

REFERENCIA: Martín-Gómez, C. & Fernández-Escalona, C. (2018). Una propuesta para desarrollar competencias docentes en educación matemática y científica. *ENSAYOS, Revista de la Facultad de Educación de Albacete*, 33(1). Enlace web: <http://www.revista.uclm.es/index.php/ensayos> - Consultada en fecha (dd-mm-aaaa)

# UNA PROPUESTA PARA DESARROLLAR COMPETENCIAS DOCENTES EN EDUCACIÓN MATEMÁTICA Y CIENTÍFICA

## A PROPOSAL TO DEVELOP TEACHING SKILLS IN MATHEMATICAL AND SCIENTIFIC EDUCATION

**Carolina Martín-Gómez**

[cmarting@uma.es](mailto:cmarting@uma.es)

**Catalina Fernández-Escalona**

[cfernandez@uma.es](mailto:cfernandez@uma.es)

Facultad de Ciencias de la Educación. Universidad de Málaga.  
Bulevar Louis Pasteur, 25, CP. 29010, Málaga (España)

Recibido: 08/04/2017

Aceptado: 14/06/2018

### Resumen:

La enseñanza y el aprendizaje de las ciencias y la matemática debe ser realizada para formar a ciudadanos que sean capaces de adaptarse y jugar un papel responsable en los cambios y desafíos de un mundo global. Esto pone de manifiesto la necesidad de enfocar estas dos disciplinas desde una perspectiva interdisciplinar. Por ello, en este trabajo se pretende analizar la puesta en práctica de una propuesta formativa interdisciplinar y basada en la experimentación, para que profesorado en formación inicial de Educación Infantil mejore sus competencias docentes para la enseñanza de las Ciencias y la Matemática, y por tanto en un futuro puedan llevar a cabo, de manera idónea, un tratamiento didáctico de las ciencias y las matemáticas con escolares de Educación Infantil. La evaluación de la propuesta se realizó a partir de una rúbrica diseñada para ello, que trató de determinar el nivel de desempeño alcanzado en algunas de las competencias docentes en matemáticas y ciencias. Los resultados ponen de manifiesto, entre otros resultados desarrollados en este artículo, como la propuesta ayudó al futuro profesorado a entender lo importante que es abordar contenidos de distintas disciplinas desde una perspectiva integrada, y a ser capaz de diseñar actividades para el aula que pongan de manifiesto este enfoque y fomenten un alto grado de autonomía en el alumnado.

**Palabras clave:** Actividades experimentales; Competencias profesionales docentes; Enseñanza de las ciencias y la matemática; Educación infantil; Interdisciplinariedad.

### Abstract:

The teaching and learning of science and mathematics must be carried out to train citizens who are capable of adapting and playing a responsible role in the changes and challenges of a global

world. This highlights the need to focus these two disciplines from an interdisciplinary perspective. Therefore, this paper aims to analyze the implementation of an interdisciplinary training proposal based on experimentation, so that teachers in early childhood education improve their teaching skills for teaching science and mathematics, and therefore in the future they can carry out, ideally, a didactic treatment of science and mathematics with children in pre-school education. The evaluation of the proposal was made from a rubric designed for it, which tried to determine the level of performance achieved in some of the teaching competences in mathematics and science. The results show, among other results developed in this article, how the proposal helped the future teachers to understand the importance of approaching content from different disciplines from an integrated perspective, and to be able to design activities for the classroom that show this approach and encourage a high degree of autonomy in students.

**Keywords:** Experimental activities; Professional teacher skills; Science and mathematics education; childhood education; Interdisciplinarity.

### 1. La interdisciplinariedad: enfoque básico en la enseñanza

La conceptualización de la enseñanza y el aprendizaje de las ciencias y la matemática debe ser realizada en respuesta a la necesidad de formar a los ciudadanos para adaptarse y jugar un papel responsable en los cambios y desafíos de un mundo global. En este contexto, según Schibeci y Lee (2003), hay que superar el punto de vista de la educación centrada sólo en la importancia del conocimiento, abriendo vías de experimentación e interdisciplinaridad (Norris y Phillips, 2003). Ello permitirá cierto dominio de las ciencias y la matemática que repercutirá de manera importante en el desarrollo cultural y científico de la sociedad. Es decir, es importante que las competencias matemáticas y científicas se realicen de forma integrada y desde una perspectiva interdisciplinar para conseguir un funcionamiento adecuado del sistema educativo. Muestra de ello es el nuevo enfoque de enseñanza denominado STEM (Education in science, mathematics, engineering, and technology) que plantea el aprendizaje de los contenidos de varias disciplinas, entre ellas la científica y la matemática, desde una perspectiva interdisciplinar e integrada (Moore y Smith, 2014; Sanders, 2009), dado que la resolución de los problemas a los que se enfrenta hoy la sociedad (energía, mediambiente, etc.) requieren de las ciencias, las matemáticas y la tecnología (Shernoff, Sinha, Bressler y Ginsburg, 2017).

Por otro lado, la comunidad científica reconoce ampliamente que el estudio de lo que el profesorado cree y piensa influye en lo que hace en el aula, y representa un factor muy importante en el desarrollo de las propuestas del currículo (Mellado, 2001; Porlán y Martín del Pozo, 2006). Por tanto, si el profesorado en formación inicial toma conciencia de la importancia de abordar los contenidos matemáticos y científicos desde un punto de vista interdisciplinar, entonces serán capaces de intervenir en el sistema educativo aplicando este mismo planteamiento de interdisciplinaridad cuando actúen como docentes.

Todo esto junto con la naturaleza de nuestras pruebas obtenidas a partir de la experiencia adquirida como formadoras de profesorado (Fernández-Escalona, 2016; Martín-Gómez, Prieto y Jiménez, 2015), y de acuerdo con las recomendaciones dadas en los trabajos de algunos autores como el realizado por Shernoff et al. (2017), nos lleva a reflexionar sobre la necesidad de promover propuestas interdisciplinares en los programas de formación de profesorado, y en nuestro caso, propuestas integradoras de formación en contenidos didácticos de matemáticas y ciencias. Pero, ¿cómo hacerlo? Las actividades experimentales (AEx) son idóneas para promover indagaciones científicas en interacción directa con los fenómenos naturales que se estudian (Criado y García-Carmona, 2011; Rivarosa y Astudillo, 2013), beneficiando la

comprensión de estos y el desarrollo de habilidades relacionadas con la práctica científica (NGSS, 2013). Por ello, se podría pensar que las AEx basadas en tópicos científicos y en las que se propicien la construcción del conocimiento lógico matemático, podría ser una forma efectiva para que los futuros maestros desarrollen la comprensión conceptual y epistemológica de las ciencias y la matemática y su didáctica. Es decir, se podría considerar que las AEx en las áreas de Didáctica de la Matemática y Didáctica de las Ciencias constituyen, por tanto, una poderosa herramienta metodológica que permite a los estudiantes la participación activa en su propia formación, apoyando la construcción de su conocimiento y el desarrollo de sus propias competencias docentes y profesionales (Criado y García-Carmona, 2011).

Por todo ello, este proyecto se sitúa en una línea de trabajo de interdisciplinaridad y experimentalidad, donde se pretende utilizar AEx basadas en tópicos científicos para abordar el conocimiento lógico matemático que debe abordarse en la Educación Infantil. Es decir, con este proyecto tratamos las AEx como estrategia metodológica para formar al futuro maestro en las competencias didácticas en matemáticas y ciencias, competencias fundamentales para cubrir las necesidades profesionales de maestros en Educación Infantil.

## 2. Contexto y objetivos

La propuesta interdisciplinar se ha llevado a cabo en el curso académico 2016-17. Concretamente, en el 3º curso de la titulación del “Grado de Maestro/a en Educación Infantil” y en las asignaturas de 1er semestre de “Didáctica de la Matemática de la Educación Infantil”, y de 2º semestre “Didáctica de Ciencias de la Naturaleza”. Han participado un total de 62 estudiantes. El objetivo general del proyecto es diseñar e implementar una propuesta formativa interdisciplinar y basada en la experimentación, para que profesorado en formación inicial de Educación Infantil mejore sus competencias docentes para la enseñanza de las Ciencias y la Matemática. Concretamente, deseamos promover en los participantes y analizar el grado de desarrollo de las siguientes competencias didácticas:

C1. Comprender y analizar algunos de los principios básicos fundamentales de las ciencias experimentales y las matemáticas.

C2. Adquirir hábitos y destrezas para diseñar actividades experimentales que promuevan en el alumnado el aprendizaje autónomo y cooperativo.

C3. Aprender a fomentar actitudes y conductas positivas hacia las ciencias, las matemáticas y su didáctica, estimulando las actividades experimentales en la educación científica y matemática.

C4. Tomar conciencia sobre la necesidad del uso de las actividades experimentales como estrategia metodológica para formar al alumnado en las competencias matemática y científica, reconociendo como el desarrollo de ambas puede realizarse de forma integrada y desde una perspectiva interdisciplinar.

Con la propuesta se dará a conocer a los futuros maestros una estrategia metodológica (AEx) que facilita la construcción de los conocimientos científicos y matemáticos para que lleven a cabo, de manera idónea, un tratamiento didáctico de las ciencias y la matemática en escolares de Educación Infantil. También, paralelamente pretendemos que se construya una batería de tareas basadas en AEx, a disposición de este futuro profesorado para que en su futura práctica docente se facilite a los escolares la construcción del conocimiento lógico matemático y científico.

### 3. Metodología

#### *Propuesta interdisciplinar*

Planteamos esta propuesta en dos fases, diseñadas bajo un enfoque constructivista a partir del cual los que aprenden, en nuestro caso el alumnado del Grado que será futuro profesorado de Educación Infantil, debe verse implicado activamente en el proceso de construcción del conocimiento, usando su conocimiento previo para dar sentido al nuevo (Porlán y Martín del Pozo, 2006). A partir de esta premisa, la primera fase se realizó en el transcurso de la asignatura Didáctica de la Matemática, se desarrolló en 7 sesiones de 3h. de duración.

En la primera sesión, se crearon 12 grupos de trabajo de entre 4-5 miembros al que se le asignó un tópico de ciencias: componentes inertes; los animales; las plantas; las propiedades de la materia; los estados de la materia y sus transformaciones; y los sentidos; y se les solicitó que basado en el tópico asignado, y a partir de sus conocimientos iniciales, cada grupo diseñara seis propuestas para trabajar en el aula de infantil los siguientes contenidos matemáticos: las estructuras lógicas de clasificación y seriación; el número cardinal; la secuencia numérica; el número natural; la suma y la resta; y el espacio y geometría. Se les indicó que todas las actividades diseñadas debían ser AEx. Acabado esto, y como previamente se les había pedido al alumnado que llevaran a la clase diferentes objetos, se probó la flotabilidad de los mismos en una pecera con agua. Antes de comprobar si el elemento flotaba o no, el alumnado debía decir si creían que iba o no a flotar, y tenían que cuestionar y decidir por qué unos objetos flotaban y otros no, es decir, establecer qué cualidad del objeto hacía que flotara o que no flotase. Se llegó a la conclusión que era una cualidad intrínseca al objeto y que no dependía ni del tamaño, ni del color, sino de otras variables que con posterioridad se irían descubriendo. Este planteamiento inicial se realizó para promover, entre otros aspectos, la actitud crítica en el alumnado y el pensamiento divergente con la que afrontar todas las situaciones en el resto de las sesiones.

A partir de ahí, la profesora de la asignatura de Didáctica de la Matemática en cada una de las restantes sesiones partiendo de actividades concretas experimentales centradas en el concepto de flotabilidad, guío a los estudiantes en el aprendizaje de la didáctica de dichos contenidos matemáticos para edades tempranas (0-6 años).

Así, en la segunda sesión dedicada a las estructuras lógicas de clasificación y seriación la profesora construyó toda la lógica de conjuntos como la pertenencia lógica, inclusión, intersección y unión, a través de la flotabilidad. Por ejemplo, para trabajar la pertenencia lógica, relación que se da entre un elemento y un conjunto, se cogía el objeto y después de experimentar si flotaba o no, se concluía si pertenecía o no al conjunto formado por los objetos flotantes, siendo así la flotabilidad la propiedad característica del conjunto y lo que permitía definirlo. Como la flotabilidad es una relación de equivalencia nos permitió hacer una clasificación de todos los objetos que se habían llevado a la clase que constituían el universo de la clasificación. Así, el alumnado empezó a descubrir y construir todos los esquemas lógicos relacionados con la clasificación, es decir, que las clases son disjuntas o que la unión de todas las clases te da el universo. En el caso de la seriación la primera cuestión planteada fue de disponer de una relación de orden entre los objetos que nos permitiera seriarlos. Como la flotabilidad es una relación de equivalencia y por tanto no es de orden, empezamos a indagar otras cualidades de los objetos que nos permitieran diferenciarlos unos de otros y poder compararlos y ordenarlos. Una vez creada la necesidad, el alumnado pudo observar que dentro de los objetos no flotantes, había algunos que llegaban más al fondo que otros. Ese fue el criterio que cogimos para ordenar los objetos y crear una serie. Pero es más, se llegó a realizar una ordenación en la serie dado que se usaron reglas para medir a cuántos centímetros se quedaban los distintos objetos del fondo. Utilizamos 6 objetos y usamos de 6 reglas con 6 marcas distintas lo que permitió obtener una ordenación de las 6 reglas según su marca.

En la tercera sesión se trabajó la cardinación. Una vez contruidos los conjuntos en la segunda sesión, ahora se trataba de definir y construir el número cardinal a través de la equipotencia de conjuntos. Nos centramos en las distintas categorías de conjuntos: los que flotan, los que se hundan, los que se quedan a un centímetro del fondo, etc. Fueron tomados dos conjuntos cualesquiera de distinta categoría, y vimos donde había más. Como de lo que se trataba era de definir el número cardinal entonces no pudimos contar, y por tanto, tratamos de encontrar un método que nos permiese comparar esos conjuntos. Finalmente, se llegó a la conclusión que si establecíamos una correspondencia uno a uno entre sus elementos, y no sobraba ni faltaba ninguno entonces es que los conjuntos disponían de la misma cantidad de elementos, es decir, eran conjuntos equipotentes. Para acabar se realizó una clasificación de conjuntos equipotentes, y definimos el número cardinal de un conjunto como la propiedad que tienen en común todos los conjuntos que están en la misma clasificación.

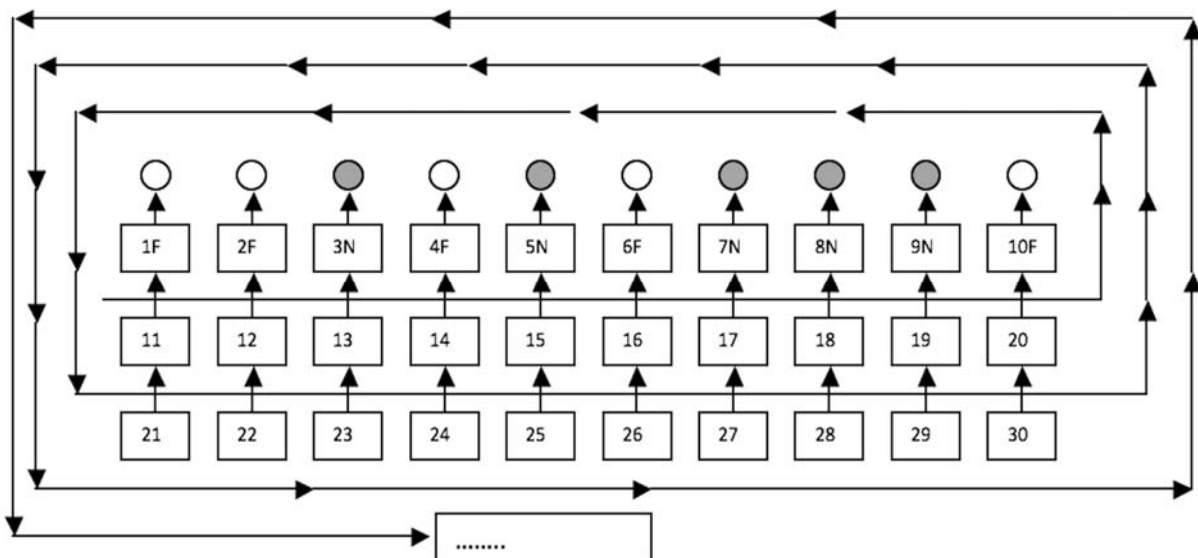


Figura 1. Secuencia numérica alrededor de una fila de 10 objetos que flotan o que no flotan

En la cuarta sesión se trabajó la secuencia numérica centrándonos en la seriación cíclica subyacente a la misma (Fernández-Escalona, 2016). El tramo 1-10 constituye un ciclo a partir del cual, y con una regla de combinación, se genera toda la serie de números naturales. Todo lo que ocurre en el tramo 1-10 ocurre en cualquier otro tramo. Se trata de conocer el siguiente de un número en cualquier decena teniendo como referencia lo que ocurre en el ciclo. Es decir, esto manifiesta el carácter cíclico de la secuencia, por ejemplo si el siguiente inmediato de 5 es 6, entonces el de 15 es 16, de 25 es 26, etc. Igualmente ocurre si se recorren 2 términos a partir de 5 en la secuencia se llega al 7, entonces 2 términos a partir de: 15 se llega al 17, 25 se llega al 27, y así sucesivamente. Se trata de manifestar que la relación de siguiente que se da entre los términos de la secuencia numérica en el tramo 1-10, que llamamos ciclo, se mantiene en cualquier otra decena. Teniendo en cuenta esto, hicimos uso del concepto de flotabilidad para crear una secuencia, y sobre ella razonar el carácter cíclico de la secuencia numérica. En primer lugar, se colocó una fila de 10 objetos de la siguiente forma: cogimos un objeto cualquiera, lo metimos en la pecera para ver si flotaba o no, siendo este el primer elemento de la fila; a continuación, se tomó otro elemento, se realizó la misma prueba y se colocó a continuación del primero; y así sucesivamente hasta hacer el mismo procedimiento con los 10 objetos. Los datos se fueron registrando como se aprecia en la Figura 1, donde los círculos blancos representan los objetos que flotan y los grises los que no flotan. Se comenzó a recorrer la secuencia indicando 1-flota, 2-flota, 3-no flota.....10-flota. Al llegar a 10 volvimos al primer elemento y seguimos contando 11, 12 y así hasta llegar a 20 que señalamos el último elemento. Buscamos entonces

dos elementos que flotasen para colocar en 11 y otro para colocar en 12, así como uno que no flotase para situar en 13, y así hasta completar la fila hasta 20. Con ello estudiamos la seriación cíclica subyacente a la secuencia numérica puesto que si por ejemplo nos situamos en el 6 nos encontramos con un objeto que flota entonces en el 16, 26, 36,... nos encontraremos lo mismo.

La quinta sesión se dedicó al número natural, de manera que se debía relacionar el número cardinal con la secuencia numérica para obtener el número natural. La idea clave se encontraba en el isomorfismo existente entre el cardinal y el ordinal en el sentido siguiente: “un número es menor o igual que otro si y solo si es anterior en la secuencia”. Trabajamos esta idea con la flotabilidad del modo que explicamos a continuación. Dibujamos dos recorridos con 10 casillas, uno se va a recorrer usando objetos que flotan y el otro con los que no flotan. En cada recorrido habrá una pareja de alumnos (F1, F2 para los que flotan y N1, N2 para los que no flotan), y en cada una de ellas uno hará el recorrido mediante los objetos que le dará su compañero. Entonces F1 hace el recorrido de los objetos que flotan, y su compañero F2 será el encargado de darle los objetos que cumplen este requisito para avanzar. Entonces, F2 cogía un objeto y probaba si flotaba o no, si flotaba se lo entrega a su compañero F1 colocándose en la primera casilla del recorrido; F2 volvía a probar un nuevo objeto, y si flotaba se lo volvía entregar a su compañero que avanzará hasta la segunda casilla; y así sucesivamente hasta que la profesora dijese “parad” por ejemplo en la quinta casilla. Análogamente, N1 y N2 iba aplicando el mismo procedimiento con objetos que no flotasen, y para esta pareja la profesora dijo “parad” por ejemplo en la 8ª casilla (Figura 2). Entonces en ese momento F1 está en la 5ª casilla con 5 objetos y N1 está en la 8ª casilla con 8 objetos, y se procede a lanzar la siguiente pregunta “¿quién tiene más?” con la consigna “no se puede contar los objetos (hay que adivinar cuántos hay a través de la posición)”. Se está trabajando, por tanto, dos ideas clave que ligan el cardinal con la secuencia numérica: (a) si te encuentras en el lugar de la secuencia entonces tienes  $n$  elementos; (b) avanzar 1 en la secuencia es añadir 1 a la cantidad.

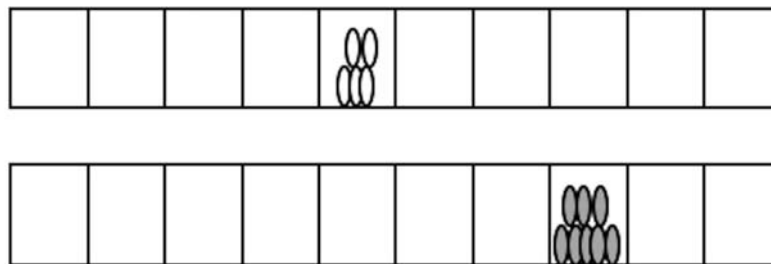


Figura 2. Recorrido con casillas aumentando en uno la cantidad al avanzar una casilla

En la sexta sesión se trabajó la suma y la resta mediante el mismo recorrido de casillas de la sesión anterior, planteando problemas del tipo “si F1 tiene 3 objetos que flotan y su compañero le entrega 2 más ¿cuántos objetos tiene F1?”. Se intentó razonar de la siguiente forma “si F1 tiene 3 objetos entonces está situado en la tercera casilla y si su compañero le da 2 más entonces deba avanzar 2 lugares, casilla 4 y casilla 5, como se encuentra en la casilla número 5 entonces tiene 5 objetos que es la solución”.

La última sesión se dedicó al estudio del espacio y la geometría. Los alumnos se cuestionaron cómo un objeto que no flota se puede colocar encima de algún objeto que flota, y el conjunto de los dos objetos continuaba flotando, es lo que llamaron “efecto barco”. Con esta idea nos propusimos estudiar los distintos tipos de espacios: topológico, proyectivo y euclídeo mediante la construcción de balsas que albergaran los distintos objetos. Por parejas debían hacer 2 balsas exactamente iguales, y ellos elegían la forma: unos eligieron cuadrados, otros rectángulos, etc. con lo cual se trabajaba el espacio euclídeo mediante las figuras geométricas. Un miembro de la pareja tenía que colocar el objeto en una de las balsas, y el otro tenía que situar exactamente

los mismos objetos y con la misma posición en la otra. Con ello, se estudió el espacio proyectivo al considerar los distintos puntos de vista y el espacio topológico teniendo en cuenta la proximidad, cercanía, interior-exterior, frontera, etc.

Al finalizar cada una de las sesiones, y siguiendo las pautas utilizadas por la docente en las AEx sobre flotabilidad, se les pedía al alumnado que mejoraran las actividades que inicialmente diseñaron, tras el debate y la discusión en pequeño grupo. Cada uno de los grupos, como trabajo final de la asignatura simuló con sus compañeros de clase y grabó la aplicación de todas sus propuestas, cuyos vídeos fueron además compartidos a través del campus virtual con el resto de compañeros.

Todas estas actividades fueron retomadas en la segunda fase de la propuesta y se desarrolló en la asignatura de Didáctica de las Ciencias de 2º semestre. En ella se adoptó un esquema similar al ya explicado. Es decir, se desarrolló en 6 sesiones de 3h. de duración, en las que se fueron abordando los procedimientos y las actitudes básicas de ciencias, con dos enfoques: el de la profesora que utilizó las mismas AEx utilizadas en las 6 sesiones de la 1ª fase (y descritas anteriormente) pero ahora para ejemplificar como los procedimientos y actitudes de ciencias se pueden llevar al aula, y desde el propio alumnado que tras el avance de la asignatura iban mejorando sus actividades, tras el debate y la discusión en gran grupo. Para la realización de esta mejora la profesora indicó al alumnado que, manteniendo los aspectos ya diseñados para trabajar los contenidos matemáticos, debían diseñar actividades para promover procesos cognitivos que facilitasen la comprensión de un hecho o fenómeno relacionado con el tópico científico y que fuese más allá que la simple observación, demostración y manipulación de materiales. Para ello, se les indicó que las actividades debían estar diseñadas para que el alumnado de Infantil tuviese un alto grado de participación (del Carmen, 2011) y además su diseño debía contemplar los siguientes aspectos (Rivarosa y Astudillo, 2013):

- Partir de situaciones problemáticas
- Promover la creatividad en su resolución
- Plantear preguntas que cuestionasen el análisis de las variables observadas
- Argumentar la respuesta a la problemática planteada
- Analizar y reflexionar tanto del proceso seguido como el resultado alcanzado

Finalmente, en las dos última de las sesiones cada pequeño grupo presentó a modo de stands sus propuestas integradas, y simuló y grabó su implementación con el resto de compañeros. Estas grabaciones junto con las realizadas al finalizar la 1ª fase sirvieron de instrumentos de recogida de datos.

#### *Análisis de datos*

Con el fin de describir sistemáticamente el significado del material cualitativo recopilado, en este caso las grabaciones de las simulaciones de las propuestas, se empleó una metodología basada en el análisis cualitativo del contenido (Schreier, 2012). Así, para llevar a cabo este análisis se utilizó una rúbrica (Tabla 1), confeccionada por las autoras de este trabajo tras la exploración cualitativa de una selección bibliográfica (Bybee et al., 2006; Bybee, 2009; Liguore y Noste, 2007; de Pro, 2013; Rivero et al., 2017), y tras el debate y consenso de lo que suponía para cada una de nosotras alcanzar un alto nivel en las cuatro competencias consideradas en este trabajo. Se definieron 4 dimensiones correspondientes a cada una de las competencias, y una serie de indicadores dentro de las mismas. Así mismo, se desarrollaron 3 niveles de desempeño para cada uno de estos indicadores (N1 corresponde al nivel más bajo y N3 al más alto).

Para validar la rúbrica de análisis se solicitó a dos expertos, uno del área de Didáctica de las Ciencias y otro de Didáctica de la Matemática, que la aplicasen a tres de las grabaciones elegidas por las autoras, tomando como criterio para la selección su pertenencia, en el mismo indicador, a diferentes niveles de desarrollo. Estos resultados fueron contrastados satisfactoriamente con los resultados del análisis de las firmantes de este artículo.

Tras la validación de la rúbrica, cada una de las autoras de este trabajo realizó una primera revisión de los datos, y los resultados obtenidos fueron comparados, obteniendo un 90% de coincidencia en el análisis. Los resultados no coincidentes se revisaron detenidamente hasta llegar al 100% de acuerdo entre las firmante.

Tabla 1. Rúbrica de análisis de para los vídeos

COMPETENCIA	INDICADORES	NIVELES DE DESEMPEÑO		
		N1	N2	N3
C1. Comprender y analizar algunos de los principios básicos fundamentales de las ciencias experimentales y las matemáticas.	<p>C1.1 Consistencia conceptual de ciencias:</p> <p>La propuesta diseñada aborda correctamente sin errores conceptuales los aspectos básicos del tópico de ciencias tratado (componentes inertes; los animales; las plantas; las propiedades de la materia; los estados de la materia y sus transformaciones; los sentidos).</p>	Más de la mitad de las 6 actividades diseñadas (más de 3) presentan inconsistencias conceptuales en relación al tópico de ciencias abordado	Menos de la mitad de las actividades diseñadas (1 o 2) presentan inconsistencias conceptuales en relación al tópico de ciencias abordado	Ninguna de las actividades diseñadas presentan inconsistencias conceptuales en relación al tópico de ciencias abordado
	<p>C1.2 Consistencia conceptual de matemáticas:</p> <p>La propuesta diseñada aborda correctamente sin errores conceptuales los aspectos básicos del tema matemático tratado (estructuras lógicas de clasificación y seriación, el número cardinal, el número natural, secuencia numérica, suma y resta, espacio y geometría).</p>	Más de la mitad de las 6 actividades diseñadas (más de 3) presentan inconsistencias conceptuales en relación al tema matemático abordado	Menos de la mitad de las actividades diseñadas (1 o 2) presentan inconsistencias conceptuales en relación al tema matemático abordado	Ninguna de las actividades diseñadas presentan inconsistencias conceptuales en relación al tema matemático abordado
C2. Adquirir hábitos y destrezas para diseñar actividades experimentales que promuevan en el alumnado el aprendizaje autónomo y	<p>C2.1 Planificación de procedimientos de la metodología científica:</p> <p>La propuesta didáctica está basada en que el alumnado de infantil aplique los procedimientos básicos de la metodología científica.</p>	Ninguna de las actividades diseñadas hace que el alumno ponga en juego procedimientos básicos de la metodología científica.	Algunas de las actividades propuestas hace que el alumnado ponga en juego procedimientos de la metodología científica pero solo de observación y formulación de hipótesis	Se planifican actividades donde el alumnado pone en juego procedimientos que permiten la obtención de datos y pruebas



cooperativo.	<p>C2.2 Trabajo autónomo del alumnado: La propuesta fomenta el trabajo autónomo del alumnado de infantil.</p>	<p>Ninguna de las actividades diseñadas propone acciones en la que se anima al alumnado a trabajar sin instrucciones directas del profesor.</p>	<p>Alguna/s de las actividades diseñadas propone acciones en la que se anima al alumnado a trabajar sin instrucciones directas del profesor.</p>	<p>En todas las actividades diseñadas propone acciones en la que se anima al alumnado a trabajar sin instrucciones directas del profesor.</p>
	<p>C2.3 Trabajo cooperativo: La propuesta permite que el alumnado de infantil afronte y analice conjuntamente situaciones prácticas y con pequeñas problemáticas.</p>	<p>En ninguna de las actividades propuestas se plantea un procedimiento de trabajo en la que la participación de todos los componentes del grupo les permitirá resolver las pequeñas problemáticas.</p>	<p>En alguna/s de las actividades propuestas se plantea un procedimiento de trabajo en la que la participación de todos los componentes del grupo les permitirá resolver las pequeñas problemáticas.</p>	<p>En todas las actividades se propone un procedimiento de trabajo en la que la participación de todos los componentes del grupo les permitirá resolver las pequeñas problemáticas.</p>
	<p>C2.4 Toma de decisiones: La propuesta permite que el alumnado de infantil argumente y llegue a acuerdos.</p>	<p>No se planifican actividades donde el alumnado deba argumentar, basándose en datos y pruebas, y consensuar las respuestas a las problemáticas planteadas.</p>	<p>Se planifica alguna/s actividad/es donde el alumnado debe argumentar, basándose en datos y pruebas.</p>	<p>Se planifica alguna/s actividad/es donde el alumnado debe argumentar, basándose en datos y pruebas, y además consensuar las respuestas a las problemáticas planteadas.</p>
<p>C3. Aprender a fomentar actitudes y conductas positivas hacia las ciencias, las matemáticas y su didáctica, estimulando las actividades experimentales en la educación científica y matemática.</p>	<p>C3.1 Enfoque cotidiano y basado en la resolución de problemas: La propuesta se inicia con preguntas de investigación relacionadas con el ámbito cotidiano del alumno y que despertarán su atención y su motivación.</p>	<p>No se plantean preguntas de investigación que motiven al alumnado a realizar las actividades planteadas.</p>	<p>Se plantean preguntas clave de partida aunque muy académicas y nada contextualizadas en el ámbito más cercano al alumnado.</p>	<p>Todas las actividades diseñadas o la propuesta en su conjunto se inician con cuestiones cotidianas a las que hay que dar respuesta mediante el desarrollo de las actividades.</p>
	<p>C3.2 Actitudes científicas: La propuesta está diseñada para poner en juego actitudes propias de la metodología científica.</p>	<p>Ninguna de las actividades diseñadas hace que el alumno ponga en juego actitudes propias de la metodología</p>	<p>Algunas de las actividades propuestas hace que el alumnado ponga en juego actitudes propias de la metodología científica como el rigor y la</p>	<p>Se planifican actividades donde se fomenta que el alumnado desarrolle una actitud crítica y un pensamiento</p>

		científica.	honestidad o el respeto.	divergente.
C4. Tomar conciencia sobre la necesidad del uso de las actividades experimentales como estrategia metodológica para formar al alumnado en las competencias matemática y científica, reconociendo como el desarrollo de ambas puede realizarse de forma integrada y desde una perspectiva interdisciplinar.	C4.1 Perspectiva interdisciplinar:  La propuesta plantea actividades en la que se integran el aprendizaje de los contenidos científicos y los matemáticos.	La propuesta no integra en ningún caso en las actividades el aprendizaje de los contenidos científicos con los matemáticos.	La propuesta integra en alguna/s de las actividades el aprendizaje de los contenidos científicos con los matemáticos.	La propuesta en su conjunto integra en las actividades el aprendizaje de los contenidos científicos con los matemáticos, utilizando en todas ellas actividades de experimentales.

#### 4. Resultados

En la actualidad, el proyecto se ha implementado en su totalidad y se han analizado los datos recopilados al finalizar la segunda fase, es decir, el material audiovisual de los pequeños grupos al finalizar la asignatura de 2º semestre. El análisis de estos datos se muestran en la tabla 2, y de manera general puede constatarse como el grado de desempeño alcanzado para cada una de las competencias consideradas es alto. Más concretamente, podemos apreciar que el nivel de desempeño con respecto a la primera competencia C1 es bastante aceptable dado que 8 y 9 de los grupos no presentan inconsistencias conceptuales científicas (C1.1) y matemáticas (C1.2), respectivamente. Aun así, es necesario reconocer las dificultades que presentan algunos grupos para abordar en sus propuestas didácticas algunos tópicos científicos (indicador C1.1), concretamente 2 de ellos situados en el N1 que abordaron los componentes inertes y los sentidos, y no conceptualizaron de ninguna manera dichos tópicos, dando por hecho que simplemente por utilizar componentes inertes o por usar el sentido de la vista era posible comprender el concepto científico.

Indicadores para C1: Comprender y analizar algunos de los principios básicos fundamentales de las ciencias experimentales y las matemáticas	NIVEL DE DESEMPEÑO		
	N1	N2	N3
C1.1 Consistencia conceptual de ciencias	2	2	8
C1.2 Consistencia conceptual de matemáticas	0	3	9
<b>Indicadores para C2: Adquirir hábitos y destrezas para diseñar actividades experimentales que promuevan en el alumnado el aprendizaje autónomo y cooperativo</b>			

C2.1 Planificación de procedimientos de la metodología científica	0	4	8
C2.2 Trabajo autónomo del alumnado	0	2	10
C2.3 Trabajo cooperativo	0	5	7
C2.4 Toma de decisiones	2	7	3
<b>Indicadores para C3: Aprender a fomentar actitudes y conductas positivas hacia la ciencias, las matemáticas y su didáctica, estimulando las actividades experimentales en la educación científica y matemática.</b>			
C3.1 Enfoque cotidiano y basado en la resolución de problemas	1	4	7
C3.2 Actitudes científicas	2	4	6
<b>Indicadores para C4: Tomar conciencia sobre la necesidad del uso de las actividades experimentales como estrategia metodológica para formar al alumnado en las competencias matemática y científica, reconociendo como el desarrollo de ambas puede realizarse de forma integrada y desde una perspectiva interdisciplinar.</b>			
C4.1 Perspectiva interdisciplinar	0	3	9

Tabla 2. Número de pequeños grupos en los niveles de desempeño de los indicadores competenciales.

En relación a la segunda competencia (C2), los resultados ponen de manifiesto que un gran número de grupos alcanzan un alto grado de desempeño en la mayoría de los indicadores que la componen. Así, es destacable como casi la totalidad de los grupos (10) proponen en todas las actividades de sus propuestas acciones en la que se anima al alumnado a trabajar sin instrucciones directas del profesor (C2.2). Sin embargo, la inclusión de un procedimiento de trabajo en la que la participación de todos los componentes del grupo les permitiera resolver las pequeñas problemáticas (C2.3) es contemplado en todas las actividades por un número aceptable de grupos (7) aunque no en la medida tan alta que el trabajo autónomo (C2.2). También es posible apreciar cómo se detectan ciertas dificultades en que los grupos incorporen en sus propuestas actividades donde se fomente la creación de buenos argumentos y se incite la toma de acuerdos consensuados (C2.4). Con respecto a la competencia que valora el fomento de actitudes positivas científicas y matemáticas, los datos muestran como es quizás en la que menos grado de desempeño se ha logrado. Este hecho se constata a través de sus indicadores, C3.1 y C3.2, ya que aunque en ambos hay un número aceptable de grupos (7 y 6) que alcanzan el nivel más alto (N3), existen, por un lado, 4 grupos que aún considerando en su propuesta un enfoque que parte de preguntas o situaciones problemáticas (C3.1) estas son muy academicistas y nada contextualizadas en el ámbito más cercano al alumnado; y por otro, otros 6 que, o bien no incorporan en sus actividades el desarrollo de actitudes científicas (N1 en C3.2), o bien, si lo hacen en alguna, son actitudes relacionadas con el desarrollo del respeto y el rigor científico (N2 en C3.2) pero muy alejados de fomentar la actitud crítica y el pensamiento divergente a la incorporación de nuevas ideas.

Finalmente, en relación a la adopción de enfoques interdisciplinarios en las propuestas (competencia C4) los datos ponen de manifiesto resultados muy satisfactorios en este ámbito. Así, la totalidad de los grupos alcanzan un N2 o N3, concretamente 9 de ellos propone un conjunto de actividades experimentales donde se integra el aprendizaje de los contenidos científicos con los matemáticos. Así por ejemplo, un grupo para trabajar el espacio y la geometría llevaron a cabo la construcción de un huerto donde se estudió el espacio topológico (junto a, al lado de, entre, cerca, lejos, etc.), el espacio proyectivo mediante la realización de

dibujos del huerto, y espacio euclídeo con la determinación de rectas paralelas al sembrar, distancia entre puntos, etc. Todo ello integrado con el estudio de algunas características de las plantas (ej. plantas con/sin flores).

## 5. Consideraciones finales

El estudio que se presenta es una experiencia innovadora que trata de formar al futuro profesorado, y por tanto mejorar sus competencias docentes, desde una perspectiva interdisciplinar. Por ello, en este trabajo se propone una propuesta formativa, la herramienta de evaluación de la misma y el análisis de su implementación, que consideramos resultan ser de interés para la formación de profesorado desde las áreas científicas y matemáticas, dado que podría utilizarse con las mejoras que proponemos a continuación para la formación de futuro profesorado infantil, y con ciertas adaptaciones para profesorado en formación inicial de otros niveles educativos. Además, las profesoras participantes en la experiencia creemos que de manera general, este enfoque potencia la participación activa del alumnado en su propia formación como docente, y promueve una mirada más profunda hacia las experiencias de las aulas, facilitando la comprensión de las relaciones que existen entre los contenidos de un tema, y la manera más pertinente de abordar su enseñanza-aprendizaje a través de la experimentación. Pensamos por tanto que procediendo de esta manera estaremos, al mismo tiempo, promoviendo el compromiso de nuestro profesorado en formación con la enseñanza y el aprendizaje de las ciencias y la matemática, y la toma de conciencia de lo importante de abordar contenidos desde un punto interdisciplinar.

Así, el análisis de dicha propuesta sugiere como el uso de un enfoque innovador e integrador de este tipo, basado en la experimentación y la interdisciplinariedad como estrategia metodológica, desarrolla en un grado moderadamente alto de muchas de las competencias docentes de las asignaturas en las que se aplica. Fundamentalmente, se aprecia que enfoques de este tipo ayudan al futuro profesorado a entender lo importante que es abordar contenidos de distintas disciplinas desde una perspectiva integrada, y a ser capaz de diseñar actividades para el aula que pongan de manifiesto este enfoque. También, los resultados muestran que actuar bajo estos planteamientos desde su formación les ayuda en el entendimiento de los propios conceptos matemáticos y científicos, que tantas dificultades presentan para ellos en muchos de los tópicos que engloban (ej. Jones et al., 2015). Además, también se ha podido corroborar como el diseñar actividades basadas en la experimentación ha permitido una mejora de alguna de las destrezas científicas de los futuros profesores (ej. observación, formulación hipótesis, obtención de datos), y a desarrollar su capacidad de planificarlas en actividades para que su futuro alumnado de infantil las comience a desarrollar.

Así mismo, se puede decir que desde las dos asignaturas se adoptó un planteamiento que ha permitido a este futuro profesorado trabajar con un alto grado de autonomía desde dos enfoques: uno basado en seguir las pautas de la profesora a partir de los ejemplos que iba realizando en las sesiones de clase; y otro enfocado fundamentalmente a seguir unas pautas facilitadas inicialmente y que ellos iban comprobando el cómo de su puesta en práctica por los ejemplos de la profesora en el desarrollo de la asignatura de 2º semestre. Este planteamiento creemos que les ha ayudado para desarrollar su competencia más relacionada con el diseño de actividades donde se potencia el trabajo autónomo del alumnado, dado los datos obtenidos del análisis.

Por otro lado, también es necesario reflexionar en torno a aquellos aspectos que no han alcanzado el grado de desarrollo esperado. Así, este futuro profesorado parece presentar ciertas dificultades a la hora de planificar actividades basadas en la resolución de problemas cotidianos,

donde se potencie la construcción de argumentos a partir del consenso, y se fomente el desarrollo de la actitud crítica. Consideramos que quizás estos han sido aspectos que nuestra propuesta ha abordado pero de manera muy puntual, y solo en la segunda fase de la misma. Por ello, creemos sería necesario focalizar en profundidad en estos aspectos ejemplificando con actividades experimentales que partan de problemas o situaciones cotidianas de interés para este futuro profesorado o incluso para su futuro alumnado, cuya resolución exija respuestas argumentadas y consensuadas basadas en los datos obtenidos de las actividades experimentales. Con ello creemos tomarán conciencia de la importancia de impulsar este tipo acciones en su futuro alumnado de Infantil, y de cómo pueden hacerlo.

Finalmente, consideramos necesario reconocer que el trabajo presenta alguna limitación. Así, hay que indicar que tal como se diseñó la propuesta y su evaluación, los resultados obtenidos corresponden a la valoración del grupo, y por tanto del conjunto de los 4 o 5 miembros que lo componían. Por ello, no se puede asegurar que todos los integrantes hayan adquirido el nivel competencial que apuntan los datos obtenidos. Para futuras implementaciones proponemos añadir otra herramienta tipo posttest o entrevistas individuales, que complementen los resultados y análisis realizado.

### Referencias bibliográficas

- Bybee, R. W. (2009). *The BSCS 5E instructional model and 21st century skills*. Colorado Springs, CO: BSCS.
- Bybee, R. W., Taylor, J. A., Gardner, A., Van Scotter, P., Carlson Powell, J., Westbrook, A. y Landes, N. (2006). *The BSCS 5E instructional model. Origins, effectiveness and applications*. Colorado Springs, CO: BSCS.
- Criado, A.M. y García-Carmona, A. (2011). Las experiencias prácticas para el conocimiento del medio (natural y tecnológico) en la formación inicial de maestros. *Investigación en la Escuela*, 74, 73-88.
- del Carmen, L. (2011). El lugar de los trabajos prácticos en la construcción del conocimiento científico en la enseñanza de la biología y la geología. En P. Cañal (Ed.), *Didáctica de la biología y la geología* (pp. 91-108). Barcelona: Graó.
- Fernández-Escalona, C. (2016). Una propuesta didáctica para trabajar la secuencia numérica en el segundo ciclo de educación infantil. *Enseñanza de las ciencias*, 34(2), 185-204.
- Jones, H., Black, B., Green, J., Langton, P., Rutherford, S., Scott, J. y Brown, S. (2015). Indications of Knowledge Retention in the Transition to Higher Education. *Journal of Biological Education*, 49, 261-273.
- Liguori, I. y Noste, M.I. (2007). *Didáctica de las ciencias naturales*. Rosario (Argentina): Homo Sapiens Ediciones y Sevilla: Editorial MAD.
- Martín-Gámez, C., Prieto, T. y Jiménez, M. A. (2015). Tendencias del profesorado de ciencias en formación inicial sobre las estrategias metodológicas en la enseñanza de las ciencias. Estudio de un caso en Málaga. *Enseñanza de las ciencias*, 33(1), 167-184.
- Mellado, V. (2001). ¿Por qué a los profesores de ciencias nos cuesta tanto cambiar nuestras concepciones y modelos didácticos? *Revista Interuniversitaria de formación del Profesorado*, 40, 17-30.
- Moore, T. y Smith, K. (2014). Advancing the state of the art of STEM integration. *Journal of STEM Education*, 15(1), 5-9.

- NGSS. (2013). *The Next Generation Science Standards: For States, by States*. Washington, DC: National Academy of Sciences.
- Norris, S. P. y Phillips, L. M. (2003). How literacy in its fundamental sense is central to scientific literacy. *Science Education*, 87, 224-240.
- Porlán, R. y Martín del Pozo, R. (2006). ¿Cómo progresa el profesorado al investigar problemas prácticos relacionados con la enseñanza de la ciencia? *Alambique*, 48, 92-99.
- de Pro, A. J. (2013) Enseñar procedimientos: por qué y para qué. *Alambique: Didáctica de las ciencias experimentales*, 73, 69-76.
- Rivarosa, A. y Astudillo, C. (2013). Las prácticas científicas y la cultura: una reflexión necesaria para un educador de ciencias. *Revista Ciencia-Tecnología-Sociedad*, 23 (8), 45-66.
- Rivero, A. Martín del Pozo, R. Solís, E. Azcárate P. y Porlán, R. (2017). Cambio del co-nocimiento sobre la enseñanza de las ciencias de futuros maestros. *Enseñanza de las Ciencias*, 35 (1), 29-52.
- Sanders, M. (2009). STEM, STEM education, STEMmania. *The Technology Teacher*, 68(4), 20–26.
- Schibeci, R., y Lee, L. (2003). Portrayals of science and scientists, and “Science for Citizenship”. *Research in Science and Technological Education*, 21(2), 177-192.
- Shernoff1, D. J., Sinha, S., Bressler, D. M. y Ginsburg, L. (2017). Assessing teacher education and professional development needs for the implementation of integrated approaches to STEM education. *International Journal of STEM Education*, 13 (4), 1-16. DOI 10.1186/s40594-017-0068-1.
- Schreier, M. (2012) *Qualitative content analysis in practice*. Londres: Sage.