escasa edad. Sin embargo, pese a ser un fenómeno cotidiano y sencillo de observar a simple vista, numerosas investigaciones muestran que el mismo no es comprendido adecuadamente por una gran proporción de estudiantes de todos los niveles educativos (Baxter, 1989; Sadler, 1992; Schoon, 1992; Stahly, Krockover y Shepardson, 1999; Trumper, 2001; Danaia y McKinnon, 2007; Bayraktar, 2009; Alvarez, Galperin y Quinteros, 2018), lo que puede estar provocado por diferentes causas.

Por un lado, se ha detectado una escasa comprensión del fenómeno de las fases lunares por parte de una gran proporción de docentes, quienes suelen poseer concepciones alternativas similares a las detectadas en estudiantes (Vega Navarro, 2007): indicar que se deben a que la sombra de la Tierra cae sobre la Luna (Camino, 1995) o a que el Sol ilumina una mayor o menor proporción de la superficie lunar (Galperin, Prieto y Heredia, 2018). En consecuencia, es posible que los propios docentes brinden explicaciones inadecuadas desde el punto de vista científico en sus clases, o que seleccionen materiales de enseñanza que incluyan un tratamiento complejo o incluso erróneo del fenómeno.

En este sentido, se ha detectado la presencia de errores conceptuales y didácticos en los libros de texto que se utilizan en las escuelas, muchos de las cuales refuerzan las concepciones alternativas que ya poseen los estudiantes (Trundle y Troland, 2005; Navarro Pastor, 2009; Galperin y Raviolo, 2017). A su vez, estos mismos errores se encuentran en videos educativos y de divulgación presentes en Internet y que actualmente son muy utilizados como recursos de enseñanza (Galperin, Alvarez, Heredia y Haramina, 2020).

Por otro lado, distintas investigaciones han puesto en evidencia que la comprensión de las fases lunares a partir del movimiento de la Luna en torno a la Tierra, “observando” su desplazamiento desde un punto imaginario del espacio exterior, requiere determinadas habilidades visoespaciales para su comprensión, lo que representa una dificultad para la mayor parte de los estudiantes de todas las edades (Callison y Wright, 1993; Suzuki, 2003; Bayraktar, 2009). En consecuencia, no parece apropiado esperar una comprensión del fenómeno desde un punto de vista externo a la Tierra antes de la adolescencia, aunque es posible construir nociones intermedias con los estudiantes antes de moverse a un punto de vista heliocéntrico (Baxter, 1989). Al respecto, la utilización de un punto de vista heliocéntrico deja de lado la posibilidad de brindar explicaciones más sencillas de los mismos a partir de lo que se observa desde la superficie terrestre (Galperin y Raviolo, 2014). Este enfoque “topocéntrico” permite la construcción de un modelo cinemático celeste con características descriptivas, explicativas y predictivas de los fenómenos astronómicos cotidianos (Galperin, 2016).

En función de las dificultades de comprensión del fenómeno de las fases lunares detectadas en estudiantes y docentes, y a la posibilidad de que guarden relación con la utilización exclusiva del sistema de referencia heliocéntrico, se diseñó una secuencia de enseñanza-aprendizaje (SEA) utilizando el sistema de referencia topocéntrico. La misma se encuentra dirigida a alumnos de los últimos años de nivel primario, centrándose en la construcción de un modelo explicativo de las fases lunares a partir de la descripción del movimiento propio que realiza la Luna en el cielo de un día para el otro.

Debido a la pandemia de Covid-19, esta secuencia fue adaptada para su desarrollo a modo de prueba en contexto de no presencialidad escolar. Como parte de la misma se diseñaron dos esquemas explicativos topocéntricos de las fases lunares, los cuales describen y explican el fenómeno a partir del movimiento propio de la Luna en el cielo.

Se pretende analizar si la implementación de esta SEA de carácter topocéntrico permite mejorar la comprensión del movimiento lunar en el cielo por parte de los estudiantes

para, a partir del mismo, brindar descripciones, explicaciones y predicciones adecuadas de las fases lunares. De esta manera, se trata de evitar la alternancia entre dos puntos de vista: el externo a la Tierra, con la Luna moviéndose en el espacio siempre iluminada por la mitad, y el visible desde su superficie, con la Luna moviéndose en el cielo cambiando su forma visible día a día.

Marco teórico

Para el diseño de la SEA se tuvieron en cuenta distintos aspectos relevados durante el proceso previo de revisión bibliográfica: las concepciones más comunes presentes en estudiantes acerca de la causa del fenómeno, las dificultades que provoca la utilización exclusiva de explicaciones heliocéntricas y la posibilidad de explicar adecuadamente el fenómeno en forma topocéntrica. En función de esto, se decidió diseñar una propuesta de enseñanza basada en la construcción de modelos (Justi, 2006) por parte de los estudiantes. A continuación se brinda una síntesis de cada uno de estos aspectos.

Modelos y modelización en la enseñanza de las ciencias

La enseñanza basada en modelos se define como cualquier implementación que mediante distintos recursos informativos, actividades y estrategias procuran facilitar la construcción de modelos mentales (Johnson-Laird, 1983), teniendo como meta la mejora en la comprensión de los estudiantes sobre los modelos y su rol en la ciencia. En este sentido, los modelos mentales constituyen representaciones cognitivas que las personas construyen para lograr comprender un fenómeno con el fin de resolver un problema, realizar inferencias o razonar consecuencias a partir de manipular dichos modelos. Por lo tanto, este tipo de enseñanza implica la construcción, puesta a prueba y eventual revisión de los modelos mentales de los estudiantes (Gobert y Buckley, 2000; Justi, 2006). Se apunta a la construcción de modelos de enseñanza que, en modo similar a los modelos científicos, puedan actuar como mediadores entre la teoría y la realidad (Lombardi, 1998). Este proceso de construcción de modelos se encuentra caracterizado por una serie de etapas (Justi y Gilbert, 2002), las cuales se sintetizan a continuación.

Etapas 1: Definir los objetivos del modelo y elaborar un modelo mental.

Se explicita el objetivo del modelo a construir y cada estudiante esboza un modelo propio a partir de sus ideas iniciales, el cual es discutido luego con el fin de ponerlo en cuestionamiento. Para su elaboración, los estudiantes recurren a situaciones cotidianas y/o escolares anteriores, o adquiridas en el momento mediante textos u observaciones empíricas. De este modo, la creatividad y el razonamiento de los estudiantes conducen a la elaboración de un modelo inicial como parte de un proceso de gran interactividad.

Etapas 2: Representar el modelo mental elaborado.

En esta etapa debe decidirse cuál es la forma de representación más adecuada para el modelo elaborado: gráfica, verbal, matemática, etc. Esta decisión se relaciona de forma cíclica con el propio desarrollo del modelo mental ya que el proceso de expresar un modelo implica hacer modificaciones en el mismo, el cual a su vez se puede expresar de diferentes formas, y así sucesivamente.

Etapas 3: Poner a prueba el modelo.

Se busca comprobar el modelo mediante pruebas mentales y/o experimentales. En caso que el modelo no cumpla con las previsiones, deben hacerse modificaciones. Esto implicará la vuelta a la etapa inicial de modelización, pero añadiendo el conocimiento adquirido, el cual pasa a formar parte de las experiencias anteriores de los estudiantes.

Etapa 4: Expresar el modelo elaborado.

Si el modelo tiene éxito, el mismo cumple con el propósito para el que ha sido creado y, en consecuencia, puede ser comunicado a otros. En este proceso de socialización debe quedar en evidencia el poder explicativo y predictivo del modelo, como así también su ámbito de validez y sus limitaciones en relación con el objetivo inicial.

Desde este enfoque, el proceso de aprendizaje a largo plazo puede pensarse como un camino paulatino desde las concepciones de los estudiantes antes de la enseñanza hasta alcanzar el modelo objetivo a enseñar, atravesando uno o más modelos intermediarios (Clement, 2000). En consecuencia, la ciencia escolar no resulta ser una simplificación de la ciencia que utiliza la comunidad científica, sino que constituye una serie de etiquetas lingüísticas, conceptos y modelos que facilitan la comprensión de los estudiantes. Por lo tanto, el concepto de modelo debe ser enseñado para que los estudiantes comprendan que, tanto los que se utilizan en la escuela como los que usan los científicos, son construcciones provisionarias en cuya elección intervienen aspectos de distinta índole como la sencillez, el poder explicativo y la riqueza teórica (Galagovsky y Adúriz-Bravo, 2001). A su vez, todos los modelos poseen un cierto rango de validez que debe ser explicitado (Giere, 2004).

En función de lo expuesto, la secuencia diseñada posee como meta la construcción de un modelo objetivo de enseñanza descriptivo, explicativo y predictivo sobre el fenómeno de las fases lunares utilizando el sistema de referencia topocéntrico.

Concepciones de estudiantes sobre la causa de las fases de la Luna

Numerosas investigaciones llevadas a cabo en las últimas décadas han indagado acerca del modo en que estudiantes de distintas edades explican el fenómeno de las fases lunares. Las características de algunas de ellas y las conclusiones obtenidas se encuentran detalladas en la Tabla 1.

Tabla 1. Síntesis de concepciones sobre la causa de las fases lunares detectadas en estudiantes.

Artículo	Muestra	Concepciones detectadas y/o conclusiones
Baxter (1989)	100 alumnos de 9 a 16 años de Inglaterra	- Nubes cubren parte de la Luna - Modelo de eclipse: sombra de la Tierra sobre la Luna - Parte visible de la Luna mientras se mueve en su órbita
Sadler (1992)	1414 alumnos de secundaria de Estados Unidos	- La sombra de la Tierra cae sobre la Luna (41%) - La sombra del Sol cae sobre la Luna (27%)
Schoon (1992)	1213 alumnos de primaria a superior de Estados Unidos	- La sombra de la Tierra cae sobre la Luna (primaria: 48%) - El modelo de eclipse crece con la edad: mayor proporción en secundaria (70%)
Stahly et al. (1999)	4 alumnos de 3º grado de Estados Unidos	- Ideas: nubes cubren la Luna, fases que dependen del observador o que se observan en cualquier momento (no dependiendo de las posiciones de los astros)

Tabla 1. Síntesis de concepciones sobre la causa de las fases lunares detectadas en estudiantes. Continuación

Artículo	Muestra	Concepciones detectadas y/o conclusiones
Trumper (2001)	2087 alumnos de secundaria y de universidad de Israel	- Sombra de la Tierra: alumnos de secundaria (22,6%), futuros docentes (de primaria: 16%; de secundaria: 25%), estudiantes universitarios de carreras no científicas (29%)
Danaia y McKinnon (2007)	1920 alumnos de 7º, 8º y 9º de Australia	- No responde (44,3%, 33,7% y 38,4%, en cada año) - Sombra de la Tierra (5,6%, 5,6% y 5,2%) - Nubes tapan la Luna (4,8%, 2,6% y 2,6%) - Movimiento orbital de la Luna (1,7%, 9,9% y 10,1%)
Bayraktar (2009)	154 alumnos de universidad, futuros docentes, de Turquía	- La Luna orbita a la Tierra y está iluminada por el Sol. Las fases se deben a cambios en las posiciones (54%) - La Tierra proyecta sombra sobre la Luna (26,6%) - Otras: nubes la tapan, cambios en la luz que recibe la Luna, distancia variable Luna-Tierra, etc. (14,2%)
Alvarez, Galperin y Quinteros (2018)	126 alumnos de 10 a 16 años de Argentina	- Dibujan lunas en fases sin explicar el fenómeno (66,6%) - Sin respuesta (13,5%) - El Sol va iluminando de forma distinta a la Luna (10,4%)

Estos resultados de investigación permiten concluir que las fases de la Luna resultan ser un fenómeno comprendido por una proporción muy baja de estudiantes de todas las edades. En muchas de ellas aparece el “modelo de eclipse” como la explicación inadecuada más común, la cual sostiene que las fases lunares se deben a la proyección de la sombra de la Tierra sobre la Luna, confundiendo este fenómeno con un eclipse lunar. Otra explicación detectada sostiene que la Luna se ve de diferente forma porque el Sol la va iluminando en distinta proporción “al darle de costado o de frente”. Según esta explicación, el Sol no ilumina a la Luna en su fase nueva y la ilumina completamente en su fase llena, desconociendo que la Luna siempre se encuentra alumbrada por la mitad por el Sol. Por su parte, una gran proporción de estudiantes no logra brindar una explicación acerca del fenómeno, exponiendo el mismo solamente en forma descriptiva o vivencial: dibujando la Luna en alguna fase, aunque estas representaciones no siempre son acordes a lo que realmente se distingue en el cielo en cada una de ellas.

Dificultades asociadas a la utilización del sistema de referencia heliocéntrico

En función de las dificultades de comprensión de las fases lunares detectadas tanto en niños como en adultos, algunos estudios han sugerido que las mismas podrían estar relacionadas con el tipo de explicación del fenómeno que se presenta en la mayor parte de los libros y recursos audiovisuales: a partir del movimiento lunar en torno a la Tierra visto desde el espacio exterior, provocando el cambio en la fracción visible desde la Tierra de su mitad iluminada por el Sol. Esta explicación del fenómeno requiere habilidades visoespaciales para su comprensión, conocimientos anteriores y la superposición de dos puntos de vista diferentes (Callison y Wright, 1993; Suzuki, 2003): el externo a la Tierra (heliocéntrico) junto con el visible desde un punto de su superficie (topocéntrico). En este sentido, los estudiantes deberían saber previamente los movimientos que realizan la Luna y la Tierra, y el cambio en sus posiciones relativas al Sol mientras se mueven, para luego poder entender que sólo es posible observar la parte de la Luna iluminada por el Sol que da hacia

la Tierra. Por lo tanto, la complejidad reside en sintetizar toda esa información y, a partir de ella, poder construir una imagen tridimensional de estos astros y de sus movimientos en el espacio (Bayraktar, 2009).

En este sentido, explicar heliocéntricamente las fases lunares implica cambiar de perspectiva, pasando al espacio exterior a partir de lo que se observa desde la superficie terrestre (Subramaniam y Padalkar, 2009). Sin embargo, muchos estudiantes no poseen la capacidad de poder trabajar desde una perspectiva distinta a lo que observan en forma directa en el cielo (Suzuki, 2003). En consecuencia, la construcción de un modelo mental heliocéntrico sobre las causas del fenómeno requiere la capacidad de apreciar la escala real del sistema Sol-Tierra-Luna (Fanetti, 2001) y un determinado nivel de razonamiento abstracto y de habilidad espacial ya que es necesario ver y trabajar en tres dimensiones (Callison y Wright, 1993).

A partir de la complejidad de este abordaje, se ha cuestionado la enseñanza de los fenómenos celestes cotidianos a partir de los movimientos de los astros en el espacio exterior para, simultáneamente, explicar su relación con lo que se observa desde la superficie de la Tierra. Este tipo de explicaciones requieren determinadas habilidades de pensamiento visoespacial, las cuales han podido ser identificadas como factores que permiten explicar las diferencias de comprensión entre los estudiantes (Black 2005; Plummer, Kocareli y Slagle, 2014). Por lo tanto, no parece apropiado esperar una comprensión de estos fenómenos desde ambos puntos de vista antes de la adolescencia temprana. Sin embargo, los estudiantes pueden construir descripciones y explicaciones correctas basadas en la observación directa del cielo, sin necesidad de cambiar a un punto de vista heliocéntrico (Baxter, 1989; Lanciano, 1989).

La utilización del sistema de referencia topocéntrico

En función de los resultados mencionados, es posible afirmar que no parece existir una razón fundamentada para explicar el fenómeno de las fases lunares a niños de nivel primario desde una perspectiva externa a la Tierra. Los criterios de sencillez, relación con el entorno y la posibilidad concreta de realizar predicciones le brinda ventajas a la utilización de explicaciones basadas en lo que se observa desde la superficie terrestre. Esto no implica abandonar el sistema de referencia heliocéntrico, sino colocarlo en el marco que le corresponde: como una forma posible de explicar los fenómenos astronómicos cotidianos, conociendo las dificultades que suele traer asociadas (Galperin, 2016). De este modo, se podría ir, paulatinamente, desde un punto de vista topocéntrico en el nivel primario a un punto de vista heliocéntrico en el nivel medio.

Sin embargo, la mayoría de los materiales de enseñanza, tales como libros escolares o videos explicativos, presentan los temas de astronomía cotidiana desarrollados en forma casi exclusiva desde el sistema de referencia heliocéntrico (Galperin y Raviolo, 2017; Galperin, Alvarez, Heredia y Haramina, 2020). Lo mismo se visualiza en la mayor parte de las investigaciones en didáctica de la astronomía, donde se propone como única opción la comprensión del modelo heliocéntrico para la explicación de los fenómenos astronómicos cotidianos (Galperin y Raviolo, 2014). De este modo, parecería existir un sistema de referencia "privilegiado" para describir los fenómenos celestes, dejando de lado la posibilidad de utilizar un punto de vista local centrado en determinada posición de la superficie terrestre. Por lo tanto, el uso del modelo heliocéntrico parecería basarse en cuestiones más culturales que científicas, no muy diferentes a las que hacían que el sistema geocéntrico sea el vigente en la antigüedad (Shen y Confrey, 2010).

Dado que las fases lunares pueden explicarse adecuadamente tanto desde el sistema de referencia heliocéntrico como del topocéntrico, la elección de cuál utilizar dependerá de

su simplicidad descriptiva, de su posibilidad de brindar explicaciones a aspectos observables y de su capacidad predictiva en relación con el contexto. En este sentido, las fases pueden comprenderse de forma topocéntrica a partir de la variación de la posición de la Luna en el cielo de un día al otro. Esta explicación no requiere un cambio de punto de vista del observador, por lo que resulta didáctica y científicamente adecuada para su desarrollo en nivel primario.

Metodología

El estudio realizado se incluye dentro de un marco de investigación cualitativa debido a que no se pretende corroborar teorías ni extender generalizaciones, poniendo el énfasis en la búsqueda de interpretaciones y significados dentro de un contexto particular (Bryman, 2004). Desde este marco se decidió llevar a cabo un estudio de caso (Stake, 2007) a partir del diseño e implementación a modo de prueba de una SEA sobre el fenómeno de las fases lunares con tres estudiantes (N=3) de séptimo año del nivel primario de Argentina (Edad: 12,5 años), quienes se ofrecieron en forma voluntaria. Los mismos concurren a distintas escuelas y pertenecen a familias de nivel socio-económico medio. Dada la situación de no presencialidad escolar, las actividades planificadas dentro de la SEA se desarrollaron en forma virtual, incluyendo un único encuentro sincrónico coordinado por el docente.

Diseño e implementación de la secuencia de enseñanza - aprendizaje

En la Tabla 2 se sintetiza el diseño de la SEA incluyendo las consignas generales de cada actividad y las preguntas guía de cada una de ellas. Las actividades 5 a 7 fueron coordinadas por el docente durante el encuentro sincrónico, mientras que las restantes se encuentran diseñadas para ser llevadas a cabo autónomamente por cada estudiante. La secuencia completa puede consultarse [aquí](#).

Tabla 2. Síntesis de la secuencia desarrollada y de su contenido didáctico. Se detalla si la actividad es coordinada por el docente (D) o realizada autónomamente por cada alumno (A)

Nº	Nombre	Consigna	Pregunta/s	Síntesis
Act. 1 (A)	Poniendo en juego nuestras ideas	Explicar las fases lunares con un dibujo y un texto	¿A qué te parece que se deben las fases lunares?	Indagación de las ideas sobre la causa de las fases lunares
Act. 2 (A)	El movimiento diario de la Luna	Analizar cómo se desplaza la Luna a lo largo de su trayectoria diaria	¿Cómo se mueve la Luna? ¿Dónde se ubica en la mitad de su recorrido?	Simulación del movimiento diario de la Luna con Stellarium y observación directa
Act. 3 (A)	Movimiento de la Luna de una noche a la otra a la misma hora	Registro del cambio de posición y forma de la Luna durante la puesta del Sol	¿Cómo se desplaza la Luna en el cielo de un anochecer a otro? ¿Cambia su forma?	Observación del movimiento propio lunar y simulación con Stellarium
Act. 4 (A)	Movimiento de la Luna de una mañana a otra a la misma hora	Registro del cambio de posición y forma de la Luna durante la salida del Sol	¿Cómo se desplaza la Luna en el cielo de un amanecer a otro? ¿Cambia su forma?	Observación del movimiento propio lunar y simulación con Stellarium
Act. 5 (D)	Movimientos de la Luna: diario y propio	Sistematización. Explicación del movimiento lunar usando Stellarium	¿Cómo se mueve la Luna en el mismo día? ¿Cómo lo hace de un día al otro?	Descripción del movimiento lunar: diario (al oeste) y propio (al este)

Tabla 2. Síntesis de la secuencia desarrollada y de su contenido didáctico. Se detalla si la actividad es coordinada por el docente (D) o realizada autónomamente por cada alumno (A). Continuación

Nº	Nombre	Consigna	Pregunta/s	Síntesis
Act. 6 (D)	Forma visible de un cuerpo iluminado por la mitad	Dejar fija la esfera y dibujar cómo se la observa desde distintos puntos	¿Veo igual desde distintos ángulos un cuerpo iluminado por la mitad?	Dibujar cómo se ve una esfera mitad blanca y mitad negra desde distintos lados
Act. 7 (D)	Explicación topocéntrica de las fases lunares	Presentación de los esquemas explicativos y utilización en situaciones reales	¿Cómo se desplaza la Luna de un día al otro? ¿Qué relación tiene con sus fases?	Explicación de las fases a partir de los esquemas explicativos topocéntricos
Act. 8 (A)	Actividades para la revisión de tus nuevos conocimientos	Resolución de consignas de comprensión sobre las fases lunares	¿Por qué la Luna presenta fases? ¿Qué relación hay con lado iluminado y horario?	Explicitación del modelo mental explicativo de las fases lunares

El proceso de implementación virtual de la SEA implicó que los estudiantes tuvieran que resolver en forma autónoma las actividades 1 a 4, en las cuales debían comenzar poniendo en juego sus ideas iniciales sobre el fenómeno para, posteriormente, utilizar el programa Stellarium con el fin de describir cómo ocurre el movimiento de la Luna en el cielo, tanto en el mismo día como de un día al otro. Dichas actividades fueron revisadas y sistematizadas al inicio del único encuentro sincrónico (actividad 5). A continuación, el docente coordinó la actividad 6 que implicaba utilizar una pelota mitad blanca y mitad negra para simular y analizar cómo se ve desde distintos ángulos un cuerpo iluminado por la mitad. Posteriormente se presentaron los esquemas explicativos de las fases lunares a partir del movimiento propio de la Luna en el cielo (actividad 7). Para finalizar, cada estudiante resolvió la actividad 8 en forma autónoma utilizando los conocimientos adquiridos, la cual fue utilizada luego en una entrevista final individual. En la misma se solicitó a cada estudiante que justifique sus respuestas y, a su vez, que utilice el modelo topocéntrico para la resolución de situaciones concretas de observación de la Luna en el cielo en distintas posiciones, tanto en horario de salida como de puesta del Sol.

Los datos para el análisis se recopilaron utilizando las actividades autónomas resueltas por cada estudiante y las transcripciones de las grabaciones de la clase sincrónica y de las entrevistas finales. Para ello, cada investigador clasificó en forma independiente las respuestas dadas en la entrevista final, elaborando un cuadro de conocimientos sobre el fenómeno utilizados en forma adecuada, inadecuada o regular. La comparación de los cuadros de los investigadores, y la revisión de los datos recopilados, permitió elaborar un cuadro final de conocimientos adquiridos por cada estudiante.

Este proceso permitió analizar la evolución de los modelos mentales de los alumnos con el fin de evaluar la secuencia y de proponer posibles modificaciones para su posterior implementación en un contexto real de aula.

Esquemas topocéntricos para la explicación de las fases lunares

Como parte de la SEA se presentaron dos esquemas explicativos topocéntricos del fenómeno de las fases lunares, los cuales sintetizan la información más relevante para la construcción del modelo. Por lo tanto, su comprensión y utilización fue uno de los propósitos fundamentales del desarrollo de la secuencia. En los mismos se representa el movimiento propio de la Luna corriéndose unos 13° hacia el este cada día que pasa, correspondiente

a la revolución de nuestro satélite alrededor de la Tierra. Este cambio diario de su posición angular en el cielo respecto al Sol provoca que, pese a que la Luna posee siempre una mitad iluminada (la orientada hacia el Sol), no siempre sea posible observar toda esa mitad ya que la misma no suele quedar orientada hacia nosotros.

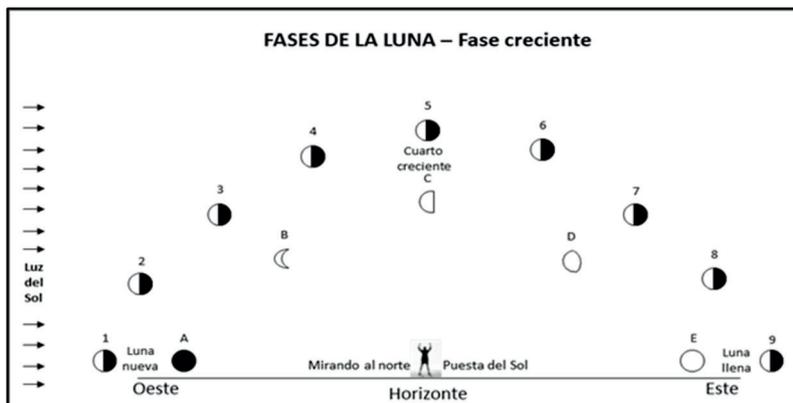


Figura 1. Esquema explicativo topocéntrico de la fase lunar creciente para un observador mirando al norte desde latitudes medias del hemisferio sur (Galperin, 2016)

La Figura 1 presenta el esquema explicativo topocéntrico de la fase lunar creciente desde que la Luna se ubica en dirección al Sol (1) en horario de anochecer (Sol hacia occidente) hasta que se encuentra en la dirección opuesta (9) unos quince días después. En este período la Luna va aumentando su ángulo en el cielo respecto al Sol, por lo que cada día se observa una mayor proporción de su mitad iluminada. Se indica con un número la posición de la Luna a medida que se va desplazando hacia el este y con una letra cómo cambia su forma visible desde latitudes medias del hemisferio sur.

Por su parte, la Figura 2 presenta el esquema correspondiente a la fase menguante, la cual conviene representar en horario del amanecer (Sol hacia oriente). En este lapso, la distancia angular entre la Luna y el Sol disminuye, por lo que cada día se observa una menor proporción de su mitad iluminada.

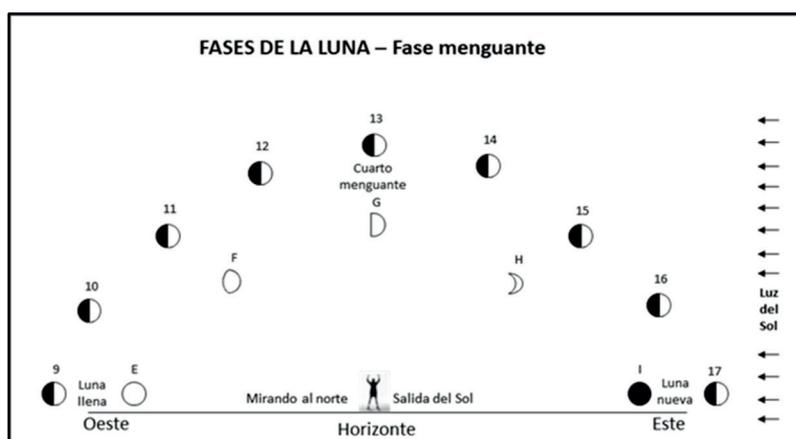


Figura 2. Esquema explicativo topocéntrico de la fase lunar menguante para un observador mirando hacia el norte desde latitudes medias del hemisferio sur (Galperin, 2016)

La explicación topocéntrica completa, incluyendo los esquemas correspondientes a latitudes medias de ambos hemisferios, puede consultarse en el Anexo.

Resultados

A continuación se presenta una síntesis de lo visualizado en los escritos, producciones y frases de cada estudiante a medida que se desarrolló la SEA. Para preservar su identidad, se identifica a cada estudiante con una sigla (A_1 , A_2 , A_3) y al docente con otra (D).

Actividad 1: ideas iniciales sobre la causa de las fases lunares

Cada estudiante realizó un dibujo explicativo de las fases lunares acompañado por un breve texto. Tanto A_1 como A_2 sostuvieron que “la Tierra tapa la luz que el Sol le da a la Luna”, mientras que A_3 manifestó una idea distinta asociada a pensar a la Luna como si tuviese luz propia: “las fases se deben a que van brillando distintas partes de la Luna”. Por lo tanto, ninguno logró esbozar una respuesta adecuada acerca del fenómeno, además de no indicar ninguna relación entre el horario de observación, la posición que ocupa en el cielo y la forma de la Luna.

Actividades 2 a 4: descripción del movimiento de la Luna en el cielo

Cada estudiante debía resolver las actividades 2 a 4 usando el programa “Stellarium”, el cual se les enseñó a utilizar antes del inicio de la secuencia. Al analizar sus respuestas es posible visualizar que los tres estudiantes pudieron describir tanto el movimiento diario como propio de la Luna, indicando adecuadamente que la Luna asciende y desciende en forma inclinada (opción A), que en la fase creciente se desplaza hacia la derecha con su lado izquierdo iluminado, y que tiene iluminado su lado derecho en la fase menguante. Pese a que los tres estudiantes pudieron simular el movimiento lunar y elaborar conclusiones, se detectaron algunos errores para ser revisados en el encuentro sincrónico: A_1 sostuvo que el movimiento lunar se produce hacia el oeste de una mañana a la otra, A_3 indicó que la Luna se ubica hacia el sur en la mitad de su recorrido diario y los tres manifestaron que la Luna sale cada día más temprano.

Actividades 5 a 7: descripción y explicación de las fases lunares

En este encuentro sincrónico el docente sistematizó las tareas de los estudiantes con el fin de revisar aquellas cuestiones que no habían sido respondidas adecuadamente. En función de lo visualizado, se realizó la descripción del movimiento diario de la Luna de oriente a occidente, para luego describir su movimiento propio hacia oriente de un día al otro (observando a la misma hora). Esto permitió determinar que la Luna sale cada día más tarde y se cuestionó la idea que asociaba a las fases con la sombra de la Tierra:

“Analicemos esta Luna creciente que está hacia el oeste al atardecer, ¿dónde está el Sol en ese momento? ¿En qué dirección apunta entonces la sombra de la Tierra? ¿Puede caer sobre la Luna?” (D)... “El Sol está bajito para el oeste y la sombra debe estar para el este. Calculo que esa parte oscura de la Luna no debe ser la sombra de la Tierra” (A_2).

A su vez, se relacionó lo analizado con Stellarium con lo que los estudiantes pudieron observar en forma directa en el cielo en un corto período del ciclo lunar (pocos días):

“Me sorprendió que cambie tanto la posición de la Luna” [al mirar de un día al otro] (A_2).

A continuación se realizó la actividad 6, en donde los estudiantes debían indicar cómo se ve una esfera mitad blanca y mitad negra desde distintos puntos de vista. El análisis posterior permitió comprender que el Sol ilumina a la Luna siempre por la mitad:

“A mí me parece que [el Sol] la ilumina siempre por la mitad y nosotros miramos desde diferentes lugares y por eso la vemos distinta” (A_3).

A continuación se presentaron los esquemas explicativos de las fases lunares y se propuso su uso para resolver situaciones concretas. Por ejemplo:

“Si al anochecer veo la Luna en cuarto creciente, ¿para dónde estoy mirando?” (D). “Y... la Luna estaría para el norte” (A₂).

“Si al anochecer está saliendo la Luna hacia el este, ¿en qué fase está?” (D). “Está en... ¡Luna llena!” (A₃).

“Si al amanecer veo la Luna en cuarto, ¿en qué fase está, qué lado tiene iluminado y en qué dirección se observa la Luna?” (D). “Si es a la mañana debe ser cuarto menguante, lado derecho... Al norte, ¿no?” (A₁).

Estas respuestas evidencian una evolución muy favorable de las explicaciones de los estudiantes, quienes pudieron utilizar adecuadamente el modelo presentado en la clase.

Actividad 8: evaluación de los conocimientos adquiridos sobre las fases lunares

Se solicitó que los estudiantes resolvieran la actividad autónomamente y que la enviaran para su corrección, lo que permitió analizar sus conocimientos adquiridos. Para verificar los mismos se realizó una entrevista individual posterior con el fin de que justifiquen sus respuestas y que corrijan aquellas que consideren necesario.

Se pudo concluir que los tres estudiantes lograron comprender que la Luna siempre se encuentra iluminada por la mitad y que posee un movimiento hacia el este que provoca que no siempre sea posible observar toda su mitad iluminada. A su vez, pudieron cuestionar sus modelos iniciales y relacionar la observación de la Luna con su fase correspondiente, su posición en el cielo y su lado iluminado.

La Figura 3 muestra, a modo de ejemplo, la resolución de una parte de la actividad 8 utilizando el esquema explicativo presentado para la fase creciente.

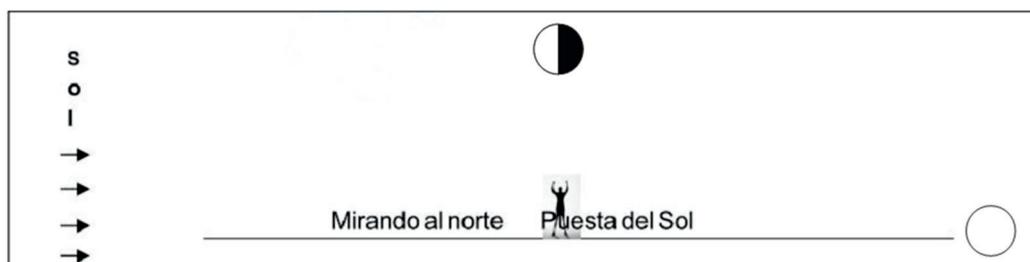


Figura 3. Resolución del ítem 8 de la actividad 8 en el que se debía dibujar la posición y la forma de la Luna si se la observa en cuarto creciente o en Luna llena al anochecer (A₃)

La Tabla 3 sintetiza los niveles de comprensión detectados en cada estudiante al finalizar el desarrollo de la SEA.

Los resultados presentados en la Tabla 3 se encuentran justificados a partir de distintas frases expresadas adecuadamente por los estudiantes durante la realización de las entrevistas finales:

“No está bien decir que la Luna cambia de fase porque el Sol le pega más. Es porque se va moviendo la Luna” (A₁).

“Sólo una mitad de la Luna va a estar iluminada por el Sol... La Luna sale hacia el este y se va hacia el oeste, lo mismo el Sol, pero va cambiando donde está a través de los días” (A₂).

“La Luna nueva la ubicaría del lado del Sol en el dibujo, porque no puedo ver la parte iluminada, y la Luna llena opuesta [al Sol]” (A_1).

“Como la Luna llena está contraria al Sol, estaría saliendo cuando el Sol se está poniendo. Y como el cuarto menguante está a 90° , estaría como en la mitad, al norte” (A_3).

Tabla 3. Conocimientos analizados en la actividad 8 y en la entrevista final. Se indica si cada estudiante utilizó cada uno en forma adecuada (A), regular (R) o inadecuada (I)

Conocimientos sobre las fases lunares	A_1	A_2	A_3
Luna siempre iluminada por la mitad por el Sol	A	A	A
La Luna posee un movimiento propio hacia el este	A	A	A
Explicación topocéntrica del fenómeno	A	A	A
Relación entre lado iluminado y fase lunar	A	A	A
Cuestionamiento a modelos inadecuados (eclipse y/o ángulo)	A	A	A
Relación entre la fase y el ángulo entre la Luna y el Sol	A	A	A
Posición de la Luna, lado iluminado y forma visible al anochecer	A	A	A
Posición de la Luna, lado iluminado y forma visible al amanecer	I	R	A

Dado que al inicio de la SEA ninguno de los estudiantes pudo dar una descripción y explicación adecuada sobre las fases lunares, los resultados mostrados en las frases anteriores indican una evolución favorable de la comprensión del fenómeno a partir de la utilización del modelo explicativo topocéntrico presentado. Sin embargo, se detectaron algunas respuestas contradictorias en relación a la fase menguante por parte de A_1 y A_2 , lo que sugiere la necesidad de continuar el desarrollo del contenido mediante la revisión del esquema correspondiente a la fase menguante y de la realización de observaciones del cielo de dicha fase en particular.

Conclusiones e implicaciones educativas

En este trabajo se planteó el diseño y evaluación de una secuencia de enseñanza-aprendizaje del fenómeno de las fases lunares empleando el sistema de referencia topocéntrico, centrado en un punto de la superficie terrestre. La secuencia incluyó la presentación de dos esquemas explicativos que describen y explican el fenómeno a partir del movimiento propio de la Luna en el cielo de oriente a occidente a medida que pasan los días, lo que permite realizar predicciones de los cambios en la posición y en la forma visible de nuestro satélite, vinculando a los estudiantes con su entorno celeste.

La SEA se implementó en forma virtual con tres estudiantes del último año de nivel primario y se analizó su eficacia para lograr avances en la construcción de un modelo mental explicativo del fenómeno. Los resultados obtenidos evidenciaron cambios sustanciales en cuanto a la posibilidad de describir, explicar y realizar predicciones utilizando el modelo topocéntrico presentado junto con los esquemas explicativos que lo acompañan. Por lo tanto, este enfoque parece ser un recurso didáctico satisfactorio para mejorar la comprensión de las fases lunares en las instituciones educativas.

En este sentido, la utilización del sistema de referencia topocéntrico permitió vincular a los estudiantes con su propia realidad cotidiana, hizo posible relacionar sus nuevos aprendizajes con fenómenos cotidianos fácilmente distinguibles en el cielo y favoreció su comprensión al no requerir un cambio de punto de vista del observador. A su vez, permitió abordar conceptos poco desarrollados en las escuelas, tales como sistema de referencia,

modelo científico y modelización, los cuales hacen posible entender a la ciencia y a su enseñanza como un proceso continuo de construcción de modelos.

Por su parte, algunas dificultades detectadas al realizar predicciones sobre la fase menguante, a la que se le suele prestar poca atención en la vida cotidiana, indican la necesidad de incorporar una instancia final de revisión de la última actividad de la SEA y la conveniencia de retomar la explicación del fenómeno en años posteriores.

Dado que las dificultades para la comprensión del fenómeno de las fases lunares detectadas en gran cantidad de investigaciones pueden estar asociadas a la utilización casi exclusiva del sistema de referencia heliocéntrico en la mayoría de los materiales escolares, sería deseable incrementar la presencia de descripciones y explicaciones topocéntricas en los libros de texto, desarrollos curriculares y recursos audiovisuales dirigidos a estudiantes de nivel primario. Esto puede ser también recomendable para estudiantes de otros niveles educativos, e incluso en producciones para adultos, quienes no suelen haber tenido contacto con propuestas de enseñanza que los vinculen con lo que puede observarse a simple vista desde su propia posición topocéntrica.

El modelo presentado para la explicación de las fases lunares puede considerarse un modelo intermediario hacia la construcción de un modelo objetivo que sitúe al observador fuera de la Tierra para explicar el mismo fenómeno en forma heliocéntrica. Sin embargo, el enfoque topocéntrico no representa una mera transición hacia modelos más complejos ya que posee valor educativo en sí mismo al permitir que los estudiantes logren describir, explicar y predecir adecuadamente las fases de la Luna.

La SEA diseñada no genera dificultades conceptuales o didácticas que podrían obstaculizar la comprensión posterior del fenómeno desde un abordaje heliocéntrico. Al mismo tiempo, permite su adaptación en forma sencilla para su desarrollo en forma presencial en las escuelas. La próxima instancia será evaluar la eficacia de la propuesta en un aula real de clase de nivel primario.

Agradecimientos

A los estudiantes que desarrollaron la propuesta en forma no presencial.

Este trabajo fue realizado con el financiamiento de la Universidad Nacional de Río Negro (proyecto 40-B-908) y con una beca de estímulo a las vocaciones científicas del Consejo Interuniversitario Nacional.

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. (comp.), *Las ciencias de la naturaleza y la matemática en el aula: nuevos desafíos y paradigmas*, 129-142. UNCPBA.
- Baxter, J. (1989). Children's understanding of familiar astronomical events. *International Journal of Science Education*, 11(5), 502-513. DOI: <https://doi.org/10.1080/0950069890110503>
- Bayraktar, S. (2009). Pre-service Primary Teachers' Ideas about Lunar Phases. *Journal of Turkish Science Education*, 6(2), 12-23.
- Black A. (2005). Spatial Ability and Earth Science Conceptual Understanding. *Journal of Geoscience Education*, 53(4), 402-414. DOI: <https://doi.org/10.5408/1089-9995-53.4.402>

- Bryman, A. (2004). *Social research methods*. Oxford University Press.
- Callison, P. y Wright, E. (1993). The effect of teaching strategies using models on pre-service elementary teachers' conceptions about Earth-Sun-Moon relationships. *Annual Meeting of the National Association for Research in Science Teaching*, Atlanta, Georgia. Recuperado de: <https://eric.ed.gov/?id=ED360171>
- 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. DOI: <https://doi.org/10.5565/rev/ensciencias.4286>
- Clement, J. (2000). Model based learning as a key research area for science education. *International Journal of Science Education*, 9(22), 1041-1053. DOI: <https://doi.org/10.1080/095006900416901>
- 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. DOI: <https://doi.org/10.3847/aer2007017>
- Fanetti, T. (2001). *The relationships of scale concepts on college age students' misconceptions about the cause of lunar phases* [Tesis de maestría, Iowa State University]. DOI: <https://doi.org/10.31274/rtd-20201118-157>
- Galagovsky, L. y Adúriz-Bravo, A. (2001). Modelos y analogías en la enseñanza de las ciencias naturales. El concepto de modelo didáctico analógico. *Enseñanza de las ciencias*, 19(2), 231-242. DOI: <https://doi.org/10.5565/rev/ensciencias.4000>
- 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].
- Galperin, D., Alvarez, M., Heredia, L. y Haramina, J. (2020). Análisis de videos educativos y de divulgación sobre día/noche, estaciones y fases lunares. *Revista Enseñanza de la Física*, 32(no. extra), 125-133. Recuperado de: <https://revistas.unc.edu.ar/index.php/revistaEF/article/view/30974>
- Galperin, D., Prieto, L. y Heredia, L. (2018). Concepciones de docentes sobre las causas de los fenómenos astronómicos cotidianos. En Papini, M. (comp.), *Las ciencias de la naturaleza y la matemática en el aula: nuevos desafíos y paradigmas*, 116-128. Tandil, Argentina: UNCPBA. Recuperado de: <https://rid.unrn.edu.ar/handle/20.500.12049/3780>
- 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. Recuperado de: <https://rid.unrn.edu.ar/handle/20.500.12049/2374>
- 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. Recuperado de: <https://reiec.unicen.edu.ar/reiec/article/view/215>
- Giere, R. (2004). How models are used to represent reality. *Philosophy of Science*, 71(5), 742-752. DOI: <https://doi.org/10.1086/425063>
- Gobert, J. y Buckley, B. (2000). Introduction to model-based teaching and learning in science education. *International Journal of Science Education*, 22(9), 891-894. DOI: <https://doi.org/10.1080/095006900416839>

- Johnson-Laird, P. (1983). *Mental models*. Cambridge University Press.
- Justi, R. (2006). La enseñanza de las ciencias basada en la elaboración de modelos. *Enseñanza de las ciencias*, 24(2), 173–184. DOI: <http://dx.doi.org/10.5565/rev/ensciencias.3798>
- Justi, R. y Gilbert (2002). Modelling, teachers' views on the nature of modelling, implications for the education of modellers. *International Journal of Science Education*, 24(4), 369-387. DOI: <https://doi.org/10.1080/09500690110110142>
- Lanciano, N. (1989). Ver y hablar como Tolomeo y pensar como Copérnico. *Enseñanza de las Ciencias*, 7(2), 173-182. DOI: <https://doi.org/10.5565/rev/ensciencias.5018>
- Lombardi, O. (1998). La noción de modelo en ciencias. *Educación en Ciencias*, 2(4), 5-13. Recuperado de: <https://www.educ.ar/recursos/91426/la-nocion-de-modelo-en-ciencias/download/inline>
- Navarro Pastor, M. (2009). *Aprendizaje y enseñanza de astronomía diurna en Primaria* [Tesis doctoral, Universidad de Alicante]. DOI: <https://doi.org/10.5565/rev/ec/v29n1.523>
- Plummer J., Kocareli A. y Slagle C. (2014). Learning to explain astronomy across moving frames of reference: Exploring the role of classroom and planetarium-based instructional contexts. *International Journal of Science Education*, 36(7), 1083-1106. DOI: <https://doi.org/10.1080/09500693.2013.843211>
- Sadler, P. (1992). *The initial knowledge state of high school astronomy students*. Conferencia. Harvard University. Recuperado de: <https://www.researchgate.net/publication/247914140>
- Schoon, K. (1992). Students alternative conceptions of Earth and space. *Journal of Geological Education*, 40, 209-214.
- 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. DOI: <https://doi.org/10.1080/09500690802412449>
- Stahly, L., Krockover, G. y Shepardson, D. (1999). Third grade students' ideas about the lunar phases. *Journal of Research in Science Teaching*, 36, 159–177. DOI: [https://doi.org/10.1002/\(SICI\)1098-2736\(199902\)36:2%3C159::AID-TEA4%3E3.0.CO;2-Y](https://doi.org/10.1002/(SICI)1098-2736(199902)36:2%3C159::AID-TEA4%3E3.0.CO;2-Y)
- Stake, R. (2007). *The Art of Case Study Research* (4ta. ed.). Sage.
- 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. DOI: <https://doi.org/10.1080/09500690802595805>
- Suzuki, M. (2003). Conversations about the Moon with prospective teachers in Japan. *Science Education*, 87(6), 892-910. DOI: <https://doi.org/10.1002/sc.10082>
- Trumper, R. (2001). Assessing students' basic astronomy conceptions from junior high school through university. *Australian Science Teachers Journal*, 47(1), 21–31.
- Trundle, K. y Troland, T. (2005). The moon in children's literature. *Science and Children*, 43(2), 40-43.
- 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. Recuperado de: <https://redined.mecd.gob.es/xmlui/handle/11162/69007>

ANEXO

A continuación se detalla la explicación topocéntrica de las fases lunares. Debido a que el movimiento de los astros en el cielo posee características locales que dependen de la ubicación del observador, se ha decidido brindar la explicación sintética del fenómeno correspondiente a latitudes medias de cada hemisferio (latitud mayor a $23,5^\circ$ norte y sur). Para simplificar la misma, no se tiene en cuenta la trayectoria diaria que realiza la Luna en el cielo del horizonte oriental al occidental, y los cambios en dicha trayectoria que ocurren de un día al otro. Las explicaciones topocéntricas y sus esquemas correspondientes pueden descargarse de [aquí](#).

1. Fases de la Luna: explicación para latitudes medias del hemisferio sur

La Luna posee un movimiento propio hacia el este cada día que pasa debido a su giro en torno a nuestro planeta. Esto puede notarse con facilidad si se observa su posición dos días seguidos a la misma hora: se la encontrará muy desplazada hacia la derecha. Este cambio de posición provoca que, pese a que el Sol siempre ilumina por la mitad a la Luna, no siempre es posible observar toda esa mitad iluminada.

La Figura 1 muestra cómo la Luna se desplaza de un día al otro hacia el este si se la observa en horario de puesta del Sol durante unas dos semanas seguidas. Las Lunas numeradas indican cómo se encuentra efectivamente la Luna (alumbrada por la mitad con su lado iluminado apuntando hacia el Sol), mientras que las Lunas con letras indican cómo visualiza la Luna en cada momento un observador posicionado en latitudes medias del hemisferio sur, que debe pararse mirando hacia el norte para poder ver a nuestro satélite.

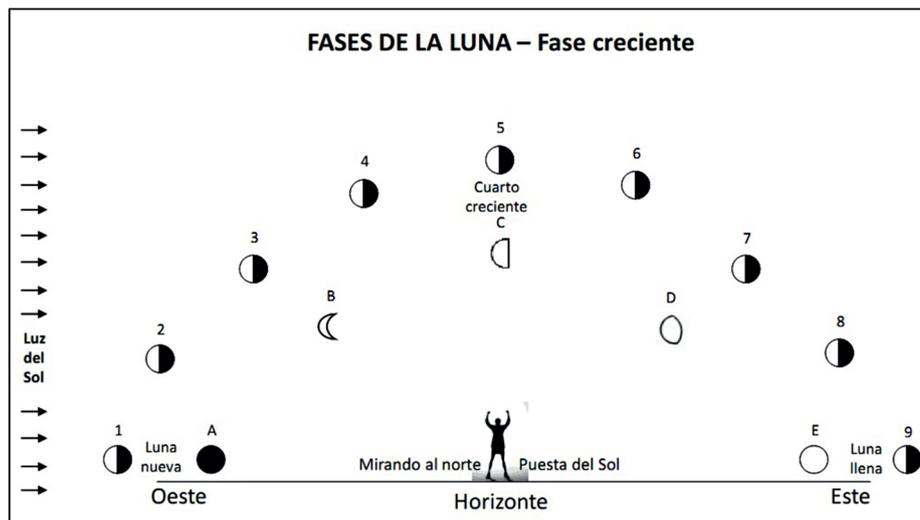


Figura 1. Esquema explicativo topocéntrico de la fase creciente para latitudes medias del hemisferio sur: desde Luna nueva a Luna llena en horario de puesta del Sol

Como se representa en la Figura 1, cuando la Luna se ubica mirando en dirección aproximada hacia el Sol (posición 1) la cara no iluminada apunta hacia el observador y, en consecuencia, no es posible ver la Luna (Luna A). Es la fase de Luna nueva. Unos días después, la Luna se habrá desplazado hacia el este (posición 3), por lo que ya será visible una porción pequeña de su mitad iluminada (Luna B). Si se continúa observando la Luna en el horario de puesta del Sol, unos siete días después de la Luna nueva ésta se ubicará en dirección hacia el norte (posición 5). Ese día, el observador percibe la Luna “de costado”, lo que permite ver todo su lado izquierdo iluminado, que es el lado que está mirando hacia el Sol (Luna C). En ese momento, la Luna está en Cuarto creciente ya que se ve la mitad de la mitad de la Luna: un cuarto. Continuando su desplazamiento hacia el este, unos quince días después de la Luna nueva ésta se ubica en dirección opuesta al Sol (posición 9) y, por lo tanto, toda su cara iluminada apuntará hacia nosotros (Luna E). En ese momento vemos lo máximo posible de la Luna: la mitad. Estamos en Luna llena.

A partir de allí, el movimiento de la Luna hacia el este provoca que ésta se posicione por debajo del horizonte local durante la puesta del Sol, por lo que no podrá ser visible en este horario. Sin embargo, si el día de Luna Llena se sigue su recorrido nocturno durante varias horas, ésta se desplazará hacia el oeste de modo similar a como lo hace a diario el Sol. Por lo tanto, al amanecer esa Luna Llena se estará poniendo por el horizonte occidental (ubicado hacia el oeste) mientras el Sol está saliendo por el horizonte oriental (ubicado hacia el este). Será conveniente, entonces, representar toda la otra mitad del recorrido lunar cambiando de horario: observando en horario de salida del Sol por algún lugar mirando hacia el este. La Figura 2 muestra cómo la Luna se desplaza de un día al otro hacia el este (la derecha en el hemisferio sur) si se la observa en horario de salida del Sol durante dos semanas seguidas.

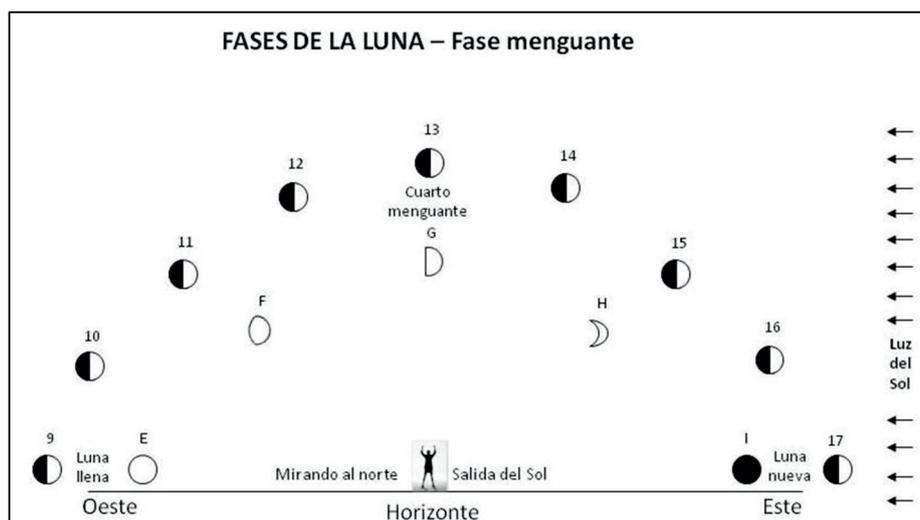


Figura 2. Esquema explicativo topocéntrico de la fase menguante para latitudes medias del hemisferio sur: desde Luna llena a Luna nueva en horario de salida del Sol

Como ya se ha visto, la Luna se ubica opuesta al Sol el día de Luna Llena (posición 9), por lo cual la cara iluminada apunta hacia el observador y, en consecuencia, se ve redonda (Luna E). Si se continúa observando las mañanas siguientes en horario de salida del Sol, se verá cómo la Luna continúa moviéndose hacia el este (la derecha), cambiando su ángulo respecto al Sol y, en consecuencia, de su forma visible cada día. Unos siete días después de la Luna Llena, ésta se ubica hacia el norte (posición 13) y, en consecuencia, se la observa “de costado”, lo que permite ver todo su lado derecho iluminado, que es el lado que está mirando hacia el Sol (Luna G). La Luna está en Cuarto menguante. Continuando su desplazamiento hacia el este, unos quince días después de la Luna Llena, ésta se ubicará en dirección hacia el Sol (posición 17). En ese momento, su cara no iluminada apuntará hacia nosotros, por lo que no se podrá ver la Luna (Luna I). De esta forma, habrá finalizado el ciclo lunar y volveremos a estar en la fase de Luna nueva.

Tabla 1. Síntesis de las características de cada fase lunar para latitudes medias del hemisferio sur

Fase	Lado iluminado	Ángulo respecto al Sol	Horario de observación aproximado
Creciente	Izquierdo	Desde 0° a 180°	Desde el mediodía hasta la medianoche (a la tarde y temprano a la noche)
Menguante	Derecho	Desde 180° a 0°	Desde la medianoche hasta el mediodía (antes del amanecer y de mañana)

El tiempo transcurrido entre dos fases iguales es de unos 29,5 días, el cual no coincide con el tiempo que tarda la Luna en volver a la misma posición en el cielo (27,3 días). Esta diferencia se debe a que el Sol cambia mucho su posición en el cielo en el lapso de un mes y, por lo tanto, se requieren unos dos días adicionales para que Luna y el Sol vuelvan a estar en la misma dirección.

La Tabla 1 sintetiza la información correspondiente a las fases creciente y menguante. Como la Luna posee su lado izquierdo iluminado durante la fase creciente y su lado derecho en la fase “decreciente”, se suele decir que “la Luna no miente” (C = creciente y D = decreciente).

2. Fases de la Luna: explicación para latitudes medias del hemisferio norte

La Luna posee un movimiento propio hacia el este cada día que pasa debido a su giro en torno a nuestro planeta. Esto puede notarse con facilidad si se observa su posición dos días seguidos a la misma hora: se la encontrará muy desplazada hacia la izquierda. Este cambio de posición provoca que, pese a que el Sol siempre ilumina por la mitad a la Luna, no siempre es posible observar toda esa mitad iluminada.

La Figura 3 muestra cómo la Luna se desplaza de un día al otro hacia el este (la izquierda) si se la observa en horario de puesta del Sol durante unas dos semanas seguidas. Las Lunas numeradas indican cómo se encuentra efectivamente la Luna (alumbrada por la mitad con su lado iluminado apuntando hacia el Sol), mientras que las Lunas con letras indican cómo visualiza la Luna en cada momento un observador posicionado en latitudes medias del hemisferio norte, que debe pararse mirando hacia el sur para poder ver a nuestro satélite.

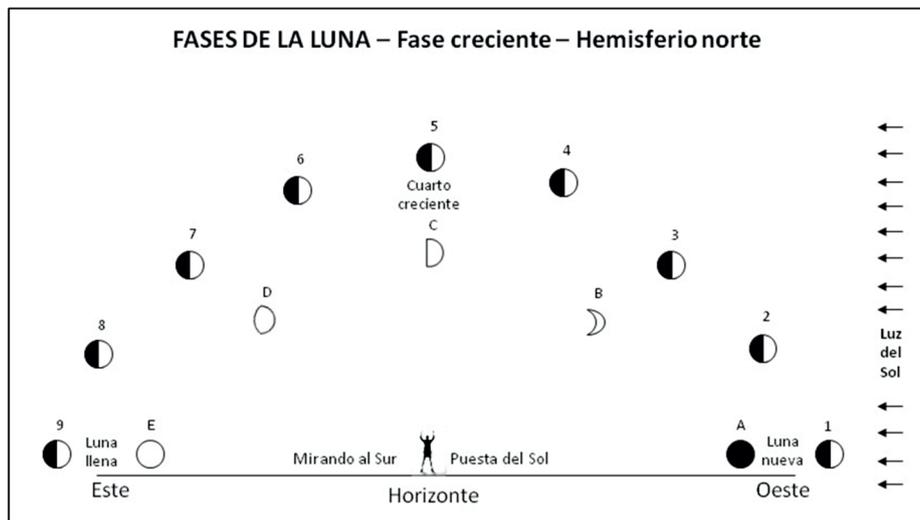


Figura 3. Esquema explicativo topocéntrico de la fase creciente para latitudes medias del hemisferio norte: desde Luna nueva a Luna llena en horario de puesta del Sol

Como se representa en la Figura 3, cuando la Luna se ubica mirando en dirección aproximada hacia el Sol (posición 1) la cara no iluminada apunta hacia el observador y, en consecuencia, no es posible ver la Luna (Luna A). Es la fase de Luna nueva. Unos días después, la Luna se habrá desplazado hacia el este (posición 3), por lo que ya será visible una porción pequeña de su mitad iluminada (Luna B). Si se continúa observando la Luna en el horario de puesta del Sol, unos siete días después de la Luna nueva ésta se ubica en dirección hacia el norte (posición 5). Ese día, el observador percibe la Luna “de costado”, lo que permite ver su lado derecho iluminado, que es el lado que está mirando hacia el Sol (Luna C). En ese momento, la Luna está en Cuarto creciente ya que se ve la mitad de la mitad de la Luna: un cuarto. Continuando su desplazamiento hacia el este, unos quince días después de la Luna nueva ésta se ubicará en dirección opuesta al Sol (posición 9) y, por lo tanto, toda su cara iluminada apuntará hacia el observador (Luna E). En ese momento se verá lo máximo posible de la Luna: la mitad. Estamos en Luna llena.

A partir de allí, el movimiento de la Luna hacia el este provoca que ésta se posicione debajo del horizonte durante la puesta del Sol, por lo que no podrá ser visible en este horario. Sin embargo, si el día de Luna llena se sigue su recorrido nocturno unas cuantas horas, ésta se desplazará hacia el oeste de modo similar a como lo hace a diario el Sol. Por lo tanto, esa Luna llena se ubicará hacia el oeste mientras el Sol está saliendo por el horizonte opuesto. Será conveniente, entonces,

representar la otra mitad del recorrido lunar cambiando de horario: observando al amanecer. La Figura 4 muestra cómo la Luna se desplaza de un día al otro hacia el este (la izquierda en el hemisferio norte) si se la observa en horario de salida del Sol durante dos semanas seguidas.

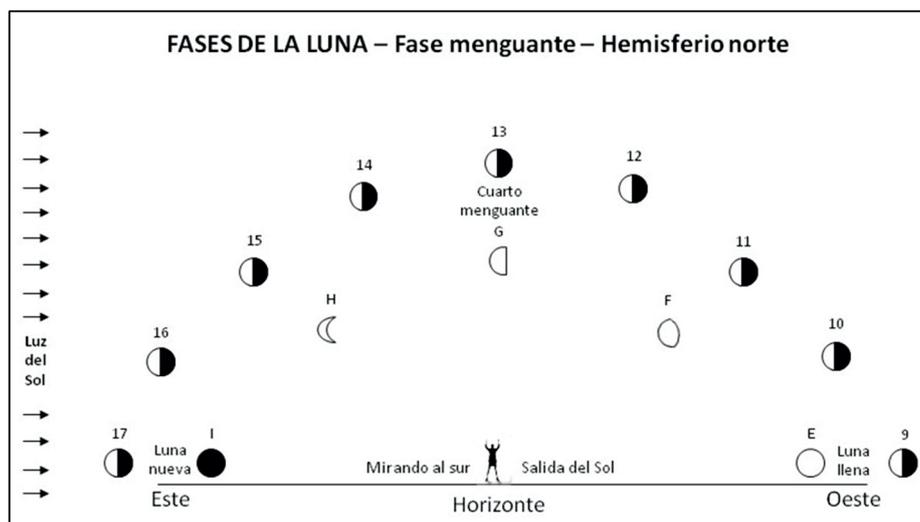


Figura 4. Esquema explicativo topocéntrico de la fase menguante para latitudes medias del hemisferio norte: desde Luna llena a Luna nueva en horario de salida del Sol

Como ya se ha visto, la Luna se ubica opuesta al Sol el día de Luna llena (posición 9), por lo cual su cara iluminada apunta hacia nosotros y, en consecuencia, se ve redonda (Luna E). Si se continúa observando las mañanas siguientes en horario de salida del Sol, se verá cómo la Luna continúa moviéndose hacia el este (la izquierda), cambiando su ángulo respecto al Sol y, en consecuencia, de su forma visible cada día. Unos siete días después de la Luna llena, ésta se ubica hacia el sur (posición 13) y, en consecuencia, se la observa “de costado”, lo que permite ver su lado izquierdo iluminado, que es el lado que está mirando hacia el Sol (Luna G). La Luna está en Cuarto menguante. Continuando su desplazamiento hacia el este, unos quince días más tarde de la Luna llena, ésta se ubicará en dirección hacia el Sol (posición 17). En ese momento, su cara no iluminada apunta hacia nosotros, por lo que no se podrá ver la Luna (Luna I). De esta forma, habrá finalizado el ciclo lunar y volveremos a estar en la fase de Luna nueva.

El tiempo transcurrido entre dos fases iguales es de unos 29,5 días, el cual no coincide con el tiempo que tarda la Luna en volver a la misma posición en el cielo (27,3 días). Esta diferencia se debe a que el Sol cambia mucho su posición en el cielo en un mes y, por lo tanto, se requieren unos dos días adicionales para que Luna y el Sol vuelvan a estar en la misma dirección.

La Tabla 2 sintetiza la información correspondiente a las fases creciente y menguante. Como la Luna posee su lado derecho iluminado durante la fase creciente y su lado izquierdo en la fase “decreciente”, se suele decir que “la Luna nos miente” (D = creciente y C = decreciente).

Tabla 2. Síntesis de las características de cada fase lunar para latitudes medias del hemisferio norte

Fase	Lado iluminado	Ángulo respecto al Sol	Horario de observación aproximado
Creciente	Derecho	Desde 0° a 180°	Desde el mediodía hasta la medianoche (a la tarde y temprano a la noche)
Menguante	Izquierdo	Desde 180° a 0°	Desde la medianoche hasta el mediodía (antes del amanecer y de mañana)

