

# UNA PROPUESTA INTEGRADA PARA LA FORMACIÓN INICIAL DE MAESTROS: DESDE EL APRENDIZAJE DE CIENCIAS MEDIANTE INDAGACIÓN Y MODELIZACIÓN A LA COMPETENCIA PARA ENSEÑAR CIENCIAS

María Martínez-Chico, Rafael López-Gay, M<sup>a</sup> Rut Jiménez-Liso, María Trabalón Oller  
*Universidad de Almería*

**RESUMEN:** Desde una visión del desarrollo de la competencia profesional como re-construcción de un sistema complejo de conocimientos y experiencias personales de aprendizaje, se justifica un enfoque integrado en el que los estudiantes viven experiencias de aprendizaje mediante indagación y modelización, reflexionan sobre ellas y se inician en el diseño de secuencias de enseñanza para niños de Primaria. Se presenta el diseño y desarrollo del primer bloque de la asignatura Didáctica de las Ciencias Experimentales (DCE) I del Grado en Educación Primaria bajo ese enfoque, se muestran algunos instrumentos utilizados para evaluarla y un avance de resultados.

**PALABRAS CLAVE:** Formación inicial de maestros, enfoque integrado, *vivir* propuestas innovadoras, enseñanza de las ciencias basada en la indagación y modelos, competencia profesional.

**OBJETIVOS:** La formación de docentes en didáctica de las ciencias debe aumentar su competencia para diseñar la enseñanza de las ciencias, implementarla, evaluarla y proponer mejoras, una competencia determinada por un conjunto complejo de conocimientos y experiencias. La formación de docentes debe ir dirigida a adquirir o modificar esos conocimientos y experiencias, así como aprender a utilizarlos para el desarrollo de su profesión. Lo que distingue a cada propuesta de formación inicial es en qué aspectos de ese conocimiento centra su atención por considerarlos relevantes y qué tipo de experiencias proporciona. El objetivo de este trabajo es presentar las características de nuestra propuesta de formación inicial de maestros para enseñar ciencias, mostrar con detalle un primer bloque de la propuesta y adelantar algunos resultados.

## FUNDAMENTACIÓN DE LA PROPUESTA

La creciente preocupación por la mejora de la formación inicial de maestros y la necesidad de discutir qué hacemos, cómo y por qué en las asignaturas de DCE, y qué pruebas tenemos de su eficacia

(Martínez Chico, López-Gay & Jiménez Liso, 2013), nos lleva cuatro años más tarde a centrar nuestra propuesta en cuatro bloques de conocimiento relevantes para la competencia docente:

- *Conocimiento práctico docente*, relativo a cómo se planifica la enseñanza, cómo se implementa y cómo se evalúa. Proponemos una planificación que considera la actividad a realizar por los estudiantes como unidad básica de enseñanza y la secuencia de enseñanza como el conjunto de actividades.
- *Conocimiento científico y práctica de la ciencia*. Entendemos el conocimiento científico como un continuo que va desde el conocimiento descriptivo, ligado a la experiencia directa y lo directamente observable, hasta los modelos. La finalidad de este aprendizaje no es simplemente saber sino saber utilizarlo para entender el mundo y resolver cuestiones relacionadas con él, es decir, desarrollar la competencia científica. Nuestra experiencia como formadores nos ha mostrado el escaso conocimiento científico que poseen los estudiantes de Maestro, tan pobre como su capacidad y confianza para utilizarlo (Parker, 2006).
- *Conocimiento epistemológico*, relativo a cómo se construye y acepta como válido el conocimiento científico, una epistemología diferente de la del conocimiento ordinario (Martínez Torregrosa, Doménech & Verdú, 1993). Nuestro interés se centra principalmente en destacar: el carácter hipotético del conocimiento científico y el uso de pruebas como criterio de aceptación, la pretensión de la ciencia de construir modelos de validez general y no particular, y por último la importancia de la comunicación y discusión pública.
- *Conocimiento sobre cómo se aprende ciencia*, relativo a la existencia de concepciones que los estudiantes utilizan para explicar el mundo, conjunto de ideas apoyadas en un conocimiento descriptivo intuitivo y disperso, y que obedecen a una epistemología ordinaria.

Nuestra propuesta formativa se caracteriza tanto por los bloques de conocimiento en los que pretende incidir como por la forma en que se organizan y las experiencias que proporciona. En ella realizamos un tratamiento integrado de los distintos bloques, que se vertebra en torno a experiencias concretas de aprendizaje científico. Entendemos la formación inicial como un proceso de cambio de pensamiento docente espontáneo que, para que sea plausible, requiere disponer de experiencias de aprendizaje alternativas a sus experiencias previas, que les sirvan como referente y modelo (Haefner & Zembal-Saul, 2004)

Con el punto de mira puesto en la competencia profesional docente, cada bloque de contenido de nuestra propuesta se organiza en torno a una o dos secuencias de enseñanza de ciencias acompañadas de la reflexión sobre esa experiencia vivida que les permita cuestionar y construir conocimiento (fig. 1).

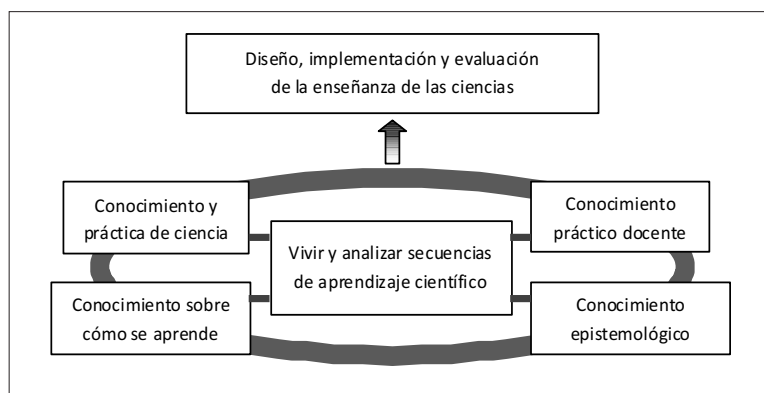


Fig. 1. Esquema de la propuesta

En el siguiente apartado se presentará el diseño del primer bloque de la asignatura: DCE I, 9 ECTS (67,5 h presenciales para el estudiante), de carácter anual de 2º curso del Grado en Educación Primaria.

## DISEÑO DEL PRIMER BLOQUE DE LA PROPUESTA

Este bloque ha sido desarrollado en el primer trimestre del curso 2016/2017, en 25 h lectivas, que va seguido de 4 semanas de prácticas en los colegios. El bloque se organiza en cuatro temas.

El tema 1 pretende construir un conocimiento descriptivo sobre cómo cambian las horas de luz solar a lo largo de del año en su localidad y, a partir de ahí, definir los días singulares y estaciones del año. La secuencia diseñada, con 8 actividades, se ajusta “al pie de la letra” a la estructura de una secuencia basada en la indagación (IBSE) en la que los estudiantes: se apropian de una pregunta; expresan, justifican y discuten sus ideas utilizando diferentes lenguajes; diseñan la búsqueda de pruebas para contrastar sus ideas; llevan a cabo esa búsqueda, analizan resultados, obtienen y discuten conclusiones; y, finalmente, el profesor da un paso más en el acercamiento a ideas más científicas (fig. 2).

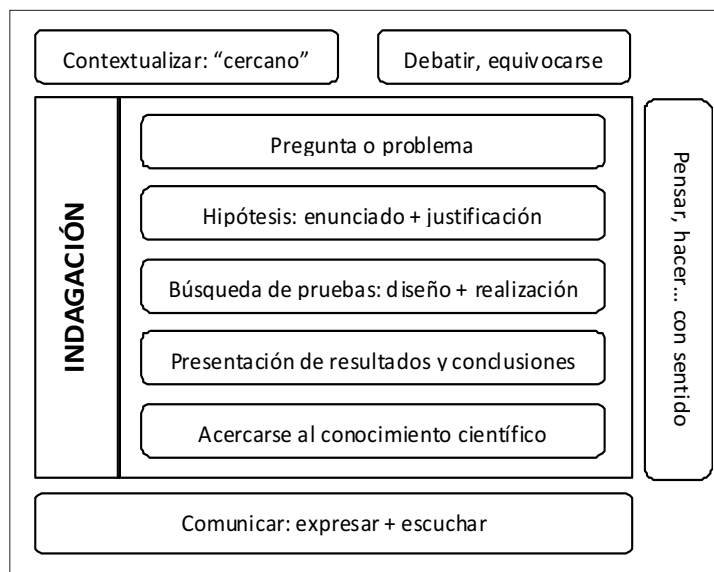


Fig. 2. Estructura de una secuencia IBSE

El tema 2 pretende cuestionar la secuencia: *explicación del profesor - ejercicios de aplicación*, al mismo tiempo que justificar la *indagación* en el aula por tres razones: la necesidad de expresar y discutir las concepciones de los estudiantes para favorecer un aprendizaje significativo, la necesidad de poner en práctica la epistemología científica para cambiar concepciones y la importancia de *hacer y hablar ciencia*.

En la primera parte de la secuencia se discute el sentido de cada actividad del tema 1 y se reconoce la existencia de una estructura de indagación (fig. 2). En la segunda parte se pregunta: ¿No habría sido más fácil y rápido que el profesor explicara las ideas correctas desde el principio?, y se desarrollan dos ideas fundamentales: las concepciones de los estudiantes y la visión constructivista del aprendizaje por un lado, y las diferencias entre la epistemología cotidiana y científica por otro.

El tema 3 pretende construir un modelo sobre el movimiento del sistema Sol-Tierra y reflexionar sobre el significado y el proceso de construcción de los modelos en ciencia. La necesidad de un modelo

se justifica por la dificultad de hacer predicciones sobre el número aproximado de horas de luz solar los días singulares del año en diferentes localidades, más allá de una suma de conocimiento descriptivo sobre lo que sucede en cada localidad. El primer criterio para construir el modelo es que explique un conocimiento descriptivo ya contrastado, en particular: que en su localidad haya días con menos de 12 h de luz solar, otros con 12 h y otros con más. Los modelos intuitivos que los alumnos utilizan, basados en el cambio de la distancia entre el Sol y la Tierra, se muestran insuficiente para contrastar estos hechos (Martínez Chico, López-Gay & Jiménez Liso, 2017). Utilizando la idea de que los rayos procedentes del Sol son paralelos entre sí y dividen a la Tierra en dos semiesferas (iluminada/oscura), los estudiantes consiguen construir un modelo suficiente para explicar lo que sucede en su localidad. Este modelo se somete a prueba realizando nuevas predicciones y buscando información que les permita contrastar su validez. En la parte final del tema 3 se realiza una reconciliación entre el modelo construido y algunas de las ideas dispersas que utilizaban al principio, lo que exige añadir una nueva finalidad al modelo.

En la primera parte del tema 4 se analiza la estructura y el sentido de cada una de las actividades realizadas en el tema 3 y se discuten los resultados de los cuestionarios de autorregulación de aprendizajes, lo que les lleva a reconocer la eficacia del enfoque utilizado para desarrollar esos dos temas. La segunda parte pretende mostrar que el diseño de una secuencia de enseñanza mediante indagación no es una tarea simple ni inmediata, empezando por la dificultad de elegir “buenas preguntas” que desencadenen la indagación. Utilizando las secuencias vividas en los temas 1 y 3, se les proporcionan criterios para valorar las preguntas, que van más allá de “hacer lluvias de ideas” o “preguntas divertidas”; entre esos criterios destacan: que los estudiantes puedan aportar respuestas personales más o menos justificadas, y que conduzcan al aprendizaje que pretendemos que adquieran. Utilizando esos criterios, analizan las preguntas planteadas por los compañeros y finalmente seleccionan una que plantearán a sus estudiantes de Primaria durante la fase de prácticas, justifican su elección, redactan sus expectativas y, sólo después, redactan las respuestas y discusiones que han aparecido en el aula, emitiendo una valoración sobre la idoneidad de su pregunta y las modificaciones que introducirían.

## METODOLOGÍA

Además de hacer una propuesta orientada por el esquema de la fig. 1, incluyendo el diseño de las secuencias de actividades, queremos obtener evidencias de su eficacia en diferentes dimensiones. Hemos diseñado cuestionarios de autorregulación de conocimientos y emociones, cuestionarios sobre el uso del conocimiento científico, diarios de clase, grabaciones en audio y vídeo de sus aportaciones y discusiones en actividades clave, cuestionario sobre actividades importantes en la enseñanza de las ciencias, análisis de tareas durante el Prácticum y del diseño de sus propias secuencias de enseñanza. En la actualidad nos encontramos aún en fase de recogida de información y análisis de resultados, por lo que centraremos el próximo apartado en avanzar algunos de los resultados de evaluación del bloque presentado.

## RESULTADOS DE EVALUACIÓN DEL PRIMER BLOQUE

*Actividades importantes para aprender ciencias:* Al comenzar el curso pedimos a los estudiantes que, como expertos en recibir clases de ciencias, escribieran las actividades que pueden hacerse en las clases de ciencias para aprender bien. Se hizo un listado con todas las actividades propuestas y se intercalaron algunas más que consideramos relevantes, reuniendo un total de 33 actividades. Al día siguiente (PRE) y al finalizar el trimestre (POST) se les entregó el listado completo y se les pidió que seleccionaran las seis actividades más importantes para realizar en la clase de ciencias. Al margen de otros análisis, hemos

calculado el porcentaje de estudiantes que incluyen cada actividad entre las seis más importantes en el cuestionario PRE y en el POST; después, hemos identificado aquellas actividades que cambian en 15 puntos o más del PRE al POST, ya sea aumentando o disminuyendo (tabla 1).

Tabla 1.  
Actividades que han ganado o que han perdido mayor relevancia en el pensamiento de los alumnos para realizar en clase de ciencias

%POST - %PRE	ENUNCIADO DE LA ACTIVIDAD
+ 32	Los alumnos diseñan pruebas para confirmar o rechazar una idea
+ 21	El profesor escucha las ideas de los alumnos
+ 19	Los alumnos expresan sus propias ideas
+ 16	Plantear preguntas y problemas
- 24	El profesor pone ejemplos después de la explicación
- 21	Hacer experimentos
- 19	Hacer salidas: excursiones, patio, parques científicos, centros de investigación...
- 17	Utilizar maquetas (cuerpo humano, sistema solar, volcán...)
- 17	El profesor explica con claridad las ideas fundamentales

Estos resultados muestran el desplazamiento de un esquema basado en la explicación del profesor hacia un esquema de actividades de indagación protagonizadas por los estudiantes. Con frecuencia se ha criticado al enfoque de indagación de poner el énfasis en las actividades manipulativas (hands-on) dejando fuera las actividades mentales (minds-on); los resultados obtenidos muestran que, después de vivir nuestra propuesta, los futuros maestros ponen el énfasis en actividades mentales: enfrentarse con preguntas, expresar ideas o diseñar pruebas. En este contexto interpretamos el descenso en la importancia de hacer experimentos o salidas no como un desprecio de tales actividades sino como una apuesta por su realización en un esquema propio del trabajo científico. Por otra parte, interpretamos el conjunto de estos resultados como una muestra de que el enfoque de indagación, de la manera en que lo implementamos, integra el desarrollo de otras prácticas científicas como la modelización (Martínez Chico, López-Gay & Jiménez Liso, 2017).

*Autorregulación de conocimientos:* Al finalizar los temas 1 y 3, los estudiantes completaron individualmente un cuestionario de autorregulación del aprendizaje, KPSI, con las ideas más importantes que se habían trabajado y su valoración de lo que habían aprendido de 1 a 5. En todos los ítems se produce un salto mínimo de 2 puntos. El mayor cambio en el tema 1 se produce en los ítems referidos a describir y realizar predicciones sobre las horas de luz solar en su localidad en distintos días y estaciones. En el tema 3 los cambios son más acusados en todos los ítems, en particular en los referidos al uso del modelo para explicar lo que sucede en su localidad y hacer predicciones en otras localidades; en ambos ítems el cambio de valoración es superior a 2,5 puntos.

*Uso del conocimiento para resolver problemas:* Se planteaban a los estudiantes preguntas sobre predicciones de horas de luz solar en localidades en un mapamundi en tres momentos distintos del tema 3: 1) antes de discutir sobre modelos, 2) justo cuando acababan de construir un modelo suficiente para explicar lo que sucede en su localidad, y 3) una vez que ya habían usado el modelo para realizar predicciones contrastables y así poder validarlo. Los resultados presentados en la fig. 3 presentan una clara diferencia en su capacidad de realizar predicciones a partir de lo que es sólo un modelo intuitivo inicial y cuando utilizan un modelo recién construido, diferencia que se hace mayor aún cuando han tenido la oportunidad de familiarizarse en dos sesiones de clase con el uso del modelo.

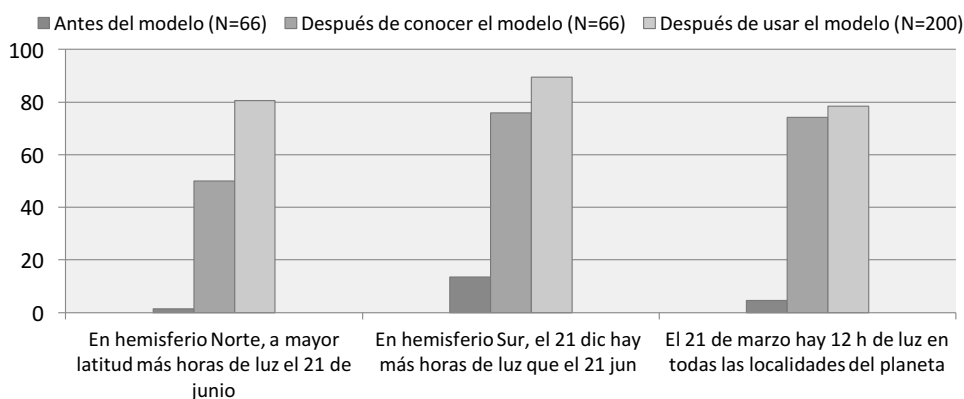


Gráfico 1. Porcentaje de estudiantes capaces de usar el conocimiento para resolver problemas

## CONCLUSIONES

En este trabajo hemos mostrado que es posible realizar un diseño de la asignatura de DCE orientada hacia el desarrollo de la competencia profesional, proporcionando a los futuros maestros experiencias de aprendizaje de ciencias probablemente distintas a las que han vivido antes, construyendo el conocimiento profesional a partir del análisis detallado de esa experiencia.

También nos hemos referido a la evaluación de esa propuesta. Nuestra experiencia como docentes nos ha mostrado su coherencia y el alto grado de seguimiento por parte de los estudiantes, una impresión que ha de ser corroborada por los resultados que obtengamos a través del diseño experimental realizado. Los primeros resultados nos muestran indicadores de un cambio en el conocimiento práctico docente y en el conocimiento epistemológico de los estudiantes, así como un mayor dominio en el uso del contenido científico acompañado de una autopercepción positiva que contribuye a mejorar su actitud y confianza.

## AGRADECIMIENTOS

A los proyectos EDU2015-69701-P y P11-SEJ-7355 (@Sensociencia).

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- HAEFNER, L.A., & ZEMBAL-SAUL, C. (2004). Learning by doing? Prospective elementary teachers' developing understandings of scientific inquiry and science teaching and learning. *International Journal of Science Education*, 26(13), 1653-1674.
- MARTÍNEZ CHICO, M., LÓPEZ-GAY, R. & JIMÉNEZ LISO, M.R. (2013). Propuesta de formación inicial de maestros fundamentada en la enseñanza por indagación centrada en el modelo de Sol-Tierra. *IX Congreso Internacional sobre Investigación en Didáctica de las Ciencias*, 2173-2178.
- (2017). Prácticas científicas en la formación inicial de maestros: Indagación para describir y modelizar. *X Congreso Internacional sobre Investigación en Didáctica de las Ciencias*, Sevilla.

- MARTÍNEZ-TORREGROSA, J., DOMÉNECH, J. L. & VERDÚ, R., (1993). Del derribo de ideas al levantamiento de puentes: la epistemología de la ciencia como criterio organizador de la enseñanza en las ciencias física y química. *Qurrriculum*, 6&7, 67-89.
- PARKER, J. (2006). Exploring the Impact of Varying Degrees of Cognitive Conflict in the Generation of both Subject and Pedagogical Knowledge as Primary Trainee Teachers Learn about Shadow Formation. *International Journal of Science Education*, 28(13), 1545-157.

