



Percepciones de estudiantes para maestros de educación primaria sobre los modelos analógicos como recurso didáctico

Perceptions of students for future primary school teachers about analog models as a didactic resource

Natalia Jiménez-Tenorio, Lourdes Aragón Núñez, José María Oliva Martínez
Departamento de Didáctica (Área Didáctica de las Ciencias Experimentales). Universidad de Cádiz (España)
natalia.jimenez@uca.es, lourdes.aragon@uca.es, josemaria.oliva@uca.es

RESUMEN • En este artículo se investigan las opiniones de 169 alumnos del Grado de Educación Primaria sobre la utilidad de varios modelos analógicos empleados en su formación sobre el fenómeno de las estaciones. Para ello, al finalizar la experiencia de aprendizaje sobre dicho tópico, se les administró un cuestionario al objeto de valorar sus percepciones al respecto. En él, se contemplaron dos variables: el modelo concreto evaluado y la población a la que va dirigido (maestros frente a alumnos de primaria). Los resultados obtenidos mostraron niveles de valoración que iban de moderados a altos. Además, la variabilidad de las respuestas se explicaba mejor a partir de la idiosincrasia del modelo evaluado que en función del tipo de sujeto destinatario. No obstante, no siempre la intencionalidad didáctica depositada por el docente en cada recurso fue adecuadamente percibida por los participantes.

PALABRAS CLAVE: formación de maestros; modelos analógicos; modelización; percepciones; sistema Sol-Tierra.

ABSTRACT • In this paper the opinions of 169 students of the Degree of Primary Education, about the usefulness of various analogic models used in their training in the phenomenon of the seasons, has been investigated. With this purpose, a test was used in order to evaluate the perceptions of the participants just to finalize a curricular unit on that topic that used analogic models. Two factors were considered for the data reported. One being, the specific model evaluated and if this learning process is centred on teachers or primary students. The results showed scores ranging from moderate to high. In addition, the variability of responses was better explained due to the analogy models' characteristics rather than the subjects to which the models are targeted. However, the didactic intention of each resource was not always properly perceived by the participants.

KEYWORDS: teacher training; analogic models; modeling; perceptions; Sun-Earth system.

Recepción: septiembre 2015 • Aceptación: abril 2016 • Publicación: noviembre 2016

Jiménez-Tenorio, N., Aragón Núñez, L., Oliva Martínez, J. M. (2016) Percepciones de estudiantes para maestros de educación primaria sobre los modelos analógicos como recurso didáctico. *Enseñanza de las Ciencias*, 34.3, pp. 91-112

INTRODUCCIÓN

El estudio se ha realizado en el ámbito de un proceso formativo dirigido a futuros profesores de educación primaria, dentro de la asignatura de Didáctica de las Ciencias de la Naturaleza I (DCN1), de tercer curso del Grado de Maestro de Educación Primaria de la Universidad de Cádiz. En dicha asignatura, uno de los temas estudiados se corresponde con el dominio del sistema Sol-Tierra, un tópico ampliamente empleado como foco de aprendizaje en la formación de maestros, reiteradamente estudiado a lo largo del currículo escolar tanto en la educación primaria como en secundaria, y objeto de estudio también en numerosas investigaciones, tanto en décadas pasadas (Schoon, 1995; de Manuel, 1995; Parker y Heywood, 1998; Vega, 2001; Schwarz, 2002; Navarrete, 2004; Kalkan y Kiroglu, 2007), como en épocas más recientes (Gavidia, 2014; Plummer y Maynard, 2014; García Barros y Martínez-Losada, 2014; Domènech Casal, 2015; Navarro Pastor, 2015; Palomar y Solbes, 2015; Vílchez y Ramos, 2015).

En este contexto, se ha observado que la mayoría de los estudiantes para maestros no disponen de conocimientos aceptables para explicar determinados fenómenos cotidianos, como el de las estaciones, mostrando muchas dificultades para reelaborarlos cuando son objeto de enseñanza en las aulas formativas (Parker y Heywood, 1998; Navarrete, 2004). Para movilizar dichas ideas se plantea una experiencia de aprendizaje que implica la participación *in situ* de los futuros maestros en una propuesta de aprendizaje innovadora y reflexiva (Azcárate, Navarrete y Oliva, 2005). Más concretamente, el enfoque adoptado puede situarse dentro de las estrategias de modelización (Schwarz *et al.*, 2009; Hernández, Couso y Pintó, 2015), por cuanto se enfoca como proceso de indagación orientada a la construcción de modelos de la ciencia escolar, usándose además, de forma asidua, modelos analógicos como recursos de enseñanza-aprendizaje (Aragón, Jiménez-Tenorio y Oliva, 2014).

En este artículo se analizan las percepciones de futuros maestros de primaria sobre la utilidad de los modelos analógicos como recurso didáctico en la formación científica de futuros maestros, así como sobre su potencial interés para la formación de estudiantes de primaria. El problema objeto de investigación podría formularse de la siguiente manera: ¿Qué percepciones tienen los futuros maestros en torno al valor y la utilidad de los modelos analógicos empleados en el proceso formativo que han vivido y con vistas a su futura actividad docente?

El análisis de las percepciones de los sujetos implicados en un proceso de aprendizaje es importante por, al menos, tres razones. En primer lugar, porque el estudio de las opiniones del que aprende aporta un punto de vista alternativo respecto a los estudios al uso sobre evaluación de desempeño. En segundo lugar, porque las percepciones permiten integrar informaciones procedentes del aprendizaje en el ámbito cognitivo –en este caso, metacognitivo– con otras más cercanas al ámbito de lo afectivo. Finalmente, en el campo específico de la formación del profesorado, podemos sumar una tercera razón, como es consultar las opiniones de los docentes en torno a la viabilidad de transposición de lo aprendido a sus futuras prácticas de aula, un requisito esencial para que la formación adquirida pueda tener en el futuro una implicación en la práctica docente.

EL PAPEL DE LOS MODELOS ANALÓGICOS EN EL APRENDIZAJE DE LAS CIENCIAS

En el presente artículo la palabra *modelo* se utiliza con distintos significados debido al carácter polisémico que posee (Harrison y Treagust, 2000; Oliva *et al.*, 2003; Chamizo, 2010; Hernández, Couso y Pintó, 2015). Aunque existen distintas clasificaciones y denominaciones, en términos didácticos se entiende fundamentalmente como núcleo de contenido teórico de referencia de la ciencia escolar destinado al aprendizaje del alumnado, como representación interna que construye cada estudiante en su

aprendizaje escolar o previamente a este (modelo mental) y como el recurso didáctico empleado en las clases de ciencias para facilitar el tránsito de uno a otro, entre ellos, los modelos analógicos.

Desde el punto de vista educativo, los modelos desempeñan un papel primordial en la enseñanza de las ciencias (Halloun, 2004; Gilbert, Boulter y Rutherford, 1998). En unas ocasiones, estos se proporcionan directamente mediante una representación adaptada a la edad. Pero, en su versión más genuina, los modelos son construidos por los propios alumnos mediante procesos de andamiaje que apelan, entre otros, a recursos como dibujos, maquetas, modelos mecánicos, analogías, simulaciones, etc. (Oliva *et al.*, 2003); muchos de los cuales pueden ubicarse dentro de la categoría de modelos analógicos escolares (Harrison y Treagust, 2000). Son «escolares» en la medida en que son modelos para la enseñanza (Justi, 2006), especialmente diseñados y construidos para que el profesor ayude a sus alumnos a aproximarse al modelo científico. Y podemos hablar de «analógicos» en la medida en que se encuentran generalmente basados en analogías (Chamizo, 2010). Son estos, precisamente, aquellos que son objeto de investigación en el presente artículo.

Los modelos analógicos desempeñan un papel crucial como mediadores entre los modelos científicos y la realidad cercana y tangible del alumnado, o si se prefiere, como puente entre los modelos mentales de los alumnos y los modelos que se han de enseñar. En cualquier caso, el contexto didáctico obliga a que los modelos científicos no deban enseñarse en estado puro, sino que deban adaptarse a la ciencia escolar (Izquierdo, 2005).

Ejemplos de ellos los encontramos para la clase de ciencias en recursos como las analogías que recogen muchos libros de texto, los modelos moleculares de bolas, las maquetas del cuerpo humano o del Sistema Solar e, incluso, los modelos a escala. La mayoría de ellos se concretan en representaciones materiales que posibilitan su observación directa, su manejo e incluso, en ocasiones, su manipulación en tiempo real. Otras veces la manipulación es posible pero de un modo virtual, como ocurre concretamente con las simulaciones por ordenador (Harrison y Treagust, 2000; Gilbert, 2004).

El uso de estos recursos se encuentra extendido en las clases de ciencias, en los libros de texto y, por supuesto, en numerosas páginas de internet, de ahí que hayan sido objeto de análisis e investigación en la educación científica en distintos niveles educativos y en la formación del profesorado; sobre todo como herramienta de aprendizaje de tipo conceptual (Dagher, 1994) o para el desarrollo de la competencia de modelización (Justi y Gilbert, 2006; Oliva y Aragón, 2009; Aragón, Jiménez-Tenorio y Oliva, 2014).

Las investigaciones realizadas hasta ahora se han centrado en constatar el valor de estos recursos en el desempeño de los alumnos, así como en justificar su interés tanto desde la perspectiva de los investigadores como de los profesores. Sin embargo, se ha puesto escasa atención en constatar su incidencia desde la perspectiva de los alumnos y de cómo estos experimentan su participación en actividades que recurren a este tipo de herramientas. En particular se ha dedicado una escasa atención al estudio de las opiniones de futuros maestros en torno a la utilidad de los modelos analógicos como recurso de aprendizaje, así como en relación con su posible proyección en alumnos de primaria. De ahí que este estudio pretenda adoptar esta otra perspectiva debido a las razones ya aludidas antes.

CONTEXTO DE LA INVESTIGACIÓN

La asignatura de referencia, de 6 créditos ECTS, se sitúa en el tercer curso del Grado de Educación Primaria que se imparte en la Universidad de Cádiz. Dicha asignatura se desarrolla en torno a un número reducido de temas del currículo de ciencias, dadas las limitaciones de tiempo disponible, con la intención de ofrecer una formación científica alejada de los enfoques de enseñanza tradicional, que sirva como oportunidad para conocer *in situ* otras formas de enseñar distintas a los enfoques por transmisión-recepción de conocimientos ya elaborados. Transversalmente, a lo largo de esta asignatura,

se ofrece la oportunidad de reflexionar continuamente sobre el proceso de aprendizaje vivido, y más tarde, en la asignatura de Didáctica de las Ciencias de la Naturaleza II (DCN2), que se imparte en el 4.º curso, se tiene ocasión de conectar dicha experiencia con los contenidos sobre didáctica de las ciencias experimentales que se van introduciendo.

Concretamente, uno de los temas curriculares elegidos en la asignatura DCN1 es el estudio sobre el sistema Sol-Tierra, el cual se desarrolla a partir de un problema central que consiste en interpretar la causa del fenómeno de las estaciones. Su desarrollo se articula en torno a estrategias de modelización (Justi y Gilbert, 2002; Oliva y Aragón, 2009; Prins, 2010), entendidas estas como procesos de indagación orientada hacia la construcción de modelos (Martínez-Chico, Jiménez-Liso y López-Gay, 2015; Domènech Casal, 2015). Conviene hacer notar que, aun cuando a los alumnos se les proporciona información sobre los datos necesarios que han de considerar en la tareas planteadas (afelio, perihelio, fechas de los solsticios y equinoccios, tamaños relativos, distancias relativas, etc.), son ellos los que deben encajar y dar sentido a dicha información a través de los modelos internos que elaboran sobre el sistema Sol-Tierra, en general, y el fenómeno de las estaciones, en particular. Para ello, emplean los modelos analógicos como sistemas que les permiten, mediante experimentos mentales y simulaciones, experimentar *in situ* en el espacio del aula los fenómenos objeto de estudio. Como resultado de dichas tareas, en ocasiones, el alumnado amplía y ajusta sus modelos iniciales, pero en otras incurren en situaciones de conflicto ante las cuales experimentan la necesidad de reformular sus modelos mentales haciéndolos evolucionar. Por tanto, los modelos conceptuales referentes del aprendizaje no se facilitan directamente, aunque sí los modelos analógicos que los alumnos usan como recurso en las tareas planteadas.

Por otra parte, aunque existe una trama de problemas y actividades de referencia, no todos los grupos siguen exactamente el mismo itinerario, y ni siquiera todos completan las mismas actividades siempre. El desarrollo exacto del proceso formativo en cada pequeño grupo suele ser algo diferente, en función de los derroteros de los aprendizajes alcanzados en cada caso, proceso que aparece regulado por la profesora implicada en función de sus interacciones con los distintos grupos. Además, algunas de las actividades se plantean de manera recurrente en distintos momentos de la intervención, lo que hace difícil establecer un itinerario rígido en forma de secuencia didáctica. Finalmente, como aproximación del proceso de enseñanza seguido, y según el núcleo de actividades realizadas por la mayoría de grupos, hemos elaborado el anexo 1. En él se enumeran las distintas actividades planteadas, a modo de unidades de análisis, si bien no deben entenderse exactamente como un itinerario en sentido estricto.

Los propósitos fundamentales del proceso de intervención son, por una parte, el aprendizaje específico del tema de las estaciones y, por otra, la participación de los futuros docentes en una experiencia de aprendizaje donde reflexionan y se alejan de enfoques tradicionales de enseñanza. Para ello se sigue un proceso desarrollado en tres fases:

Primera fase. Trabajo con los modelos internos iniciales de los futuros maestros. En esta primera parte se pretende que los futuros maestros tomen conciencia de lo que saben y de la validez de ese conocimiento para dar respuesta a los hechos cotidianos que les proporciona la realidad. A través de ella se produce el oportuno desequilibrio (crisis) entre lo que saben y la necesidad de buscar nuevos modelos sobre el fenómeno estudiado.

Segunda fase. Reconstrucción de modelos internos. El planteamiento de problemas lleva aparejados procesos de reconstrucción de sus modelos iniciales, entendidos estos como lugar de encuentro en el que los alumnos son enfrentados a nuevas informaciones, intentan dar sentido a estas mediante los modelos personales de los que disponen y experimentan mentalmente y/o mediante modelos analógicos para intentar encajar esos datos o modificar sus modelos para hacerlos compatibles con las evidencias aportadas. Concretamente, la tabla 1 recoge algunos de los modelos analógicos principales empleados en esta fase, junto a la intencionalidad didáctica de cada uno. Entre ellos se incluyen, como

vemos, materiales y recursos como plastilina, globos terráqueos, flexos, palillos, cuerdas, rotuladores, cinta métrica, *hula hoop*, etc., lo que viene a conformar un conjunto de modelos analógicos empleados como recurso de enseñanza-aprendizaje. En la mayoría de casos los modelos analógicos empleados son susceptibles de ser manipulados físicamente, como es el caso del *hula hoop*, para visualizar el cambio de forma aparente de una estructura circular cuando se observa desde distintas perspectivas, o aquellos otros que implican el uso de un flexo y el globo terráqueo. Otros, sin embargo, aportan solo una visión estática, como el dibujo de la elipse o el movimiento de las agujas del reloj. Finalmente, otros permiten la visualización y/o manipulación digital a través de un ordenador, como son el vídeo y el simulador. En ocasiones, al reflexionar a partir de estos modelos analógicos o a través de su manipulación, se ponen a prueba las hipótesis sostenidas, ya sea confirmandose o planteándose otras nuevas, y surgen nuevos problemas.

Tercera fase. Elaboración, contraste y revisión de conclusiones. En un punto del proceso, cuando ya la mayoría de los grupos tienen capacidad para integrar en un solo modelo las explicaciones a los diferentes hechos de la realidad sobre los que se han estado cuestionando, se los invita a que elaboren sus conclusiones explicitando el modelo construido.

Tabla 1.
Características y propósitos de los diez modelos analógicos objeto de estudio

	<i>Modelo analógico</i>	<i>Descripción</i>	<i>Propósito</i>	<i>Intenciones didácticas</i>
M1	Juego con plastilina y palillos	Primeros juegos representativos utilizando como materiales plastilina y palillos.	En la 1. ^a fase del desarrollo de la experiencia se procura materializar las ideas personales y el contraste de estas.	<ul style="list-style-type: none"> – Visualizar el eje de rotación terrestre. – Conceptualizar la inclinación del eje respecto al plano de la eclíptica. – Conceptualizar la permanencia o no de la dirección del eje a lo largo del movimiento de traslación. – Representar la posición relativa entre el Sol y la Tierra.
M2	Modelización tamaños y distancia Sol y Tierra	Escenificar por medio de las bolas de plastilina la proporcionalidad de tamaños y distancias.	A partir de aquí se entra en la 2. ^a fase, de experimentación. Se intenta dar respuesta a los incipientes problemas formulados en la 1. ^a fase, que son reformulados una y otra vez a través de tentativas experimentales.	<ul style="list-style-type: none"> – Tomar conciencia del enorme tamaño del Sol respecto a la Tierra y de la distancia entre ellos. – Concebir los rayos del Sol al llegar a la Tierra como haces paralelos.
M3	Dibujo órbita terrestre	Dibujar, utilizando papel, lápiz, chincheta e hilo, la órbita de la Tierra alrededor del Sol a escala.	Se intenta producir un fuerte contraste con la idea original que manejan los estudiantes de una órbita terrestre «ovoidal» o de una elipse muy excéntrica.	<ul style="list-style-type: none"> – Visualizar la órbita elíptica que describe la Tierra alrededor del Sol como una elipse poco excéntrica.
M4	Utilización del <i>hula hoop</i>	Manejar el <i>hula hoop</i> para proporcionar distintas perspectivas de una circunferencia.	Siguiendo en la 2. ^a fase, se pretende romper la idea predominante de los alumnos con relación a la forma ovoide, elipse muy excéntrica, de la órbita terrestre.	<ul style="list-style-type: none"> – Visualizar diferentes perspectivas para descubrir distintas formas aparentes entre ellas, la proyección más habitual como en forma de ovoide o de elipse muy excéntrica.

	<i>Modelo analógico</i>	<i>Descripción</i>	<i>Propósito</i>	<i>Intenciones didácticas</i>
M5	Uso del globo terráqueo	Manipular el globo terráqueo.	En este caso tenemos una representación más «realista» para acercarnos a la manipulación material del sistema. El globo se puede comenzar a utilizar en cualquier momento del proceso en cuanto lo requiera cada grupo, igual que el resto de los recursos.	– Reconocer y conceptualizar la inclinación del eje terrestre.
M6	Flexo y globo terráqueo	Manejar conjuntamente el flexo y el globo terráqueo.	Primera aproximación al modelo Sol-Tierra usando el flexo y el globo terráqueo. Son los recursos más utilizados durante todo el proceso.	– Conceptualizar el fenómeno del día y la noche. – Analizar la simultaneidad de estaciones antagónicas en los dos hemisferios. – Analizar la diferente duración del día y la noche según las estaciones y/o la latitud del lugar. – Visualizar la eclíptica, los trópicos, etc.
M7	Uso del movimiento de las agujas del reloj	Describir el sentido de rotación de la Tierra con respecto al sentido de las agujas del reloj.	Se emplea cuando se cuestiona cuál es el sentido de giro de la Tierra. Ayuda a desmantelar la idea espontánea de que la Tierra gira según el sentido de las agujas del reloj. Al posicionarse un observador sobre el Polo Norte del globo terráqueo y otro en el Sur, los giros son contrarios.	– Representar el sentido de giro de la Tierra. – Observar la diferencia en la percepción del giro según la posición del observador.
M8	Cuarto oscuro	Escenificar con globos terráqueos y flexo el sistema Sol-Tierra en un cuarto oscuro.	Este recurso se utiliza al final del proceso. Se sitúa una bombilla en el centro y cuatro globos terráqueos en las posiciones correspondiente de los solsticios y equinoccios. Los miembros del grupo se sitúan en todas las posiciones respecto al sistema.	– Analizar posiciones de la Tierra en solsticios y equinoccios. – Visualizar e interpretar diferentes eventos asociados al sistema Sol-Tierra.
M9	Página web «Earth Viewer»	Manipular una simulación proveniente de una página web.	Este recurso se utiliza al final del proceso, cuando damos por finalizada la fase experimental del laboratorio. Cada grupo visita la página web «Earth Viewer». ¹	– Manipular diferentes parámetros que el programa ofrece (fecha e inclinación del eje de la Tierra respecto al plano de la eclíptica). – Observar las distintas partes de la Tierra que ilumina el Sol dependiendo de la fecha que se establezca. – Clarificar algunos conocimientos trabajados como la diferente duración del día según las estaciones, importancia de la inclinación del eje terrestre, etc.
M10	Página web «NASA»	Visualizar un vídeo explicativo en la página web de la NASA.	Este recurso se utiliza al final del proceso, cuando damos por finalizada la fase experimental del laboratorio. Cada grupo visita la web de la NASA. ²	– Visualizar un vídeo donde se proporciona una explicación de por qué suceden las estaciones. – Clarificar gran parte de los conocimientos trabajados durante las sesiones anteriores.

1. Disponible en línea: <<http://www.paulcarlisle.net/old/earthviewer.html>> (consulta: enero de 2014).

2. Disponible en línea: <<http://kids.msfc.nasa.gov/Earth/Seasons/Seasons.htm>> (consulta: enero de 2014).

Si bien la tabla 1 ofrece una panorámica de los propósitos con los que son usados los distintos modelos analógicos, ello no garantiza que estos sean interpretados por los futuros maestros en el sentido deseado, ni que contribuyan finalmente al aprendizaje esperado o que sean positivamente valorados por los participantes. De ahí el interés de investigar en torno a cómo los sujetos implicados como alumnos en el proceso perciben el papel de estos recursos en su aprendizaje.

DISEÑO DE INVESTIGACIÓN

Las cuestiones objeto de investigación son las siguientes:

- ¿Qué valor asignan a estos recursos desde el punto de vista de su propia formación científica?
- ¿Qué valor les asignan con vistas a la formación de sus futuros alumnos de primaria?
- ¿Coincide dicha utilidad con la intencionalidad didáctica con la que los plantea el profesor?

El estudio se ha realizado sobre una muestra de 169 estudiantes de Magisterio procedentes de tres grupos clase de tercer curso del Grado de Educación Primaria correspondientes a los cursos 2012-13 y 2013-14. Los estudiantes se movían en edades mayoritariamente comprendidas entre los 20 y los 23 años, agrupándose en un total de treinta pequeños grupos de trabajo de aula, cada uno formado por 4 o 6 sujetos. Todos ellos realizaron una experiencia de aprendizaje durante diez sesiones (un total de 15 horas), en torno a los movimientos relativos del sistema Sol-Tierra, según el marco formativo descrito en el apartado anterior.

El instrumento utilizado para recoger la información necesaria para la presente investigación ha sido un cuestionario escrito de lápiz y papel. Este pretendía valorar las apreciaciones de los futuros maestros en torno a diez de los modelos analógicos empleados en el aula (tabla 1). La elección de dicho instrumento se justifica por su versatilidad para estudiar muestras amplias que permitan realizar estudios cuantitativos si se plantean en un formato cerrado, posibilitando a la vez estudios cualitativos si una parte de este se formula en formato abierto. Con esta estructura sería posible estudiar, por un lado, los niveles de valoración de los participantes acerca de los modelos analógicos usados, y por otro, las razones que justifican sus juicios de valor.

Este cuestionario tenía tres partes. En la primera, cada estudiante debía valorar según una escala Likert de cinco niveles (1 = nada, 2 = poco, 3 = regular, 4 = mucho, 5 = imprescindible), la utilidad percibida de cada uno de los modelos como recurso de aprendizaje. En la segunda parte, planteada en formato abierto, cada cual debía aportar argumentos y razones que justificasen la valoración cuantitativa aportada para cada modelo analógico. En la tercera parte, debían realizar una valoración semejante a la de la primera parte, también con una escala Likert de cinco niveles, pero esta vez para evaluar el potencial interés de cada modelo para el aprendizaje de eventuales niños de primaria.

Dicho cuestionario fue previamente empleado en un estudio piloto con una muestra más reducida de participantes (Jiménez-Tenorio *et al.*, 2012), demostrando su utilidad para los propósitos para los que fue concebido. El cuestionario no mostró dificultad alguna de comprensión y los alumnos podían cumplimentarlo en un tiempo razonable (unos veinte minutos). A pesar de las dificultades que mostraron algunos alumnos a la hora de hacer explícitos argumentos a favor o en contra de los modelos analógicos en la segunda parte del cuestionario, y de que las respuestas aportadas no fueron por lo general excesivamente extensas, la información proporcionada resultó útil y suficiente para los propósitos del presente estudio.

El cuestionario (véase anexo 2) fue cumplimentado individualmente por los estudiantes justo al finalizar la experiencia de aprendizaje, momento en el que se había concluido el proceso formativo en torno al fenómeno estudiado.

Se han realizado dos estudios distintos al objeto de responder a los interrogantes planteados. Por un lado, se realizó un estudio cuantitativo, valorando el grado de utilidad percibida por los participantes en la primera y tercera parte del instrumento con relación a cada uno de los modelos analógicos. Por otro, se llevó a cabo un estudio cualitativo de los datos aportados en la segunda parte al objeto de comprobar cómo percibieron los participantes cada uno de esos recursos y qué tipo de utilidad le atribuían en el aprendizaje. Para dicho análisis cualitativo se adoptaron como referente los contenidos teóricos sobre el sistema Sol-Tierra manejados por los participantes a la hora de justificar el interés de cada actividad.

Aun cuando los modelos analógicos involucrados en los diferentes ítems del cuestionario eran distintos, pensamos que todos ellos, globalmente, contribuirían a una percepción general, de conjunto, acerca del papel de los modelos analógicos en el aprendizaje de estos temas. Consecuentemente, consideramos que el grado de consistencia interna en los resultados de sus ítems podría emplearse como un indicador de fiabilidad de la primera y tercera parte del cuestionario. Por ello, se llevaron a cabo sendos análisis de la fiabilidad, los cuales arrojaron un valor de alfa de Cronbach de 0,84, para la primera parte, y de 0,77 para la tercera. Tales valores sugieren niveles de consistencia interna altos.

RESULTADOS DEL ESTUDIO CUANTITATIVO

El estudio cuantitativo iba dirigido a responder a las dos primeras cuestiones de la investigación. Es decir, se pretendía evaluar el alcance de las valoraciones de los participantes en torno a los distintos modelos analógicos contemplados, tanto desde el punto de vista de su experiencia de aprendizaje (primera parte del cuestionario) como de la eventual contribución al aprendizaje de alumnos de primaria (tercera parte del cuestionario).

Con tal fin se analizaron las distribuciones de frecuencia entre las cuatro categorías en torno a las que se reagruparon las valoraciones proporcionadas en la escala Likert, a saber: «No sabe/no contesta» (valores perdidos), «útil» (5, 4), «indeciso» (3), «no útil» (2,1). Por otra parte, al objeto de cuantificar sin tener en cuenta las respuestas en blanco, se recurrió además a esas mismas distribuciones pero eliminando los valores perdidos de «no sabe/no contesta». Dicha opción correspondía a aquellos casos en los que los alumnos no aportaron ninguna valoración, unas veces porque sencillamente prefirieron no pronunciarse al respecto al no entender el papel que este jugó en su proceso de aprendizaje, y otras como consecuencia de que no habían recurrido a dicho recurso a lo largo del proceso de intervención didáctica. En este sentido hay que insistir en que, en la experiencia, las actividades y los recursos señalados no se plantearon de un modo obligatorio para todos los grupos.

Los datos obtenidos se presentan en la tabla 2 y revelan valoraciones de estos recursos que van de neutrales a útiles dependiendo del caso, tanto desde el punto de vista de su experiencia personal de aprendizaje como por su proyección didáctica para futuros alumnos de primaria (tabla 2).

Si se analiza la valoración de los modelos analógicos para el propio aprendizaje, se aprecian variaciones importantes de unos casos a otros en el grado de utilidad, debiendo destacar la utilidad percibida para el globo terráqueo, que fue la base para el desarrollo de las actividades implicadas en los modelos 5, 6 y 8, este último con un nivel de valoración similar al dibujo de la órbita terrestre (ítem 3).

Conviene destacar también que fueron las actividades que manejaban bolas de plastilina para representar escalas de tamaños y distancias (modelos 1 y 2), el uso de *hula hoop* (modelo 4) y el manejo del reloj (modelo 7), aquellas que fueron menos empleadas por los futuros maestros, siendo estas, precisamente también, aquellas a las que menos valor otorgaron para su formación. Ello en contraste con las actividades más realizadas, que fueron el globo terráqueo y el flexo y el globo, justamente aquellas que también fueron las más valoradas por el alumnado (modelos 5 y 6).

Tabla 2.
Valoraciones de los futuros maestros en torno al interés
y utilidad de los modelos analógicos empleados (N = 169)

Modelo analógico	Valoración de su utilidad en el propio aprendizaje (parte 1) (%)*				Proyección de su utilidad para sus futuros alumnos de primaria (parte 3) (%)*			
	NS/NC	No útil	Indeciso	Útil	NS/NC	No útil	Indeciso	Útil
M1	15,4	23,7 (28,0)	28,4 (33,6)	32,5 (38,5)	15,4	11,8 (14,0)	18,3 (21,7)	54,4 (64,3)
M2	34,3	21,3 (28,0)	13,0 (19,8)	31,4 (47,7)	30,2	4,7 (6,8)	16,6 (23,7)	48,5 (69,5)
M3	16,6	5,9 (7,1)	17,2 (20,6)	60,4 (72,3)	16,6	8,3 (9,9)	24,3 (28,9)	51,5 (61,3)
M4	26,0	20,7 (28,0)	21,3 (28,8)	32,0 (43,2)	25,4	14,2 (19,0)	16,6 (22,2)	43,8 (58,7)
M5	0,6	4,7 (4,8)	8,3 (8,3)	86,4 (86,9)	1,8	1,2 (1,2)	9,5 (9,6)	87,6 (89,2)
M6	0,6	3,0 (3,0)	10,1 (10,1)	86,4 (86,9)	2,4	2,4 (2,4)	5,9 (6,1)	89,3 (91,5)
M7	33,7	23,1 (34,8)	20,7 (31,3)	22,5 (33,9)	34,9	20,1 (30,9)	20,1 (30,9)	24,9 (38,2)
M8	18,9	7,7 (9,5)	8,9 (10,9)	64,5 (79,6)	18,3	1,8 (2,2)	5,3 (6,5)	74,6 (91,3)
M9	16,6	23,1 (27,7)	18,9 (22,7)	41,4 (49,6)	17,8	14,2 (17,3)	20,1 (24,5)	47,9 (58,3)
M10	17,8	19,5 (23,7)	22,5 (27,3)	40,2 (48,9)	16,0	15,4 (18,3)	17,8 (21,1)	50,9 (60,6)

* Entre paréntesis aparece el porcentaje de alumnos sin contabilizar las respuestas en blanco.

Los porcentajes correspondientes resultaron similares para el caso de uso con niños de primaria, si bien se apreciaron niveles de valoración sensiblemente superiores en la mayoría de modelos. La prueba de homogeneidad marginal arrojó diferencias estadísticamente significativas en la mitad de los recursos considerados, concretamente en los modelos 1 (HM = -5,813; < 0,001), 2 (HM = -5,902 < 0,001), 4 (HM = -4,589 < 0,001), 8 (HM = -3,085 < 0,01) y 10 (HM = -3,101 < 0,01). El único caso en el que las valoraciones fueron inferiores para un aula de primaria con respecto a la formación de maestros fue en la actividad de dibujo de la órbita terrestre, si bien en este caso las diferencias no alcanzaron los umbrales de significación estadística.

A pesar del interés que tiene este estudio cuantitativo para pulsar opiniones de los futuros maestros sobre el interés que estiman que tienen las actividades analógicas realizadas, dice poco o nada sobre «para qué las ven valiosas», y si dicha utilidad se mueve en la misma línea que la prevista por el profesor, que es para lo que el modelo analógico fue usado en el aula de formación. De ahí la necesidad de un estudio cualitativo también en este sentido.

RESULTADOS DEL ESTUDIO CUALITATIVO

En este apartado se realiza un análisis sobre las valoraciones cualitativas textuales realizadas para cada recurso por los participantes, comparando tales justificaciones con las intencionalidades didácticas previstas en la tabla 1.

Conviene empezar diciendo que, en sus argumentos, los futuros maestros fueron en algunos casos parcos en sus valoraciones cualitativas. Aun así, fue posible obtener información de interés para los propósitos de este estudio.

Con vistas al análisis cualitativo se elaboró para cada modelo analógico un sistema de categorías para el que se tuvieron en cuenta los propósitos previstos para cada modelo analógico (tabla 1), si bien se añadieron nuevas categorías en función de nuevos argumentos aportados por los estudiantes. Pasamos a continuación a mostrar con más detalle los resultados obtenidos (tabla 3).

Tabla 3.

Argumentos de los futuros maestros para describir la utilidad de los modelos analógicos empleados

	<i>Contenidos</i>	<i>%*</i>	<i>Ejemplos de respuestas de los alumnos</i>
M1	Movimiento de rotación e inclinación del eje terrestre	58,6	«El uso de la plastilina y los palillos me ha servido para ver la inclinación del eje...».
	Movimiento de traslación	17,8	«Me sirvió para comprender cómo la Tierra se movía alrededor del Sol, qué zonas estaban cercanas al Ecuador y cuándo eran más perpendiculares los rayos solares».
	Otros	38,4	Tamaño del Sol y de la Tierra, etc.
	No contestan	25,4	Argumento en blanco.
M2	Tamaños relativos	40,8	«Nos ha servido para darnos cuenta de la dimensión real del Sistema Solar».
	Distancia Sol-Tierra	18,3	«Nos fue muy útil para darnos cuenta de las diferencias de tamaño entre el Sol y la Tierra, y la gran distancia que existe entre ambos».
	Incidencia de los rayos solares	3,4	«Gran importancia para enfocar cómo influyen los rayos solares».
	Otros	6,1	Eje de la Tierra, forma de la órbita, etc.
	No contestan	47,3	Argumento en blanco
M3	Forma de la órbita terrestre	49,1	«Con esto he visto que la Tierra, la trayectoria que describe al realizar la traslación es una elipse, pero no tan marcada como creía, es decir, se asemeja mucho a una forma circular».
	Datos de la órbita	10,7	«... los datos del afelio y perihelio fueron muy útiles para mi grupo».
	Otros	25,4	Movimiento de traslación, rotación, tamaños, etc.
	No contestan	22,5	Argumento en blanco
M4	Perspectivas del plano de la eclíptica	15,4	«He aprendido que dependiendo de la perspectiva con la que se vea el sistema Sol-Tierra, la órbita que describe la Tierra puede verse como un círculo o como una elipse».
	Forma aparente de la órbita terrestre	24,3	«... He podido comprobar que realmente no es una elipse como yo pensaba, sino que es más circular».
	Otros	29,0	Movimiento de traslación y rotación, inclinación eje, etc.
	No contestan	43,2	Argumento en blanco
M5	Inclinación del eje terrestre	31,4	«Bajo mi punto de vista el uso de este material ha sido indispensable debido a que con él vimos la inclinación que tenía la Tierra y que este siempre estaba fijo, es decir, que no varía».
	Diferentes líneas y puntos imaginarios del globo terrestre	21,9	«A través del globo terráqueo observamos las distintas divisiones que posee la Tierra (meridianos, paralelos, trópicos, etc.)».
	Movimiento de rotación	27,3	«Sirvió para ver... el movimiento de rotación con claridad».
	Otros	36,2	Movimiento de traslación, día/noche, etc.
	No contestan	4,7	Argumento en blanco

	<i>Contenidos</i>	<i>%*</i>	<i>Ejemplos de respuestas de los alumnos</i>
M6	Día y noche	37,9	«Usamos la luz para simular el Sol que proyectado sobre el globo nos ayuda a entender el día y la noche».
	Rayos del Sol	32,5	«He aprendido que debido a la inclinación del eje de la Tierra los rayos del Sol indican de forma diferente».
	Otros	40,9	Estaciones, duración día/noche, etc.
	No contestan	4,7	Argumento en blanco
M7	Sentido de giro	16,6	«Mirando desde arriba la Tierra gira en el sentido contrario y desde abajo en el sentido».
	Movimiento de la Tierra	30,8	«Afianzar el concepto del movimiento de la Tierra en base/a partir de algo cotidiano y relacionado con nuestra vida diaria».
	Otros	4,7	Argumentos irrelevantes
	No contestan	47,9	Argumento en blanco
M8	Visualizar día y noche	23,1	«Es interesante porque se ve de manera clara dónde es de día y dónde de noche y dónde son los días más largos y cortos».
	Incidencia de los rayos del sol en la tierra	20,7	«Esta actividad nos sirvió para ver cómo daban los rayos del Sol en la Tierra y que no dan por los lados igual sino que en algunos lados da más perpendicular que en otros».
	Otros	49,1	Estaciones, solsticios, equinoccios, ecuador, polos, etc.
	No contestan	30,0	Argumento en blanco
M9	Recapitulación y aclaratorio	27,2	«Se ven bastante claros todos los conceptos y se puede usar para aclarar dudas personales porque se pueden ver todos los conceptos».
	Día y noche	18,3	«Ver de una manera más real cómo va iluminando el Sol a lo largo del año».
	Otros	29,5	Horas de luz, polos, etc.
	No contestan	32,5	Argumento en blanco
M10	Afianzar lo aprendido y recurso que engloba lo anterior	34,3	«Para el momento resumen, nos ayudó a reconstruir todos los hechos y despejar todas las dudas posibles con respecto al tema». «Para observar con mayor certeza y claridad todos los conceptos y conclusiones a las que hemos ido llegando».
	Movimiento de traslación y velocidad de la Tierra	14,8	«Este nos sirvió para poder observar la velocidad a la que se mueve la Tierra alrededor del Sol».
	Otros	24,3	La proyección de los rayos solares, día y noche, distancia o posición del Sol, órbita, tamaño relativo, distancias, estaciones, etc.
	No contestan	29,0	Argumento en blanco

* Para cada modelo, la suma de porcentajes no coincide con el 100%, ya que un mismo sujeto podía aportar más de un argumento.

Utilización de plastilina y palillos (M1)

Estos recursos se ponen a disposición de los alumnos desde el comienzo de la experiencia para que puedan materializar sus concepciones con respecto al tópico y ofrecer un espacio para el contraste de estas. Un alto porcentaje de estudiantes (39,1 %) captan plenamente la intencionalidad didáctica pretendida con la utilización de este recurso: trabajar con el eje de rotación de la Tierra y comprobar la inclinación de este, y a un 19,5 % les parece útil para escenificar el movimiento de rotación. Sin embargo, no se registra ninguna respuesta relacionada con la idea de la permanencia de la inclinación del eje de rotación durante el movimiento de traslación de la Tierra, probablemente por tratarse de una utilidad más sofisticada que emergió en sesiones posteriores. Por otra parte, exponen multitud de contenidos cuya intencionalidad no fue contemplada por los docentes, e incluso que son de validez dudosa, como por ejemplo, los conceptos de día y noche, el movimiento de traslación o las estaciones. En estos casos los

alumnos parecen querer reflejar todos los conocimientos adquiridos durante la experiencia de aprendizaje, más allá de los desarrollados con este recurso en particular.

Modelización de tamaños y distancia Sol y Tierra (M2)

Casi la totalidad de los estudiantes que explicitan una valoración cualitativa de este recurso perciben correctamente la intencionalidad didáctica pretendida en la planificación de la experiencia. Así, el 40,8 % de los alumnos centran la utilidad en el empleo de diferentes escalas para representar los astros, el 18,3 % realizan cálculos de distancia entre el Sol y la Tierra y el 3,4 % visualizan la incidencia de los rayos solares. No obstante, es destacable que entre los resultados encontremos un alto porcentaje de alumnos que no aportan explicaciones o aclaraciones al respecto (47,3 %).

Dibujo de la órbita terrestre (M3)

Este recurso permite visualizar la órbita elíptica poco excéntrica que describe la Tierra alrededor del Sol, intención didáctica compartida por casi la mitad de los estudiantes (49,1 %), los cuales reflejan explícitamente que la utilidad de este recurso se encuentra en conocer, descubrir, comprobar y/o analizar la forma de la órbita terrestre. Por otro lado, hay un porcentaje del alumnado que encuentra en esta actividad una oportunidad de trabajar conceptos referentes a la órbita, como afelio, perihelio o situación del foco, pero sin especificar la forma de esta (10,7 %). No obstante, el 25,4 % hacen referencia a conceptos alejados a la intencionalidad pretendida, por ejemplo, el movimiento de traslación, la posición de la Tierra, el tamaño de la Tierra y el Sol, las estaciones o incluso la construcción de una elipse. También es representativo el porcentaje que no contestan este apartado (22,5 %), lo cual puede ser debido a la falta de obligatoriedad de uso de los modelos analógicos sugeridos.

Utilización del *hula hoop* (M4)

Para este recurso, solo el 15,4 % de los estudiantes indican en sus respuestas el propósito didáctico puesto en juego con este recurso, con el que se pretende visualizar las diferentes perspectivas del plano de la eclíptica. Si bien, el 24,3 % reflejan conceptos muy relacionados, como la forma aparente de la órbita terrestre. En porcentajes inferiores aparecen otros conceptos que no se recogen en la intencionalidad didáctica dada a este, como son: el movimiento de traslación (8,3 %), la inclinación del eje terrestre (6,5 %) y el movimiento de rotación (4,7 %). Por último, un alto porcentaje de los estudiantes (43,2 %) no dejaron reflejada ninguna descripción sobre la utilidad del material didáctico por no haberlo empleado durante las sesiones.

Uso del globo terráqueo (M5)

El globo terráqueo es la representación más «realista» utilizada hasta entonces de la Tierra, por ello el principal propósito didáctico expuesto con él es el de reconocer y aceptar la inclinación del eje terrestre respecto al plano de la eclíptica. Esta finalidad la recogen casi un tercio de los estudiantes (31,4 %). Pero además hay otra variedad de focos de interés que hacen percibir el globo terráqueo como recurso muy versátil, como para comprender el movimiento de rotación (27,3 %), las diferentes líneas y puntos imaginarios del globo terrestre (trópicos, ecuador, paralelos, meridianos y polos) (21,9 %), el ciclo día y noche (9,5 %), etc., que hacen de este modelo analógico un recurso muy bien percibido. Sin embargo proyectan en él intenciones didácticas que no son propias de la intencionalidad de este recurso, como son el movimiento de traslación o las estaciones.

Uso del flexo y del globo terráqueo (M6)

Una de las intenciones didácticas de manejar conjuntamente el flexo y el globo terráqueo es la de aproximar al estudiante a una primera representación del sistema Sol-Tierra. Los resultados muestran que más de un tercio de los participantes (37,9 %) perciben este recurso como algo útil para entender los conceptos de día y noche, y el 17,8 % señalan la utilidad para trabajar el concepto de las estaciones, aunque no concretan si les ayuda a trabajar la simultaneidad de estaciones antagónicas en los dos hemisferios. Ambos son contenidos contemplados dentro de las intenciones didácticas que se ponen en juego con este recurso. Sin embargo, solo el 5,3 % de los alumnos hacen mención a la duración del día y la noche, siendo este otro contenido que puede ser abordado con el uso de dicho modelo analógico. Por otro lado, los datos señalan que un elevado porcentaje de los estudiantes (32,5 %) utilizan este instrumento para trabajar los rayos del sol, contenido que se plantea indirectamente en las intenciones didácticas de este recurso. Pocos son los estudiantes que indican otros contenidos que podrían ser abordados, como es el caso de los trópicos.

Reloj (M7)

Este recurso se introduce cuando se cuestiona cuál es el sentido de giro de la Tierra. Sin embargo, solo el 16,6 % de los estudiantes indican de forma explícita el mismo interés por el recurso que la intencionalidad puesta por los docentes en él. El 30,8 % indican que esta actividad les ayuda a entender los movimientos de la Tierra, y aunque el movimiento de rotación de la Tierra sí podría contemplarse como uno de los contenidos que pueden ser trabajados mediante esta representación, solo lo especifican el 5,9 % de los participantes. Por otro lado, hay un porcentaje de estudiantes que mencionan el movimiento de traslación terrestre como contenido abordado cuando esta no está dentro de las finalidades didácticas de este modelo analógico. Por último, un resultado que debemos tener en consideración es el hecho de que casi la mitad de los estudiantes (47,9 %) omiten cualquier explicación sobre este recurso y no contestan sobre su utilidad.

Cuarto oscuro (M8)

Con esta actividad se pretende recrear las posiciones correspondientes a los solsticios y equinoccios, visualizando e interpretando diferentes eventos asociados al sistema Sol-Tierra. Es un recurso versátil y así se constata por la variedad de focos de interés mencionados. Se aprecia además una gran dispersión de opiniones y muy pocos de ellos mencionan varios focos a la vez. En cuanto a los estudiantes que mencionan contenidos contemplados dentro de las intenciones didácticas propuestas por los docentes, la respuesta más frecuente de los estudiantes es la utilidad de esta actividad para visualizar el día y la noche (23,1 %) y para comprobar cómo inciden los rayos sobre la Tierra (20,7 %). Sin embargo, a pesar de la utilidad de esta tarea para trabajar otros contenidos, los estudiantes hacen escasa mención a ellos: solsticios y/o equinoccios (5,9 %), polos (5,9 %) y los trópicos y/o el ecuador (8,9 %). Por último, un resultado que consideramos significativo es el hecho de que, aun considerando este recurso fundamental para visualizar la sucesión de las estaciones, el 30 % de los estudiantes no contestaron a este apartado. Probablemente, muchos alumnos no llegaron a utilizar este recurso, cuestión que nos hace replantear la obligatoriedad de su utilización en futuras acciones formativas.

Simulador 1: manipulación de una simulación de la página «earth viewer» (M9)

Los estudiantes utilizan la web al final del proceso y es útil para visualizar los contenidos vistos anteriormente, dado que ofrece la posibilidad de jugar con diferentes parámetros, como la fecha y la incli-

nación terrestre. Se puede así observar las diferentes partes de la Tierra que ilumina el Sol dependiendo de la fecha que se establezca. Esta finalidad didáctica la contemplan más de un cuarto de los estudiantes (27,2 %), que perciben su utilidad como recurso de recapitulación y aclaración de lo aprendido. Algunos especifican el interés del recurso para visualizar una amplia variedad de contenidos, como el día y la noche (18,3 %), las horas de luz (5,9 %) y los polos (5,3 %). Sin embargo, a pesar de que esta actividad fue realizada por todos los estudiantes y disponían de tiempo para visualizarlo varias veces, el 32,5 % no contestaron sobre la utilidad de esta.

Simulador 2: visualización de un vídeo explicativo de la página web de la NASA (M10)

A lo largo de esta simulación se ofrece una explicación de por qué suceden las estaciones y se recogen, de manera resumida, gran parte de los aspectos trabajados anteriormente. En este sentido, la intención didáctica de esta actividad es percibida por un porcentaje importante de los estudiantes. El 34,3 % de la muestra sitúan el interés de este recurso en la posibilidad de afianzar lo aprendido y como recurso que engloba todo lo anterior. Algunos alumnos especifican su utilidad haciendo mención a contenidos como el movimiento de traslación y la velocidad de la Tierra (14,8 %). Se trata, además, de un recurso muy versátil, como indica el elevado número de focos de interés considerados por los estudiantes en sus respuestas y que fueron clasificados como «otros», con un 24,3 %. Entre los contenidos que mencionan se encuentran la proyección de los rayos solares, día y noche, distancia o posición del Sol. No obstante, al igual que en el caso anterior, hay un elevado porcentaje de alumnos que no contestan o especifican la utilidad de este simulador (29 %).

DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

De los resultados cuantitativos presentados se infieren algunas conclusiones de interés.

En primer lugar, aunque los resultados varían de unos ítems a otros, se aprecia por lo general una tendencia a valorar positivamente los modelos analógicos considerados, tanto desde la óptica del propio aprendizaje de los futuros maestros como de su proyección al aula de primaria. En todos los casos, salvo en la actividad del reloj, la proporción de percepciones «útiles» superaba netamente la de percepciones «no útiles».

En segundo lugar, desde el punto de vista de la experiencia de aprendizaje vivida por los estudiantes de maestros, algunos modelos analógicos fueron mejor valorados que otros. Cabe destacar, por este orden, el globo y el flexo (modelos 5 y 6), el cuarto oscuro (modelo 8) y la construcción del dibujo de la órbita terrestre (modelo 4). En cambio, las valoraciones más bajas las obtuvieron el reloj (modelo 7), las representaciones con palillos y plastilina (modelo 1), las actividades de modelización de tamaños y distancias mediante bolas de plastilina (modelo 2) y el uso del *hula-hoop*. Las actividades de simulación por ordenador, por su parte, ocuparon posiciones intermedias.

En tercer lugar, desde la perspectiva de la proyección docente con alumnos de primaria, se aprecia globalmente una tendencia parecida pero con valoraciones generalmente más altas. Se entiende por tanto que estos recursos son valorados como particularmente útiles para la enseñanza con niños pequeños. La excepción la encontramos en la tarea del dibujo a escala de la órbita terrestre, en el que aparece una valoración algo más baja, probablemente al estimarse que esta es una actividad excesivamente compleja para niños pequeños.

En cuarto lugar hemos de analizar la correlación detectada entre el nivel de uso de los modelos analógicos implicados y su percepción de utilidad. Como tuvimos ocasión de ver, fueron precisamente los modelos analógicos menos empleados aquellos que también fueron peor valorados por el alumnado. Esta circunstancia puede explicarse suponiendo que son aquellos recursos analógicos cuyo empleo

surge de una necesidad práctica originada por el contexto en el que trabaja el alumnado, aquellos precisamente ante los que más fácilmente se percibiría su utilidad. Conviene recordar en este sentido que los modelos analógicos se propusieron a los distintos grupos en función de las necesidades surgidas en su proceso de aprendizaje. Por tanto, si en determinados casos no se emplearon, fue sencillamente porque no se estimaron necesarios.

Los casos correspondientes a las dos simulaciones por ordenador empleadas (modelos 9 y 10) merecen un tratamiento particular en nuestros comentarios. Si bien las valoraciones aportadas son en conjunto positivas, no son las mejores, en contra de lo que podría creerse en principio. De hecho, existen numerosos estudios que ponen de manifiesto el importante impacto que suelen tener las TIC en el aprendizaje de estos temas a través de simuladores y modelos virtuales en tres dimensiones (Barab *et al.*, 2000; Küçüközer, 2009; Sun, Lin y Wang, 2009; Schnepa *et al.*, 2013). Este resultado puede deberse a dos razones. Por un lado, quizá, a que estos recursos no se emplearon hasta las últimas sesiones, con lo que su papel no llegó a ser percibido como determinante, como sí lo fueron otros recursos como el globo terráqueo o el flexo, empleados justamente en los momentos críticos de la secuencia didáctica. Por otro, tal vez pueda ser debido a que los alumnos prefieren en el fondo instrumentos de representación reales en tres dimensiones, que ellos puedan manipular a través de escenificaciones en las que se sientan protagonistas. Este aspecto deberá ser objeto de futuras investigaciones, al igual que el análisis del grado de adecuación de la secuencia planteada a los enfoques de enseñanza mediante modelización.

Por otro lado, el estudio cualitativo realizado puso de manifiesto que los participantes captaban en algunos casos la intencionalidad didáctica de los modelos analógicos empleados, tenían dificultades en otros casos y, a veces, incluso, llegaban a percibir utilidades en principio no previstas por el formador. No obstante, se denota en conjunto la sensibilidad de los participantes para distinguir cuándo el modelo analógico resulta útil para la asimilación de aspectos parciales del fenómeno de las estaciones o cuando lo es para una comprensión más global del fenómeno, siendo capaz de articular distintos mecanismos y contenidos simultáneamente, o incluso ayudando a una reestructuración profunda de los conocimientos de partida.

En resumen, los resultados obtenidos son similares a los presentados en un estudio piloto con una muestra mucho menor (Jiménez-Tenorio *et al.*, 2012). Estos sugieren que los modelos analógicos empleados en el proceso formativo son por lo general bien valorados por los alumnos, si bien muchos participantes solo llegan a percibir parcialmente la intencionalidad didáctica de estos. Así mismo, la esencia misma de lo que supone trabajar con modelos analógicos y sus posibles beneficios parece ser comprendida por el alumnado, dado que la mayoría los conciben como herramientas útiles para superar las barreras de abstracción, haciendo que el fenómeno estudiado se pueda ver y manipular, y no solo imaginar. Por tanto, trabajar con modelos analógicos en la formación de maestros resulta útil, tanto como recurso de aprendizaje de contenidos científicos, como para promover la reflexión en torno a esta herramienta como instrumento de enseñanza dentro del repertorio de recursos al servicio del profesor. Ahora bien, los resultados indican que no siempre la intencionalidad didáctica percibida por los participantes coincide con la del profesor, lo que quizás explique el hecho de que no siempre las analogías obtengan el éxito esperado.

Para terminar, cabe mencionar el limitado éxito obtenido con este instrumento a la hora de promover una justificación cualitativa larga y tendida sobre la utilidad de cada uno de los modelos analógicos sometidos a examen, como ya hemos sugerido. Aun así, hay que decir que, para los propósitos del presente estudio, el cuestionario empleado fue suficiente para obtener información valiosa que ayudara a responder a las preguntas de investigación formuladas. Estudios futuros orientados a conocer las percepciones de los participantes sobre los mecanismos de actuación de estos recursos, más allá de la clase de conocimientos específicos a los que ayuda a construir, sí requerirían, no obstante, el uso de otros tipos de instrumentos como las entrevistas en profundidad.

La posibilidad de superar estas limitaciones en estudios futuros, ampliando el rango de instrumentos de recogida de información, junto a la conveniencia de profundizar en torno al papel de las tareas planteadas en clase con estos recursos en el desarrollo de las diferentes dimensiones de la competencia de modelización, son aspectos que garantizan la continuidad de esta línea de investigación. De ellos daremos cuenta en publicaciones futuras.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ARAGÓN, L., JIMÉNEZ-TENORIO, N. y OLIVA, J.M.^a (2014). Evaluando una experiencia de formación inicial con maestros sobre el sistema Sol-Tierra desde la óptica de la modelización. *Actas de los XXVI Encuentros de Didáctica de las Ciencias Experimentales*, pp. 193-200. Universidad de Huelva-APICE.
- AZCÁRATE, P., NAVARRETE, A. y OLIVA, J.M.^a (2005). La interacción del conocimiento matemático con otros conocimientos. Un estudio sobre modelos explicativos de las estaciones terrestres. *Investigación en la Escuela*, 55, 49-62.
- BARAB, S.A., HAY, K.E., BARNETT, M. y KEATING, T. (2000). Virtual Solar System Project: building understanding through model building. *Journal of Research in Science Teaching*, 37(7), 719-756. [http://dx.doi.org/10.1002/1098-2736\(200009\)37:7<719::AID-TEA6>3.0.CO;2-V](http://dx.doi.org/10.1002/1098-2736(200009)37:7<719::AID-TEA6>3.0.CO;2-V)
- CHAMIZO, J.A. (2010). Una tipología de modelos para la enseñanza de las ciencias. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 7(1), 26-41. Disponible en línea: <<http://hdl.handle.net/10498/9861>>.
- DAGHER, Z.A. (1994). Does the use of analogies contribute to conceptual change? *Science Education*, 17, 295-310. <http://dx.doi.org/10.1002/sce.3730780605>
- DOMÈNECH CASAL, J. (2015). Eppur si muove: una secuencia contextualizada de indagación y comunicación científica sobre el sistema astronómico Sol-Tierra. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 12(2), 328-340. Disponible en línea: <<http://hdl.handle.net/10498/17255>>.
- GARCÍA BARROS, S. y MARTÍNEZ LOSADA, C. (2014). La importancia de las habilidades cognitivo-lingüísticas asociadas al estudio de la Astronomía desde la perspectiva del profesorado. *Enseñanza de las Ciencias*, 32 (1), 179-197. <http://dx.doi.org/10.5565/rev/ensciencias.850>
- GAVIDIA, V. (2014). A vueltas con el «gnomon». Buscando soluciones a problemas. *Enseñanza de las Ciencias*, 32 (3), 631-647.
- GILBERT, J.K. (2004). Models and modelling: routes to more authentic science education. *International Journal of Science and Mathematics Education*, 2, 115-130. <http://dx.doi.org/10.1007/s10763-004-3186-4>
- GILBERT, J.K., BOULTER, C. y RUTHERFORD, M. (1998). Models in explanations, Part 1: Horses for courses? *International Journal of Science Education*, 20(1), 83-97. <http://dx.doi.org/10.1080/0950069980200106>
- HALLOUN, I. (2004). *Modeling Theory in Science Education*. London. Kluwer Academic Publishers.
- HARRISON, A.G. y TREAGUST, D. F. (2000). A typology of school science models. *International Journal of Science Education*, 22(9), 1011-1026. <http://dx.doi.org/10.1080/095006900416884>
- HERNÁNDEZ, M.I., COUSO, D. y PINTÓ, R. (2015). Analyzing students' learning progressions throughout a teaching sequence on acoustic properties of materials with a model-based inquiry approach. *Journal of Science Education and Technology*, 24, 356-377. <http://dx.doi.org/10.1007/s10956-014-9503-y>

- IZQUIERDO, M. (2005). Hacia una teoría de los contenidos escolares. *Enseñanza de las Ciencias*, 23(1), 111-122.
- JIMÉNEZ-TENORIO, N., MACÍAS, C., NAVARRETE, A. y OLIVA, J.M.^a (2012). Percepciones de los futuros maestros de primaria en torno a los modelos analógicos como recurso de enseñanza-aprendizaje de las ciencias. *Actas de los XXV Encuentros de Didáctica de las Ciencias Experimentales*, pp. 431-438. Universidad de Santiago de Compostela-APICE.
- JUSTI, R. (2006). La enseñanza de ciencias basada en la elaboración de modelos. *Enseñanza de las Ciencias*, 24(2), 173-184.
- JUSTI, R. y GILBERT, J.K. (2002). Modelling teachers' views on the nature of modelling, and implications for the education of modellers. *International Journal of Science Education*, 24(4), 369-387. <http://dx.doi.org/10.1080/09500690110110142>
- JUSTI, R. y GILBERT, J.K. (2006). The role of analog models in the understanding of the nature of models in chemistry. In P.J. Aubusson, A.G. Harrison y S.M. Ritchie (Eds.), *Metaphor and analogy in science education* (pp. 119-131). Dordrecht: Springer. http://dx.doi.org/10.1007/1-4020-3830-5_10
- 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*, 6(1), 15-24. <http://dx.doi.org/10.3847/AER2007002>
- KÜCÜKÖZER, H. (2008). The effects of 3D computer modelling on conceptual change about seasons and phases of the Moon. *Physics Education*, 43(6), 632-636. <http://dx.doi.org/10.1088/0031-9120/43/6/011>
- MANUEL DE, 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.
- MARTÍNEZ-CHICO, M., JIMÉNEZ-LISO, M.R. y LÓPEZ-GAY, R. (2015). Efecto de un programa formativo para enseñar ciencias por indagación basada en modelos, en las concepciones didácticas de los futuros maestros. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 12(1), 149-16. Disponible en línea: <<http://hdl.handle.net/10498/16929>>.
- NAVARRETE, A. (2004). *Obstáculos y dificultades en la evolución de las estructuras conceptuales y epistemológicas de los futuros maestros: Un estudio de casos sobre el fenómeno de las estaciones*. Tesis doctoral. Universidad de Cádiz.
- NAVARRO PASTOR, M. (2015). El mapa evolutivo de las estaciones del año. *Enseñanza de las Ciencias*, 33(3), 23-42. <http://dx.doi.org/10.5565/rev/ensciencias.1464>
- OLIVA, J.M. y ARAGÓN, M.M. (2009). Contribución del aprendizaje con analogías al pensamiento modelizador de los alumnos en ciencias: marco teórico. *Enseñanza de las Ciencias*, 27(2), 195-208.
- OLIVA, J.M., ARAGÓN, M.M., BONAT, M. y MATEO, J. (2003). Un estudio sobre el papel de las analogías en la construcción del modelo cinético-molecular de la materia. *Enseñanza de las Ciencias*, 21(3), 429-444.
- PALOMAR, R. y SOLBES, J., (2015) Evaluación de una propuesta para la enseñanza y el aprendizaje de la astronomía en secundaria. *Enseñanza de las Ciencias*, 33(2), 91-111. <http://dx.doi.org/10.5565/rev/ensciencias.1462>
- PARKER, J. y HEYWOOD, D. (1998). The earth and beyond: developing primary teachers' understanding of basic astronomical events. *International Journal of Science Education*, 20(5), 503-520. <http://dx.doi.org/10.1080/0950069980200501>

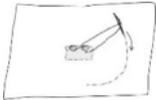
- PLUMMER, J.D. y MAYNARD, L. (2014). Building a learning progression for celestial motion: an exploration of students' reasoning about the seasons. *Journal of Research in Science Teaching*, 51(7), 902-929.
<http://dx.doi.org/10.1002/tea.21151>
- PRINS, G.T. (2010). *Teaching and Learning of Modelling in Chemistry Education: Authentic Practices as Contexts for Learning*. Unpublished doctoral dissertation. Universiteit Utrecht.
- SCHNEPSA, M.H., RUELB, J., SONNERTA, G., DUSSAULTA, M., GRIFFINC, M. y SADLER, F.M. (2013). Conceptualizing astronomical scale: Virtual simulations on handheld tablet computers reverse misconceptions. *Computers & Education*, 70, 269-280.
<http://dx.doi.org/10.1016/j.compedu.2013.09.001>
- SCHOON, K.J. (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), 27-46.
<http://dx.doi.org/10.1007/BF03173734>
- SCHWARZ, C. (2002). Is there a connection? The role of meta-modeling knowledge in learning with models. In the *Proceedings of International Conference of Learning Sciences*. Seattle, W.A.
- SCHWARZ, C.V., REISER, B.J., DAVIS, E.A., KENYON, L., ACHER, A., FORTUS, D., SHWARTZ, Y., HUG, B. y KRAJCIK, J. (2009). Developing a learning progression for scientific modeling: making scientific modeling accessible and meaningful for learners. *Journal of Research in Science Teaching*, 46(6), 632-654.
<http://dx.doi.org/10.1002/tea.20311>
- SUN, K.T., LIN, C.L. y WANG, S.M. (2009). A 3-D virtual reality model of the sun and the moon for e-learning at elementary schools. *International Journal of Science and Mathematics Education*, 8(4), 689-710.
<http://dx.doi.org/10.1007/s10763-009-9181-z>
- VEGA, A.M. (2001). *Sol y Luna, una pareja precopernicana. Estudio del día y la noche en Educación Infantil*. Tesis doctoral. Universidad de la laguna, Centro Superior de Educación, España.
- VÍLCHEZ, J.M. y RAMOS, C.M. (2015). La enseñanza-aprendizaje de fenómenos astronómicos cotidianos en la Educación Primaria española. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 12(1), 2-21. Disponible en línea: <<http://hdl.handle.net/10498/16921>>.

ANEXO 1.
TRAMA DE ACTIVIDADES DESARROLLADAS

<i>Secuencia didáctica</i>	<i>N.º actividad</i>	<i>Descripción de la actividad</i>	<i>Modelos analógicos</i>
Delimitación de propósitos y modelos previos	1	Exploración de ideas previas sobre las estaciones.	
	2	Exploración de ideas previas sobre la duración de los días.	
	3	Exploración de ideas previas sobre la situación de los trópicos.	
	4	Análisis de respuestas de otros alumnos/as a las cuestiones anteriores.	
Estudio del movimiento orbital terrestre	5	Visualización y conceptualización de la inclinación del eje terrestre.	Juego con plastilina y palillos (M1) y/o globo terráqueo (M5)
	6	Análisis de las dos estaciones simultáneas en contexto más cercano.	Globo terráqueo (M5)
	7	Explicación de la sucesión de dos estaciones simultáneas.	Globo terráqueo (M5) y/o globo y flexo (M7)
	8	Conceptualización de la forma de la órbita terrestre.	
	9	Cálculo de la distancia entre el Sol y la Tierra (perihelio y afelio)	
	10	Diferenciación entre perihelio y afelio.	
	11	Representación a escala de la órbita terrestre.	Dibujo de la órbita terrestre (M3)
	12	Visualización de la perspectiva de la órbita terrestre.	Hula hoop (M4)
	13	Observación del sentido del giro de la Tierra.	Globo terráqueo y flexo (M6) y uso del movimiento del reloj (M7)
Análisis de la incidencia de los rayos solares	14	Análisis y reflexión del tamaño relativo Tierra-Sol y de las distancias medias entre ellos.	Modelización de tamaños y distancia Sol y Tierra (M2)
	15	Cálculo de las proporciones de tamaños entre la Tierra, el Sol y la distancia e incidencia con los rayos solares.	Modelización de tamaño y distancia Sol y Tierra (M2), globo terráqueo (M5) y globo y flexo (M6)
	16	Explicitación de la duración del día y de la noche.	
	17	Duración del día y de la noche en los solsticios.	Globo y flexo (M7)
	18	Duración del día y de la noche en los equinoccios.	Globo y flexo (M7)
	19	Incidencia de los rayos en diferentes superficies.	Globo y flexo (M7)
Comprensión global del fenómeno	20	Recapitulación: órbita, traslación, eje, incidencia de rayos.	Globo y flexo (M7) y/o cuarto oscuro (M8)
	21	Recapitulación: descripción de fechas de cambio de estaciones, duración del día/noche y efecto térmico, comparación en distintos puntos del globo.	Cuarto oscuro (M8)
	22	Recapitulación: intento de explicación de dichos fenómenos desde un modelo geocéntrico.	
	23	Recapitulación: segundo intento de explicación de dichos fenómenos desde un modelo heliocéntrico.	
	24	Recapitulación: tercer intento de explicación desde ambos modelos.	Cuarto oscuro (M8)
	25	Explicitar las ideas llegadas sobre las estaciones y demás fenómenos.	
	26	Simulador 1	Página web «Earth Viewer» (M9)
	27	Simulador 2	Página web «NASA» (M10)
Revisión de lo aprendido	28	Reconstrucción y análisis de la experiencia.	
	29	Prueba escrita.	

ANEXO 2. INSTRUMENTO DE VALORACIÓN

1. Valora con la siguiente puntuación la utilidad que ha tenido en tu aprendizaje cada uno de los siguientes recursos utilizados para la representación del sistema Sol-Tierra. 1 = nada, 2 = poco, 3 = regular, 4 = mucho, 5 = imprescindible (2.^a columna).
2. Describe *qué* has aprendido con cada uno de ellos y *para qué* te han servido (3.^a columna).
3. Valora con la siguiente puntuación el posible uso de estos recursos con tus alumnos de primaria en tu futuro ejercicio profesional. 1 = nada, 2 = poco, 3 = regular, 4 = mucho, 5 = imprescindible (4.^a columna).

<i>Representación</i>	<i>1 Valor</i>	<i>2 Descripción</i>	<i>3 Valor</i>
 Primeros juegos representativos con plastilinas y palillos.			
 Modelización tamaños y distancia Sol y Tierra.			
 Construcción del dibujo de la órbita de la Tierra.			
 Utilización del <i>hula hoop</i> , monedas y/o anillos.			
 Uso del globo terráqueo en los distintos momentos.			
 Primeras tentativas de aproximación del flexo y globo terráqueo.			
 Uso del movimiento agujas del reloj para movimiento Tierra.			

<i>Representación</i>	<i>1 Valor</i>	<i>2 Descripción</i>	<i>3 Valor</i>
 Representación en el cuarto oscuro.			
 Página web «Earth Viewer».			
 Página web «NASA».			

Perceptions of students for future primary school teachers about analog models as a didactic resource

Natalia Jiménez-Tenorio, Lourdes Aragón Núñez y José María Oliva Martínez
Departamento de Didáctica (Área Didáctica de las Ciencias Experimentales). Universidad de Cádiz (España)
natalia.jimenez@uca.es, lourdes.aragon@uca.es, josemaria.oliva@uca.es

In this paper we investigate the opinions of 169 students of the Degree of Primary Education about the usefulness of various analog models used in their training on the phenomenon of the seasons. The study was carried out on the subject of Didactics of Science of Nature I, at the Faculty of Educational Sciences of the University of Cádiz (Spain), during the courses 2012-2013, and 2013-2014. The analysis of the perceptions of future teachers in their learning process has a significant importance, since the study of their opinion can provide an alternative point of view in relation to performance evaluation studies. In addition, these perceptions can allow to integrate information coming from learning in the cognitive field as well as from the affective field. Finally, with this analysis, we will learn about the opinions of teachers about the feasibility of transposition of what they have learned to their future educational practices.

For the study, a questionnaire was used with the intention of evaluating the assessments of future teachers around ten used analog models. The instrument was administered at the end of the learning experience about the relative motions of the Sun-Earth system. The questionnaire had three parts; in the first one, each student had to assess, through a Likert scale of five levels, the perceived usefulness of each of the models as learning resources. In the second part, of a freer nature, each student had to argue and justify the quantitative assessment made for each of the analog models used. Finally, in the third part, students had to perform an assessment similar to the first part (through a Likert scale of five levels), but in this case to assess the potential interest of each model for primary children's learning. Based on this information, they conducted two studies; one of quantitative nature, to assess the degree of perceived usefulness by students in the first and third part of the questionnaire for the analog models used; and a qualitative one, from data collected in the second part of the instrument, with the idea of analysing the perceptions of participants for each of the resources and its usefulness in learning.

In the quantitative study, frequency distributions between four categories, which were established for the assessments given by the Likert scale used, were analysed. These ranged from «do not know / no answer» for missing values, «useful», «indecisive» and «not useful». The data obtained in this part of the study indicates assessments of the resources used ranging from neutral to useful depending on the point of view of personal learning experience of students and their didactic projections for future primary school children. In the case of valuations for personal learning, important variations between the distinct analog models used in the degree of usefulness is observed. Thus, it is perceived more useful for analog models like the globe or drawing of the earth's orbit. The data also indicates that there are analog models that were less valued, as in the case of playdough balls, the use of hula-hoop or the clock. The assessments made by students seem to relate to the degree of use of analog models in the different activities, so that the lesser used are also the least valued and vice versa. Regarding the corresponding percentages, they were similar when asking for the usefulness they would have for primary school children, although considerably higher valuation levels were seen in most models. Thus, the marginal homogeneity test that was carried out, showing statistically significant differences for some of the models used.

As for the qualitative study, it was carried out from exact qualitative assessments made by the participants of each analog model, comparing their justifications with the didactic intentions planned by the teachers of the subject. The results indicate the existence of a certain variability of responses associated with the idiosyncrasies of the evaluated model, and indicates that students do not always correctly perceive the didactic intentions sought by teachers in the planning of the experience.

In conclusion, the results obtained in this study suggest that students seem to perceive the potential benefits of working with analog models, since most of them think they are useful resources to overcome the barriers of abstraction, because the phenomena being studied can be viewed and manipulated, not just imagined. However, it must be taken into account that the perceived didactic intentions from future teachers do not always coincide with that of the teacher. This indicates that the analogies do not always get the expected success.