

Análisis de las concepciones sobre el sistema Sol-Tierra de estudiantes de magisterio y dificultades encontradas en su transferencia a otros contextos

Lucha¹, P., Dies-Álvarez¹, M.E., Ferrer¹, L.M., Mazas¹, B.

¹*Departamento de Didáctica de las Ciencias Experimentales. Universidad de Zaragoza*

plucha@unizar.es

RESUMEN

En este trabajo se analizan las concepciones sobre el sistema Sol-Tierra de 49 alumnos del grado de magisterio de Educación Primaria, plasmadas en el informe de una actividad en la que tuvieron que medir la sombra de un objeto vertical a lo largo de un trimestre. La tarea demandaba que los alumnos identificaran los factores astronómicos que influyen en la variación de la longitud de las sombras a lo largo del año, y que los relacionaran con los datos registrados. Los resultados muestran que, tan solo un tercio de los alumnos, identificaron conjuntamente el movimiento de traslación y la inclinación del eje de rotación como factores influyentes, y ningún alumno mencionó el papel de la esfericidad de la Tierra, por lo que podríamos decir que hay una falta de comprensión del sistema Sol-Tierra. Por otro lado, se ha apreciado dificultad para crear textos argumentativos dónde aparezcan relacionados los datos registrados con los conceptos implicados. Además, las justificaciones escritas en una prueba final indican que, un elevado porcentaje de los alumnos, memorizan ideas y conceptos en lugar de construir modelos personales, de manera que tienen dificultades para resolver cuestiones distintas a las planteadas en el proceso de aprendizaje.

Palabras clave

Astronomía, magisterio, transferencia, argumentación, aprendizaje de modelos.

INTRODUCCIÓN

La explicación de fenómenos mediante modelos es una de las principales prácticas en la construcción del conocimiento científico, dado que ayudan a entender las características principales del fenómeno y permiten llegar a realizar predicciones, guiar investigaciones, obtener datos, etc. (Gilbert y Boulter, 1998). Uno de los sistemas que se abordan con mayor frecuencia en las aulas de ciencias de todos los niveles educativos es el sistema Sol-Tierra. Entender este modelo teórico es importante ya que fenómenos cotidianos como la sucesión de las estaciones y la variación de la duración del día y la noche, son explicados aplicando este modelo. A pesar de ello, como muestra la investigación educativa, se han detectado numerosas dificultades en su comprensión, tanto en el alumnado (Jones y Lynch, 1987) como en los estudiantes de magisterio y maestros (De Manuel, 1995; García Barros et al., 1996; Gil Quílez y Martínez Peña, 2005; Navarrete, 1998; Parker y Heywood, 1998; Vega Navarro, 2001).

Esto se debe a que el aprendizaje de este modelo tiene una gran dificultad intrínseca debido a: (a) aspectos conceptuales (los estudiantes tienen dificultades para seleccionar los conceptos clave implicados en cada cuestión planteada), (b) las destrezas geométricas y espaciales requeridas (a los alumnos les cuesta imaginar el sistema en tres dimensiones y desde distintas perspectivas) o (c) el lenguaje utilizado (el lenguaje cotidiano para estas cuestiones expresa lo que se ve: el Sol sale, está más alto o más bajo; mientras que el lenguaje del modelo científico trasciende la observación cotidiana) (Gil Quílez y Martínez Peña, 2005).

Para tratar de mejorar la comprensión del sistema Sol-Tierra, se planteó entre alumnos de magisterio una actividad consistente en medir la longitud de la sombra de un objeto vertical periódicamente, a lo largo de un trimestre, y justificar los resultados obtenidos en el marco del modelo astronómico heliocéntrico. En nuestra opinión, esta actividad además de contribuir al aprendizaje de conceptos, permite el desarrollo de destrezas como realizar mediciones, registrar datos y relacionar los datos con los modelos teóricos (Jiménez y Sanmarti, 1997).

Finalmente, para evaluar la comprensión del sistema Sol-Tierra por parte de los alumnos, tras la realización de la actividad, se incluyó una pregunta en el examen final de la asignatura en la que se solicitaba al alumno predecir y justificar el mismo fenómeno, la evolución de la longitud de las sombras, pero introduciendo una nueva situación: se les planteaba que la tierra era cúbica en lugar de esférica. Con ello se pretendía examinar la transferencia que el alumno es capaz de realizar de los conocimientos adquiridos con la realización de la actividad previa, a nuevos contextos.

De este modo los objetivos de investigación son:

- 1) Identificar las deficiencias o errores en la comprensión del modelo Sol-Tierra que tienen los estudiantes de magisterio.
- 2) Analizar cómo el alumnado es capaz de aplicar este mismo modelo a otro contexto.

Nos gustaría señalar que apenas hemos encontrado referencias donde se utilice la Tierra con forma de cubo como recurso para aprender o evaluar conocimientos de Astronomía, en ningún nivel educativo. Los escasos recursos que utilizan esta herramienta lo hacen para ilustrar cómo cambiaría la fuerza de la gravedad y las consecuencias de este cambio (Feather, 2008).

DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN

Participantes y contexto

Los participantes son 49 alumnos de tercer curso del Grado de Magisterio en Educación Primaria, de la Facultad de Ciencias Humanas y de la Educación de la Universidad de Zaragoza, que estaban realizando la asignatura cuatrimestral “Didáctica del Medio Biológico y Geológico”.

Descripción de las actividades

Actividad de las sombras

Esta actividad se realizó entre febrero y mayo del año 2013. Originalmente se pidió a los alumnos que midieran periódicamente la longitud de la sombra proyectada por un

objeto vertical escogido por ellos. Se recomendada que las medidas fueran realizadas cada siete o diez días y se insistió en que las medidas debían de ser realizadas en el mismo lugar, a la misma hora solar y preferiblemente al medio día.

A continuación debían responder, antes de realizar la actividad, a las siguientes preguntas:

1. *¿Cuál crees que será la tendencia de las sombras?*
 - *Conforme pase el tiempo serán más cortas*
 - *Serán siempre iguales si tomamos bien las medidas*
 - *Conforme pase el tiempo serán más largas*
2. *De acuerdo con tu experiencia ¿Cuándo son más largas las sombras, en invierno o en verano? ¿O no cambian?*
3. *Para responder a estas cuestiones ¿Qué contenidos conceptuales es necesario conocer?*

Tras realizar la actividad, se solicitaba al alumnado presentar los resultados en una tabla o gráfica y responder a las siguientes cuestiones:

4. *Teniendo en cuenta los resultados y el modelo científico implicado, ¿cómo justificas los resultados? Escribe una justificación detallada y comprensible. Puedes ayudarte con dibujos.*
5. *Si realizases esta actividad con los alumnos de 5º de primaria ¿qué capacidades pueden desarrollar?*

Para analizar las concepciones de los alumnos respecto al sistema Sol-Tierra analizamos las respuestas a las preguntas 1, 2 y 4.

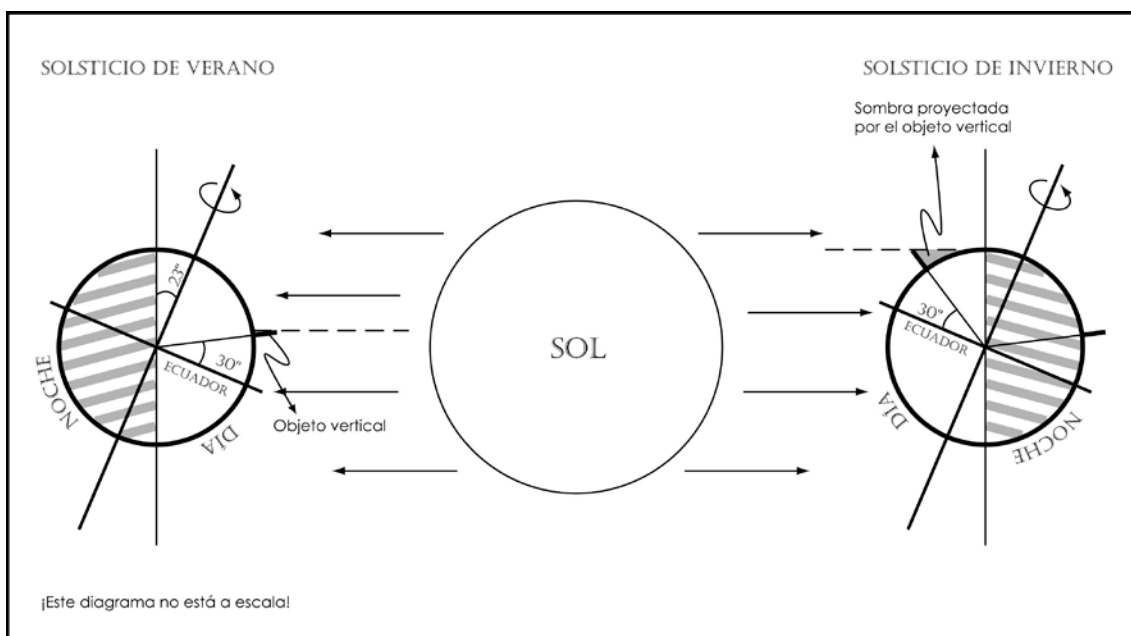


Figura 1. Diagrama trabajado con los alumnos después de que estos realizaran la actividad de medición de las sombras.

Pregunta del examen

La evaluación preliminar de las respuestas de la “*Actividad de las sombras*” nos indicó que las justificaciones de la variación de la longitud de la sombra del objeto en base al modelo astronómico heliocéntrico eran, en general, insuficientes. Para tratar de paliar esta deficiencia se trabajó sobre el diagrama que aparece en la **Figura 1**. Finalmente, en el examen escrito se incluyó una pregunta de aplicación del modelo Sol-Tierra de los alumnos a una situación en la que la forma de la Tierra no fuera esférica (**Figura 2**). Dicho examen constó de 5 preguntas de las cuales los alumnos debían de contestar a 4 como máximo. El 87% de los alumnos que se presentaron al examen escogieron responder a esta pregunta lo que indicaría un grado de confianza elevado por parte del conjunto de la clase. El objetivo de esta pregunta era comprobar si la “*Actividad de las sombras*” junto con la discusión posterior basada en la **Figura 1**, habían contribuido a que los alumnos comprendieran que los factores que influyen en la variación de la longitud de las sombras a lo largo del año son: la esfericidad de la Tierra, la inclinación del eje de Rotación y el movimiento de Traslación, y a que adquirieran la capacidad de transferir dicho aprendizaje a un problema en que la forma de la tierra era distinta.

Supongamos que la Tierra, en lugar de tener forma esférica, tuviera la forma de un cubo. Responde a las siguientes preguntas:

- ¿Cambiaría la longitud de la sombra de un objeto situado en el punto A, a lo largo del año?
- ¿Y a lo largo del día?
- ¿Variará la longitud de la sombra en función de la latitud?

Justifica tus respuestas.

La siguiente figura representa al sol y a la tierra “cúbica” en los “solsticios” y en los “equinoccios”.

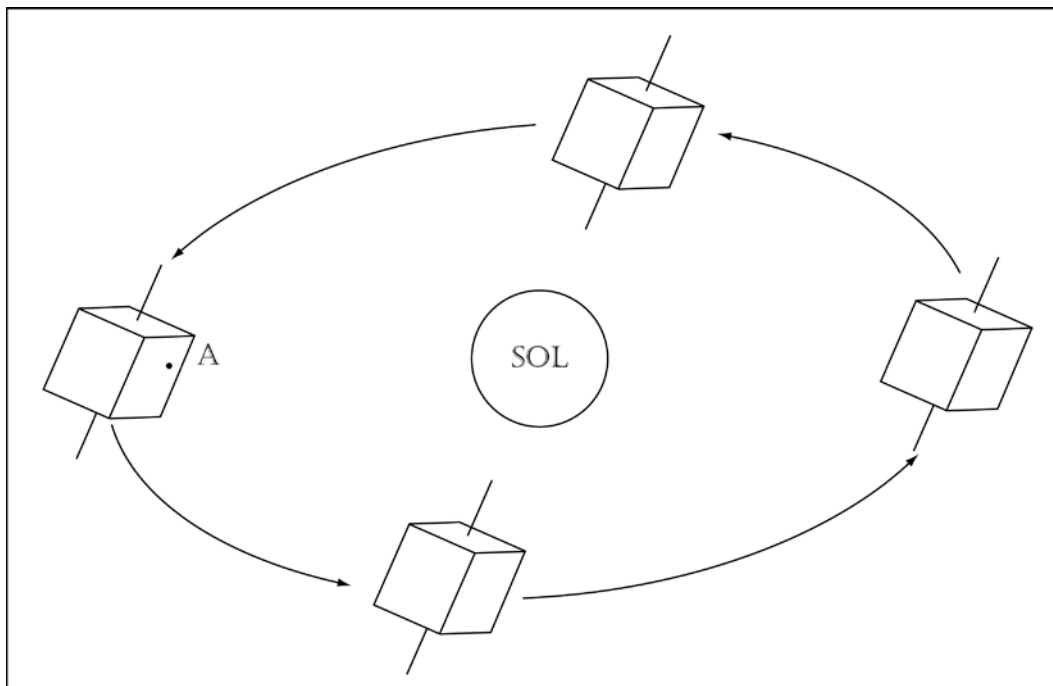


Figura 2. Pregunta del examen escrito diseñada para evaluar el aprendizaje adquirido mediante la realización de la actividad de medición de sombras.

METODOLOGÍA

La finalidad principal de este trabajo es diagnosticar la comprensión del sistema Sol-Tierra por parte de los estudiantes de magisterio. Más concretamente se pretende encontrar la respuesta a las siguientes preguntas: ¿Qué modelo del sistema Sol-Tierra predomina en los estudiantes de magisterio? ¿Son diestros para elaborar argumentaciones que impliquen este modelo? ¿Tienen capacidad para transferir su conocimiento del modelo a situaciones originales? Para responder a los objetivos de este estudio se ha empleado una metodología cualitativa: el análisis del contenido de las respuestas del alumnado. Para ello, se elabora un modelo de referencia, se contrasta con las respuestas de los estudiantes en cada una de las actividades y, finalmente, se definen unas categorías que cumplen dos criterios: exhaustividad y exclusividad. Es decir la herramienta es construida en interacción con los datos.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Sobre las concepciones de los alumnos respecto del sistema Sol-Tierra

El 84% de los alumnos respondieron en el informe de la actividad que, conforme pase el tiempo, la sombra proyectada por un objeto vertical será más corta, mientras que el 9% manifestó que la longitud de la sombra cambiará, pero no en qué sentido. Esta ambigüedad podría indicar incapacidad de predecir por incomprensión del fenómeno o dificultad para expresar las ideas de manera precisa. Con respecto a la segunda pregunta, un 84% de los alumnos afirmaron que las sombras son más largas en invierno. El resto (un 16%) no contestaron a esta pregunta. Nuestra interpretación es que han considerado que contestando a la primera pregunta estaban respondiendo también a ésta.

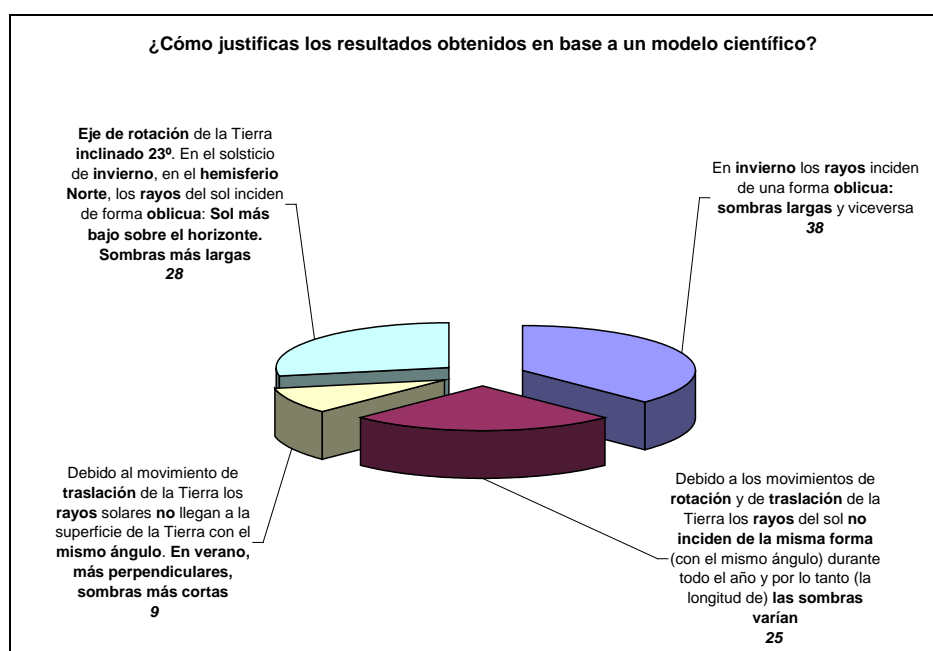


Figura 3. Conceptos seleccionados por los alumnos de magisterio para justificar la evolución de la longitud de las sombras medidas.

Al justificar los datos registrados, todos los alumnos coinciden en relacionar la longitud de las sombras con el ángulo de incidencia de los rayos del sol sobre el objeto. Esto es: en invierno las sombras son más largas porque los rayos inciden con un ángulo menor o más oblicuo porque el sol se encuentra más bajo con respecto al horizonte, mientras que

en verano el sol está más alto y sus rayos inciden más perpendicularmente o con un mayor ángulo y por eso, en esta época del año, las sombras que proyectan los objetos son más cortas. Las diferencias aparecen al explicar por qué los rayos del sol inciden en nuestra latitud, con mayor o menor ángulo, respecto a la superficie terrestre, dependiendo de la época del año. Así, un 37% de los alumnos consideran que la justificación es completa al relacionar la longitud de la sombra con la altura relativa del sol sobre el horizonte y/o con el ángulo de incidencia de los rayos del sol con respecto a la superficie. Un 9% argumenta que el movimiento de traslación es el responsable de que los rayos del sol no lleguen a la superficie de la Tierra con el mismo ángulo a lo largo del año, mientras que un 25% considera responsables de este hecho tanto al movimiento de traslación como al de rotación. Tan solo un 28% de los alumnos justifica la variación de la longitud de la sombra de un objeto a lo largo del año apelando a la inclinación del eje de rotación de la Tierra junto con el movimiento de traslación. Ningún alumno menciona la influencia de la esfericidad del planeta (**Figura 3**).

Consideramos que las dificultades discutidas en los párrafos anteriores podrían ser debidas a la dificultad de integrar el modelo personal procedente de la experiencia cotidiana con el modelo científico heliocéntrico que obliga a imaginar el sistema Tierra-Sol estando el observador en el espacio. Tal y como se ha citado anteriormente, conjugar esa doble perspectiva es uno de los mayores problemas que encuentran los alumnos al construir el modelo del sistema Sol-Tierra (Gil Quílez y Martínez Peña, 2005).

Por otro lado, se ha apreciado entre los alumnos dificultad para crear textos argumentativos dónde aparezcan relacionados los datos registrados con los conceptos implicados. En nuestra opinión, esta dificultad puede estar relacionada con: (a) la falta de hábito para utilizar dibujos y gráficos como herramientas de expresión, (b) cierta dificultad para utilizar las formas de expresión y el vocabulario científico-matemático y (c) una cierta debilidad en la habilidad de comunicación lingüística.

Así, a pesar de que el enunciado de la actividad decía que podían ayudarse de dibujos para justificar los resultados obtenidos, tan solo un 9% de los alumnos han incorporado dibujos propios en el informe, mientras que un 75% han incorporado imágenes procedentes de libros de texto y/o Internet. Por otro lado, en torno a un 40% de los alumnos que han contestado la pregunta sobre la “*Tierra Cúbica*” del examen, han utilizado dibujos aunque menos del 10% de ellos tenían poder explicativo. Tampoco parecen estar habituados a utilizar formas de expresión matemática, de modo que, solamente el 43% de los alumnos representaron la evolución de la longitud de las sombras a lo largo del trimestre utilizando gráficas. Afirmaciones como “*A mediodía la sombra se encontrará justo debajo del objeto*” (A2), indican dificultades para utilizar vocabulario matemático. Finalmente, tanto en la “*Actividad de las sombras*”, como en las respuestas a la pregunta del examen, se han identificado explicaciones que incluyen como argumento el concepto que se pretende explicar (tautología): “*No, (la sombra) no variará en función de la latitud por lo mismo que antes, la superficie es cuadrada y los rayos se prolongan perpendicularmente a esta superficie, por la forma de cubo*” (A34).

Sobre la transferencia del aprendizaje a otros contextos

Con respecto a la cuestión: “*¿Cambiaría la longitud de la sombra de un objeto situado en el punto A, a lo largo del año?*”, un 34% de los alumnos ha respondido que si pero no han detallado cuando será más largas o más corta. Por otro lado un 37% ha

contestado que la sombra proyectada por el objeto será más larga en invierno y más corta en verano, porque en verano los rayos inciden más perpendicularmente.

Otro 10% ha predicho que no cambiará la longitud sino que solo cambiará la orientación (hacia el Norte en “invierno” y hacia el Sur en “verano”). Aunque estas respuestas denotan una mayor comprensión del fenómeno, indican que la predicción se ha basado únicamente en lo que sucedería en los solsticios y no han considerado lo que le ocurriría a la sombra del objeto a lo largo del año o durante los equinoccios. Finalmente tan solo un 2 % de los alumnos han predicho que la longitud de la sombra será máxima en los solsticios, estando orientada en el zenit hacia el Norte en el de invierno y hacia el Sur en el de verano, y nula durante los equinoccios, de forma análoga a lo que ocurre en la “Tierra esférica” en el ecuador.

En cuanto a la justificación de sus respuestas, un 22% de los alumnos no realizan argumentación alguna. De los alumnos que afirman que la sombra cambiará a lo largo del año, el 9% lo explica por los movimientos de Traslación y Rotación de la Tierra, un 15% únicamente por el movimiento de Traslación, otro 15% por la inclinación del eje de rotación de la Tierra y un 30% por la combinación de la inclinación del eje de rotación y el movimiento de traslación. Nuestra interpretación es que, tanto el 37% de alumnos que indica que en la "Tierra cúbica" la sombra proyectada por el objeto será más larga en invierno y más corta en verano, como el 30% que justifica que se debe a la inclinación del eje de rotación y el movimiento de traslación, han memorizado que *“debido a la inclinación del eje de rotación de la tierra, y al movimiento de traslación, los rayos de sol inciden de manera más oblicua en el hemisferio norte en invierno y por eso los objetos producen sombras más largas”*. Esto nos lleva a considerar que aproximadamente un tercio de los alumnos podrían haber aprendido el modelo de forma memorística y no llegar a ser capaces de aplicarlo en otro problema.

Entre los que defienden que la sombra no cambiará a lo largo del año, las respuestas son más heterogéneas y en general se apela al movimiento de traslación y a que *“el suelo de nuestro cubo terrestre es plano”* (A12) a veces cayendo en la tautología: *“No, por el movimiento de traslación al tratarse de un cubo, va a estar siempre en la misma posición que en el dibujo "A" por lo tanto la longitud no cambia, solo cambiará la dirección”* (A1).

No deja de ser curioso que un mismo argumento: el movimiento de traslación terrestre, sea utilizado como argumento suficiente, tanto por algunos de los que defienden que la sombra del objeto cambiará a lo largo del año, como por los que defienden que no.

CONCLUSIONES

El análisis del informe de la actividad consistente en: medir periódicamente la sombra proyectada por un objeto vertical durante un trimestre y justificar los datos registrados, parece indicar que hay una falta de comprensión del sistema Sol-Tierra por parte de los alumnos en 3º curso del grado de magisterio. Así, tan solo un 28% de los alumnos incluyó como argumentos en el informe la inclinación del eje de rotación terrestre y el movimiento de Traslación para justificar la evolución en la longitud de la sombra del objeto medida y ninguno citó la influencia de la esfericidad de la Tierra. Por otro lado, tanto esta actividad, como la pregunta de examen consistente en predecir cómo evolucionará la sombra de un objeto vertical situado en un cierto punto “A” de una de las caras de una imaginaria Tierra cúbica, han revelado que estos alumnos tienen

algunos problemas para elaborar explicaciones. Estas dificultades pueden deberse a la falta de: a) cierta destreza en comunicación lingüística, b) hábito para utilizar dibujos y gráficos como herramientas de expresión y c) cierta habilidad para utilizar las formas de expresión y vocabulario científico-matemático. Así, un 22% de los alumnos no han justificado sus respuestas a la primera de las cuestiones planteadas en la pregunta del examen y entre los que si justifican sus respuestas existen algunas imprecisiones (*posición del eje de rotación* en lugar de inclinación del eje de rotación). Además algunas explicaciones incluyen como argumento el concepto que se pretende explicar (tautología). Por otro lado, tan solo un 43% de los alumnos han representado la evolución temporal de la longitud de la sombra utilizando gráficas y, únicamente el 41% y el 9%, han incluido dibujos propios para justificar dicha evolución en la pregunta del examen y en el informe de la actividad práctica, respectivamente.

Finalmente, el hecho de que un 37% de los alumnos haya contestado en la pregunta del examen que la sombra de un objeto vertical situado en el punto "A" de la "Tierra cúbica" será más larga en invierno y más corta en verano, nos indica que algunos alumnos tienen dificultades para transferir su aprendizaje a nuevas situaciones.

Esto nos lleva a considerar la importancia de evaluar el aprendizaje solicitando a nuestros alumnos que apliquen los modelos trabajados en clase a problemas originales relacionados.

AGRADECIMIENTOS

Agradecemos a Beatriz Bravo y a M^a Begoña Martínez-Peña sus valiosas sugerencias.

BIBLIOGRAFÍA

De Manuel Barrabín, J. (1995). ¿Por qué hay veranos e inviernos? Representaciones de estudiantes (12-18) y de futuros maestros sobre algunos aspectos del modelo Sol-Tierra. *Enseñanza de las Ciencias*, 13(2), 227-236.

Feather, R.M. Jr., McLaughlin, C.W., Thompson, M. y Zike, D. (2008). *Glencoe Physical Science with Earth Science*. McGraw-Hill.

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

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

Gilbert, J. K. y Boulter, C. J. (1998). Learning science through models and modelling. In B. J. F. Fraser y K. G. Toben (Eds.), *International Handbook of Science Education* (pp. 53-66). Dordrecht: Kluwer Academic Publisher.

Jiménez, M. P. y Sanmartí, N. (1997). ¿Qué ciencia enseñar?: objetivos y contenidos en la Educación Secundaria. In Del Carmen, L. (Coord.), *La enseñanza y el aprendizaje de las ciencias de la naturaleza en la educación secundaria*. Barcelona: ICE-Horsori.

Jones, B. L. y Lynch, P. P. (1987). Childrens's concepts of the Earth, Sun and Moon. *International Journal of Science Education*, 9(1), 43-53.

Navarrete Salvador, A. (1998). Una experiencia de aprendizaje sobre los movimientos relativos del sistema «Sol-Tierra-Luna» en el contexto de la formación inicial de maestros. *Investigación en la Escuela*, 35, 5-20.

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, pp. 503-520.

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.