

REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA SOBRE LA ENSEÑANZA DE LA ASTRONOMÍA EN RELACIÓN AL EMPLEO DE LOS SISTEMAS DE REFERENCIA

Galperin, Diego; Raviolo, Andrés
Universidad Nacional de Río Negro. Sede Andina
dgalperin@unrn.edu.ar

RESUMEN

Se presenta el resultado de un proceso de revisión bibliográfica centrado en analizar cuáles son los sistemas de referencia astronómicos que utilizan los investigadores, tanto implícita como explícitamente, cuando intentan averiguar y categorizar las concepciones de los alumnos y docentes en relación a la comprensión de los fenómenos astronómicos más cotidianos (día y noche, estaciones del año y fases de la Luna) y, consecuentemente, cuando proponen secuencias de enseñanza acerca de dichos fenómenos. Las conclusiones obtenidas ponen de manifiesto un predominio de artículos en los cuales dichos fenómenos son desarrollados desde un sistema de referencia externo a la Tierra, sin hacer mención a la posibilidad de describirlos y explicarlos adecuadamente desde otros sistemas de referencia.

Palabras clave: revisión, investigaciones, referencias, astronomía

ABSTRACT

We present the results of a bibliographical review process focused on analyzing which astronomical frames of reference are used, implicitly as explicitly, by the researchers when they try to inquire and categorize the conceptions of students and teachers in relation to the understanding of the most daily astronomical phenomena (day and night, seasons and phases of the moon) and, consequently, when they propose teaching sequences about these phenomena. The obtained conclusions show a predominance of articles in which these phenomena are developed from a frame of reference external to the Earth, without mentioning the possibility of describing and explaining them properly from other frames of reference.

Keywords: review, research, frames, astronomy

INTRODUCCIÓN

Existe una gran cantidad de investigaciones realizadas que muestran las dificultades que presentan estudiantes y docentes, de todos los niveles educativos, para comprender las causas de los fenómenos astronómicos más cotidianos: el día y la

noche, las estaciones del año y las fases de la Luna (Baxter, 1989; Schoon, 1992, 1995; Vosniadou y Brewer, 1992, 1994; Camino, 1995, 1999; Stahly et al., 1999; Trumper, 2001; Vega Navarro, 2001, 2007; Trundle, et al., 2002; Chiras y Valanides, 2008). Sin embargo, el origen de estas dificultades no se encuentra clarificado, encontrándose generalmente dos tipos de respuestas, no excluyentes entre sí. Por un lado, se sostiene que estas concepciones son el resultado del proceso de instrucción desarrollado por los docentes, el cual muchas veces muestra un desconocimiento del contenido a enseñar y la transmisión de ideas previas o concepciones alternativas al alumnado (Vega Navarro, 2001). Por otro lado, otras investigaciones asignan estas dificultades a la no elección de un sistema de referencia adecuado, que valore la observación directa y el contacto con el cielo real (Lanciano, 1989).

En este trabajo nos centramos en este último aspecto: qué sistema de referencia astronómico se utiliza en las investigaciones que se llevan a cabo con el fin de indagar acerca del aprendizaje y la enseñanza de algunos fenómenos astronómicos cotidianos posibles de ser observados a simple vista en el cielo: día y noche, estaciones del año y fases lunares. Se parte de la sospecha de que existe un amplio predominio de artículos en los cuales los fenómenos astronómicos son desarrollados desde un sistema de referencia externo a la Tierra.

Consideramos que esta perspectiva, la utilización adecuada de los sistemas de referencia, es central para la comprensión de las dificultades presentes en la enseñanza de estos fenómenos y será relevante para la investigación futura acerca del modo más adecuado de enseñar Astronomía en los distintos niveles educativos.

SISTEMAS DE REFERENCIA

La elección de un sistema de referencia adecuado es un tema crucial para el análisis y la comprensión de los fenómenos físicos ya que éstos no ocurren igual en todos los sistemas y, en consecuencia, cobra gran relevancia el proceso de decisión acerca de cuál elegir con el fin de lograr que los fenómenos de la naturaleza aparezcan en él de la forma más simple (Landau, Ajiezer y Lifshitz, 1973). Al respecto, el principio de relatividad del movimiento sostiene que cada observador puede elegir el sistema de referencia que prefiera ya que carece de sentido hablar de movimiento absoluto de un cuerpo debido a que sólo podemos referirnos a la posición o el desplazamiento de un objeto en relación a otro.

A su vez, entre los distintos sistemas posibles existen ciertas ventajas de los llamados “sistemas de referencia inerciales”, que son aquellos en los cuales el sistema se encuentra ligado a un cuerpo que se desplaza a velocidad constante. En estos sistemas, los fenómenos físicos ocurren de la misma manera y las leyes de la naturaleza poseen la misma forma, lo que provoca que sean indistinguibles entre sí. En contraposición, las leyes físicas se enuncian de distinta manera en los diferentes sistemas acelerados o “no inerciales”, proponiendo el agregado de fuerzas adicionales o “inerciales”, por lo cual es natural que los fenómenos físicos se intente estudiarlos, la mayoría de las veces, con mayor o menor grado de precisión, desde sistemas de referencia inerciales.

Sistemas de referencia astronómicos

En el caso de los fenómenos astronómicos, se torna imposible definir un sistema de referencia que sea estrictamente inercial ya que nos encontramos en un planeta en continua rotación y con continuas aceleraciones, lo cual sucede de igual manera si deseamos centrar nuestro sistema en el Sol. Sin embargo, dado el lento cambio en la dirección de las velocidades de los movimientos de rotación y traslación, un sistema de referencia posicionado en un punto de la superficie terrestre puede ser considerado inercial, con un muy pequeño margen de error, para la gran mayoría de las experiencias cotidianas.

Por otra parte, dadas las enormes dimensiones que presenta el universo, la posición de un astro suele indicarse en función de la dirección espacial hacia la que se deben apuntar los ojos (o un instrumento óptico) para poder observarlo. En función de esto, resulta muy conveniente utilizar la idea de “esfera celeste”, pensándola como una esfera de radio arbitrario sobre la que se encuentran proyectados todos los astros y cuyo centro se encuentra en un punto determinado del espacio. De este modo se pueden establecer distintos sistemas de referencia en función del origen elegido para dicha esfera. En este caso donde analizaremos los fenómenos astronómicos cotidianos, es conveniente situar el origen del sistema en alguno de los siguientes puntos: un lugar sobre la superficie terrestre (sistema de referencia topocéntrico), el centro de masas de la Tierra (sistema de referencia geocéntrico) o el centro de masas del Sistema Solar (sistema de referencia heliocéntrico).

En la Tabla 1 se indican las características de tres sistemas de coordenadas astronómicas muy utilizados, cada uno de los cuales posee su origen en un punto distinto del espacio. Para complementar la caracterización de cada uno de ellos se indica un plano y un punto fundamental para la medición de los ángulos y el nombre de las correspondientes coordenadas astronómicas.

Origen	Ubicación del centro de la esfera celeste	Nombre del sistema	Plano fundamental	Coordenadas
Topocéntrico	Lugar de observación sobre la superficie terrestre	Horizontal o Altacimutal	Horizonte del observador	Acimut y altura
Geocéntrico	Centro de masas de la Tierra	Ecuatorial absoluto	Ecuador celeste	Ascensión recta y declinación
Heliocéntrico	Centro de masas del Sistema Solar	Heliocéntrico	Eclíptica	Longitud y latitud heliocéntricas

Tabla 1: características de tres sistemas de coordenadas astronómicas centrados en distintos puntos del espacio.

METODOLOGÍA

Se analizaron 50 artículos diferentes pertenecientes a revistas especializadas y a libros sobre enseñanza de las ciencias publicados en las últimas tres décadas.

El trabajo de revisión realizado consistió en la lectura minuciosa y el análisis de cada artículo teniendo en cuenta frases que hicieran referencia a un determinado sistema de referencia, tanto en forma explícita como implícita. De este modo, cada artículo fue clasificado en función de utilizar un sistema de referencia centrado en el Sol, centrado en la Tierra o en ambos simultáneamente. A su vez, se identificó el o los niveles educativos que estaban siendo mencionados en cada trabajo: alumnos y docentes de nivel primario, alumnos y docentes de nivel medio, alumnos y docentes de carreras de formación docente o alumnos de carreras de nivel superior en general. Por último, se realizó un sencillo análisis cuantitativo de la relación entre los sistemas de referencia utilizados y el nivel destino de los trabajos analizados de modo tal de poder extraer conclusiones en relación a la utilización de los distintos sistemas de referencia astronómicos al momento de plantear investigaciones y propuestas didácticas en relación a la temática.

En las referencias bibliográficas se muestra el listado de la totalidad de los artículos analizados.

A partir de lo mencionado anteriormente, los artículos han sido categorizados en:

- Heliocéntricos (He): aquellos que brindan explicaciones y descripciones utilizando solamente un sistema de referencia externo a la Tierra. Esta categoría incluye la subcategoría “Heliocéntrico observacional” (He obs), que son artículos que, a su vez, sostienen la necesidad de relacionar dichas explicaciones y descripciones con lo que se observa desde la superficie terrestre.
- Terrestres (Te): brindan descripciones y explicaciones utilizando exclusivamente un sistema de referencia centrado en la Tierra. Esta categoría incluye las subcategorías “Geocéntrico” (Geo), donde el sistema de referencia está centrado en el centro de masas de la Tierra, y “Topocéntrico” (To), en la cual el sistema de referencia tiene su origen en un punto de la superficie terrestre.
- Dual (Du): utilizan descripciones y explicaciones del movimiento de los astros en el cielo haciendo referencia a que estos movimientos pueden explicarse de igual modo desde un sistema de referencia externo a la Tierra. O sea, utilizan los dos sistemas de referencia anteriores dentro del mismo trabajo.

RESULTADOS

De acuerdo a los objetivos formulados en los trabajos analizados se aprecia que muchos presentaban propuestas didácticas (46%), otros realizaban una indagación de concepciones sobre los fenómenos astronómicos cotidianos presentes en docentes y alumnos (36%) y otros examinaban materiales curriculares (18%).

Más allá de haber analizado una muestra acotada, podemos afirmar que esta revisión es representativa de una cantidad de trabajos mucho mayor dado que en cada uno de los artículos analizados estaban presentes referencias bibliográficas que se encontraban en sintonía y fundamentaban, en cierto modo, lo planteado en él.

Del total de artículos analizados (50), 32 de ellos utilizan un sistema de referencia externo a la Tierra (categoría “Heliocéntricos”), 10 de los trabajos proponen el uso de un sistema de referencia terrestre para la descripción de los fenómenos observables en el cielo y, simultáneamente, uno externo para la explicación de los mismos (categoría “Dual”) y, por último, 8 artículos sostienen descripciones y explicaciones desde la Tierra (categoría “Terrestres”).

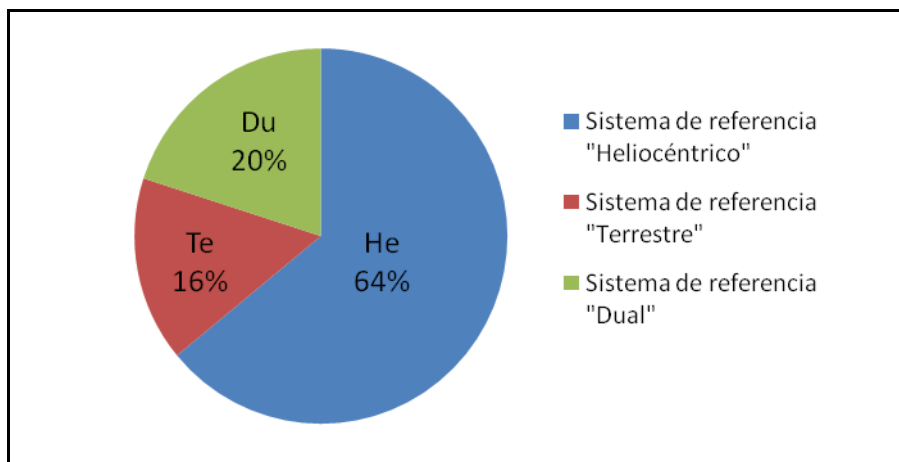


Gráfico 1: Sistemas de referencia utilizados en los artículos analizados. En porcentaje.

En el Gráfico 2 se presenta un análisis acerca de qué sistema de referencia es el que se utiliza en cada trabajo en función del nivel educativo al que se refiere. En este caso, algunos artículos fueron contados más de una vez dado que estaban dirigidos a más de un nivel educativo. A su vez, en el nivel superior se diferencian aquellos trabajos relacionados con la formación docente de aquellos vinculados con estudiantes de otras carreras no relacionadas con el ejercicio de la docencia.

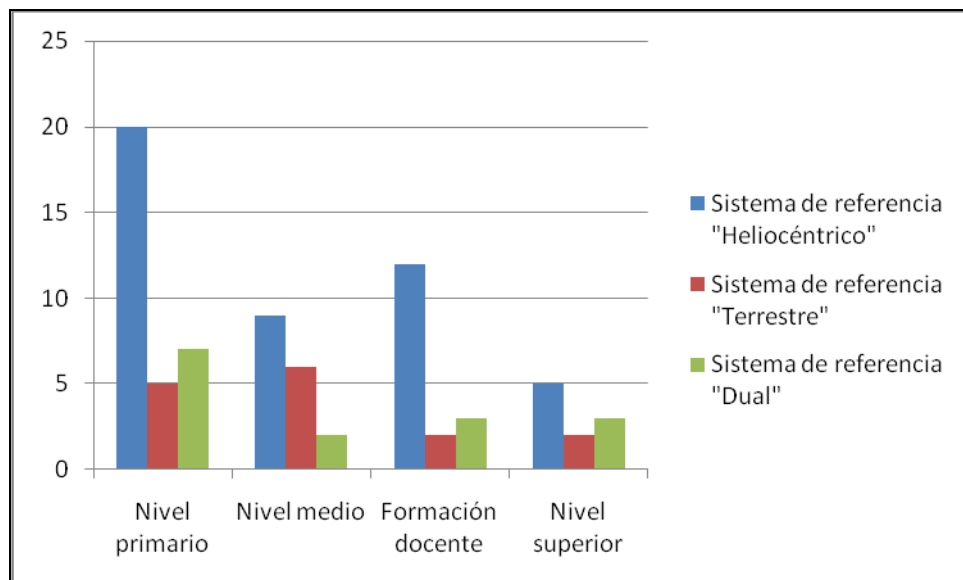


Gráfico 2: Cantidad de artículos por sistema de referencia utilizado y por nivel educativo.

Como vemos, en todos los niveles predomina la utilización del sistema de referencia heliocéntrico, haciéndose mucho más notable esta diferencia en el nivel primario y en la formación docente.

Unos pocos autores manifiestan la importancia de enseñar a los estudiantes a moverse entre distintos sistemas de referencia (Plummer et al., 2011; Jimenez Liso et al., 2012) y de tomar al estudiante como centro de su propias experiencias astronómicas (Camino, 2004).

Los sistemas de referencia terrestres (geocéntrico o topocéntrico) son poco utilizados en todos los niveles, pero llama especialmente la atención su poca presencia en los trabajos vinculados a la formación docente. Esto puede guardar cierta relación con su escasa utilización en el nivel primario, en contraposición con el sistema heliocéntrico, de gran presencia en dicho nivel.

Frases que identifican sistemas de referencia

A continuación se presentan algunas citas que permiten dar cuenta del análisis realizado con los artículos. Consideramos que este tipo de frases permiten identificar desde qué sistema de referencia se encuentran desarrollados los fenómenos astronómicos que se estudian en cada trabajo:

Sistema de referencia "Heliocéntrico" (He): *"La conceptualización de las causas de las fases lunares requiere un pensamiento muy complejo. Primero, los alumnos deben saber los movimientos de rotación y revolución de la Luna y la Tierra y sus posiciones relativas al Sol mientras se van moviendo."* (Bayraktar, 2009, pp. 12)

Sistema de referencia "Terrestre" (Te): *"...es decir, como el observador (los niños) está ubicado en un determinado punto de la Tierra, todo lo que puede observar debe describirse en primer lugar desde un sistema centrado en el lugar del observador (posición topocéntrica), y entonces se puede hablar con total rigurosidad, de que "el Sol sale y se pone..."* (Camino, 1999, pp. 153)

Sistema de referencia "Dual" (Du): *"Los resultados presentados aquí apoyan nuestra afirmación de que los estudiantes necesitan ser guiados en la comprensión de cómo hacer las conexiones entre los movimientos reales de los objetos heliocéntricos y sus consecuencias observables desde una perspectiva con sede en la Tierra."* (Plummer et al., 2011, pp. 23)

CONCLUSIONES

Pese a la existencia de una gran cantidad de investigaciones que dan cuenta de enormes dificultades por parte de niños, jóvenes y adultos para la comprensión de los fenómenos astronómicos más cotidianos, como el día y las noche, las estaciones del año y las fases de la Luna, casi no hemos detectado trabajos que pongan énfasis en identificar si dichas dificultades pueden guardar alguna relación con el sistema de referencia utilizado a la hora de brindar explicaciones acerca de estos fenómenos.

En función de los artículos analizados, parece ser que muchos de los investigadores consideran que las únicas descripciones y explicaciones posibles y válidas de los fenómenos astronómicos son las que se realizan desde un sistema de referencia externo a la Tierra, sin tomar conciencia que, para muchos de los fenómenos observables desde nuestro planeta, las explicaciones "terrestres" son extremadamente sencillas y potentes desde un punto de vista descriptivo y predictivo (Gellon et al., 2005).

A su vez, pese a que en nuestra revisión hemos encontrado que existen diversos trabajos con propuestas didácticas que promueven la enseñanza de los fenómenos astronómicos cotidianos utilizando un sistema de referencia terrestre, esto se ve poco reflejado en los trabajos de investigación sobre concepciones alternativas y, sobre todo, en los materiales curriculares presentes en las escuelas.

Esto abre un espacio importante de reflexión en relación a la necesidad de desarrollar, profundizar y explicitar el trabajo con sistemas de referencia, de modo tal que en los artículos sobre enseñanza de la Astronomía comience a indicarse claramente cuál es el sistema de referencia que se está utilizando, sin dar por sentado que hay uno solo posible para explicar un determinado fenómeno. Creemos que el explicitar y justificar el sistema de referencia elegido es un requisito indispensable a la hora de desarrollar investigaciones en esta temática.

REFERENCIAS

Artículos analizados

Afonso López, R., Bazo González, C., López Hernández, M., Macau Fábrega, M. y Rodríguez Palmero, M. (1995). Una aproximación a las representaciones del alumnado sobre el universo. *Enseñanza de las Ciencias*, 13(3), pp. 327-335.

Arribas de Costa, A. y Riviere, V. (1989). La Astronomía en la enseñanza obligatoria. *Enseñanza de las Ciencias*, 7(2), pp. 201-205.

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

Bayraktar, S. (2009). Pre-service primary teachers' ideas about lunar phases. *Journal of Turkish Science Education*, 6(2), pp. 12-23.

Camino, N. (1995). Ideas previas y cambio conceptual en astronomía. Un estudio con maestros de primaria sobre el día y la noche, las estaciones y las fases de la Luna. *Enseñanza de las Ciencias*, 13 (1), pp. 81-96.

Camino, N. (1999). Sobre la didáctica de la astronomía y su inserción en EGB. En Kaufman, M. y Fumagalli L. (comps.), *Enseñar ciencias naturales* (pp. 143-173). Buenos Aires: Paidós.

Camino, N. (2004). Aprender a imaginar para comenzar a comprender. Los «modelos concretos» como herramientas para el aprendizaje en astronomía. *Alambique. Didáctica de las Ciencias Experimentales*, 42, pp. 81-89.

Camino, N. (2011). La didáctica de la Astronomía como campo de investigación e innovación educativas. *I Simpósio Nacional de Educação em Astronomia*, Rio de Janeiro.

Camino, N. y Gangui, A. (2012). Diurnal astronomy: using sticks and threads to find our latitude on Earth. *The Physics Teacher*, 50, pp. 40-41.

Chiras, A. y Valanides, N. (2008). Day/night cycle: mental models of primary school children. *Science Education International*, 19 (1), pp. 65-83.

De Manuel Barrabín, J. (1995). ¿Por qué hay veranos e inviernos? Representaciones de estudiantes y de futuros maestros sobre algunos aspectos del modelo Sol-Tierra. *Enseñanza de las Ciencias*, 13 (2), pp. 227-236.

Dicovski, E., Iglesias, M., Karaseur, F., Gangui, A., Cabrera, J. y Godoy, E. (2012). El problema de la posición del observador y el movimiento tridimensional en la explicación de las fases de la Luna en docentes de primaria en formación. *III Jornadas de Enseñanza e Investigación Educativa en el campo de las Ciencias Exactas y Naturales*, pp. 219-230. La Plata, Argentina: Universidad Nacional de La Plata.

Galperin, D. (2011). Propuestas didácticas para la enseñanza de la Astronomía. En Insaurralde, M. (coord.), *Ciencias Naturales. Líneas de acción didáctica y perspectivas epistemológicas* (pp. 189-229). Buenos Aires: Novedades Educativas.

García Barros, S., Martínez Losada, C. y Mondelo, M. (1996). La astronomía en la formación de profesores. *Alambique. Didáctica de las Ciencias Experimentales*, 10, pp. 121-127.

García Barros, S., Martínez Losada, C. y Mondelo Alonso, M. y Vega Marcote, P. (1997). La Astronomía en textos escolares de educación primaria. *Enseñanza de las Ciencias*, 15 (2), pp. 225-232.

García Barros, S., Mondelo, M. y Martínez Losada, C. (1995). ¿Qué vemos en el cielo? Una introducción a la enseñanza de la Astronomía. Suplemento Aula 44, nro. 34. Barcelona: Graó Educación.

García Barros, S., Mondelo, M., Martínez Losada, C. y Larrosa Cañestro, I. (2003). *La observación del cielo. Un instrumento para estudiar el espacio y el tiempo*. Suplemento Aula 51, nro. 40. Barcelona: Graó Educación.

Gellon, G., Rosenvasser Feher, E., Furman, M. y Golombek, D. (2005). Los astros celestes: el uso de un modelo. En *La ciencia en el aula* (pp. 135-149). Buenos Aires: Paidós.

Gil Quilez, M. y Martínez Peña, M. (2005). El modelo Sol-Tierra-Luna en el lenguaje iconográfico de estudiantes de magisterio. *Enseñanza de las Ciencias*, 23(2), pp. 153-166.

González, R. (1990). La Astronomía y la reforma de la enseñanza. *Enseñanza de las Ciencias*, 9 (1), pp. 111-113.

Iglesias, M., Quinteros, C. y Gangui, A. (2010). Indagación llevada a cabo con docentes de primaria en formación sobre temas básicos de Astronomía. *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias*, 9 (2), pp. 467-486.

Jiménez Liso, R., López-Gay, R. y Martínez Chico, M. (2012). Cómo trabajar en el aula los criterios para aceptar o rechazar modelos científicos. ¿Tirar piedras contra nuestro propio tejado? *Alambique. Didáctica de las Ciencias Experimentales*, 72, pp. 47-54.

Kalkan, H. y Kiroglu, K. (2007). Science and nonscience students' Ideas about basic astronomy concepts in preservice training for elementary school teachers. *Astronomy Education Review*, 1 (6), pp. 15-24.

- Kriner, A. (2004). Las fases de la Luna, ¿cómo y cuándo enseñarlas? *Ciência & Educação*, 10(1), pp. 111-120.
- Lanciano, N. (1989). Ver y hablar como Tolomeo y pensar como Copérnico. *Enseñanza de las Ciencias*, 7(2), pp. 173-182.
- Lanciano, N. (1995). Mirando el cielo: obstáculos conceptuales ante el espacio. Un enfoque transversal. *Uno: Revista de didáctica de las matemáticas*, 6, pp. 85-94.
- Lanciano, N. y Camino, N. (2008): Del ángulo de la geometría a los ángulos en el cielo. Dificultades para la conceptualización de las coordenadas astronómicas acimut y altura, *Enseñanza de las Ciencias*, 26 (1), pp. 77–92.
- Moreno Lorite, M. (1998). A cielo abierto: una experiencia de aprendizaje de astronomía. *Alambique. Didáctica de las Ciencias Experimentales*, 18, pp. 75-83.
- Navarro Pastor, M. (2011). Enseñanza y aprendizaje de Astronomía diurna en primaria mediante “secuencias problematizadas” basadas en “mapas evolutivos”. *Enseñanza de las ciencias*, 29(2), pp. 163–174.
- Ogan-Bekiroglu, F. (2007). Effects of model-based teaching on pre-service physics teacher’s conceptions of the Moon, Moon Phases, and other lunar phenomena. *International Journal of Science Education*, 29 (5), pp. 555-593.
- Olivares Alfonso, J. (2003). Horologium. *Uno: Revista de didáctica de las matemáticas*, 33, pp. Pp. 89-98.
- Plummer, J. (2008). Students’ Development of astronomy concepts across time. *Astronomy Education Review*, 1 (7), pp. 139-148.
- Plummer, J., Wasko, K. y Slagle, C. (2011). Children learning to explain daily celestial motion: Understanding astronomy across moving frames of reference. *International Journal of Science Education*, 33(14), pp. 1-30.
- Plummer, J., Kocareli, A. y Slagle, C. (in review). Learning to explain astronomy across moving frames of reference: Exploring the role of classroom and planetarium-based instructional contexts.
- Rincón Voelzke, M. y Perelra Gonzaga, E. (2013). Analysis of the astronomical concepts presented by teachers of some Brazilian state. *Journal of Science Education*, 1(14), pp. 23-25.
- Sadler, P. (1996). Astronomy’s conceptual hierarchy. *Astronomical Society of the Pacific Conference Series*, 89, pp. 46-60.
- 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), pp. 1-29.
- Sneider, C., Bar, B. y Kavanagh, C. (2011). Learning about seasons: A guide for teachers and curriculum developers. *Astronomy Education Review*, 10(3), pp. 1-22.
- Stahly, L., Krockover, G. y Shepardson, D. (1999). Third grade students’ ideas about the lunar phases. *Journal of Research in Science Teaching*, 36 (2), pp. 159–177.
- Subramaniam, K. y Padalkar, S. (2009). Visualisation and reasoning in explaining the phases of the Moon. *International Journal of Science Education*, 31(3), pp. 395-417.

Ten, A. y Monros, M. (1984). Historia y enseñanza de la Astronomía, I. Los primitivos instrumentos y su utilización pedagógica. *Enseñanza de las Ciencias*, pp. 49-56.

Ten, A. y Monros, M. (1985). Historia y enseñanza de la Astronomía, II. La posición de los cuerpos celestes. *Enseñanza de las Ciencias*, pp. 47-56.

Trundle, K., Atwood, R. y Christopher, J. (2007). Fourth-grade elementary student's conceptions of standards-based lunar concepts. *International Journal of Science Education*, 29(5), pp. 595-616.

Vega Navarro, A. (1996). Ideas Precopernicanas en nuestros libros de texto. *Revista de Educación*, 311, pp. 339-354.

Vega Navarro, A. (2001). Tenerife tiene seguro de Sol (y de Luna): Representaciones del profesorado de primaria acerca del día y la noche. *Enseñanza de las Ciencias*, 19(1), pp. 31-44.

Vega Navarro, A. (2007). Ideas, conocimientos y teorías de niños y adultos sobre las relaciones Sol-Tierra-Luna. Estado actual de las investigaciones. *Revista de Educación*, 342, pp. 475-500.

Vega Navarro, A. y Marrero Acosta, J. (2002). El hechizo de la elipse, *Relación Secundaria-Universidad. Encuentros de didáctica de las ciencias*, 2, pp. 624-632. La Laguna: Universidad de La Laguna.

Vega, A. (2003). El día y la noche en los cuentos. *Curriculum*, 16, pp. 61-73.

Vosniadou, S. y Brewer, W. (1992). Mental models of the Earth: a study of conceptual change in childhood. *Cognitive Psychology*, 24, pp. 535-585.

Vosniadou, S. y Brewer, W. (1994). Mental models of the day/night cycle. *Cognitive Science*, 18, pp. 123-183.

Referencias bibliográficas adicionales

Landau, L., Ajezer, A. y Lifshitz, E. (1973). *Curso de Física General. Mecánica y Física molecular*. Moscú: Mir.

Schoon, K. (1992). Students alternative conceptions of Earth and space. *Journal of Geological Education*, 40, pp. 209-214.

Schoon, K. (1995). The origin and extent of alternative conceptions in the Earth and space sciences: a survey of pre-service elementary teachers. *Journal of Elementary Sciences Education*, 7(2), pp. 27-46.

Trumper, R. (2001). A cross-age study of junior high school student's conceptions of Basic Astronomy Concepts. *International Journal of Science Education*, 23, (11), pp. 1111-1123.

Trundle, K., Atwood, R. y Christopher, J. (2002). Preservice elementary teacher's conceptions of Moon phases before and after instruction. *Journal of Research in Science Teaching*, 39(7), pp. 633-658.