

Efectos de la enseñanza problematizada de astronomía diurna en el conocimiento y actitudes de los futuros maestros de primaria

M. A. Menargues Marcilla, J. Martínez Torregrosa, L. Osuna García, R. Limiñana Morcillo, R. Colomer Barberá, J. Romero Naranjo, F. Savall Alemany, A. Trompeta Carpintero y M. Esparza García

*Facultad de Educación
Universidad de Alicante*

RESUMEN (ABSTRACT)

El dominio del contenido específico influye a la hora de impartir ciencias en un maestro de primaria y el nivel de aprendizaje sobre temas de ciencias que deben alcanzar durante su formación es un asunto controvertido. Además, la mayoría de estudiantes de Magisterio acceden sin una formación inicial específica de ciencias en Bachillerato, y muchos de ellos, tienen actitudes negativas hacia el aprendizaje y la enseñanza de las ciencias. Pensamos que los maestros de primaria deben tener oportunidades para aprender de manera coherente algunas de las grandes ideas de las ciencias para que puedan enseñarlas de la manera en que aspiramos a que enseñen ciencias en su ejercicio profesional; y que es posible hacer esto de forma que alcancen un alto nivel de comprensión y –simultáneamente– que cambien las actitudes negativas que tienen hacia las ciencias y su enseñanza si queremos que, en un futuro, transmitan a sus alumnos actitudes positivas hacia el aprendizaje de las mismas. Este estudio muestra el efecto de la enseñanza, en profundidad, sobre los ciclos y simetrías en el movimiento del Sol y su explicación (el modelo Sol/Tierra) en los conocimientos de los futuros maestros y en la mejora de sus actitudes hacia las ciencias.

Palabras clave: enseñanza problematizada, enseñanza de las ciencias, actitudes hacia las ciencias, maestros de primaria.

1. INTRODUCCIÓN

1.1 Introducción y planteamiento del problema.

Se sabe que el dominio del contenido específico influye en cómo enseña ciencias un maestro de primaria, y disponemos de estudios que muestran que los maestros no se sienten capacitados para impartir bien las asignaturas de ciencias (Caguiroglu, Capa-Aydin y Woolfolk, 2012). No obstante, el nivel de aprendizaje que debe tratarse de conseguir sobre temas específicos de ciencias, durante la formación inicial de los maestros, es un asunto no resuelto. Efectivamente, el dilema se presenta cuando se constata que la mayor parte de los estudiantes de Magisterio acceden con una titulación inicial que elude la especialidad de ciencias del Bachillerato, y que, buena parte de ellos, tienen actitudes negativas hacia el aprendizaje y la enseñanza de las ciencias (especialmente hacia la física y la química).

Esto ocurre, además, en un momento en que la comisión de expertos de la unión europea advierte del declinar del interés de los estudiantes europeos por cursar carreras de ciencias identificándose la enseñanza recibida como el origen de este declinar y propone un cambio desde la enseñanza por transmisión habitual hacia una enseñanza de las ciencias basada en la indagación. Las propuestas del National Research Council (2012) son muy similares.

Sabemos que cambiar dichas actitudes es fundamental si queremos que los futuros maestros transmitan a sus alumnos en primaria una disposición positiva hacia el aprendizaje de las ciencias (Appleton, 1995).

Por nuestra parte, creemos que todos los maestros de primaria deben haber tenido oportunidades para aprender con comprensión algunas de las grandes ideas de la ciencia, de un modo coherente con la forma en que aspiramos a que enseñen ciencias en su ejercicio profesional. Difícilmente un maestro podrá transmitir pasión por la ciencia si no ha tenido la experiencia de “vivir en propia carne” el aprendizaje con comprensión de algunos temas de ciencias.

Sin embargo, podría ocurrir que al tratar de enseñarles algunas de las grandes ideas de la ciencia en profundidad, aumentara su rechazo hacia la enseñanza de las ciencias. Tiene mucho interés, por tanto, estudiar el efecto en las actitudes de los futuros maestros que tiene la enseñanza recibida.

Así pues, nuestro estudio está orientado por las siguientes preguntas:

- ¿Es posible conseguir el aprendizaje con comprensión de algunas de las grandes ideas de la ciencia con los futuros maestros de primaria, mediante una enseñanza por investigación guiada (enseñanza problematizada)?
- ¿Qué efecto tendrá dicha forma de enseñanza en sus actitudes hacia la ciencia y su aprendizaje?

1.2 Propósito.

Para responder a esas preguntas, hemos diseñado una asignatura de 60 horas lectivas (la primera de las dos únicas asignaturas sobre enseñanza y aprendizaje de las ciencias que cursan los estudiantes en el Grado de Maestro en Educación Primaria, en la Universidad de Alicante) con dos grandes objetivos:

1º.- Hacer reflexionar a los futuros maestros sobre sus actitudes iniciales hacia las ciencias, posibles causas de las dificultades para aprender conocimientos científicos y sobre modelos de enseñanza que podrían mejorar la situación.

El aprendizaje de conocimientos científicos supone una evolución y/o cambio conceptual (de las ideas espontáneas a las científicas), y conseguir dicho cambio requiere simultáneamente un cambio en la forma de producir y aceptar conocimientos (de la “epistemología espontánea” a la científica). Este doble cambio se favorece cuando se acerca (dentro de lo posible en cada nivel) la forma de enseñar/aprender ciencias en el aula a la metodología científica (una de cuyas características principales es que es un proceso de planteamiento y solución de problemas).

2.- El segundo objetivo es que los futuros maestros “sientan” que es posible aprender ciencias así. Es decir, que es posible enseñar y aprender ciencias por investigación (guiada), organizando la enseñanza a partir de problemas y generando un ambiente hipotético-deductivo en el aula, donde los equipos formados por alumnos se enfrentan (dirigidos por el profesor/ investigador experto) a elaborar un plan o estrategia para avanzar en el problema planteado, formular hipótesis que deben ser sometidas a pruebas, obtener evidencias y analizarlas, etc. Y, todo eso, en un ambiente de “inmersión” en las prácticas científicas, en el que hay ocasiones reiteradas y sistemáticas para expresar lo que se piensa, debatir, comunicar y analizar los resultados y recapitular sobre lo avanzado en el problema.

3. El tercer objetivo que pretendemos conseguir es que incluso aquellos alumnos con actitudes iniciales negativas hacia las ciencias aprendan con comprensión, y que –fruto de esta asignatura- adquieran actitudes positivas hacia las ciencias y su enseñanza.

La hipótesis que ha vertebrado, pues, nuestro trabajo es la siguiente:

La enseñanza problematizada (“por investigación guiada”) produce un elevado nivel de aprendizaje en los futuros maestros, y, simultáneamente, unas actitudes muy positivas hacia las ciencias y su enseñanza.

De un modo operativo, nuestra hipótesis afirma que:

H1.- La enseñanza problematizada produce que la gran mayoría de los futuros maestros adquieran un alto nivel de aprendizaje, medido por la adquisición de “indicadores de comprensión” elaborados por expertos del tema de ciencias a tratar.

H2.- El nivel de aprendizaje alcanzado es independiente de las actitudes iniciales hacia la ciencia y su enseñanza.

H.3 La enseñanza problematizada produce unas actitudes muy positivas hacia la enseñanza/aprendizaje de las ciencias

H.4 El cambio actitudinal producido es independiente de la actitud inicial. Dicho de otro modo: el efecto actitudinal producido supera actitudes iniciales negativas.

H.5 Las actitudes generadas por la enseñanza recibida son positivas incluso en aquellos alumnos que no han conseguido los indicadores de aprendizaje pretendidos. Dicho de otro modo, estos alumnos no rechazan las ciencias y su enseñanza por no haber superado el curso.

2. METODOLOGÍA

Los temas seleccionados para ser enseñados por investigación guiada han sido el de los ciclos y simetrías en el movimiento del Sol (relacionado con las estaciones del año y la orientación espacial: “¿Existen ciclos y simetrías en el movimiento del Sol que nos permitan organizar el tiempo y el espacio?”) y el del modelo Sol/Tierra (“¿Cómo se deben mover el Sol y/o la Tierra para que ocurran esos ciclos y simetrías?”). Estos temas forman parte de todos los programas de enseñanza primaria y secundaria en los países de nuestro entorno y constituyen una de las grandes ideas de la ciencia que se considera que todos los ciudadanos deberían comprender al final de su escolarización (Harlen, 2010). Las secuencias de actividades que se han utilizado fueron diseñadas por profesores expertos en la materia y se

encuentran detalladas en Martínez Torregrosa, Osuna García y Martínez Sebastián (2011a, b). Dichas secuencias fueron probadas y modificadas a lo largo de varios cursos, antes del trabajo experimental que se presenta en este estudio. La enseñanza de los dos temas se ha desarrollado a lo largo de 40 horas, es decir, se ha optado por profundidad frente a amplitud. Como se verá, el aprendizaje pretendido es bastante exigente: buscamos una apropiación funcional del modelo Sol/Tierra, de manera que pueda ser utilizado para pensar sobre el mundo y darle sentido.

La enseñanza se ha llevado a cabo durante dos años, por dos profesores y a dos grupos, cada uno de los años, de alumnos de 2º curso del Grado de Maestro en Educación Primaria en la Facultad de Educación de la Universidad de Alicante. Dado que no es posible el muestreo al azar para constituir los grupos de alumnos, se han elegido de manera que fueran lo más homogéneos posibles desde el punto de vista académico. Para ello, se ha tenido en cuenta que la elección de grupo y horario por los alumnos se hace, en el momento de la matriculación, a partir de la nota media del curso anterior. En cada año se han elegido dos grupos que tenían el mismo horario y que se completaron en las mismas fechas del período de matriculación. Los dos profesores (A y B) se asignaron al azar a cada uno de los grupos cada año (1 y 2). Ambos profesores tenían amplia experiencia en enseñanza problematizada de las ciencias y dominio de los temas, emplearon las mismas secuencias de enseñanza, el mismo sistema de evaluación y el mismo número de horas en cada tema. En las primeras clases se pasaron cuestionarios para obtener información sobre la titulación de acceso al Grado de Maestro y sobre las actitudes hacia las ciencias y su enseñanza.

Tabla 1. Denominación, número de alumnos y titulación de acceso de los grupos.

Grupo	Profesor	Año	n	Ciencias frecuencia (%)	Letras frecuencia (%)	Mixtas frecuencia (%)
A1	A	2011-12	53	8 (15%)	9 (17%)	36 (68%)
B1	B	2011-12	51	12 (23%)	12 (24%)	27 (53%)
A2	A	2012-13	57	9 (16%)	10 (17%)	38 (67%)
B2	B	2012-13	54	8 (15%)	11 (20%)	35 (65%)

Empleando la prueba χ^2 en una tabla de contingencia, obtuvimos que no existían diferencias significativas en cuanto a la formación inicial de los alumnos de cada grupo ($\chi^2_6 = 3.463$; $p = 0.7489$).

El nivel de aprendizaje alcanzado por los alumnos se midió mediante pruebas que constaban de cuestiones y problemas que permitían decidir a partir de las respuestas si se habían conseguido los indicadores de aprendizaje/comprensión determinados previamente por expertos en los temas tratados (Martínez Torregrosa, Osuna García y Martínez Sebastián, 2011c). A cada grupo se les pasó dos pruebas escritas, en situación de examen: una tras el estudio de los ciclos y simetrías del movimiento del Sol, y otra, al finalizar la enseñanza sobre el modelo Sol/Tierra. En el segundo año, además, se utilizó un cuestionario pretest/postest en lenguaje coloquial (no técnico) sobre los ciclos y simetrías del Sol. En el cuadro 1 se muestran las dos pruebas pasadas en uno de los años.

El cuestionario pretest/postest sobre el conocimiento de los ciclos y simetrías del movimiento del Sol, estuvo formado por 14 preguntas abiertas redactadas en lenguaje no técnico para que fueran comprendidas por personas que no habían recibido instrucción sobre los temas, y cubrían los indicadores de comprensión ya citados. El grado de consistencia interna de las respuestas se midió mediante el α -cronbach postest 2012-13 = 0,8145. Sólo se pudo medir en el postest, porque las respuestas correctas en el pretest fueron prácticamente nulas. La diferencia entre el lenguaje técnico y la profundidad de las pruebas y el utilizado en el pretest/postest, se puede comparar viendo las preguntas de la prueba y alguna del cuestionario:

6.- (*¿sabe cómo seguir el Sol?*)

Imagina que no dispones de brújula ni de GPS. Expresa alguna forma mediante la que podrías determinar con exactitud la dirección Norte-Sur y la dirección Este-Oeste

Cuadro 1. Pruebas sobre los temas pasadas a los estudiantes.

Prueba sobre ciclos y simetrías en el movimiento del Sol

1.- (¿Sabe cómo seguir el Sol? ¿Conoce los ciclos del Sol en Alicante?)

Una persona, en Alicante, ha medido la culminación del Sol con un astrolabio en una fecha desconocida. No ha indicado el valor obtenido, pero ha realizado un dibujo como el siguiente para representar el cuadrante en el momento en que está midiendo la culminación.



- ¿Por dónde habrá salido el Sol en ese día y por dónde se pondrá?
- ¿Cuánto durará ese día?
- ¿Qué información necesitarías para precisar más la fecha en que se realizó la medición?
- Dibuja la trayectoria del Sol en el horizonte natural

2.- (¿Conoce los ciclos del Sol en cualquier lugar de la Tierra?)

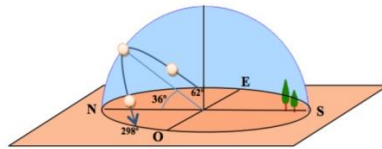
Disponemos de la siguiente información sobre el Sol en un lugar desconocido: "El acimut del orto en el día más corto del año es 148° y la culminación en el día más largo es 4° ".

- Halla los valores del acimut del orto y del ocaso, y la culminación en todos los días singulares
- Dibuja la trayectoria del Sol, en la ventana astronómica, en el solsticio de verano
- ¿Cómo crees que será la duración del día a lo largo del año en comparación con Alicante?

Prueba sobre el modelo Sol/ Tierra

1.- (¿Sabe colocar un punto en la Tierra a partir de datos observables y viceversa?)

- Expresa en términos observables (medibles) qué significa que las coordenadas de una persona son 10°N y 30°E
- ¿Cómo podría confirmar una persona –con la trayectoria del Sol– que se encuentra ...:
 - Dentro del Trópico de Cáncer;
 - Dentro del Círculo Polar Antártico
 - En un punto de latitud norte
- En el siguiente dibujo se muestra la trayectoria del Sol en el *solsticio de invierno* en un lugar del planeta. Además, la persona que ha hecho el dibujo, nos dice que la sombra del nonom cae sobre la línea meridiana dos horas después que en Greenwich. Colócalo en la esfera terrestre.



2.- (¿Relaciona la posición de la Tierra en su órbita con cómo se ve el Sol en el horizonte local?)

Dibuja la Tierra cuando da la vuelta alrededor del Sol a lo largo de un año, y

- Indica las posiciones que puedan corresponder a las siguientes situaciones en el *hemisferio norte* (haz los dibujos como consideres conveniente para explicarte):
 - La duración del día es menor que 12 horas y está aumentando.
 - El día en que la culminación es la más alta
 - El día que dura menos del año
 - La duración del día es mayor que 12 horas y está disminuyendo
- Justifica (haciendo dibujos, explicando, argumentando,...) en cuál de las dos posiciones, (a) o d), la temperatura media será mayor (hará más calor) en un mismo lugar.

3.- (¿Sabe utilizar el modelo Sol/ Tierra funcionalmente?)

Utiliza el modelo Sol/ Tierra para deducir *cómo se verá la trayectoria del Sol* en un lugar de 55°N de latitud y 90°W de longitud, el día de *Solsticio de Invierno*, comparando la culminación, duración del día y acimut del orto/ ocaso con los de Alicante. (Cuando la comparación sea cualitativa, debe estar totalmente argumentada a partir de dibujos y razonamientos).

La valoración de las respuestas de los alumnos a las pruebas ha sido realizada con una plantilla adaptada a los indicadores de comprensión, por dos investigadores (distintos de los profesores implicados, y con dominio de los temas) que han utilizado la siguiente escala de cuatro niveles para cada uno de los indicadores: 0 (no sabe o presenta errores fundamentales); 1 (sabe, con algunas deficiencias; tiene algunos errores en explicaciones no fundamentales, pero no presenta errores importantes); 2 (sabe, casi sin errores; muestra un conocimiento muy alto de la materia, pero presenta algunos errores menores) y 3 (sabe perfectamente). Eligieron 5 pruebas que valoraron, por separado, con la plantilla y pusieron en común sus valoraciones, clarificando el origen de sus discrepancias hasta llegar a un acuerdo. Repitieron el mismo procedimiento con 10 pruebas más, hasta conseguir un grado de coincidencia mayor del 90 %. A partir de ahí, uno solo de los investigadores valoró el resto del grupo.

Las actitudes iniciales hacia las ciencias y su enseñanza se obtuvieron a partir de las respuestas a dos de las preguntas contenidas en el cuestionario inicial. Una de las cuestiones era que valoraran de 0 a 10 (0=poco, 10=mucho) su interés para impartir temas de diversas disciplinas (historia, matemáticas, geografía, física, química, lengua, biología y geología) como maestros de Primaria. La otra cuestión era que indicaran tres asignaturas hacia las que tenían actitudes muy positivas y tres hacia las que tenían actitudes muy negativas. Se consideró que tenían actitudes negativas si la puntuación que asignaron a física (ya que el tema a desarrollar de astronomía está esencialmente relacionado con la física) en la primera cuestión era entre 0 y 4 o manifestaban actitudes muy negativas hacia alguna asignatura de ciencias. Si no manifestaban actitudes muy negativas hacia ninguna asignatura de ciencias o la puntuación que asignaron a física en la primera cuestión era entre 5 y 6 se consideró actitud neutra. Por último si la puntuación fue mayor de 7 o manifestaban actitudes muy positivas hacia alguna asignatura de ciencias se consideró una actitud positiva hacia las ciencias. El perfil de actitudes iniciales hacia las ciencias y su enseñanza en las cuatro muestras fue el siguiente:

Tabla 2. Actitudes iniciales hacia las ciencias y su enseñanza de los maestros en formación.

Grupo	Profesor	Año	n	Actitud inicial hacia las ciencias*		
				Negativa (% alumnos)	Neutra (% alumnos)	Positiva (% alumnos)
A1	A	2011-12	53	45	34	21
B1	B	2011-12	51	53	20	27
A2	A	2012-13	57	55	19	26
B2	B	2012-13	54	57	17	26

* No hay diferencias significativas entre grupos, en cuanto a la actitud inicial hacia las ciencias ($\chi^2 = 5.764$; $p = 0.4502$)

El efecto de la enseñanza sobre las actitudes finales hacia las ciencias y su aprendizaje, se ha medido por dos vías. La primera, mediante un cuestionario de 23 ítems (17 enunciados de forma afirmativa, y 6 de forma negativa) que debían ser valorados de 0 a 10, indicando el 0 un desacuerdo total con el enunciado y el 10 un acuerdo total. Las respuestas se obtuvieron en la última semana de clase, después de haber realizado la última prueba a escala próxima, y antes de conocer la calificación final. Para medir la fiabilidad de los cuestionarios en los dos años en los que se realizó el estudio, se utilizó el índice alfa de Cronbach, evaluándose por separado los ítems enunciados de forma positiva de los ítems enunciados de forma negativa, ya que todos los ítems deben estar medidos en la misma dirección (por ejemplo 10 significa lo contrario si el ítem está enunciado de manera positiva o negativa). Los valores del índice de alfa de Cronbach obtenidos oscilaron entre 0.8 y 0.96, lo que indica un alto grado de fiabilidad para el uso de estos cuestionarios como herramienta para determinar las actitudes hacia las ciencias.

La segunda forma de obtener evidencias sobre las actitudes generadas por la enseñanza fue estimando el grado de interacción de los alumnos con personas ajenas al aula generados por aspectos tratados en el desarrollo de los temas. Este grado de interacción se ha estimado por el número de veces que los alumnos afirmaban haber hablado de algún aspecto de los temas tratados en la clase con personas ajenas a la misma (y del número de personas). Para asegurarnos de que esta interacción era debida a la enseñanza, cada una de las cuatro muestras se dividió al azar en dos mitades, a una de ellas se les entregó un cuestionario con algunas preguntas –formuladas en lenguaje no técnico– sobre aspectos que iban a ser tratados en los temas objeto de enseñanza (sobre los ciclos y simetrías del Sol –las estaciones del año

y la organización del plano del horizonte), para que obtuvieran cinco respuestas de personas ajenas al aula. A la otra mitad se les entregó otro cuestionario que trataba sobre aspectos que no tenían nada que ver con lo que sería objeto de enseñanza y se les pidió también que obtuvieran cinco respuestas de personas ajenas al aula. Según las teorías clásicas de la motivación, a la mitad de los alumnos se les estaba favoreciendo la posibilidad de influir y destacar sobre otras personas, pues al desarrollar los temas iban a adquirir conciencia de los errores de los otros (que, inicialmente, coincidían con los suyos propios), a saber en qué y por qué se equivocaban, y, por tanto, a diferenciarse a “adquirir poder” sobre personas (incluso sobre sus padres “que siempre están diciendo que no saben nada”). Si la enseñanza por investigación no tuviera un gran efecto (positivo) sobre los estudiantes, cabría esperar que hubiera diferencias significativas entre aquellos a los que se les había propiciado inicialmente la oportunidad de “separarse y destacar” sobre los demás y aquéllos a los que no. En ningún momento los profesores implicados supieron quienes habían pasado uno u otro cuestionario (fueron otras personas quienes realizaron el sorteo, distribuyeron, recogieron y gestionaron los cuestionarios).

Las preguntas que se les formularon al final del curso fueron:

1.- ¿Con cuántas personas has hablado, sobre algunos aspectos tratados en clase?

2.- Es posible que con alguna de las personas hayas hablado más de una vez. Estamos interesados en contabilizar el número total de veces que has interactuado con las personas. El número total de veces ha sido

Para los análisis de datos se han usado la hoja de cálculo Excel y el programa de estadística SPSS.

3. RESULTADOS

Sólo mostramos los resultados globales obtenidos por los alumnos en las pruebas formales realizadas al finalizar cada tema (tablas 3 y 4). En las tablas 6 y 7 se muestran los mismos resultados, pero separados en función de la actitud inicial hacia las ciencias de los alumnos. En la tabla 5 se muestran los resultados de los pretest y postest.

Tabla 3. Aprendizaje logrado por los futuros maestros sobre los ciclos y simetrías del Sol, por profesor (A/B) y por año (1/2).

	Curso 2011-12		Curso 2012-13		Global (n=236) %	
	Grupo A1* (n=57) %	Grupo B1 (n=60) %	Grupo A2 (n=58) %	Grupo B2 (n=61) %		
¿Comprende los ciclos y simetrías del Sol de un modo funcional? (¿Sabe orientarse temporal y espacialmente con ellos?)						
No	60	32	38	33	40	
Sí, con alguna deficiencia	20	25	17	20	20	60
Sí, casi sin errores	10	32	22	26	23	
Sí, perfectamente	10	11	22	21	17	

* Se encontraron diferencias significativas entre los grupos ($\chi^2 = 18.598$; $p = 0.0288$) por efecto del grupo A1; al eliminar este grupo los otros tres grupos no muestran diferencias significativas entre sí ($\chi^2 = 4.505$; $p = 0.6087$).

Tabla 4. Aprendizaje logrado por los futuros maestros sobre el modelo Sol-Tierra por profesor y por año.

	Curso 2011-12		Curso 2012-13		Global (n=221) %	
	Grupo A1 (n=52) %	Grupo B1 (n=53) %	Grupo A2* (n=58) %	Grupo B2 (n=58) %		
¿Comprende el modelo Sol/Tierra de un modo funcional? (¿Sabe colocar un punto en el planeta a partir de datos observables del movimiento del Sol en ese lugar y viceversa?; ¿Utiliza el modelo para deducir y comparar cómo se verá el Sol en distintos lugares del planeta?;..)						
No	38	42	14	27	30	
Sí, con alguna deficiencia	25	34	43	38	35	70
Sí, casi sin errores	23	9	17	21	18	
Sí, perfectamente	14	15	26	14	17	

* Se encontraron diferencias significativas entre los grupos ($\chi^2 = 18.201$; $p = 0.0329$) por efecto del grupo A2; al eliminar este grupo los otros tres grupos no muestran diferencias significativas entre sí ($\chi^2 = 6.374$; $p = 0.3826$).

Tabla 5. Comparación de conocimientos sobre los ciclos y simetrías del Sol antes y después de la instrucción, mediante cuestionario en lenguaje no técnico.

alumnos	Curso 2012-13*				Global (n=112)	
	A2 (n=51)		B2 (n=61)		%	
	%		%			
	pretest	posttest	pretest	posttest	pretest	posttest
No sabe	100	43	100	34	100	38
Sabe, con alguna deficiencia	0	14	0	16	0	15
Sabe, casi sin errores	0	29	0	25	0	27
Sabe, perfectamente	0	14	0	25	0	20

*No se encontraron diferencias significativas entre estos grupos ($\chi^2 = 2.59$; $p = 0.4593$).

Tabla 6. Aprendizaje logrado por los maestros en formación sobre los ciclos y simetrías del Sol en función de su actitud inicial hacia las ciencias.

	Actitud inicial hacia las ciencias*		
	Negativa (n = 111) %	Neutra (n = 48) %	Positiva (n = 54) %
¿Comprende los ciclos y simetrías del Sol de un modo funcional? (¿Sabe orientarse temporal y espacialmente con ellos?)			
No	43	50	31
Sí, con alguna deficiencia	20	17	20
Sí, casi sin errores	21	23	26
Sí, perfectamente	16	10	22

*El test χ^2 no mostró diferencias significativas entre estos grupos (ni entre las comparaciones dos a dos ni en la comparación entre todos los grupos; $p > 0.21$ en todos los casos).

Tabla 7. Aprendizaje logrado por los maestros en formación sobre el modelo Sol-Tierra en función de su actitud inicial hacia las ciencias.

	Actitud inicial hacia las ciencias*		
	Negativa (n = 103) %	Neutra (n = 45) %	Positiva (n = 51) %
¿Comprende el modelo Sol/Tierra de un modo funcional? (¿Sabe colocar un punto en el planeta a partir de datos observables del movimiento del Sol en ese lugar y viceversa?; ¿Utiliza el modelo para deducir y comparar cómo se verá el Sol en distintos lugares del planeta?;..)			
No	31	31	24
Sí, con alguna deficiencia	32	33	43
Sí, casi sin errores	22	18	10
Sí, perfectamente	15	18	24

*El test χ^2 no mostró diferencias significativas entre estos grupos (ni entre las comparaciones dos a dos ni en la comparación entre todos los grupos; $p > 0.1$ en todos los casos).

Los resultados de la tabla 8 muestran, claramente, una actitud final positiva en todos los grupos (valores medios de los ítems positivos en torno al 7).

Para mostrar que el cambio actitudinal positivo se producía independientemente de la actitud inicial, hemos hallado para cada individuo el valor medio de sus puntuaciones a todos los ítems formulados positivamente, y hallado la media de dichos valores para todos los alumnos que tenían una de las tres actitudes iniciales categorizadas. Los valores medios de estos ítems de los alumnos con actitud inicial negativa, neutra y positiva han sido: 7.14 ± 1.52 (n=113); 7.57 ± 1.17 (n=48) y 7.46 ± 0.91 (n=53), respectivamente, no existiendo diferencias significativas entre ellos (ANOVA $F_{2,211} = 2.143$, $p = 0.12$).

Tabla 8. Efecto sobre las actitudes de los futuros maestros de primaria de la enseñanza problematizada sobre ciclos y simetrías del movimiento del Sol y el modelo Sol/ Tierra, en las cuatro muestras, en función del profesor (A y B) y año (1/2) (*) (1) En negrita los ítems que expresan una actitud negativa.

ITEM VALORADO	Grupo A1 \bar{X} (dt)	Grupo A2 \bar{X} (dt)	Grupo B1 \bar{X} (dt)	Grupo B2 \bar{X} (dt)
a) La estructura de los temas y su desarrollo me ha permitido sentirme orientado/a, es decir, saber lo que estaba haciendo en todo momento y para qué lo hacía.	6.91 (1.79)	6.31 (1.78)	7.52 (1.51)	7.20 (1.32)
b) Tengo la sensación de haber aprendido “de verdad”, de “avance”.	7.37 (1.84)	7.57 (1.36)	8.30 (1.32)	8.17 (1.14)
c) A lo largo de los temas he tenido oportunidades de expresar lo que pensaba sobre lo que estábamos tratando y resolver mis dudas.	8.14 (1.69)	7.87 (1.41)	7.64 (1.28)	7.08 (1.56)
d) Tengo la sensación de que iba haciendo actividades, una tras otra, sin saber muy bien por qué las hacía.	4.05 (2.30)	5.23 (2.45)	2.95 (2.16)	3.98 (2.42)
e) Creo que lo que he aprendido no sirve sólo para aprobar un examen sino que mi comprensión sobre los ciclos del Sol y sobre el modelo Sol-Tierra ha mejorado claramente.	7.42 (2.00)	7.66 (1.59)	8.50 (1.59)	8.34 (1.04)
f) Ha mantenido alto o ha aumentado mi interés por la enseñanza y el aprendizaje de las ciencias.	6.93 (2.01)	7.08 (1.74)	7.79 (1.42)	7.84 (1.35)
g) Me ha hecho reflexionar sobre ideas que tenía y convencerme de que había otras mejores.	7.53 (1.93)	8.05 (1.43)	8.41 (1.53)	8.44 (1.09)
h) La organización de los temas me ha permitido darme cuenta de cómo trabajan los científicos y cómo se avanza en la elaboración de modelos y teorías.	6.46 (1.97)	7.03 (1.48)	7.88 (1.44)	7.37 (1.19)
i) Creo que lo que he aprendido ha hecho que piense de un modo diferente (sobre los aspectos tratados) que al principio de curso.	7.05 (1.99)	8.03 (1.58)	8.62 (1.20)	8.38 (1.03)
j) Lo que hemos tratado es muy difícil, creo que no he entendido nada “de verdad”.	2.60 (2.15)	3.75 (2.60)	1.38 (1.60)	2.56 (2.41)
k) Creo que esta asignatura ha contribuido a que me guste menos la enseñanza y el aprendizaje de las ciencias.	3.11 (2.70)	3.90 (2.88)	1.66 (2.03)	2.06 (2.25)

l) Si pudiera elegir, me gustaría que la asignatura de “Enseñanza y Aprendizaje de las Ciencias” del próximo curso se desarrollara del mismo modo que éste.	5.63 (2.62)	5.48 (2.51)	7.40 (1.93)	6.66 (1.93)
m) Lo que he aprendido en esta asignatura es importante en la formación de un futuro profesor.	6.04 (2.28)	5.56 (2.37)	8.29 (1.48)	7.42 (1.53)
n) He advertido un gran avance respecto a otras personas sobre los temas tratados.	6.46 (2.04)	6.26 (1.88)	7.37 (1.63)	6.89 (1.53)
o) Considero que la relación entre lo que he aprendido y el esfuerzo que he debido realizar no es razonable (demasiado esfuerzo para poco aprendizaje).	4.11 (2.20)	5.44 (1.99)	2.88 (2.49)	4.19 (2.64)
p) Habría sido prácticamente igual que hubiera estudiado por mi cuenta los apuntes y materiales dados en clase en vez de asistir.	1.19 (1.79)	1.82 (1.59)	0.96 (1.53)	1.00 (1.51)
q) El organizar los temas como problemas a resolver contribuye a que se aprenda mejor.	6.93 (2.09)	6.43 (2.47)	7.67 (1.82)	7.24 (1.97)
r) Me ha resultado interesante.	7.09 (2.02)	7.43 (1.80)	8.23 (1.33)	7.89 (1.36)
s) He hablado con personas ajenas a la clase de los temas tratados en clase.	6.46 (2.49)	7.36 (2.10)	8.19 (1.58)	8.02 (1.70)
t) Esta asignatura ha contribuido a mantener elevada o a mejorar mi actitud hacia la enseñanza y el aprendizaje de las ciencias.	6.37 (2.24)	6.38 (1.85)	7.86 (1.34)	7.34 (1.43)
u) Ha contribuido a que comprendiera qué son las ideas y razonamientos espontáneos, y la dificultad para cambiarlos.	6.25 (1.95)	7.52 (1.51)	8.02 (1.40)	8.23 (1.26)
v) Lo que he aprendido es probable que lo olvide poco después del examen.	4.09 (2.14)	4.75 (2.41)	1.97 (1.96)	3.05 (2.29)
w) He mejorado mi capacidad para razonar científicamente.	6.37 (1.95)	6.85 (1.60)	7.36 (1.49)	7.21 (1.18)

A continuación, en la tabla 9, mostramos –algo muy importante para nosotros- los resultados que apoyan que incluso los alumnos que no han conseguido los indicadores de comprensión (Martínez Torregrosa et al., 2011), no muestran una especial animadversión hacia las ciencias y su enseñanza. Si bien, hemos encontrado una progresión entre la actitud final y el nivel de aprendizaje logrado.

Tabla 9. Actitud de los futuros maestros media al final de la enseñanza problematizada sobre ciclos y simetrías del Sol y el Modelo Sol/ Tierra en función del nivel de aprendizaje conseguido en las dos pruebas realizadas (ciclos y modelo).

NIVEL ALCANZADO SOBRE CICLOS Y SIMETRÍAS EN EL MOVIMIENTO DEL SOL	Actitud final (media de los ítems positivos) hacia las ciencias y su enseñanza
No sabe o presenta errores fundamentales.	6.77 ± 1.4 (n=95)
Sabe, con algunas deficiencias, tiene algunos errores en explicaciones no fundamentales, pero no presenta errores importantes.	7.37 ± 1.1 (n=48)
Sabe, casi sin errores, muestra un conocimiento muy alto de la materia, pero presenta algunos errores menores.	7.81 ± 0.92 (n=54)
Sabe perfectamente	8.13 ± 1.16 (n=38)
No sabe o presenta errores fundamentales.	6.98 ± 1.4 (n=66)
Sabe, con algunas deficiencias, tiene algunos errores en explicaciones no fundamentales, pero no presenta errores importantes.	7.35 ± 1.41 (n=78)
Sabe, casi sin errores, muestra un conocimiento muy alto de la materia, pero presenta algunos errores menores.	7.75 ± 0.99 (n=39)
Sabe perfectamente	7.90 ± 0.96 (n=37)

Como vemos, las actitudes mejoran con el nivel de aprendizaje conseguido (¡aprender motiva, y aprender mejor, más!), pero quienes no consiguen el nivel aceptable en los indicadores de comprensión, tienen una valoración media de los ítems formulados positivamente de 6.8. Posiblemente hayan advertido su avance y consideran su situación como provisional y accesible la posibilidad de lograr hacerlo bien. De hecho, en el examen final (los valores de las últimas pruebas son de mediados de diciembre, y el examen final es hacia el final de enero) el porcentaje de alumnos que supera los indicadores de comprensión es mayor que los que lo han conseguido al pasar las pruebas en situación experimental.

Por último, en la tabla 10 se muestra el grado de interacción con personas ajenas al aula que genera la enseñanza recibida, en aquéllos que pasaron uno u otro cuestionario:

Tabla 10. Interacciones de los alumnos con personas ajenas al aula sobre los temas tratados en clase. Se indica el número medio de veces que hablaron y el número medio de personas con las que hablaron en función del cuestionario que pasaron a personas de su entorno.

Grupo	Número de veces que hablan		Número de personas con las que hablan	
	Astronomía (n=106) \bar{X} (dt)	Otros temas (n=97) \bar{X} (dt)	Astronomía (n=107) \bar{X} (dt)	Otros temas (n=97) \bar{X} (dt)
A1	1.69 (1.31)	1.21 (1.42)	1.79 (1.54)	1.07 (1.25)
B1	4.48 (4.32)	3.36 (2.90)	3.17 (1.39)	2.96 (2.91)
A2	4.68 (3.87)	3.68 (4.24)	4.73 (3.60)	4.42 (2.76)
B2	7.54 (6.40)	6.64 (4.98)	5.96 (5.32)	4.73 (2.19)
Global	4.51 (4.76)	3.55 (3.94)	3.82 (3.64)	3.10 (2.73)

Para el global, no se encontraron diferencias significativas, ni para el número de veces que hablaron (ANOVA $F_{1,201} = 2.439$, $p = 0.12$), ni para el número de personas con las que hablaron (ANOVA $F_{1,202} = 2.512$, $p = 0.115$) sobre los temas tratados en clase, en función de si habían pasado inicialmente un cuestionario u otro a personas de su entorno.

4. ANÁLISIS Y CONCLUSIONES

Los resultados muestran que, mediante la enseñanza problematizada en el contexto de la asignatura con las características expresadas en la introducción, es posible conseguir un alto nivel de aprendizaje en la gran mayoría de los maestros en formación: aproximadamente un 70 % de los alumnos consigue los indicadores de comprensión, antes de realizar el examen final, y en torno al 35 % del total lo hace a un nivel excelente. No existen diferencias significativas entre los niveles de aprendizaje conseguido en diferentes años ni por profesores distintos, lo que apunta claramente al modelo de enseñanza problematizada como factor clave en dichos resultados. Más interesante aún, desde el punto de vista de la formación de futuros maestros, es que la instrucción desarrollada es capaz de superar las actitudes iniciales negativas de muchos alumnos: no existen diferencias significativas en el nivel de aprendizaje alcanzado por alumnos con actitudes iniciales diferentes. Como pretendíamos, la asignatura

contribuye a superar la baja autoestima o sensación de incapacidad para aprender ciencias que una buena parte de los futuros maestros manifiestan al inicio del curso.

Este estudio muestra que la enseñanza problematizada de los temas de ciencias estudiados produce unas actitudes muy positivas hacia la enseñanza/aprendizaje de las ciencias. Por otro lado este cambio de actitudes, siempre hacia positivas, es independiente de la actitud inicial, es decir aunque inicialmente tuvieran actitudes negativas, la enseñanza utilizada supuso una mejora de la actitud hacia las ciencias en todos los casos. Además, las actitudes hacia las ciencias son positivas incluso en aquellos alumnos que no han conseguido los indicadores de aprendizaje pretendidos. Finalmente cabe destacar que no se encuentran diferencias significativas en las interacciones con personas ajenas al aula entre los alumnos que pasan el cuestionario de astronomía y los demás. Esto demuestra que la enseñanza ha debido de tener un gran efecto positivo, ya que si la enseñanza por investigación no tuviera este efecto sobre los estudiantes, cabría esperar que hubiera diferencias significativas entre aquellos a los que se les había propiciado inicialmente la oportunidad de “separarse y destacar” sobre los demás y aquéllos a los que no.

5. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Appleton, K. (1995). Student teachers' confidence to teach science: is more science knowledge necessary to improve self-confidence? *International Journal of Science Education*, 17 (3), 357-369.
- Caguiroglu, J., Capa-Aydin, Y. & Woolfolk Hoy, A. (2012). Science teaching efficacy beliefs. En B. J. Fraser, K. G. Tobin y C. J. McRobbie (Eds.), *Second International Handbook of Science Education Vol.1* (pp. 449-461). Dordrecht: Springer.
- Harlen, W. (2010). *Principles and big ideas of science education*. Herts: Association for Science Education.
- Martínez Torregrosa, J., Osuna García, L. & Martínez Sebastián, B. (2011a). Iniciación a la astronomía diurna (1). Disponible en: <http://rua.ua.es/dspace/handle/10045/19065>
- Martínez Torregrosa, J., Osuna García, L. & Martínez Sebastián, B. (2011b). Iniciación a la astronomía diurna (2). Disponible en: <http://rua.ua.es/dspace/handle/10045/21680>
- Martínez Torregrosa, J., Osuna García, L. & Martínez Sebastián, B. (2011c). Iniciación a la astronomía diurna (2). Disponible en:

http://rua.ua.es/dspace/bitstream/10045/21680/6/5.%20Indicadores_de_compression%20Astronomia.pdf

National Research Council. (2012). *A Framework for K-12 Science Education: Practices, Crosscutting Concepts, and Core Ideas*. Washington: The National Academies Press.