

**LA EXPLICACIÓN DE LAS FASES DE LA LUNA EN DOCENTES DE PRIMARIA EN FORMACIÓN:
APORTES PARA LA REFLEXIÓN¹.**

Iglesias María C¹, Dicovski Esteban³, Karaseur Fernando¹, Cabrera Julio¹, Godoy Elina¹, Gangui Alejandro².

¹Centro de Formación e Investigación en la Enseñanza de las Ciencias, FCEyN, Universidad de Buenos Aires, Pabellón 2, Ciudad Universitaria, 1428 Buenos Aires, Argentina.

²Instituto de Astronomía y Física del Espacio, Ciudad Universitaria, 1428 Buenos Aires, Argentina.

³Escuela Normal Superior Nº 10. Ministerio de Educación. Ciudad de Buenos Aires.

maryiglesias@gmail.com; esteban_dico@yahoo.com.ar

RESUMEN

Este trabajo busca aportar conocimiento sobre las representaciones y los modos de conocer con los que los estudiantes enfrentan ciertos fenómenos astronómicos, en particular sobre las fases de la Luna. La utilización de una indagación semiestructurada aplicada en futuros maestros y un análisis minucioso de sus producciones escritas, gráficas y de modelización con esferas, detectaron algunas de las ideas previas encontradas en la literatura específica y otras dificultades de aprendizaje asociadas. Entre estas últimas, se destaca la imposibilidad de relacionar las vivencias astronómicas con la explicación del fenómeno, constituyendo un obstáculo para el aprendizaje de conceptos astronómicos por parte de los estudiantes. Asimismo, evidenciamos un escaso valor atribuido a sus propias producciones gráficas para apoyar las explicaciones ofrecidas.

La producción de conocimiento en didáctica de la astronomía en nuestro país es escasa, y su articulación con la formación docente es insuficiente. Consideramos que se trata de una línea de acción que no puede ser postergada si lo que se busca es profundizar la adquisición y puesta en juego de conceptos y de competencias básicas por parte de los alumnos de primaria.

Palabras clave: modelo STL, astronomía, formación docente, representaciones.

ABSTRACT

In our work we examine the different representations possessed by pre-service elementary teachers when faced to problematic situations in astronomy, focusing specially in moon phases. Applying a semi-structured inquiry test to prospective teachers, together with a detailed analysis of their written, graphical and modelling productions, we found some well-known alternative conceptions and other learning difficulties associated with astronomical concepts connected to the moon. Among the latter, prospective teachers face problems in trying to relate their local view of different moon aspects with the proper explanation of the phenomena involved. Moreover, we found that in general inquired people did not assign their graphical productions enough value to support their answers to different questions in the test.

Researches in didactics of astronomy are not well represented in our country, and their connection to teachers' education is generally regarded as insufficient. We think the relevance of this area within the science teaching topics cannot be neglected in order to endow pre-service teachers with basic knowledge in astronomy that will enable them to improve their future work in front of their own students.

Keywords: Sun-Earth-Moon model, astronomy, prospective teachers' representations

¹ Una versión preliminar fue presentada y aprobada para su presentación oral en Congreso Metas Educativas 2021: Aportes desde la Universidad. 19 a 21 de Septiembre, 2011. Ciudad de Buenos Aires, postergado para 2012.

INTRODUCCIÓN

La astronomía es una de las disciplinas con mayor poder para la integración de los conocimientos que se van adquiriendo durante el proceso de aprendizaje. Da el marco propicio para trabajar un sinnúmero de temas, ya sea de las ciencias naturales propiamente dichas, como la gravitación y las concepciones sobre la Tierra (Nussbaum, 1979; Sneider y Ohadi, 1998; Vosniadou y Skopeliti, 2005; Skopeliti y Vosniadou, 2007), como también de las ciencias sociales (incluyendo la historia y la epistemología). Además, forma parte inseparable del conocimiento que el hombre tiene de su lugar en el cosmos. La astronomía es sin duda una actividad humana con múltiples y atractivas ramificaciones en el área de la construcción significativa y natural de los conocimientos sobre el universo en donde estamos inmersos. A lo largo de toda su historia quienes se abocaron a esta ciencia han desarrollado diversos modelos para ofrecer sus explicaciones a los fenómenos registrados. Desde el punto de vista de la didáctica de las ciencias, los modelos son considerados una parte integral de la manera de pensar y trabajar de los científicos, por lo que forman parte de los productos de la ciencia y de la metodología científica, y como una de las herramientas más importantes de enseñanza y aprendizaje. No obstante, las investigaciones han puesto en evidencia las dificultades que presentan los alumnos a la hora de utilizar funcionalmente los modelos explicativos (Martínez Sebastià, 2004). Además, como es sabido, las personas poseen una tendencia natural a intervenir sobre el medio en el que viven, lo que conduce a construir explicaciones espontáneas para dar sentido y actuar sobre él (Driver, et al., 1985). El conocimiento intuitivo, es decir las explicaciones o ideas que construyen los sujetos, se pueden considerar como aquellas concepciones que tienen los estudiantes acerca del cómo y el porqué las cosas son como son. Ellas responden a una lógica de pensamiento influenciada por las experiencias realizadas en la vida cotidiana (ya sean éstas de origen sensorial *-concepciones espontáneas-*, cultural *-representaciones culturales-* o escolar *-concepciones analógicas-*). Están caracterizadas por principios conceptuales, epistemológicos y ontológicos, constituyendo verdaderos obstáculos para el aprendizaje. Forman parte de lo que el sujeto ya sabe pudiendo generar interferencias que dificultan el proceso de construcción científica. Este conocimiento, y los supuestos en que se basa, se puede reestructurar, pero rara vez abandonar en tanto presenta gran eficacia cognitiva y adaptativa (Pozo, 1999).

Numerosas investigaciones realizadas en varios países, incluyendo el nuestro, ponen de manifiesto las dificultades que presentan los estudiantes del profesorado en relación a algunos fenómenos astronómicos (Callison y Wright, 1993; Camino, 1995; Atwood y Atwood, 1995; Atwood y Atwood, 1996; Parker y Heywood, 1998; Trundle et al., 2002; Trumper, 2003; Frede, 2006; Gangui et al., 2010,2011). Entre estas podemos mencionar la dificultad que poseen al intentar reconocer los cambios en los aspectos observables del movimiento del Sol. Muy pocos son capaces de identificar los días singulares y las regularidades en torno a ellos, lo cual va asociado a una visión distorsionada de cómo se producen los cambios astronómicos a lo largo del año. Asimismo, presentan dificultades para reconocer la existencia de distintos modelos alternativos que pueden dar cuenta de las mismas observaciones y no hacen uso operativo de las hipótesis del modelo para explicar las observaciones conocidas. Para el caso de las fases de la Luna, investigaciones anteriores muestran que la explicación sobre cómo se origina no resulta del todo adecuada, asignándole por lo general a la sombra de la Tierra la responsabilidad de este fenómeno por no poder observarla (*Teoría del eclipse*). Sin embargo, en este caso, son pocas las investigaciones que den cuenta de las dificultades encontradas a la hora resolver situaciones relacionadas a este fenómeno.

En trabajos anteriores, a través de indagaciones escritas llevadas a cabo en Institutos de Formación Docente de la Ciudad de Buenos Aires, nuestro grupo pudo poner en evidencia varias ideas espontáneas y otros obstáculos de aprendizaje sobre tópicos básicos de astronomía presentes en futuros docentes de la escuela primaria (Gangui et al., 2008). En particular, entre las dificultades evidenciadas en esta población, las explicaciones astronómicas de la Luna, con sus fases y el movimiento espacial de los tres cuerpos celestes involucrados, fue uno de los tópicos indagados que mayor dificultad presentó. Las fases de la Luna que percibimos desde nuestro lugar en la Tierra son vivencias astronómicas topocéntricas. Sin embargo, para dar una explicación sobre su origen, hay que recurrir a un punto de vista situado en el espacio. En este sentido, uno de los principales obstáculos en el aprendizaje de la astronomía es aquel que está ligado a la visión espacial, es decir, a la capacidad mental de ver y trabajar en tres dimensiones (Camino, 2004).

Como hemos podido comprobar, la didáctica de la astronomía es un área de vacancia en nuestra universidad y, salvo casos particulares, en general no presente en los grupos de investigación de nuestro país, una diferencia importante si la comparamos con otras disciplinas como física, química o biología. Por otro lado, en las escuelas primarias la enseñanza de estos temas, cuando están presentes, suele quedar reducida a la exposición del docente, sin tener en cuenta los conocimientos previos de los alumnos ni su reflexión sobre las dificultades de aprendizaje asociadas, lo cual lleva a que se enseñen temas sin tener en cuenta la situación de los alumnos, los alcances esperados y miradas apropiadas para cada uno de ellos. Para el caso de las fases de la Luna, se reduce a explicar el fenómeno desde una perspectiva externa a la Tierra, con la intención de que los alumnos recuerden la posición relativa de los tres cuerpos intervinientes para configurar las diferentes fases. Esto refleja de alguna forma, las creencias sobre la naturaleza del conocimiento en general, y del conocimiento científico en particular que circula en las escuelas, entendiéndolo como un producto y no como un proceso, donde la explicación del contenido por parte del docente – o la lectura del libro de texto- se consideran suficiente (Pintó, et al., 1996). Si reconocemos, además, las dificultades que presentan los docentes y futuros docentes en temas de astronomía e intervenimos en consecuencia, el efecto multiplicador que se obtendrá intentando mejorar la forma en que la ciencia es impartida y aprendida en la escuela primaria será significativo. Asimismo, es importante señalar que la enseñanza de la astronomía en la Escuela Secundaria es escasa y hasta en ciertas jurisdicciones inexistente. Hasta el año 2009 los lineamientos curriculares para la formación docente primaria, para la Ciudad de Buenos Aires, como así para otras jurisdicciones, no incluían una profundización de los tópicos relativos a esta disciplina y hemos podido comprobar que su enseñanza estaba casi ausente. La reciente extensión de la formación a cuatro años estuvo acompañada de la ampliación de la materia Enseñanza de las Ciencias Naturales, en donde uno de los ejes centrales refiere a la astronomía y a su enseñanza. No obstante aquello, hemos detectado una ausencia de investigaciones que ayuden a definir las condiciones en las que se debe desarrollar una enseñanza de los conceptos astronómicos en este nivel, y que facilite que el docente en formación construya y maneje unos modelos acordes con los modelos científicos. En este sentido, nuestro proyecto de investigación “Enseñanza formal de la astronomía: situación actual y perspectivas futuras”, tiene por objetivo principal contribuir al diagnóstico situacional de docentes de primaria en formación en relación con algunos temas de astronomía buscando poner en evidencia los posibles obstáculos que impiden la construcción del conocimiento científico sobre tópicos astronómicos puntuales y que, a su vez, sustenten el diseño de estrategias didácticas que favorezcan un aprendizaje significativo de esta ciencia.

DESARROLLO

En trabajos recientes, a través de indagaciones escritas llevadas a cabo en Institutos de Formación Docente de la Ciudad de Buenos Aires (Iglesias, 2011), nuestro grupo pudo poner en evidencia que los alumnos que siguen estudios de formación docente primaria carecen de conocimientos significativos que les permita hacer un uso funcional del modelo Sol-Tierra-Luna (STL). Los resultados nos han permitido conocer cómo piensan acerca de este modelo y el modo en que relacionan el fenómeno con sus explicaciones. Asimismo, pudimos acercarnos al modo en que representan de manera gráfica dicho sistema complementándolo con el texto escrito, tratando de encontrar los puntos que dificultan la correspondencia entre el modelo científico y sus modelos explicativos. En esta oportunidad, empleamos un instrumento que consistió en una indagación de tipo semiestructurada (Troncoso y Daniele, 2003) en la que se conjugan la respuesta verbal, la representación gráfica y la expresión en tres dimensiones, mediante el modelado con esferas. La indagación se implementó en diferentes Institutos de Formación Docente de la Ciudad de Buenos Aires, completando un total de cuarenta y ocho indagados que aun no han cursado la Enseñanza de las Ciencias Naturales 3. Para implementar las indagaciones se contactó a docentes que se desempeñan en los Institutos, quienes nos permitieron ingresar a sus cursos para presentar la indagación e invitar a participar a sus alumnos. Si bien se trató de una instancia voluntaria, en todos los casos, participaron la totalidad de alumnos que concurrían ese día a clases. La duración de cada encuentro fue de dos horas, aproximadamente, siempre dentro del horario escolar al que los alumnos participantes asistían.

La indagación estaba compuesta por preguntas que nucleaban dos bloques temáticos indagados: 1. posición del observador y explicaciones sobre el fenómeno, abordadas en especial en las primeras dos preguntas; 2. Sistema STL - representación del fenómeno, abordados en el conjunto de la indagación con sus seis preguntas. El recorrido propuesto en la indagación es progresivo, e invita al participante a “entrar en tema”, relacionando sus respuestas anteriores con las nuevas situaciones que van resolviendo y revisando cada una de ellas. La pregunta 7 que no indagaba cuestiones astronómicas específicas, fue formulada con la intención de ofrecer una instancia de metarreflexión sobre su participación en la indagación y sobre la importancia de la articulación entre la investigación didáctica y la enseñanza de las ciencias.

Las dos primeras preguntas, de carácter individual, refieren al fenómeno observado desde la Tierra pero que requieren de una explicación externa. En la primera, el indagado debe explicar el hecho de que en fase nueva la Luna no sea observable. En la segunda pregunta, se presenta una imagen de la Luna en fase menguante, y en función de esto se invita al encuestado a revisar su respuesta a la pregunta anterior. Tanto en un caso como en el otro, además de la explicación mediante texto se les pide que incluyan un dibujo. Esto nos permitiría establecer relaciones entre aquello que escriben y lo que representan gráficamente, y a su vez inferir posibles obstáculos como ser los tamaños de los cuerpos en cuestión o la alineación de los mismos, entre otros. Asimismo, pretendíamos detectar o caracterizar la importancia otorgada al uso de dibujos para apoyar sus explicaciones y en qué medida sus representaciones gráficas reproducen las conocidas desde la escuela, cuya principal fuente son los libros de texto. En la tercera parte se pasa a una instancia grupal de dos o tres personas. En ella se les pide que resuelvan nuevamente el caso de la luna nueva pero esta vez utilizando los elementos disponibles (esferas de telgopor de diferentes tamaños; palillos, planchas de telgopor, fuentes de luz) para proponer una representación posible de los cuerpos intervinientes. Cada participante volcaba en una hoja sus propios comentarios y reflexiones surgidos durante la modelización, lo que nos otorga información del desempeño individual más allá del trabajo en grupos. Esta instancia de trabajo con material concreto pretende poner en cuestión el obstáculo de la representación en diferentes planos. Dependiendo de las respuestas ofrecidas por el grupo, el investigador ofrecía nuevas situaciones para que resolvieran. Las mismas fueron elaboradas atendiendo a todas las posibles respuestas esperadas o dificultades encontradas. En particular, nos interesa una de las opciones, que incluye una situación de luna llena y conflictiva, puesto que para resolverla, se deben colocar a los tres cuerpos en el mismo lugar en que ellos los suelen ubicar para configurar una luna nueva, bajo la explicación de la *Teoría del eclipse* (ver apartado Resultados y Discusión). Las últimas tres preguntas ponen el foco en la representación del fenómeno, que si bien es indagado en las preguntas anteriores, aquí aparece de manera explícita y luego de haber atravesado la etapa de representación en tres dimensiones. Entonces, se pretende encontrar evidencias que den cuenta de sus intentos por mejorar sus dibujos acercándolos a la vista tridimensional. Se busca que incluyan algún tipo de perspectiva o indicios de su importancia, como ser anotaciones que dejen entrever que el dibujo no está representando fielmente el fenómeno. La quinta pregunta, en particular, hace referencia a típicos dibujos que aparecen en los libros de texto pero que presentan alguna variable (la cantidad de lunas representadas), y la sexta pide realizar explícitamente, y ya luego de atravesar toda la indagación, un esquema explicativo del fenómeno de las fases lunares.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Para el análisis de los resultados se propusieron variables para cada una de las preguntas. Asimismo, los indagados fueron categorizados al inicio y fin de la indagación. Para ello, se utilizaron las preguntas 2 y 6, respectivamente.

CATEGORÍA	CARACTERÍSTICAS
Vivencial (interna o externa)	Proveniente de la observación directa. Proveniente del imaginario infantil – ideas previas (incluye teoría del eclipse). Representación plana de los objetos astronómicos. Ubicación del observador o referencia que se hace de él.
De transición	Posee elementos de las categorías vivencial y científica.
Científica	Pruebas indicativas de mayor comprensión: - Representación tridimensional - Uso de vocabulario específico – Relación con la ubicación del observador – rigurosidad en los esquemas propuestos.
Reproductiva	Utiliza elementos similares a las explicaciones de libros de texto – presenta un esquema que ilustra lo escrito.
Otros	Aquellas respuestas no contempladas en las categorías anteriores.

Tabla 1: categorías elaboradas para clasificar a cada indagado (tomado y adaptado de Leite y Hosoume, 2007)

Bloque 1. posición del observador y explicaciones sobre el fenómeno.

En relación con las dos preguntas que refieren al fenómeno de las fases de la Luna observado desde la Tierra, encontramos que de los 48 indagados solo 16 ofrecen una explicación desde una perspectiva externa. De este total, 6 presentan un modelo de explicación correcto, 8 presentan un modelo de explicación alternativo y 2 de ellos, una explicación alternativa que es incompleta o vaga. Los 32 indagados restantes no presentan explicación al fenómeno sino que ofrecen respuestas de tipo descriptivas y situados desde lo vivencial. Resulta interesante que el 50% de los que no presentan explicación ofrecen una descripción sobre qué es una luna nueva o qué se ve en el cielo cuando la luna está en esa fase. Por ejemplo, enuncian explícitamente que ese día la Luna no tiene iluminada la cara que vemos desde la Tierra o que no se distingue en el cielo, pero no especifican a qué se debe que ocurra ese fenómeno. Por otro lado, 9 de ellos hacen referencia a la noche, ya sea en su escrito o complementándolo con un dibujo en el que incluyen estrellas. Solo uno de los 32 indagados coloca juntos al Sol y a la Luna en el cielo, en su dibujo. Es decir que puede reconocer que ambos astros están “del mismo lado” aunque no puede complementarlo con una explicación externa. Entre el 50% restante de los indagados que no ofrecen explicación externa, encontramos respuestas de lo más variadas. Por ejemplo, 6 de ellos argumentan su explicación en cuestiones “climáticas” (lluvias, nubes) y que por eso no puede obtenerse una fotografía de la Luna. Algunos ofrecen respuestas tautológicas y que giran en torno al mismo enunciado, como por ejemplo un indagado que responde: “Considero que la luna nueva no se ve porque en esa fase desde la Tierra la luna no es observable”. El grupo restante, hace referencia a todo el ciclo lunar, evitando justificaciones específicas o bien, proponen un error de fecha, es decir, que en realidad la fotografía se confundió y no era una fase nueva, sino otra.

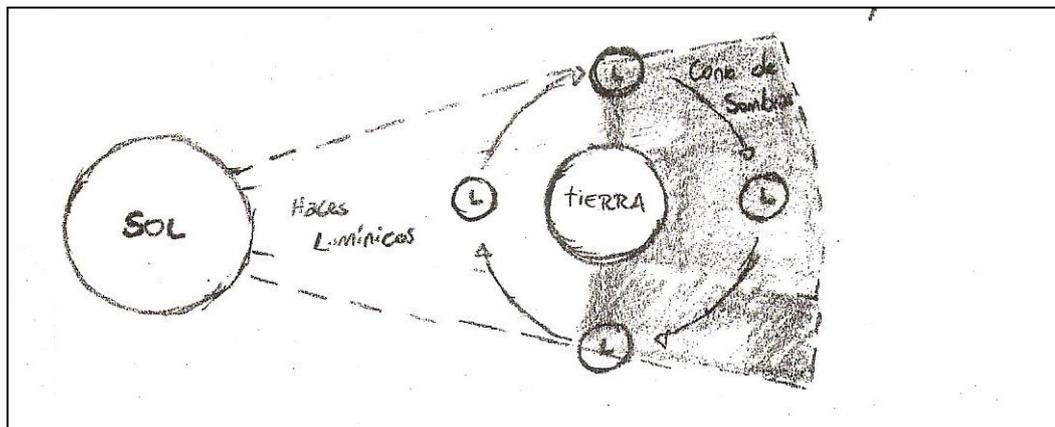


Figura 1: respuesta ofrecida por un indagado para la pregunta 2, quien recurre a todo el ciclo lunar para justificar cómo se produce tal fase.

A partir de estas respuestas, podemos inferir que, frente a la presentación de una Luna en particular, al 66% de los indagados parecería resultarles difícil vincular esa observación con el fenómeno de las fases de la Luna o hacer uso de una explicación de las fases de la Luna para dar respuesta a un caso concreto y percibido desde la Tierra. Inclusive, para más de la mitad de ellos, encontramos que ofrecen dibujos que ilustran lo escrito o a lo sumo incluyen elementos que llamamos “infantiles” (ver Bloque 2). Es importante aclarar que muchos de estos indagados, frente a la actividad explícita de modelización con esferas y una fuente de luz, sí pudieron ofrecer algún tipo de explicación. Esto suma argumentos a favor de la dificultad inferida en los indagados respecto de la relación entre la dimensión fenomenológica y de modelización.

De los 15 indagados que sí ofrecen una explicación externa, 8 de ellos utilizan la *Teoría del eclipse* para dar cuenta de por qué se produce una Luna nueva y así justificar que ese día no pueda fotografiarse. Para estos casos, encontramos que en general, los esquemas proporcionados suman elementos a las explicaciones escritas. Por ejemplo, un indagado explica que “la luna queda tapada” pero no agrega detalles. Sin embargo, su esquema involucra a los tres cuerpos alineados:

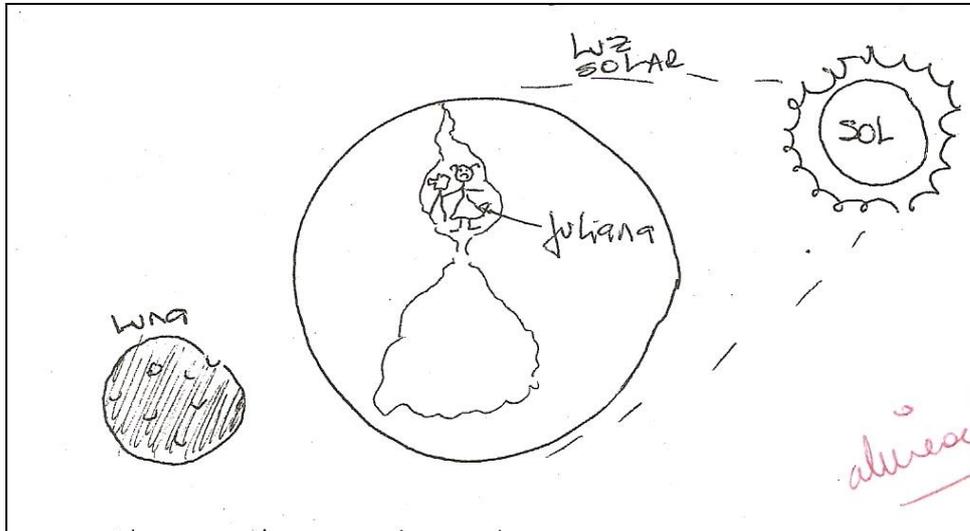


Figura 2: dibujo que complementa el texto escrito ofrecido por un indagado en respuesta a la primera pregunta sobre la imposibilidad de ver la Luna nueva desde la Tierra. En su dibujo aclara que el Sol no está a escala y coloca a los tres astros alineados en una misma recta.

En relación con los 6 indagados que fueron clasificados como aquellos que se acercan a una explicación científica para el caso de la Luna nueva, todos ellos refieren a que la Luna se sitúa entre la Tierra y el Sol entonces, se ilumina la cara de la Luna que no vemos y eso hace que “sea difícil de observar” en el cielo. Solo 2 de ellos complementan sus textos con esquemas que intentan “romper” con la linealidad, desplazando a la Luna y dando valor a la tridimensionalidad o necesidad de perspectiva. El resto de los indagados dibuja a los tres cuerpos alineados no dando cuenta de las dimensiones de los cuerpos, ni hacen ningún tipo de aclaración sobre sus dibujos respecto de la linealidad ni del color del cielo para esa fase.

Bloque 2. Sistema STL - representación del fenómeno.

Como anticipamos en el apartado anterior, las mayores dificultades se encontraron en los primeros dibujos solicitados, que refieren a algún ejemplo de fase lunar en particular. En general, responden a dibujos infantiles que incluyen elementos innecesarios para resolver la situación planteada: Juliana (el personaje de las situaciones planteadas en la indagación) con cámara de fotos, árboles, edificios.



Figura 3: dibujo realizado por un indagado en respuesta a la primera pregunta sobre la imposibilidad de ver la Luna nueva desde la Tierra.

Esto nos permite inferir que los indagados no diferencian entre un dibujo artístico y uno científico; ni distinguen lo importante de lo irrelevante a considerar en ellos. Muchos dibujos resultan confusos y carecen de rótulos, cuestión que impide identificar los cuerpos celestes representados. Algunos encuestados no utilizan dibujos propios para representar su modelo explicativo, aunque la consigna lo solicita explícitamente. Cuando se hace referencia a la totalidad del fenómeno, se observa una aproximación a la categoría reproductiva, en tanto incluyen esquemas que han aprendido en su paso por la escuela y que abundan en los libros de texto. Una de las críticas propuestas a estos esquemas, inclusive, tuvo que ver con la cantidad de lunas: "En este caso el chico puede confundir que las fases de la luna no son cuatro sino ocho".

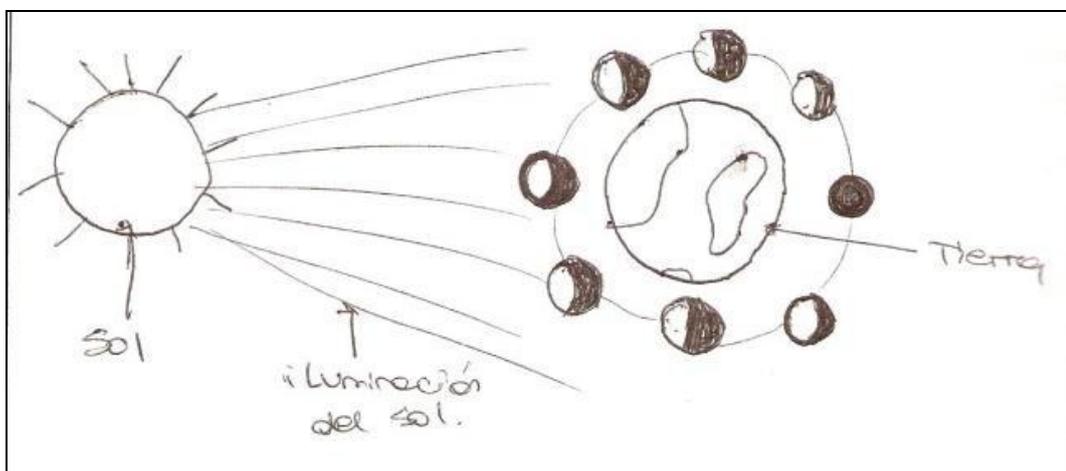


Figura 4: dibujo de un indagado para representar el ciclo lunar.

Hemos visto que aun cuando colocan “diferentes” Lunas, solo aparecen referencias a las cuatro más representativas, aquellas que más se escuchan y recuerdan. Además, dado que sus dibujos no apoyan – sino que hasta contradicen- sus explicaciones, es posible que tampoco le asignen importancia real en el aprendizaje.

La parte principal de la indagación incluía la modelización con esferas. Esta sección ofrecía una progresión entre resolver mediante objetos concretos la situación de Luna nueva, para progresar hacia la resolución de una situación de Luna llena. Al principio, más del 50% de los indagados hacían uso de la *Teoría del eclipse* para resolver la situación.



Figura 5: modelización con esferas para explicar el caso de la Luna nueva haciendo uso de la teoría del eclipse. Los indagados disponen, de atrás hacia adelante, el Sol, la Tierra y la Luna.

Se reconoce que los indagados, al presentar sus respuestas para la primera pregunta de esta etapa de la indagación, el trabajo de modelización con esferas les permite confirmar la idea de que, ubicados los tres cuerpos en una recta, la Tierra ubicada entre el Sol y la Luna, aquella tapa la luz y produce la sombra sobre esta última, cuestión que no trae conflictos si se piensa que se observa desde la Tierra a la Luna en sombra. Para el caso de la segunda pregunta, sobre la Luna llena, la mayoría de las respuestas se mantienen en la idea de linealidad en que se deben encontrar los tres cuerpos, aceptando que ubicada la Luna entre el Sol y la Tierra, puede quedar iluminada directamente por el Sol. Sin embargo, lo que no identifican es de dónde se puede observar, es decir que solo parecería toma valor para ellos si está o no iluminada por el Sol, dejando de considerar el lugar del observador topocéntrico. Esto permite inferir la dificultad que representa la explicación externa, puesto que supone considerar a la vez, dos perspectivas: aquello que se observa desde la Tierra y aquello que se observa cuando se aleja imaginariamente de ella.

En algunos pocos casos, los indagados modificaron la ubicación de la Luna y de la Tierra sin que quedaran alineadas en una misma recta para que la Luna quedara iluminada, pero determinaron que se puede ver de acuerdo a la ubicación de Juliana en la Tierra, es decir que esta observación depende de la ubicación de las personas en la Tierra, sea del lado que es de día o que es de noche. En otros pocos casos se plantea que la Luna queda iluminada por la traslación de la Tierra como cuestión central, pero dejando a la Luna en el mismo lugar, es decir que lo que se hizo fue correr la Tierra para que deje de producir sombra.

Es de destacar que del porcentaje que al iniciar la etapa de modelización hacían uso de la *Teoría del eclipse*, el 24% se modificaron hacia la categoría de transición. Al recorrer las respuestas ofrecidas para estos casos, se reconoce que pasan de plantear situaciones de linealidad entre el Sol, la Tierra (en el medio) y la Luna, con la que justificaban la sombra sobre la Luna, a plantear la necesidad de correr la Luna para que esta sea iluminada. Pero a diferencia de los indagados que se mantienen en ese modelo alternativo, en estos casos no se plantea pasar a la posición opuesta (Sol, Luna y Tierra), sino que se corren de la recta que fue planteada para el primer caso. No se puede asegurar que esto se deba a que reconozcan que en ese caso no se vería desde la Tierra, pero sí aparece la idea en varias de las respuestas de este grupo, que de esta forma se puede ver la Luna iluminada desde la Tierra.

Llegando al final de la indagación, se les planteó la elaboración de un dibujo de explicación para el fenómeno de las fases de la luna y encontramos respuestas de diferente índole, que no se condicen con las críticas realizadas al esquema en la pregunta 5. Se destaca que una alumna reflexionó que no había quedado satisfecha con el nivel de explicaciones que había alcanzado, afirmando que lo que logró representar no le alcanzaba.

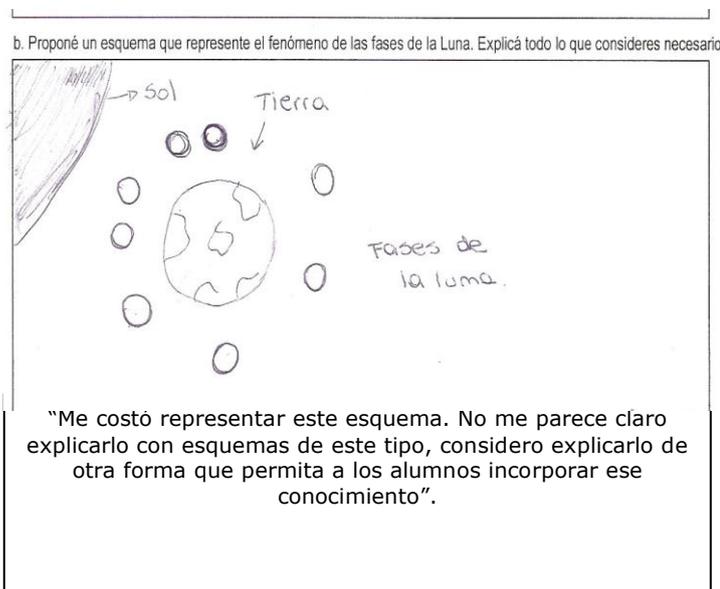


Figura 6: ejemplo de dibujo luego de pasar por la etapa de modelización mediante esferas.

A partir de esta indagación progresiva, pudimos reconocer cómo iban incorporando algunos nuevos elementos a sus modos de pensar. De este modo, para algunos de ellos reconocemos un cierto progreso, aunque sea circunstancial, a la categoría que hemos denominado de transición. En estas respuestas suelen aparecer elementos de respuestas de tipo reproductivo con elementos del modelo científico. Así por ejemplo, incluyen esquemas desde una perspectiva exterior, de aquellos que llamamos reproductivo de libros de texto pero donde se especifica que “*La Luna siempre debe encontrarse a una altura mayor que la Tierra*”, interpretándose esto como una idea incipiente en torno al modelo aceptado desde el punto de vista científico. En otros casos, encontramos respuestas como la de un indagado que sostiene que es mejor utilizar como punto de vista al Sol y “*no ponerlo de perfil*”. Tal vez sea un intento por salirse del modelo reproductivo. En su modelo, incluye a la órbita de la Luna con una cierta inclinación, pero no podemos asegurar que esté pensando en el modelo científico. A su vez, otro indagado realiza 4 subesquemas distintos (una para cada fase), y en algunos de ellos hay cierto intento de desplazar a los 3 astros involucrados de la alineación, a la vez que sigue volviendo a usar la *Teoría del eclipse* para explicar la Luna nueva.

CONCLUSIONES

A través del análisis de las indagaciones, nos hemos aproximado a caracterizar el estado situacional del general de los alumnos de los Institutos de Formación Docente en cuanto a los modelos que manejan del modelo Sol-Tierra-Luna y a la forma en que intervienen en estos las explicaciones y las representaciones gráficas y tridimensionales, además de la correspondencia que establecen. Al comenzar la misma, más de la mitad de ellos fueron categorizados como vivencial, ya sea porque responden solo desde lo que percibimos desde la Tierra o recurren a cuestiones infantiles y al finalizar la indagación, muchos fueron categorizados como reproductivos, donde se mantiene, en varios casos, elementos de lo vivencial o hacen uso de esquemas de todo el ciclo, que hemos en llamar “de libro de texto”. En general, hemos detectado una dificultad para ofrecer explicaciones científicas del fenómeno de las fases de la Luna que permitan hacer un uso funcional del mismo y que logre ser enseñado correctamente en su futura profesión. En el primer bloque de preguntas, suelen aparecer descripciones situadas desde una perspectiva vivencial y donde el valor atribuido al dibujo científico es menor; a partir del modelado con esferas la dificultad radica principalmente en la comprensión del fenómeno como fuertemente ligado a una visión topocéntrica, pero que requiere algún tipo de explicación externa que de valor a la tridimensionalidad. En este sentido, se destaca la necesidad que se encuentra en la mayoría de los indagados de mantener una linealidad de los tres cuerpos para los casos de Luna nueva y llena aunque esto implique la pérdida de la posición topocéntrica, que no advirtieron, y que conlleva al uso de la *Teoría del eclipse* y a una visión heliocéntrica para describir las respectivas fases.

En función de lo expuesto, podemos decir que el recorrido propuesto en la indagación ofrece oportunidades para que los indagados se replanteen algunas cuestiones sobre sus propias explicaciones, pero que no consiguen resolver totalmente, recurriendo a esquemas tradicionales sin dar cuenta de las limitaciones asociadas. Consideramos necesario desarrollar una propuesta integral para la enseñanza del modelo científico del fenómeno de fases de la Luna, inmerso en la comprensión global del modelo Sol-Tierra-Luna, que aborde especialmente las dificultades encontradas y los diversos modos posibles de expresión.

NUEVA LÍNEA DE INVESTIGACIÓN

Comprender las fases de la Luna supone un alto nivel de abstracción, además de requerir una cierta habilidad para el trabajo empleando las tres dimensiones espaciales. También requiere de una serie de conocimientos anteriores, que se tornan fundamentales a la hora de resolver las situaciones que involucran al sistema STL. Como pudimos establecer a partir de un análisis minucioso de las producciones escritas, gráficas y de modelización con esferas, en general dichos elementos están ausentes en los docentes en formación, o bien no logran ponerlos en juego en oportunidad de la indagación. Puesto que los temas indagados se incluyen en los contenidos básicos de la Educación Primaria, los resultados se muestran desalentadores. En este contexto, decidimos ampliar nuestra investigación, esta vez indagando las representaciones de los alumnos del profesorado en contexto de enseñanza. Nuestra hipótesis de trabajo es que la enseñanza de las fases de la luna desde un enfoque epistemológico-didáctico actual y coherente con los resultados de la investigación, ofrece oportunidades para la construcción de significados, impacta favorablemente en la formación, generando actitudes positivas hacia la astronomía y su enseñanza.

Para llevar a la práctica esta segunda línea de investigación, pondremos a prueba el uso de una secuencia de trabajo tomando como marco de referencia el modelo de enseñanza de las ciencias por investigación o resolución de problemas (Porlán, 1999), que será implementada por Profesores de Institutos de Formación Docente de la Ciudad de Buenos Aires, que dictan la materia Enseñanza de las Ciencias Naturales 3. Como base para la elaboración de la secuencia y su análisis, tendremos en cuenta las dificultades encontradas en diferentes espacios de articulación, como así también las dificultades para la comprensión del modelo STL evidenciados por el grupo. En particular, la secuencia estará centrada en abordar la dimensión fenomenológica, que se manifiesta por un conocimiento de las regularidades en el movimiento observable de la Luna, que incluye la descripción del fenómeno desde una visión centrada sobre la superficie terrestre, y para lo cual se realizarán, en la medida de lo posible por las condiciones de observación en la ciudad de Buenos Aires, instancias de observación de la luna. La otra dimensión sobre la que se centrará la secuencia tiene que ver con la modelización, que se manifiesta por la capacidad de utilizar las hipótesis básicas del modelo Sol-Tierra-Luna. Asimismo, pretende que los alumnos, progresivamente, comiencen a relacionar las visiones centradas en la superficie terrestre y la externa, centrada fuera de ella. Finalmente, otra de las cuestiones sobre las que se hará foco tendrá que ver con el lenguaje iconográfico, a través del uso y análisis de esquemas como así también la necesidad de mejorar las propias producciones gráficas.

En una primera instancia, el grupo se abocará a diseñar la secuencia de enseñanza que luego deberá ser puesta a prueba en una primera prueba piloto a fin de ajustar el recorrido didáctico al finalizar su implementación. Para la recolección de datos, se utilizará la triangulación metodológica: por un lado, técnicas cualitativas de observación de clases para el seguimiento del proceso. Por otro lado, se tomarán dos cuestionarios, uno para ser implementado al inicio de la secuencia y otro, al finalizarla, que recojan los indicadores de una adecuada comprensión del modelo STL (e.g., identificación de la dimensión fenomenológica y de modelización, relación entre ambas dimensiones, destrezas geométricas, proporcionalidad entre los tamaños de los cuerpos, utilización de conceptos en relación al fenómeno en estudio, predicción de fenómenos). En cada encuentro participará el docente de la materia (e investigador de este proyecto) y uno o dos observadores según la cantidad de alumnos en cada caso.

Consideramos que esta línea de investigación es necesaria, en tanto es un punto de partida que permitirá diseñar propuestas de enseñanza para la formación docente sustentadas en investigación, con el objetivo de mejorar a futuro la formación inicial de docentes de primaria en cuestiones de astronomía y de su didáctica.

REFERENCIAS

- Atwood, V. y Atwood, R. (1995). Preservice elementary teachers' conceptions of what causes night and day. *School Science and Mathematics*, 95 (6), pp. 290-294.
- Atwood, R. y Atwood, V. (1996). Preservice elementary teachers' conceptions of the causes of seasons. *Journal of Research in Science Teaching*, 33 (5), pp. 553-563.
- Callison, P.L. y Wright, E.L. (1993). The effect of teaching strategies using models on preservice elementary teachers' conceptions about earth-sun-moon relationships. *Paper presented at the annual meeting of the National Association for Research in Science Teaching*. Atlanta, GA.
- 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), pp. 81-96.
- Camino, N. (2004). Aprender a imaginar para comenzar a comprender. [Versión electrónica]. *Revista Alambique* 42.
- Driver, R., Guesne, E. y Tiberghien, A. (1985). *Ideas científicas en la infancia y la adolescencia*, Madrid: Morata, trad. de 1999.
- Frede, V., (2006). Pre-service elementary teacher's conceptions about astronomy, *Advances in Space Research* 38, Issue 10, pp. 2237-2246.
- Gangui, A., Iglesias, M. y Quinteros, C. (2008). Diagnóstico situacional de los docentes de primaria en formación sobre algunos fenómenos astronómicos, en *Memorias del I Congreso Internacional de Didácticas Específicas*. Edición en CD-ROM, G. Fioriti (comp). UnSAM Edita. ISBN 878-987-23259-6-1. <http://arxiv.org/abs/0809.0013>
- Gangui, A., Iglesias, M. y Quinteros, C. (2010). Indagación llevada a cabo con docentes de primaria en formación sobre temas básicos de Astronomía. *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias*. Vol. 9, Nº 2, pp. 467-486 http://saum.uvigo.es/reec/volumenes/volumen9/ART10_Vol9_N2.pdf
- Gangui, A., Iglesias, M. y Quinteros, C. (2011). Some remarks on a current study involving preservice elementary teachers and some basic astronomical phenomena, in *Proceedings of the International Astronomical Union*, Vol. 5, Symposium S260, D. Valls-Gabaud and A. Boksenberg (eds), Cambridge: Cambridge University Press, pp. 767-770.
- Gil Quíles, M. y Martínez Peña, M. (2005). El modelo de Sol-Tierra-Luna en el lenguaje iconográfico de estudiantes de magisterio. *Enseñanza de las Ciencias*, 23 (2), 153-166.
- Iglesias, M., Godoy, E; Dicovski, E., Cabrera, J., Gangui, A. (2011). La dimensión espacial de las fases de la luna: una investigación en el área de didáctica de la astronomía, aprobado para su presentación en *Congreso Metas Educativas 2021: Aportes desde la Universidad*. Ciudad de Buenos Aires. Posterado a 2012.
- Leite, Cristina, Hosoume, Yassuko. (2007). Los profesores de ciencias y sus formas de pensar la astronomía. *Revista Latino-Americana de Educação em Astronomia RELEA*, n. 4, pp. 47-68.
- Martínez Sebastià, B. (2004). La enseñanza/aprendizaje del modelo Sol-Tierra: Análisis de la situación actual y propuesta de mejora para la formación de los futuros profesores de primaria, *Revista Latino-Americana Educação em Astronomia RELEA* n. 1, p. pp.7-32.
- Nussbaum, J. (1979). Children's conceptions of the earth as a cosmic body: A cross-age study, *Science Education*, 65 (2), pp.187-196.
- Parker, J. y Heywood, D. (1998). The earth and beyond: Developing primary teachers' understanding of basic astronomical events. *International Journal of Science Education*, 20 (5), 503-520.
- Porlán, R. (1999). Hacia un modelo de enseñanza – aprendizaje de las ciencias por investigación. *Enseñar ciencias naturales*. Capítulo 1. Buenos aires: Paidós.
- Pozo, J.I. (1999). Más allá del cambio conceptual: el aprendizaje de la ciencia como cambio representacional. *Enseñanza de las Ciencias*, 17 (3), pp. 513-520.

Skopeliti, I. & Vosniadou, S., (2007). Reasoning with External Representations in Elementary Astronomy. In S. Vosniadou, D. Kayser, & A. Protopapas (Eds.) *Proceedings of EuroCogSci07, the European Cognitive Science Conference*, pp. 244-249, Delphi, Greece.

Sneider, C. y Ohadi, M. (1998). Unraveling students' misconceptions about the Earth's shape and gravity. *Science Education*, 82, pp.265-284.

Troncoso, C. y Daniele, E. (2003). Las entrevistas semiestructuradas como instrumentos de recolección de datos: una aplicación en el campo de las ciencias naturales. *Ponencia en el XIV encuentro Estado de la Investigación Educativa*, Reduc 2003.

Trundle, K.C., Atwood, R. y Christopher, J.E. (2002). Preservice elementary teachers' conceptions of moon phases before and after instruction. *Journal of Research in Science Teaching*, 39 (7), 633-657.

Trumper, R. (2003). The need for change in elementary school teacher training - a cross college age. A study of future teachers' conceptions of basic astronomy concepts, *Teaching and Teacher Education*, 19, pp.309-323.

Vosniadou, E.; Skopeliti, I. 2005. Developmental Shifts in Children's Categorizations of the Earth. In B. G. Bara, L. Barsalou, & M. Bucciarelli (Eds.), *Proceedings of the XXVII Annual Conference of the Cognitive Science Society*, Italy. pp. 2325-2330.

ANEXO

Primera parte (individual)

1. Juliana vive en Bs. As. y es fotógrafa. Ella ha decidido obtener fotos de la luna en sus distintas fases. Un día no puede obtener fotografías ya que la luna se encuentra en su fase nueva (comúnmente llamada luna nueva). Hacé un **dibujo** y **explicá** cómo es posible que Juliana, ese día, no haya podido ver y fotografiar la luna en esa fase.

Segunda parte (individual)

2. Juliana sacó la siguiente fotografía (ver Fig. 1).
Teniendo en cuenta tu dibujo a la respuesta anterior, ¿cambiarías algo?
¿Por qué? **Dibujá** y **explicá**:



Fig. 1: foto de luna en fase menguante, que fotografió Juliana.

Tabla 1: Preguntas que hacen referencia a la posición del observador y la necesidad de ofrecer una explicación a los fenómenos presentados.

Tercera parte (en parejas)

3. En el ítem 1, les presentamos una situación en la cual Juliana no puede obtener fotografías ya que la Luna se encontraba en su fase nueva (comúnmente llamada luna nueva). Ahora les proponemos que utilicen los elementos disponibles y propongan una ubicación posible para resolver la situación propuesta.

Anoten aquí todos los comentarios dudas, cambios, dificultades, etc. que fueron surgiendo al resolver la situación propuesta:

Tabla 2: Etapa de modelización con esferas, y donde el Investigador interviene atendiendo a las respuestas formuladas.

Cuarta parte (Individual)

4. Si tuvieras que representar el fenómeno de las fases de la luna, preferirías hacerlo a través de un esquema en dos dimensiones (2D) o en tres dimensiones (3D). ¿Por qué?

Quinta parte (individual)

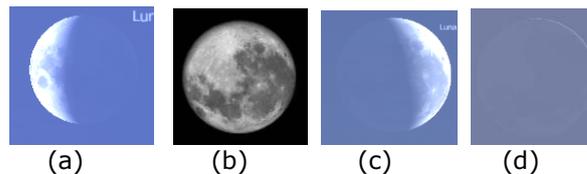
5. El siguiente es un esquema que comúnmente podemos encontrar en los libros de texto y que se utiliza en las clases de ciencias:



a. ¿Qué dificultades puede presentar un esquema como este para la explicación de las fases de la luna? Detallá:

Sexta parte (Individual)

6. Juliana en otros momentos del mes obtuvo las siguientes fotografías:



a. ¿A qué fases corresponden?

b. Proponé un esquema que represente el fenómeno de las fases de la luna. Explicá todo lo que consideres necesario.

Tabla 3: Preguntas centradas en la representación del fenómeno.

Séptima parte (Individual)

6. a. ¿Cuáles dificultades te parece que deberán enfrentar tus alumnos al momento de tener que estudiar el tema de las fases de la luna?

b. Teniendo en cuenta lo trabajado en este encuentro, ¿en qué te parece que cambió tu “mirada” sobre el fenómeno de las fases de la luna y su enseñanza?

Tabla 4: Preguntas metarreflexivas.