

La enseñanza-aprendizaje de fenómenos astronómicos cotidianos en la Educación Primaria española

Vílchez-González, J. M. y Ramos-Tamajón, C. M.

Departamento de Didáctica de las Ciencias Experimentales. Universidad de Granada. España.
jmvilchez@ugr.es

[Recibido en febrero de 2014, aceptado en junio de 2014]

En este artículo se presentan los resultados de un estudio realizado con un grupo clase integrado por alumnos españoles de educación primaria (7-8 años) de una escuela concertada de Granada capital, en relación con el sistema Sol-Tierra-Luna. Se analiza el cambio conceptual en la interpretación de fenómenos cotidianos (ciclo día-noche, fases lunares y estaciones) en tres grupos de segundo curso con metodologías de aprendizaje diferenciadas. Se lleva a cabo un estudio longitudinal, durante más de dos trimestres, mediante la realización de un pretest y dos postests. Según muestran nuestros resultados, hay considerables obstáculos cognitivos para la comprensión de estos fenómenos. Al parecer, las estrategias didácticas interactivas basadas en juego de rol son las que ofrecen mejores resultados a corto y a largo plazo.

Palabras clave: Educación primaria; Juego de rol; Ciclo día-noche; Fases lunares; Estaciones.

Teaching and learning of everyday astronomical phenomena in Spanish Primary Education

This article shows the results of a study carried out with Spanish Primary Education children (7-8 years old) in relation to the Sun-Earth-Moon system. Conceptual change about everyday phenomena (day-night cycle, moon phases and seasons' succession) is investigated in three groups (K2) under different learning conditions. A longitudinal study is performed for over two quarter of the academic year, including one pretest and two posttests. According to our results, the sample seems to have considerable cognitive obstacles for understanding these physical concepts, being apparently learning strategies based on role-playing the best option to overcome these cognitive problems in a short-and long- term.

Keywords: Primary Education; Role playing; Day-night cycle; Moon phases; Seasons.

Introducción

Una de las conclusiones del Seminario Internacional sobre Investigación en la Enseñanza de las Ciencias, celebrado en 2004 en Aveiro (Portugal), es la necesidad básica de incorporar al profesorado a la investigación para la mejora del impacto de la didáctica de las ciencias en la práctica docente (Capachuz *et al.*, 2004, p. 37). Pero la realidad es bien distinta y, al parecer, el profesorado de primaria y secundaria cada vez se implica menos en la investigación educativa (Solbes *et al.*, 2004).

En comparación con otras etapas educativas, la investigación didáctica en educación primaria no es abundante, pese a que se trata de la etapa que conlleva las primeras relaciones entre el alumnado y la ciencia escolar, de las que dependerán sus actitudes (y aptitudes) futuras hacia las disciplinas científicas. En palabras de Hannust y Kikas (2007): *“algunos niños generalizan los nuevos conocimientos con mucha facilidad, lo que indica que los materiales utilizados en la enseñanza pueden promover el desarrollo de conceptos no científicos y dichos conceptos deben abordarse pronto para evitar el desarrollo de modelos no científicos coherentes”*.

En un intento de romper con esta tradición en la enseñanza de ciencias, durante la fase de prácticas en centros escolares de una estudiante de último curso de la Diplomatura de Maestro de Educación Primaria de la Universidad de Granada (España), coautora de este trabajo, se

lleva a cabo un estudio en aulas de segundo curso (7-8 años) con la intención de, por una parte, introducir a esta profesora en formación en la metodología que caracteriza la investigación educativa como modo de rentabilizar la práctica docente y, por otra, extraer sugerencias de mejora para el tratamiento de algunos fenómenos cotidianos relacionados con el sistema Sol-Tierra-Luna en las aulas de educación primaria.

Fenómenos tan cotidianos como la sucesión del día y la noche, la sucesión de las estaciones, las fases de la Luna, los eclipses, o los movimientos del Sol y la Luna percibidos durante un día, reciben explicaciones por parte de docentes y discentes de distintos niveles educativos, y de la población en general (Plummer y Krajcik, 2010), que en muchas ocasiones nos asombrarían. Pensemos, por ejemplo, en preguntas como las siguientes:

- ¿Cuántas veces hemos oído que el Sol y la Luna “salen” por el este y “se ponen” por el oeste? ¿Nos hemos parado a pensar que esto ocurre realmente solo un día de cada año?
- ¿Alguna vez, en España, el Sol está justo en el cenit, de modo que un poste vertical no proyectaría sombra?
- ¿Qué maleta prepararíamos para un viaje a latitudes medias del hemisferio sur en diciembre?
- ¿Somos conscientes de que es durante el verano del hemisferio Norte cuando la distancia Sol-Tierra es mayor?

Argumentar con seguridad estas preguntas implicaría la aplicación de los saberes adquiridos en diferentes situaciones y/o contextos, lo que mostraría un mayor grado de competencia científica, más allá de enumerar los planetas del sistema solar, o expresar - posiblemente debido a un aprendizaje memorístico -, que es la Tierra la que gira alrededor del Sol y no al revés (¡nuestros sentidos dicen lo contrario!). Sin embargo, es a estas últimas cuestiones a las que solemos enfrentar al alumnado de primaria, sintiendo satisfacción cuando se obtienen buenas respuestas, que, sin embargo, solo muestran conceptos con un anclaje frágil (Perkins, 1995), almacenados en memoria de corto plazo.

Los contenidos relacionados con el Universo suelen ser atractivos para el alumnado de todos los niveles educativos, desde la enseñanza primaria hasta la universitaria. Además, como caso particular, la comprensión del sistema Sol-Tierra-Luna representa uno de los elementos clave en la historia y evolución de las ideas y del desarrollo científico. Como plantean Jones, Lynch y Reesink (1987), *“la necesidad del modelo heliocéntrico opuesto a la descripción de la Tierra como centro del sistema solar tiene un enorme significado intelectual. La transición representa un indicador clave de las tensiones que existen entre mito, magia, ciencia y religión”*.

Estas cuatro construcciones del saber humano (mito, magia, ciencia y religión), han ejercido históricamente una influencia crucial en la descripción del Universo, constituyendo un buen ejemplo de evolución del conocimiento científico. Los procesos de enseñanza/aprendizaje deberían guiarse, partiendo de la observación del entorno, por la misma premisa de apropiación progresiva de contenidos. Y la mejor forma de abordar esta tarea no son, por cierto, los actuales planteamientos docentes de transmisión-recepción, que han demostrado conducir históricamente a fracasos escolares masivos y al limitado nivel de competencias tanto en los egresados actuales del sistema escolar obligatorio como en el profesorado de ciencias (Tricárico et al., 2012).

Investigaciones anteriores (Lelliott y Rollnick, 2010; Plummer y Krajcik, 2010) han subrayado que, en general, el alumnado no posee una comprensión científica de las grandes ideas de la Astronomía. La ambigüedad en las respuestas de estudiantes de distintos niveles sobre

fenómenos naturales cotidianos hace pensar en contenidos mal aprendidos, posiblemente por haber sido mal enseñados. En relación con la educación primaria, algunos trabajos ponen de manifiesto serias dificultades cognitivas en el alumnado, por las que finalmente no se llega a adquirir la comprensión acerca de la ubicación de la Tierra en el espacio (Alfonso *et al.*, 1995).

El alumnado llega a las aulas con una amplia gama de concepciones alternativas acerca de muchos de los fenómenos cotidianos, y los métodos tradicionales de enseñanza-aprendizaje, en general, no llegan a permitir superar estas dificultades en la mayoría de los casos, haciéndose imprescindible un cambio en el enfoque metodológico de estos contenidos. Así, las estrategias con las que se suele abordar en la educación primaria la enseñanza de fenómenos como las fases lunares, las estaciones o el ciclo día-noche no ofrecen fiabilidad en términos de anclaje en memoria de largo plazo (Bakas y Mikropoulos, 2003; Chin-Chung y Chun-Yen, 2005), predominando con el paso del tiempo las ideas previas sobre estos fenómenos cotidianos (Samarapungavan *et al.*, 1996; Vosniadou y Brewer, 1994). La metodología utilizada en las aulas habitualmente es expositiva, descontextualizada y no significativa, y se presta escasa atención al contenido observacional y descriptivo (Stahly *et al.*, 1999; Trumper, 2006), a pesar de trabajar con estudiantes con los que se requiere el uso de análogos concretos.

Es necesario, pues, “superar posibles concepciones previas de escasa base científica pero con gran peso experiencial” (MEC, 2006, p. 43063), así como “reflexionar y discutir los conceptos astronómicos partiendo de los conocimientos preexistentes” (Barnett y Morran, 2002). Si solo se trabajan los conceptos de forma memorística, estos tienden a ser olvidados en tiempos relativamente cortos, y el estudiante retrocede a su idea inicial sobre el fenómeno (Chin-Chung Tsai, Chun-Yen Chang, 2005).

La necesidad de promover un mejor aprendizaje de las ciencias es un tema candente, y para ello el desarrollo y contraste de material curricular es una de las estrategias ineludibles (Navarro, 2011). Además, uno de los retos permanentes en la enseñanza de las ciencias es conseguir que el alumnado relacione los contenidos de la ciencia escolar con sus experiencias cotidianas, en lugar de almacenarlos en la memoria a corto plazo, con anclaje frágil y en general no significativo.

En este artículo se presenta y se contrasta en la práctica una propuesta didáctica para abordar contenidos relacionados con el sistema Sol-Tierra-Luna, concebida para acercar al alumnado de primer ciclo de educación primaria a su entorno próximo y comenzar a forjar estructuras cognitivas estables a efectos de pasar de teorías implícitas a teorías disciplinares de ciencia escolar en etapas posteriores. Se intenta abarcar, por una parte, la necesidad de investigaciones de este tipo (Navarrete *et al.*, 2004); por otra, la conveniencia de fomentar la participación del profesorado de educación primaria en investigaciones educativas.

Objetivos de la investigación

Los objetivos son dos:

1. Implementar y evaluar una estrategia de actuación en el aula, basada en estrategias didácticas interactivas (juego de rol), para trabajar contenidos relacionados con el sistema Sol-Tierra-Luna en primer ciclo de educación primaria, en particular, la ubicación del Sol y la Luna durante el día y la noche, las fases de la Luna y las estaciones.

2. Introducir a la coautora de este estudio en la metodología que caracteriza la investigación educativa, como modo de rentabilizar la enseñanza-aprendizaje de las ciencias.

Diseño de la investigación

Se ha llevado a cabo una investigación cuasiexperimental, con un grupo experimental y dos grupos control (Campbell y Stanley, 2011). Antes de abordar los contenidos en el aula, se proporcionó a la muestra un pretest, de diseño propio, que fue respondido de nuevo al finalizar la unidad didáctica. Para comprobar la estabilidad del anclaje cognitivo, pasados cinco meses se les volvió a enfrentar a las mismas cuestiones.

Participantes y contexto

La presente investigación se ha realizado con alumnos de segundo curso de educación primaria de un centro educativo de Granada capital, de contexto socioeconómico medio. Participaron los tres grupos con los que contaba el centro, uno como grupo experimental (GE) y los otros como grupos control (C1 y C2).

En total han participado 75 alumnos. El grupo experimental contó con la participación de 23 alumnos, y los grupos control con 26 alumnos cada uno.

Instrumentos de investigación y cronograma de actuación

El cuestionario utilizado en el pretest y los postests se diseñó sobre la base de cuestiones relacionadas, casi en su totalidad, con la observación del entorno, sobre las que existen ideas previas identificadas ([Anexo 1](#)). Se estructura en cuatro bloques de contenidos:

1. Fenómenos relacionados con el día y la noche.
2. Fenómenos relacionados con las estaciones.
3. Las fases de la Luna.
4. Modelo Sol-Tierra-Luna.

Los tres primeros contienen cuestiones que hacen referencia a la observación directa del entorno, mientras que el último está más relacionado con contenidos teóricos que suelen estudiarse a estas edades ([Anexo 2](#)).

El pretest se realizó en diciembre de 2011, el primer postest en enero de 2012 y el segundo postest en junio del mismo año. En todos los casos se dedicó una sesión de clase (50 minutos) a su realización. Dada la edad de los participantes, cuando se les proporcionaba el cuestionario (preparado en formato de ficha de trabajo similar a las que trabajaban en clase a diario) lo primero que se hacía era leer las cuestiones al grupo e indicarles que cualquier duda que tuviesen la consultasen con los profesores antes de responder.

Estrategias didácticas utilizadas

Los tres grupos trabajaron bajo la tutela de docentes noveles. En el caso del grupo C1, los contenidos fueron impartidos por la profesora de apoyo del centro, que contaba con poca experiencia docente y solía trabajar en colaboración con la tutora del grupo. En el grupo C2 fue un profesor sustituto, también con poca experiencia, el que se hizo cargo de la unidad. Finalmente, el grupo GE trabajó bajo la dirección de la coautora del presente artículo, supervisada por la profesora responsable del aula. En los tres grupos se dedicaron cinco sesiones de clase a los contenidos que nos ocupan.

La Tabla I muestra la metodología y recursos utilizados en cada grupo para los distintos bloques de contenidos.

Tabla I. Estrategias didácticas utilizadas en los distintos grupos.

| Contenidos | Grupo | Metodología ^(*) | Recursos, aparte de libro de texto ^(**) y pizarra |
|---|-------|--|--|
| Fenómenos relacionados con el ciclo día-noche | C1 | • Expositiva | |
| | C2 | • Expositiva | |
| | GE | • Expositiva • Juego de rol | • Linterna (Sol) y globo terráqueo • Software de simulación (Stellarium ¹) |
| Las fases de la Luna | C1 | • Expositiva | • Linterna (Sol), globo terráqueo y pelota (Luna) • Imágenes y cartulina |
| | C2 | • Expositiva | • Imágenes y cartulinas |
| | GE | • Expositiva-participativa • Juego de rol | • Linterna (Sol), globo terráqueo y pelota (Luna) • Imágenes y cartulinas • Vídeo-canción en ordenador • Poesías |
| Fenómenos relacionados con las estaciones | C1 | • Expositiva | • Globo terráqueo y pelota de Pilates (Sol) |
| | C2 | • Expositiva | • Silla del profesor (Sol) y globo terráqueo |
| | GE | • Expositiva • Juego de rol | • Linterna (Sol) y globo terráqueo • Pelota de Pilates (Sol) • Fotografías de orto y ocaso del Sol (elaboración propia) • Software de simulación (Stellarium) |
| Modelo Sol-Tierra-Luna | C1 | • Expositiva | • Pelota de Pilates (Sol), pelota (Luna) y globo terráqueo • Audio (canción) |
| | C2 | • Expositiva | • Silla del profesor (Sol) y globo terráqueo |
| | GE | • Expositiva-participativa • Juego de rol | • Pelota de Pilates (Sol), pelota (Luna) y globo terráqueo • Canciones y videos (PC) • Sala con pantalla y persianas |
| ^(*) Breve descripción de metodologías: Expositiva: transmisión-recepción sin retroalimentación. Expositiva-participativa: transmisión-recepción con retroalimentación y uso de recursos complementarios. Juego de rol: los alumnos, recursos en mano, simulan los movimientos de traslación y rotación (intentando respetar los periodos) de los astros que intervienen en los fenómenos estudiados. ^(**) Muñoz Maroto, A. <i>et al.</i> (2011). Conocimiento del Medio (2º Trimestre), 2º Primaria. Mairena de Aljarafe (Sevilla): Guadiel, Grupo Edebé. | | | |

Los profesores de los grupos control (principalmente la profesora del grupo C1), que habitualmente venían trabajando con el uso exclusivo de pizarra y libro de texto, al observar el material utilizado en el grupo experimental manifestaron su interés por utilizarlo, y así procedieron en distintos momentos de su intervención (Tabla I). No obstante, el uso que hicieron de él fue distinto que en el grupo experimental, en el que siempre se persiguieron estrategias orientadas a la participación activa del alumnado (juego de rol). En la Figura 1 se muestra parte del material empleado.

Al igual que en otras investigaciones (Cardenete, 2011), se recurre a la utilización de modelos para sustituir los cuerpos celestes (Sol-Tierra-Luna) por objetos de uso cotidiano en el centro escolar. Complementada con el juego de rol, en el que el alumnado es el protagonista, se pretende que expliquen los fenómenos que se producen al moverse estos cuerpos celestes. Esto, unido a la observación directa o indirecta (esta última a través de fotografías o simulaciones informáticas) de los mismos, puede ser una buena estrategia para que comiencen a entenderlos.

¹ Software de simulación astronómica de uso libre (<http://www.stellarium.org/es/>).

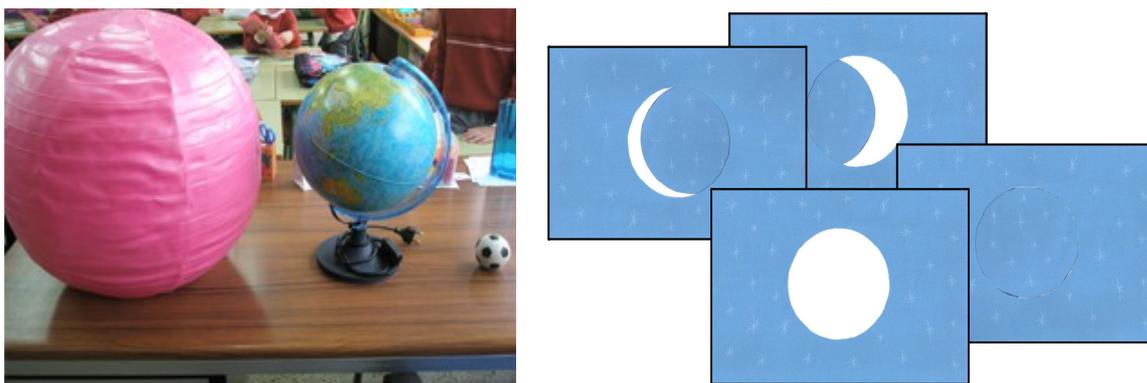


Figura 1. Algunos de los recursos utilizados (fotografías realizadas por los autores)

Resultados

Se presentan los resultados agrupados en los bloques de contenido del cuestionario. Para el análisis de los mismos se tiene en cuenta solo a los alumnos que lo respondieron en los tres momentos en los que se proporcionó el instrumento. Debido a ello, el número de participantes objeto de análisis queda reducido a 61 (C1: N=21; C2: N=20; GE: N=20). Al final del apartado se analiza la evolución de los grupos.

Bloque 1. Fenómenos relacionados con el día y la noche

1. ¿Dónde está el Sol cuando es de noche?

La Tabla II muestra las categorías y frecuencias por tipo de respuesta.

Tabla II. Categorías y frecuencias de respuesta a cuestión 1.

| Categorías de respuesta | Prueba | C1 | C2 | GE | Total |
|--|-----------------|----|----|----|-------|
| 0. Incoherente (del tipo “en ningún sitio”, “no porque si no será de día”, “no está”) | Pretest | | 3 | | 3 |
| | Primer postest | | 1 | 1 | 2 |
| | Segundo postest | | 2 | 1 | 3 |
| 1. Escondido en algún lugar del entorno (montañas, Luna, nubes), o simplemente escondido | Pretest | 16 | 13 | 11 | 40 |
| | Primer postest | 9 | 9 | 9 | 27 |
| | Segundo postest | 12 | 8 | 6 | 26 |
| 2. En algún lugar más lejano (en el espacio, en el cielo, etc.) | Pretest | | 1 | 1 | 2 |
| | Primer postest | | 4 | 1 | 5 |
| | Segundo postest | | 3 | | 3 |
| 3. En la otra parte de la Tierra | Pretest | 4 | 3 | 8 | 15 |
| | Primer postest | 11 | 5 | 9 | 25 |
| | Segundo postest | 7 | 7 | 13 | 27 |

En cuanto a la ubicación del Sol durante la noche, en general, el número de respuestas incoherentes se mantiene durante el curso. El porcentaje de alumnos que lo consideran oculto en algún lugar del entorno disminuye durante el curso (65,6% → 44,3% → 42,6%), aumentando el número de respuestas correctas (24,6% → 41% → 44,3%). El grupo que mejor evoluciona es GE, lo que anima a pensar en la eficacia de la metodología empleada. No obstante, al finalizar el curso el 63,7% del total de alumnos participantes ofrece respuestas incoherentes o incorrectas, indicativo de la dificultad de asimilar los contenidos trabajados a estas edades.

Estos resultados coinciden con los de investigaciones anteriores (Vega, 2001; Vosniadou y Brewer, 1994).

2. ¿Dónde está la Luna cuando es de día?

La Tabla III muestra las categorías y frecuencias por tipo de respuesta a esta cuestión.

Tabla III. Categorías y frecuencias de respuesta a cuestión 2.

| Categorías de respuesta | Prueba | C1 | C2 | GE | Total |
|---|-----------------|----|----|----|-------|
| 0. Incoherente (del tipo “en ningún lado”, “no está”, “no porque si no sería de noche”) | Pretest | | 3 | 1 | 4 |
| | Primer postest | | 1 | 1 | 2 |
| | Segundo postest | | 2 | 2 | 4 |
| 1. Escondida en algún lugar del entorno (montañas, nubes), o simplemente escondida | Pretest | 8 | 12 | 8 | 28 |
| | Primer postest | 6 | 7 | 5 | 18 |
| | Segundo postest | 8 | 5 | 2 | 15 |
| 2. En la otra parte de la Tierra | Pretest | 5 | 3 | 8 | 16 |
| | Primer postest | 9 | 5 | 8 | 22 |
| | Segundo postest | 6 | 7 | 11 | 24 |
| 3. En el cielo, o en algún lugar más lejano, no visible | Pretest | | 2 | 2 | 4 |
| | Primer postest | | 3 | | 3 |
| | Segundo postest | | 3 | 1 | 4 |
| 4. En el cielo, a veces visible | Pretest | | | 1 | 1 |
| | Primer postest | 1 | 3 | 6 | 10 |
| | Segundo postest | 1 | 3 | 2 | 6 |

La ubicación de la Luna durante el día plantea más dificultades que la del Sol durante la noche. Se observa una disminución en el número de respuestas en comparación con la cuestión anterior (sobre todo en el grupo C1). Parece que les resulta más fácil saber dónde está el Sol de noche que dónde está la Luna de día.

Inicialmente predominan las respuestas que sitúan la Luna “escondida en algún lugar del entorno”, o simplemente “escondida”, cuyo porcentaje disminuye durante el curso (45,9% → 29,5% → 24,6%). Le siguen las respuestas que consideran la Luna en la otra parte de la Tierra (idea previa extendida en la que el Sol y la Luna se persiguen alrededor del planeta), cuyo porcentaje aumenta durante el curso (26,2% → 36,1% → 39,3%). El porcentaje de alumnos

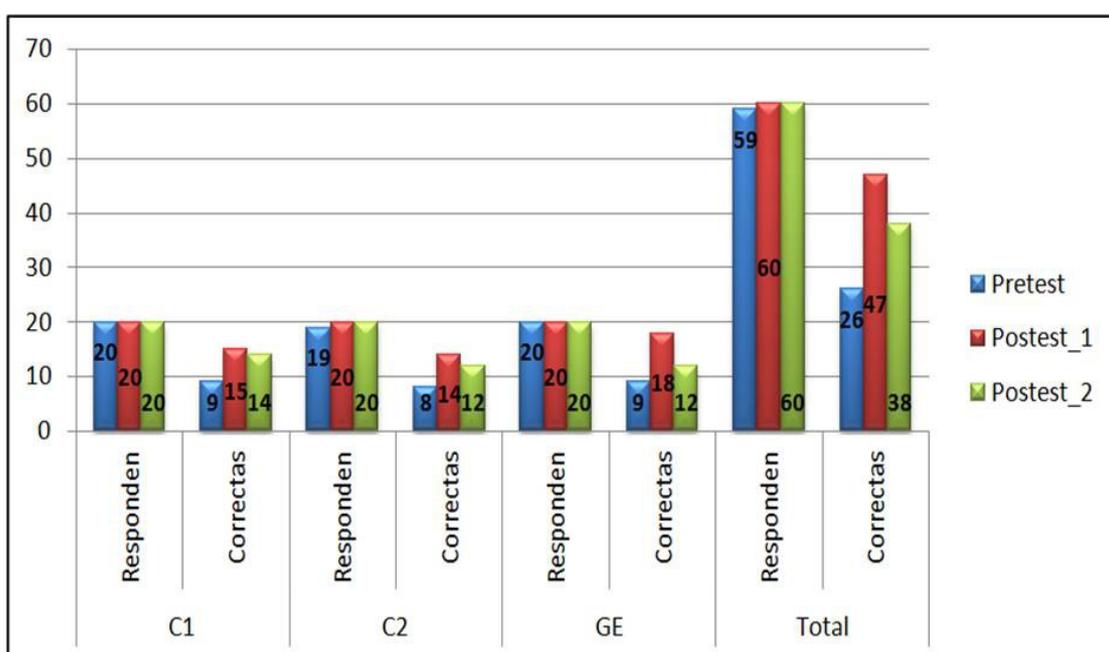
que reconocen poder ver la Luna de día presenta una evolución peculiar (1,6% → 16,4% → 9,8%), principalmente por la contribución del grupo GE. Aunque la metodología utilizada presenta buenos resultados a corto plazo, las ideas previas presentan gran resistencia al cambio y vuelven a aparecer con el tiempo. Cabe destacar que al finalizar el curso más del 90% de participantes no reconocen poder ver la Luna de día.

Estos resultados coinciden con los de investigaciones anteriores (Vega, 2001; Vosniadou y Brewer, 1994).

Bloque 2. Fases de la Luna

3. ¿Has visto alguna vez la Luna de día?

La Gráfica 1 muestra el número de participantes que, por grupos y en total, responden a esta pregunta, así como las frecuencias de respuestas afirmativas.



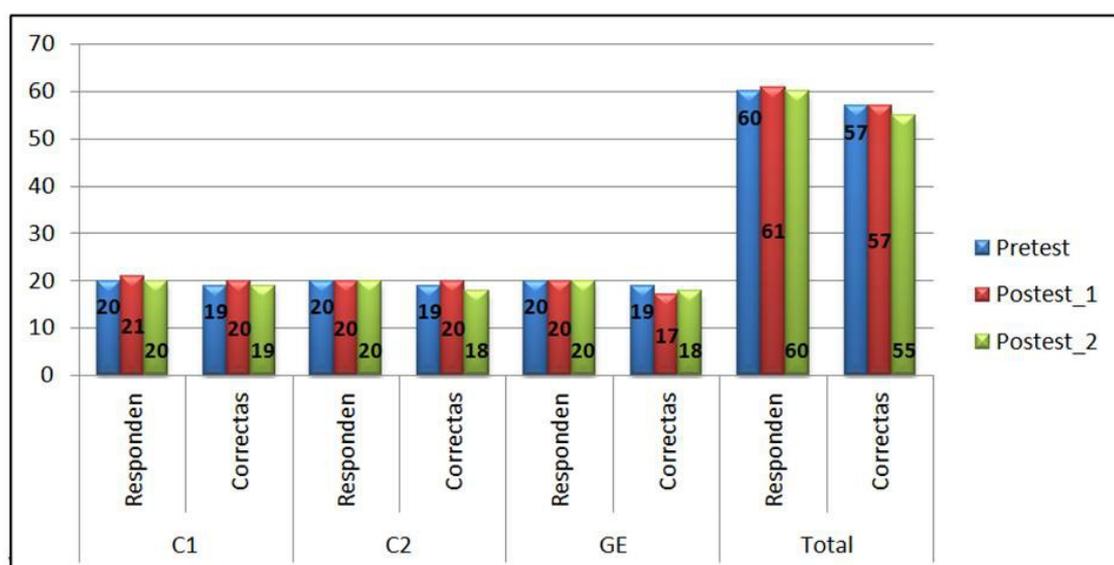
Gráfica 1. Frecuencias de respuestas cuestión 3

La evolución en el porcentaje de alumnos que afirman poder ver la Luna de día (42,6% → 77,0% → 62,3%) es muy distinta a la observada en la cuestión 2, en la que se pedía la información de forma indirecta. No obstante, aún queda un 37,7% de participantes que lo niegan, dato indicativo de la necesidad de más observación directa de estos fenómenos.

Al finalizar el curso hay más alumnos que admiten poder ver la Luna de día que en el pretest, aunque hay menor cantidad que inmediatamente después de trabajar los contenidos en clase. De nuevo se observa en este caso la persistencia de las ideas previas en la muestra.

4. ¿Ves la Luna siempre igual?

La Gráfica 2 muestra el número de participantes que, por grupos y en total, responden a la pregunta, así como las frecuencias de respuestas correctas.



Gráfica 2. Frecuencias de respuestas cuestión 4

Prácticamente la totalidad de participantes reconoce no ver siempre igual la Luna.

5. ¿Por qué crees que cambia la Luna?

La Tabla IV muestra las categorías y frecuencias por tipo de respuesta.

Tabla IV. Categorías y frecuencias de respuesta a cuestión 5.

| Categorías de respuesta | Prueba | C1 | C2 | GE | Total |
|--|-----------------|----|----|----|-------|
| 0. Incoherente, niega el cambio, o relaciona “cambio” con “movimiento” | Pretest | 2 | 7 | 1 | 10 |
| | Primer postest | 1 | 5 | 1 | 7 |
| | Segundo postest | 1 | 3 | 2 | 6 |
| 1. Respuesta redundante (del tipo “porque tiene que cambiar”, “porque así es su vida”, “porque nunca puede estar igual”) | Pretest | 1 | | 4 | 5 |
| | Primer postest | | 3 | | 3 |
| | Segundo postest | | 3 | | 3 |
| 2. Relaciona con la ocultación por otro astro u objeto | Pretest | 2 | 1 | 1 | 4 |
| | Primer postest | | | | |
| | Segundo postest | | 1 | 1 | 2 |
| 3. Nombra las fases de la Luna | Pretest | 2 | 10 | 7 | 19 |
| | Primer postest | 2 | 8 | 6 | 16 |
| | Segundo postest | 1 | 7 | 6 | 14 |
| 4. Relaciona con traslación de la Luna y/o reflejo del Sol | Pretest | | | 1 | 1 |
| | Primer postest | 8 | 2 | 11 | 21 |
| | Segundo postest | 6 | | 7 | 13 |

Aunque prácticamente todos los participantes afirman que la Luna cambia de forma, al pedirles la razón de ello muchos quedan sin respuesta. Se vuelve a incidir en la necesidad de promover el diálogo y la argumentación en las aulas de ciencias como medio de participar en la alfabetización científica de los alumnos (Barnett y Morran, 2002; Sherrod y Wilhelm, 2009).

Se observa que las respuestas de los alumnos han mejorado, en términos generales, durante el curso. El mayor avance se observa entre el pretest y el primer postest, y de este al segundo postest disminuye el número de respuestas más acordes con la explicación científica. Esto podría interpretarse en términos de aprendizajes, en algunos casos, poco significativos. No obstante, al finalizar el curso se obtiene un porcentaje de respuestas aceptables bastante superior al conseguido en el pretest (1,6% → 21,3%), principalmente en C1 y GE, lo que podría ser indicativo de la mayor estabilidad temporal de los conocimientos adquiridos a partir de las metodologías didácticas puestas en práctica con estos grupos.

Como muestra de la dificultad cognitiva que supone incorporar estos contenidos, cerca del 80% del alumnado participante no ofrece una explicación aceptable del porqué de las fases de la Luna.

Bloque 3. Fenómenos relacionados con las estaciones

6. ¿Por qué crees que hay veranos e inviernos?

La Tabla V muestra las categorías y frecuencias por tipo de respuesta.

Tabla V. Categorías y frecuencias de respuesta cuestión 6.

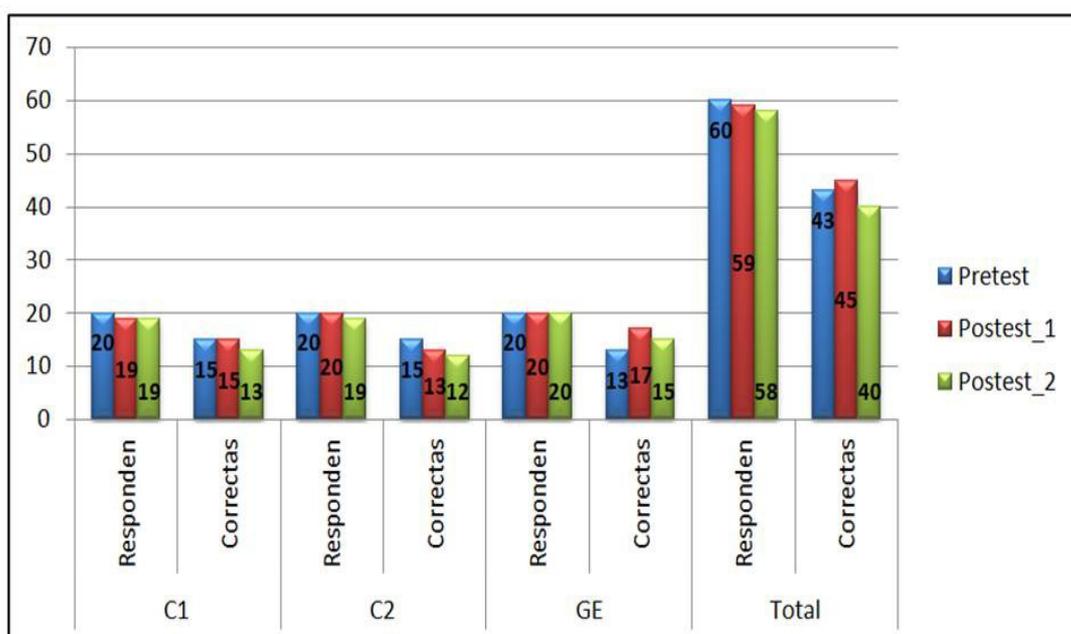
| Categorías de respuesta | Prueba | C1 | C2 | GE | Total |
|---|-----------------|----|----|----|-------|
| 0. Incoherente (del tipo “por el cambio del tiempo”, “el Sol tapa la Luna”, “el Sol está muy caliente”, “porque hay día y noche”) | Pretest | | | | |
| | Primer postest | | | 1 | 1 |
| | Segundo postest | 1 | 1 | 2 | 4 |
| 1. Respuesta redundante (del tipo “porque son las estaciones del año”, “porque tiene que haber época de frío y de calor”, “porque los meses del año son así”) | Pretest | 2 | 10 | 8 | 20 |
| | Primer postest | 4 | 7 | 5 | 16 |
| | Segundo postest | 2 | 5 | 5 | 12 |
| 2. Relaciona con vivencias (del tipo “porque algunas veces hace frío y otras calor”, “porque si solo hay inviernos nos congelamos”) | Pretest | 3 | 1 | | 4 |
| | Primer postest | | | 1 | 1 |
| | Segundo postest | 2 | 6 | 5 | 13 |
| 3. Relaciona con traslación de la Tierra o posición del Sol | Pretest | | 1 | 1 | 2 |
| | Primer postest | 3 | 1 | 9 | 13 |
| | Segundo postest | 1 | 3 | 3 | 7 |

Para explicar la alternancia entre veranos e inviernos, los alumnos recurren a respuestas redundantes (las más presentes en todas las pruebas) o a vivencias personales no relacionadas con el conocimiento científico. Las primeras tienden a disminuir (32,8% → 26,2% → 19,7%) y las segundas a aumentar (6,6% → 1,6% → 21,3%). El porcentaje de respuestas incoherentes también aumenta durante el tratamiento (0,0% → 1,6% → 6,6%).

El grupo GE, que utiliza el juego de rol y software de simulación como recursos didácticos, mejora considerablemente del pretest al primer posttest, aunque al finalizar el curso solo el 11,5% del grupo ofrece buenas explicaciones al fenómeno (en el primer posttest lo hacía el 21,3%). Se trata de contenidos complejos que hay que trabajar de forma continuada durante el curso, y los docentes no deben limitarse a explicaciones breves que no aseguran un adecuado anclaje cognitivo, aunque en ocasiones parezcan dar buenos resultados a corto plazo.

7. *¿El Sol sale y se pone siempre por el mismo sitio?*

La Gráfica 3 muestra el número de participantes que, por grupos y en total, responden a la pregunta citada, así como las frecuencias de respuestas correctas.

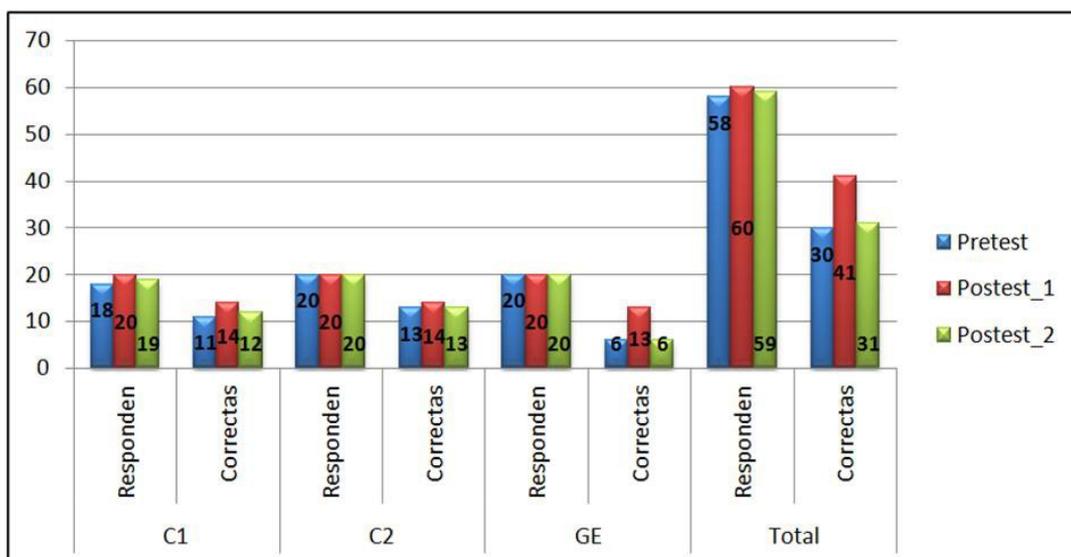


Gráfica 3. Frecuencias de respuestas cuestión 7

En relación con las posiciones del orto y el ocaso del Sol a lo largo del año, el grupo GE, con el que se trabajó con fotografías realizadas desde el mismo lugar en las que se observaban los distintos puntos del horizonte en los que ocurrían, es el que mejores resultados obtiene en los dos postests, pese a partir de una frecuencia menor de respuestas correctas en el pretest. La observación del entorno es fundamental para adquirir estos conocimientos, no bastando con su mera verbalización.

8. *¿Está el Sol más alto en verano que en invierno?*

La Gráfica 4 muestra el número de participantes que, por grupos y en total, responden a la pregunta, así como las frecuencias de respuestas correctas.



Gráfica 4. Frecuencias de respuestas a cuestión 8

Respecto al azimut solar máximo en verano y en invierno, se vuelven a observar buenos resultados a corto plazo (sobre todo en el grupo GE), pero con poca estabilidad temporal. En todos los grupos, y en general, se observa la misma evolución: mayor número de respuestas correctas en el primer postest que en el pretest (especialmente en GE) y un retroceso al final de curso para quedar, prácticamente, en iguales valores que en el pretest.

9. ¿Por qué crees que hace más calor en verano que en invierno?

La Tabla VI muestra las categorías y frecuencias de respuesta.

Tabla VI. Categorías y frecuencias de respuesta cuestión 9.

| Categorías de respuesta | Prueba | C1 | C2 | GE | Total |
|---|-----------------|----|----|----|-------|
| 0. Incoherente (del tipo “en invierno”, “porque en invierno no sale el Sol y en verano sí”, “porque no”) | Pretest | | | | |
| | Primer postest | 1 | 2 | | 3 |
| | Segundo postest | | | | |
| 1. Respuesta redundante (del tipo “para que no haga siempre lo mismo”, “porque en invierno llueve mucho”, “porque en verano tiene que hacer calor y en invierno frío”) | Pretest | | | | |
| | Primer postest | 2 | 6 | 2 | 10 |
| | Segundo postest | | 3 | 1 | 4 |
| 2. Relaciona con vivencias (del tipo “porque en verano el Sol está más fuerte, en invierno no está tan fuerte”, “porque en invierno no te puedes bañar y en verano sí”) | Pretest | 9 | 15 | 9 | 33 |
| | Primer postest | 1 | 5 | 2 | 8 |
| | Segundo postest | | 8 | 1 | 9 |
| 3. Relaciona con traslación de la Tierra o posición del Sol | Pretest | 1 | 3 | 10 | 14 |
| | Primer postest | 4 | 3 | 8 | 15 |
| | Segundo postest | 10 | 6 | 17 | 33 |
| 4. Relaciona con inclinación de los rayos solares | Pretest | | | | |
| | Primer postest | 4 | 2 | 5 | 11 |
| | Segundo postest | 3 | 1 | 1 | 5 |

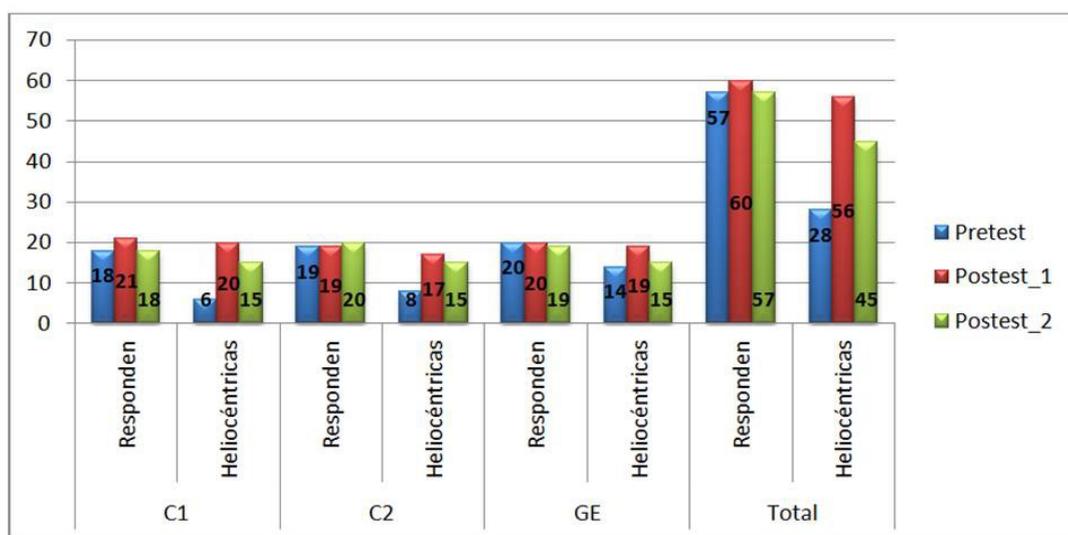
Respecto a la razón de por qué hace más calor en verano que en invierno, disminuyen durante el estudio las respuestas relacionadas con vivencias personales sin contenido científico (lo que es un buen indicador, pues se puede relacionar con el reconocimiento de que los fenómenos naturales tienen una explicación aparte de las vivencias personales), y aumentan considerablemente las respuestas que, sin dar más detalles, argumentan en base a la traslación de la Tierra. Las respuestas que hablan de “inclinación de los rayos del Sol” aparecen por primera vez en el primer postest, reduciéndose a menos de la mitad al finalizar el curso. Las respuestas redundantes, que no tienen presencia en el pretest, aparecen en cambio en el primer postest.

Vale recordar que el fenómeno de la sucesión de las estaciones es de los que más cuesta entender a edades incluso de educación secundaria o universitarias (Bach y Franch, 2004). Requiere de, además de un sólido modelo tridimensional dinámico, la comprensión de muchos conocimientos previos (Navarrete *et al.*, 2004). En el nivel de educación primaria creemos que bastaría, en cambio, con la observación y descripción de lo observado, sin necesidad de introducir el modelo heliocéntrico, que poca conexión tiene con la vida cotidiana.

Bloque 4. Sistema Sol-Tierra-Luna

10. Rodea la afirmación correcta: a) La Tierra gira alrededor del Sol; b) El Sol gira alrededor de la Tierra. Haz un dibujo de la situación del Sol y la Luna respecto a la Tierra.

La Gráfica 5 muestra el número de participantes que, por grupos y en total, responden a la primera parte de la cuestión, y las frecuencias de respuestas con hipótesis heliocéntricas.



Gráfica 5. Frecuencias de respuesta a primera parte cuestión 10

Todos los grupos mejoran del pretest al primer postest, especialmente C1. De este al segundo postest disminuye el número de respuestas con hipótesis heliocéntricas, aunque se mantiene superior al del pretest.

Los alumnos aprenden con facilidad que la Tierra gira alrededor del Sol (45,9% → 91,8% de respuestas con hipótesis heliocéntricas del pretest al primer postest), aunque este aprendizaje posiblemente sea poco significativo para sus vidas, por lo que termina olvidándose en algunos casos (73,8% de respuestas heliocéntricas en segundo postest). Si realmente lo que se observa desde la superficie de la Tierra es que todo gira a su alrededor, consideramos preferible no introducir el modelo heliocéntrico a edades tan tempranas a fin de que entendiesen mejor lo

que ocurre en su entorno y supiesen describirlo y explicarlo. A un mayor nivel de maduración y desarrollo cognitivo, habría tiempo de enfrentarlos a los modelos científicos y permitir otro modo de explicar estos fenómenos.

Respecto al dibujo solicitado, la Tabla VII muestra las categorías y frecuencias de los realizados.

Tabla VII. Categorías y frecuencias de dibujos del modelo.

| Categorías de respuesta | Prueba | C1 | C2 | GE | Total |
|---|-----------------|----|----|----|-------|
| 0. Indescifrable | Pretest | 14 | 16 | 8 | 38 |
| | Primer postest | 14 | 15 | 3 | 32 |
| | Segundo postest | 18 | 17 | 13 | 48 |
| 1. Tierra y Luna giran alrededor del Sol | Pretest | | | 2 | 2 |
| | Primer postest | 1 | | 3 | 4 |
| | Segundo postest | | | | |
| 2. Sol y Luna giran alrededor de la Tierra | Pretest | 7 | 3 | 8 | 18 |
| | Primer postest | 3 | 3 | | 6 |
| | Segundo postest | | | 1 | 1 |
| 3. Tierra gira alrededor del Sol y la Luna la acompaña en reposo relativo | Pretest | | 1 | 2 | 3 |
| | Primer postest | 3 | 1 | 1 | 5 |
| | Segundo postest | 2 | 1 | 3 | 6 |
| 4. Modelo correcto | Pretest | | | | |
| | Primer postest | | 1 | 13 | 14 |
| | Segundo postest | | 2 | 3 | 5 |

En cualquiera de los tres momentos en los que se pasa el cuestionario, el porcentaje de dibujos indescifrables es elevado (62,3 % → 52,5 % → 78,7 %), viéndose reducido en el primer postest debido a las respuestas de GE. De nuevo, las metodologías que implican la participación activa del alumnado ofrecen mejores resultados relativos, al menos a corto plazo. No obstante, al finalizar el curso, solo 5 alumnos (8,2 %) reproducen en sus dibujos el modelo correcto.

Evolución de los grupos

Dado que las respuestas a cuestiones no dicotómicas (que requieren argumentación) se categorizan asignando un coeficiente mayor a respuestas más “acertadas”, una mayor puntuación media en cada prueba significa mayor número de dicotómicas correctas y mayor acercamiento a la respuesta más válida en las no dicotómicas. Podemos utilizar, pues, la puntuación media de los grupos para estudiar la evolución de los grupos durante el curso.

En la Tabla VIII se presentan, en términos globales, los resultados de aplicar el ensayo estadístico T de Student para muestras relacionadas a tres pares de variables: pretest *v.s.* primer postest, primer postest *v.s.* segundo postest, y pretest *v.s.* segundo postest. El análisis se realiza con el programa SPSS 15.0, asumiendo un $\alpha = 0,05$ bilateral.

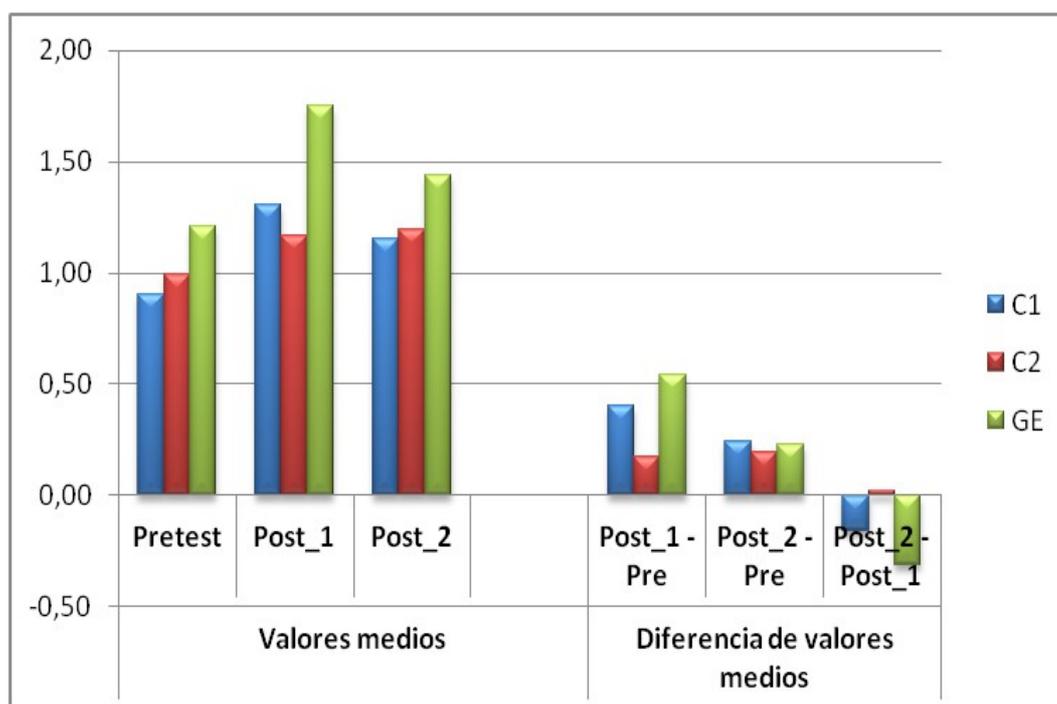
Tabla VIII. T de Student para muestras relacionadas para el conjunto de participantes.

| Pares | Dif. Medias | Desv. | Error | Sig. |
|----------------------------------|-------------|-------|-------|-------|
| Pretest – Primer postest | -0,375 | 0,383 | 0,049 | 0,000 |
| Primer postest - Segundo postest | 0,150 | 0,470 | 0,060 | 0,015 |
| Pretest - Segundo postest | -0,224 | 0,395 | 0,051 | 0,000 |

En general, la evolución de los participantes es positiva y estadísticamente significativa ($p < 0,001$) entre el pretest y el primer postest, y entre el pretest y el segundo postest, en este segundo caso con menor diferencia de valores medios.

La diferencia de valores medios entre los dos postests juega a favor del primero. De febrero a junio disminuye el número de respuestas correctas a muchas de las cuestiones, como se ha visto en el análisis de frecuencias, lo que se ha relacionado con la escasa estabilidad temporal del aprendizaje de contenidos. Esta disminución en la puntuación global del alumnado entre los dos postests también es estadísticamente significativa ($p < 0,05$).

En la Gráfica 6 se muestran los valores medios obtenidos en cada prueba, segregados por grupos, así como la diferencia entre los obtenidos en cada momento del curso.



Gráfica 6. Puntuaciones medias de cada prueba y diferencia de valores medios entre pruebas

En todos los grupos se mejora tanto del pretest al primer postest como del pretest al segundo postest; los grupos C1 y GE empeoran sus resultados entre los dos postests, al contrario que C2. Entre el pretest y el primer postest la mayor diferencia se observa en el grupo GE. Entre el pretest y el segundo postest el grupo con mayor diferencia es C1, seguido muy de cerca por GE.

Para comprobar si estas diferencias de valores medios son estadísticamente significativas se utiliza la prueba de rangos con signo de Wilcoxon (Martín, 2001). La Tabla IX muestra los datos obtenidos.

Tabla IX. Evolución de los grupos (prueba de rangos con signo de Wilcoxon)

| Grupo | | Primer postest- Pretest | Segundo postest – Primer postest | Segundo postest – Pretest |
|-------|------------------------------|----------------------------|-------------------------------------|------------------------------|
| C1 | Z | -3,454 ^(a) | -0,782 ^(b) | -2,589 ^(a) |
| | Sig. asintót. (bilateral) | 0,001 | 0,434 | 0,010 |
| C2 | Z | -2,296 ^(a) | -0,403 ^(a) | -2,457 ^(a) |
| | Sig. asintót. (bilateral) | 0,022 | 0,687 | 0,014 |
| GE | Z | -3,825 ^(a) | -2,777 ^(b) | -2,820 ^(a) |
| | Sig. asintót. (bilateral) | 0,000 | 0,005 | 0,005 |

^(a) Basada en los rangos negativos; ^(b) Basada en los rangos positivos

En términos de grupo, las evoluciones estadísticamente significativas son:

- Evolución positiva de todos los grupos del pretest al primer postest, y del pretest al segundo postest.
- En el grupo GE, disminución de valores medios entre los dos postests.

Se comprueba, pues, que las metodologías que mejores resultados ofrecen son las que utilizan modelos tangibles (C1 y GE) y estrategias didácticas interactivas (GE). Aunque no se mejora en todas las cuestiones, como se ha visto en el análisis de frecuencias, en términos generales son las que mayor estabilidad presentan en sus aprendizajes, tanto a corto como a largo plazo.

Conclusiones

Del análisis de resultados se pueden extraer las siguientes conclusiones (se indican entre paréntesis investigaciones anteriores que obtienen conclusiones similares o relacionadas):

- Las respuestas que más abundan en la muestra son las redundantes y las basadas en vivencias no relacionadas con conocimiento científico (Malone, 2011; Sharp, 1996).
- El uso de modelos tangibles y estrategias didácticas interactivas mejora el aprendizaje de los fenómenos astronómicos cotidianos objeto de estudio en el nivel de educación primaria (Cardenete, 2011).
- Abordar el estudio de fenómenos astronómicos cotidianos en pocas sesiones de clase y sin salir del aula no es una buena estrategia didáctica. Deberían, en todo caso, plantearse temporalizaciones que coincidieran, al menos, con sus ciclos naturales, y estrategias basadas en la observación directa (Malone, 2011; Sharp, 1996). De este modo se podría mejorar el anclaje cognitivo de estos contenidos.
- Si no fuese posible atender el punto anterior, el uso de software de simulación mejora la comprensión de fenómenos astronómicos (Bakas y Mikropoulos, 2003; Hobson *et al.*, 2010; Plummer *et al.*, 2011; Suzuki *et al.*, 2008). Gracias a estos programas, el alumnado puede apreciar cambios que requerirían largos periodos de observación directa.

- Los fenómenos analizados en este artículo deberían abordarse en este ciclo a nivel de descripción. Su explicación científica se debería abordar, como pronto, en el tercer ciclo de la educación primaria (Stahly *et al.*, 1999, Trundle *et al.*, 2007, Plummer y Krajcik, 2010). En ciclos previos, el aprendizaje de modelos científicos es poco significativo.

Podemos comprobar en el Real Decreto 1513/2006, por el que se establecen los contenidos mínimos para la educación primaria en España (MEC, 2006), que los correspondientes al primer ciclo en relación con el sistema Sol-Tierra-Luna hacen referencia exclusivamente a la “orientación de elementos del medio físico en relación con el Sol” y la “percepción y descripción de algunos elementos y fenómenos naturales: la luna, las estrellas y el sol, el día y la noche”.

No obstante, es habitual que en los libros de texto aparezcan contenidos mucho más amplios y complejos desde los primeros cursos de la etapa, y el profesorado suele impartirlos a estas edades. Existe una gran dependencia docente del libro de texto en las aulas españolas, y de falta de reflexión por parte de algunos docentes sobre los contenidos a abordar en función del nivel cognitivo del alumnado.

Lo que se debería promover en este nivel educativo, sobre todo en los primeros cursos, es la observación y la descripción del mundo que nos rodea. Asimilados los fenómenos del entorno, se podría proceder a la explicación que se ha dado a lo largo de la Historia de la Ciencia. Lo habitual, sin embargo, es actuar de forma contraria, mostrando en las aulas una ciencia academicista poco relacionada con la vida cotidiana. Este hecho, unido a metodologías tradicionales poco atractivas, lo único que consigue es, como venimos observando, empeorar la actitud del alumnado hacia las disciplinas científicas.

“Lo que sucede es que tenemos miedo a abordar el problema creyendo que no estamos facultados. Estamos tal vez más que de sobra facultados. Lo que pasa es que estamos intoxicados de la ciencia libresca” (Rioja, 1928, citado por Monzón y Usón, 1997). Así, “no es lo urgente comprar aparatos para nuestras escuelas, sino poner a todos nuestros maestros en situación de manejarlos con una educación sobria, pero verdadera, práctica, realista, en vez del ridículo aprendizaje de la física, de la química y de las ciencias naturales, verbal y de memoria” (Cossío, 1906, citado por Monzón y Usón, 1997).

Para finalizar, en relación con el objetivo de introducir a la profesora en formación en la investigación didáctica, se reproduce una breve reflexión de la coautora del artículo acerca de la enseñanza/aprendizaje de las ciencias:

“Esta investigación ha repercutido en mi forma de concebir la enseñanza de las ciencias. Me he percatado de que algunas dificultades se pueden solventar planificando un trabajo más manipulativo, participativo y práctico en el aula. De esta forma, el alumnado estará más motivado e interesado, y el aprendizaje será más efectivo y duradero. Pero esto no es fácil. No se trata solo de enseñar, sino también de investigar sobre los contenidos a enseñar, para adecuarlos al nivel cognitivo de los alumnos, conocer sus ideas previas, y poder trabajarlos en el aula de forma práctica, utilizando recursos diversos, y así promover cambios en sus esquemas mentales”.

Referencias bibliográficas

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

- Bach, J. y Franch, J. (2004). La enseñanza del Sistema Sol-Tierra desde la perspectiva de las ideas previas. *Enseñanza de la Ciencias de la Tierra*, 12 (3), 302-312.
- Bakas, C. y Mikropoulos, T. A. (2003). Design of virtual environments for the comprehension of planetary phenomena based on students' ideas. *International Journal of Science Education*, 25 (8), 949-967.
- Barnett, M. y Morran, J. (2002). Addressing children's alternative frameworks of the moon's phases and eclipses. *International Journal of Science Education*, 24 (8), 859-879.
- Campbell, D. y Stanley, J. (2011). *Diseños experimentales y cuasiexperimentales en la investigación social*. Buenos Aires: Amorrortu Editores.
- Capachuz, A. F., Lopes, B., Paixão, F., Praia, J. F. y Guerra, C. (Eds.). (2004). *Proceedings of the International Seminar on "The state of the art in Science Education Research"* (www.ua.pt/cidtff/ReadObject.aspx?obj=18200, último acceso el 4 de abril de 2014).
- Cardenete García, S. (2011). Sol, Tierra y Luna. Movimientos relativos y sus consecuencias. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 8 (Núm. Extraordinario), 512-518.
- Chin-Chung Tsai y Chun-Yen Chang (2005). Lasting Effects of Instruction Guided by the Conflict Map: Experimental Study of Learning about the Causes of the Seasons. *Journal of Research in Science Teaching*, 42 (10), 1089-1111
- Hannust, T. y Kikas, E. (2007). Children's knowledge of astronomy and its change in the course of learning. *Early Childhood Research Quarterly*, 22 (2007), 89-104
- Hobson, S.M., Trundle, K.C. y Saçkes, M. (2010). Using a Planetarium Software Program to Promote Conceptual Change with Young Children. *Journal of Science Education and Technology*, 19, 165-176
- Jones, B. L., Lynch, P. P. y Reesink, C. (1987). Children's concepts of the Earth and the Sun: A Cross Cultural Study. *Science Education*, 65 (1), 95-107.
- Lee, V. R. (2010). How Different Variants of Orbit Diagrams Influence Student Explanations of the Seasons. *Science Education*, 94 (6), 985-1007.
- Lelliott, A. y Rollnick, M. (2010). Big ideas: A review of astronomy education research 1974-2008. *International Journal of Science Education*, 32 (13), 1771-1799.
- Malone, V. (2011). Student Misconceptions: Where Did You Get That Idea? *National Earth Science Teachers Association*, XXVII (3), 29-33.
- Martín, Q. (2001). *Contrastes de hipótesis*. Madrid: La Muralla.
- MEC. (2006). Real Decreto 1513/2006, de 7 de diciembre, por el que se establecen las enseñanzas mínimas de la educación primaria (BOE nº 293, de 8 de diciembre de 2006).
- Monzón Pinilla, C. y Usón Jaeger, A. (1997). Propuestas didácticas innovadoras para la enseñanza de las ciencias físicas, químicas y naturales en el primer tercio del siglo XX en la escuela primaria española. *Revista Complutense de Educación*, 8 (1), 271-289.
- Navarrete, A., Azcárate, P. y Oliva, J. M. (2004). Algunas interpretaciones sobre el fenómeno de las estaciones en niños, estudiantes y adultos: revisión de la literatura. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 1(3), 146-166.

- Navarro Pastor, M. (2011). Enseñanza y aprendizaje de astronomía diurna en primaria mediante Secuencias problematizadas basadas en Mapas Evolutivos. *Enseñanza de la Ciencias*, 29 (2), 163-174.
- Perkins, D. (1995). *La escuela inteligente*. Barcelona: GEDISA.
- Plummer, J.D. y Krajcik, J. (2010). Building a Learning Progression for Celestial Motion: Elementary Levels from an Earth-Based Perspective. *Journal of Research in Science Teaching*, 47 (7), 768-787.
- Plummer, J.D., Wasko, K.D. 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), 1963-1992.
- Samarapungavan, A., Vosniadou, S. y Brewer, W.F. (1996). Mental Models of the Earth, Sun, and Moon: Indian Children's Cosmologies. *Cognitive Development*, 11, 491-521.
- Sharp, J.G. (1996). Children's astronomical beliefs: A preliminary study of year 6 children in south-west England. *International Journal of Science Education*, 18 (6), 685-712.
- Sherrod, S.E. y Wilhelm, J. (2009). A Study of how classroom dialogue facilitates the development of geometric spatial concepts related to understanding the cause of moon phases. *International Journal of Science Education*, 31 (7), 873-894.
- Solbes, J., Furió, C., Gaviria, V. y Vilches, A. (2004). Algunas consideraciones sobre la incidencia de la investigación educativa en la enseñanza de las ciencias. *Investigación en la Escuela*, 52, 103-109.
- Stahly, L.L., Krockover, G.H. y Shepardson, D.P. (1999). Third grade students' ideas about the lunar phases. *Journal of Research in Science Teaching*, 36 (2), 159-177.
- Suzuki, M., Nanbara, M., Miyata, H., Fukahori, M., Nishimori, T. y Akamatsu, T. (2008). Evaluation of on-going observations and communication with the use of Lunar Observation Support system. *7th LASTED International Conference on Web-Based Education*, WBE 2008, 17-19 March, Code 75619, 182-188.
- Tricárico, H., Vilches, A., Gil Pérez, D. y González, E. (2012). Una competencia básica para toda la ciudadanía: La capacitación para participar en la construcción de un futuro sostenible. *Educación en Ciencias Experimentales y Matemática*, Año 2, volumen 2, segunda época, 36-57.
- Trundle, K.C., Atwood, R.K. y Christopher, J.E. (2007). Fourth-grade elementary students' conceptions of standards-based lunar concepts. *International Journal of Science Education*, 29 (5), 595-616.
- Trumper, R. (2001). A cross-age study of junior high school students' conceptions of basic astronomy concepts. *International Journal of Science Education*, 23 (11), 1111-1123.
- Trumper, R. (2006). Teaching Future Teachers Basic Astronomy Concepts—Seasonal Changes—at a Time of Reform in Science Education. *Journal of Research in Science Teaching*, 43 (9), 879–906.
- 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), 31-44.
- Vosniadou, S. y Brewer, W.F. (1994). Mental models of the day/night cycle. *Cognitive Science*, 18 (1), 123-183.

Ying-Shao Hsu (2008). Learning About Seasons in a Technologically Enhanced Environment: The Impact of Teacher-Guided and Student-Centered Instructional Approaches on the Process of Students' Conceptual Change. *Science Education*, 92 (2), 320-344.

Anexo 1. Concepciones alternativas del alumnado

- Fenómenos relacionados con el día y la noche (Vega Navarro, 2001; Vosniadou y Brewer, 1994):
 - ✓ El Sol es tapado por las nubes, la noche o la Luna;
 - ✓ El sol se esconde en un lugar indeterminado del cielo, detrás de las montañas o en el mar;
 - ✓ El Sol gira cada día en torno a la Tierra, moviéndose hacia arriba y hacia abajo, acercándose y alejándose, y la Luna lo sigue;
 - ✓ La Luna y el Sol se encuentran estáticos en posiciones diametralmente opuestas.
 - ✓ La Luna no sale de día, igual que el Sol no sale de noche. La noche es un producto de la Luna y el día es un producto del Sol.
- Estaciones (Cardenete, 2011; Lee, 2010; Malone, 2011; Trumper, 2001; Ying-Shao Hsu, 2008):
 - ✓ La distancia no constante entre el Sol y la Tierra, como razón de las estaciones del año.
 - ✓ En verano estamos más próximos al Sol y en invierno más lejos.
 - ✓ Las estaciones se pueden explicar por: la revolución del Sol alrededor de la Tierra; la rotación de la Tierra hace que el Sol a veces esté cerca de la Tierra y a veces lejos; el cambio de la velocidad de la revolución de la Tierra alrededor del Sol, siendo más lento en verano (más calor) y más rápido en invierno (menos calor).
- Fases de la Luna (Malone, 2011):
 - ✓ Las sombras de otros astros, proyectadas sobre la Luna, son las que hacen cambiar su forma aparente.

Anexo 2. Cuestionario

| | |
|---|---|
| Bloque I. Fenómenos relacionados con el día y la noche | 1. ¿Dónde está el Sol cuando es de noche? 2. ¿Dónde está la Luna cuando es de día? |
| Bloque II. Las fases de la Luna | 3. ¿Has visto alguna vez la Luna de día? 4. ¿Ves la Luna siempre igual? 5. ¿Por qué crees que cambia la Luna? |
| Bloque III. Fenómenos relacionados con las estaciones | 6. ¿Por qué crees que hay veranos e inviernos? 7. ¿El Sol sale y se pone siempre por el mismo sitio? 8. ¿Está el Sol más alto en verano que en invierno? 9. ¿Por qué crees que hace más calor en verano que en invierno? |
| Bloque V. Modelo Sol-Tierra-Luna | 10. Rodea la afirmación correcta: a) La Tierra gira alrededor del Sol; b) El Sol gira alrededor de la Tierra. Haz un dibujo de la situación del Sol y la Luna respecto a la Tierra. |