

## Formación de maestras por implementación de secuencias en su propio contexto de aula: red sistémica para el análisis de las entrevistas pre-post

Ana AMAT GONZÁLEZ  
María MARTÍNEZ CHICO  
María Rut JIMÉNEZ LISO

### Datos de contacto:

Ana Amat González  
CEPr. Andrés Manjón (Berja,  
Almería)  
[anika\\_berja@hotmail.com](mailto:anika_berja@hotmail.com)

María Martínez Chico  
Universidad de Almería  
[mmartinez@ual.es](mailto:mmartinez@ual.es)

M<sup>a</sup> Rut Jiménez Liso  
Universidad de Almería  
[mrjimene@ual.es](mailto:mrjimene@ual.es)

Recibido: 02/11/2021  
Aceptado: 24/03/2022

### RESUMEN

Con el objetivo de reducir la distancia entre la investigación en Didáctica de las Ciencias Experimentales y la práctica docente en las aulas de Educación Primaria, implementamos secuencias cortas de Indagación Basada en Modelos en las aulas de seis maestras. Antes de la implementación las entrevistamos para conocer qué declaran acerca de sus prácticas habituales cuando enseñan ciencias y, después de la implementación las volvimos a entrevistar para ver qué destacan tras observar el efecto de nuestra secuencia con sus propios alumnos. Para el análisis de las entrevistas hemos construido un instrumento de análisis (red sistémica) que permite comparar lo descrito (antes) y percibido (después) por las maestras, así como analizar el efecto de la implementación de la secuencia en su pensamiento docente que presentamos íntegro en este artículo. Los resultados muestran que la mayoría de las maestras reconocen que suelen enseñar ciencias centrandolo la atención en lo memorístico, en la transmisión de definiciones aderezadas con experimentos. El mayor efecto de la secuencia, lo que más capta la atención de las maestras al observar su implementación es la importancia de la pregunta que da sentido a la secuencia, la expresión de ideas de sus alumnos y la búsqueda de pruebas, que pone en conflicto lo que pensaba el alumnado, pasando más desapercibido el análisis, las conclusiones o el proceso de evaluación.

**PALABRAS CLAVE:** formación docente basada en pruebas; docentes en activo; micro-secuencias de indagación; red sistémica; pensamiento docente.

## ***Teacher training by implementing instructional sequence in Primary School teachers' classroom context: systemic network for analyzing pre-post interviews***

### **ABSTRACT**

In order to bring the gap between research in Science Education and teaching practice in Primary schools, we implemented short Model-Based Inquiry (MBI) instructional sequences in the classrooms of six Primary School Teachers. They were interviewed before and after the implementation to know both, their statements about their instruction when teaching science, and what they emphasize after observing our micro-sequence implementation with their own students. In this paper, we present an analysis tool (systemic network) that allows to compare what is described (before) and perceived (after) by the teachers, as well as to analyze the effect of the implementation of the MBI instructional sequence in their pedagogical content knowledge. The results show that most of the teachers recognize a transmissive science teaching mixed with experiments. The Primary School teachers interviewed noticed the importance of the question that makes sense the whole instructional sequence, the data collection analysis that conflicts the students' personal ideas. The analysis, conclusions are unnoticed by the Primary Teachers as well as the assessment during the short MBI instructional sequence.

**KEYWORDS:** evidence-based teacher education; inservice teachers; inquiry micro-instructional sequence; systemic network; pedagogical content knowledge.

### ***Introducción y fundamentación***

Numerosos proyectos e informes de investigación (Erduran & Yan, 2009; National Research Council, 2012; Osborne & Dillon, 2008; Worth et al., 2009) y tertulias-mesas redondas de las últimas reuniones científicas del área de Didáctica de las Ciencias Experimentales<sup>1</sup>, muestran de manera preocupante la brecha existente entre la investigación didáctica y la práctica docente en el aula (Cronin-Jones, 1991), de manera que los resultados de investigación y las mejoras de la enseñanza ya consensuadas por la comunidad investigadora siguen alejadas de los currículos y de la práctica docente.

Al mismo tiempo, los informes sobre el estado de la enseñanza de las ciencias en nuestro contexto educativo próximo (Confederación de Sociedades Científicas de España, 2011; Rocard et al., 2007), junto con autores como Cano Ortiz y Cañal de León (2006) y Niedo (2006), destacan el escaso tiempo que se dedica en España a la realización de trabajos prácticos, tanto en Educación Primaria como en Educación

---

<sup>1</sup> Sirva de ejemplo la tertulia del pasado Congreso Internacional de Sevilla <http://tv.us.es/congreso-internacional-sobre-investigacion-en-la-didactica-de-las-ciencias-ii/>

Secundaria, etapa esta última en la que casi desaparecen (Cano-Ortiz & Cañal de León, 2006, p. 22). Tanto estos autores como Boujaoude y Jurdak (2010); Hofstein y Lunetta (2004) o Holstermann et al. (2010) señalan que las principales causas de esta escasez de trabajos prácticos radica en la sobrecarga de horario, la elevada ratio alumno/profesor, la escasez de materiales, la inseguridad, el escaso tiempo para el desarrollo de contenidos teóricos, etc. (Bevins & Price, 2016).

Las tendencias actuales de introducir la enseñanza de las ciencias por indagación tampoco han contribuido a mejorar esta situación, en primer lugar, por el uso polisémico del término indagación que acoge bajo esta denominación a todo tipo de experimentos exclusivamente manipulativos (Romero-Ariza, 2017) más que a secuencias centradas en conectar con modelos explicativos (Windschitl et al., 2008). Estas dificultades subyugan en numerosas ocasiones a las “ventajas” u objetivos de esas secuencias, que, como señalan Simarro-Rodríguez & Couso (2013), suelen quedar reducidas al aumento de la motivación y la “contextualización”, a modo de pretexto (Marchán-Carvajal & Sanmartí, 2015; Moraga et al., 2019) para trabajar la teoría, que sigue siendo el principal motor de la enseñanza-aprendizaje.

A todo esto, hay que añadir que uno de los mayores obstáculos es la “presión curricular” que se auto-imponen los docentes y que dificulta la incorporación al aula de trabajos prácticos o su permanencia y que, a menudo pasan desapercibidos para el profesorado que los realiza (Jiménez-Liso et al., 2019)

Para que los docentes superen esas dificultades y reconozcan los beneficios de las prácticas científicas, y que ello les lleve a incorporarlas en sus clases, es preciso ayudarles a cuestionar su pensamiento docente. Múltiples trabajos han insistido en la necesidad de que, para cuestionar su pensamiento docente espontáneo, los docentes dispongan de experiencias de aprendizaje, alternativas a sus experiencias previas, que les sirvan como referente. Se hace así necesario que *vivan* experiencias de aprendizaje científico que sigan el mismo enfoque que se pretende que ellos implementen con sus futuros alumnos (Abd-El-Khalick, 2013; Bybee, 2014; Pilitsis & Duncan, 2012; van Zee, 2006; Wee et al., 2007).

En este sentido, Haefner y Zembal Saul (2004) señalan que los docentes necesitan vivir prácticas con las que adquirir una visión adecuada de la ciencia y el trabajo científico, aumentando la auto-confianza y seguridad, que puedan trasladar a sus futuras clases en Primaria. Así, por un lado, estaríamos dando respuesta a la habitual demanda de los docentes en activo de que la formación que se desarrolla sea más “práctica” y vivencial (Bhattacharyya et al., 2009; National Research Council, 2000; Windschitl, 2002), y, por otro lado, el hecho de *vivir* ese modelo innovador al formarse como maestros, les estaría ayudando a ganar seguridad y reducir el grado de ansiedad e incertidumbre que toda propuesta innovadora genera en los docentes cuando tratan de implementarla en su aula (Martínez-Chico et al., 2015). Esto enlaza con la actual tendencia en formación de docentes de desarrollar prácticas de enseñanza claves (Core Teaching Practices, Grossman, 2018). Entre las propuestas sobre cómo desarrollarlas Grossman (2018) propone como primer paso

“representar” la práctica en cuestión y, para ello, uno de los mecanismos es que los docentes en formación *vivan* secuencias innovadoras. Como segundo paso sería la deconstrucción (reflexión) sobre lo vivido que dotaría de mayor eficacia del proceso formativo (Nicolás Castellano et al., 2021) y, por último, la fase de “aproximación”, donde el profesorado en formación implemente y evalúe lo diseñado (propio o ajeno). De esta forma se cerraría la integración de teoría-reflexión-práctica de la formación docente (Kitchen & Petrarca, 2016).

El contenido de este artículo forma parte de un proyecto mayor de formación de docentes en sus propios contextos, para intentar la integración de esos tres ejes (representación-vivir, deconstrucción y aproximación) de las prácticas clave (Grossman, 2018). El objetivo en este trabajo es construir una red sistémica para el análisis cualitativo (tal como propusieron Bliss y Ogborn, 1979 destacado por Márquez y Bach, 2007) con la que analizar las entrevistas realizadas a las seis maestras participantes sobre, por un lado, lo que suelen hacer en sus clases de ciencias (entrevista previa), y por otro, lo que perciben (*noticing*, Chan et al., 2021) al observar la implementación de nuestra secuencia de indagación-modelización en su propio contexto de aula.

### **Indagación basada en modelos para formar docentes**

El profesorado en ejercicio, más allá de recibir unas pautas teóricas sobre cómo proceder en sus clases, demanda una formación que sea “práctica” o experiencial y que les permita saber cómo ayudar a que el alumnado experimente al trabajar a partir de fenómenos cotidianos (Martínez-Chico et al., 2013). Esta demanda coincide con la recomendación de expertos en didáctica de las ciencias de que los docentes conozcan las prácticas científicas de indagación, argumentación y modelización para que las desarrollen con sus alumnos (Osborne & Dillon, 2008). Como señala Zembal-Saul (2009) se hace imprescindible implicar a los docentes en procesos de indagación reales que se lleven a cabo en sus aulas, para que tengan la oportunidad de interactuar como aprendices. Esto a su vez ayudará a discriminar los materiales de baja calidad (Kenyon et al., 2008), así como a superar el rechazo que suele generarse hacia estas propuestas por el hecho de vivir experiencias negativas cuando se llevan a cabo innovaciones en el aula (Mulholland & Wallace, 2003).

La formación docente debe ayudar a construir (o deconstruir) el conocimiento didáctico del contenido (CDC en adelante, Shulman, 1986) en su nueva versión refinada (Carlson et al., 2019), el conocimiento de los docentes sobre cómo enseñar la materia, cómo hacer accesible el conocimiento a los niños y personas no expertas y que se define como el conocimiento de las grandes ideas a enseñar (¿qué enseñar?), de los contextos que lo hagan relevante y el enfoque de enseñanza asumido, y de los principios pedagógicos (habilidades, gestión de aula, etc.) (¿cómo enseñar?), así como de la evaluación (¿qué evaluar?) de todo el proceso enseñanza-aprendizaje que considere las ideas personales de los estudiantes, la evolución de las mismas, las

competencias desarrolladas, etc. Estas grandes categorías del CDC nos han servido de marco de referencia para las dimensiones de nuestra red sistémica de análisis de las entrevistas.

En nuestro proceso de formación docente asumimos un enfoque de enseñanza por Indagación basada en Modelos o *Model-Based Inquiry*, en adelante MBI (Jiménez Liso et al., 2021; Passmore et al., 2009; Schwarz & Gwekwerere, 2007) porque, entre otras cualidades, ayuda a los estudiantes a cuestionar sus concepciones sobre los fenómenos de estudio, así como a diseñar experiencias para la búsqueda de pruebas y la construcción y el uso de modelos científicos con los que contrastarlas y cuestionarlas; como destaca Viennot (2011), la construcción de conocimiento descriptivo se hace imprescindible para la integración de modelos teóricos. Además de estas prácticas científicas que implican tanto construir el conocimiento científico como comprender por qué se construye (prácticas epistémicas, Crujeiras & Jimenez-Aleixandre, 2018), incluiremos en nuestro análisis las prácticas no epistémicas descritas por García-Carmona (2021): cooperación y colaboración en la práctica científica; comunicación científica; habilidades retóricas en la persuasión de ideas científicas; etc.

Este marco teórico nos proporcionará unas categorías previas (*up-bottom*) que completaremos con otras obtenidas de manera inductiva (*bottom-up*) para describir tanto las declaraciones de las maestras sobre su propia práctica como lo que perciben-reconocen (*noticing*) de la implementación de la secuencia corta titulada *Un garbanzo, ¿es un ser vivo?*

## **Metodología de investigación**

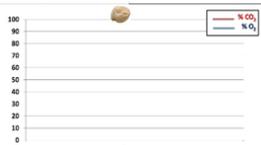
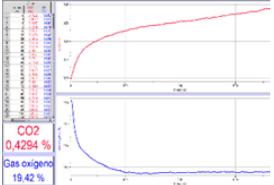
La metodología utilizada está orientada a la mejora de la práctica educativa compartiendo finalidades de analizar la realidad, identificar potencial de cambio y avanzar hacia la autonomía de los docentes para producir el cambio educativo (Blanco-López et al., 2018). Los datos obtenidos se enmarcan en el estudio de casos con tratamiento cualitativo-interpretativo de las declaraciones de las maestras participantes.

### **Participantes y contexto**

Para este estudio hemos seleccionado seis aulas de seis maestras diferentes, de cuatro centros de la provincia de Almería que observaron en sus aulas y con su alumnado de Primaria la implementación, por parte de una investigadora externa, de una *sensopíldora* (1 hora de duración) con enfoque MBI titulada *Un garbanzo ¿es un ser vivo?* (Martínez-Chico et al., 2020). Presentamos una síntesis de las actividades que la conforman (tabla 1).

**Tabla 1.**

*Secuencia de actividades asociadas a las prácticas de modelización e indagación (MBI)*

ACTIVIDADES	Prácticas del enfoque MBI
 <p>Este garbanzo ¿es un ser vivo? ¿En qué te basas?</p>	<p>Apropiación de preguntas científicas</p> <p>Expresión y discusión de ideas (modelos)</p>
<p>Compara el garbanzo con un pollito (qué tienen en común y qué no). Identifica las características comunes y exclusivas de los seres vivos</p>	<p>Uso y revisión de explicaciones o modelos</p>
<p>Nos centramos en una característica del pollito, con dudosa aplicación al garbanzo: La respiración.</p>  <p>La respiración implica un intercambio de gases con el medio ambiente. ¿El garbanzo respira? en caso afirmativo, ¿cómo hace ese intercambio? ¿Expulsa/absorbe O<sub>2</sub>/ CO<sub>2</sub>? ¿Cómo imaginas que varían esos gases alrededor del garbanzo?</p> 	<p>Expresión y discusión de ideas</p>
<p>¿Cómo podríamos comprobar nuestras hipótesis? Propón un diseño experimental.</p> <p>Contamos con sensores de O<sub>2</sub>/ CO<sub>2</sub>. ¿Qué necesitamos hacer para saber si los garbanzos respiran o no?</p> <p>Conecta los sensores al ordenador y realiza la toma de datos.</p> <p>Analiza los datos y la información obtenida.</p>	<p>Búsqueda y obtención de pruebas</p>
 <p>Los resultados obtenidos, ¿coinciden con lo que pensabas? ¿en qué sentido confirma o no tu hipótesis?, ¿a qué crees que puede deberse esa diferencia?</p>	<p>Obtención de conclusiones y presentación del modelo construido</p>
<p>¿Podríamos decir que un garbanzo es un ser vivo? Justifica tu respuesta.</p>	<p>Autorreflexión y autorregulación de aprendizajes y emociones</p>
<p>¿Qué hemos aprendido? ¿Cómo? ¿Qué hemos sentido?</p>	<p>Autorreflexión y autorregulación de aprendizajes y emociones</p>

La tabla 1 muestra las prácticas científicas del enfoque de enseñanza de Indagación basada en Modelos con las que se corresponde cada actividad. Para finalizar, realizamos una última actividad con la intención de tomar conciencia de los aprendizajes vividos y las emociones experimentadas (Jiménez-Liso et al., 2021).

Todas las maestras participantes colaboraron voluntariamente con el proyecto, tres de ellas (del mismo centro) nos habían conocido por redes sociales y nos llamaron para colaborar con la semana de la ciencia que estaban organizando en el primer ciclo de Primaria. A todas se les solicitó una entrevista previa y otra posterior a la sesión, así como permisos para que las sesiones pudieran ser videograbadas, autorizándolo por escrito los padres del alumnado y las maestras. Una de las seis maestras participantes tenía veinte años de experiencia, cinco tenían más de cuatro años de experiencia y una era docente novel. El efecto de este factor sobre la percepción del profesorado será analizado en futuras investigaciones, ya que no es objeto de investigación en este trabajo (ver tabla 2). Durante la implementación de la secuencia, las maestras asumieron el rol de observación participante, pues muchos de sus alumnos acudían a ellas para resolver dudas, aunque su interacción fue mínima.

**Tabla 2**

*Información de las maestras participantes*

<b>Seudónimo Maestra</b>	<b>Centro escolar</b>	<b>Curso donde imparte</b>	<b>Años de experiencia</b>
INM	CEPr. Andrés Manjón	5º de Educación Primaria	10
MC	CEIP San Indalecio	3º de Educación Primaria	20
CCC	CEIP. Santa Cruz	3º y 6º de Educación Primaria	10
LU3	CEIP. Las Salinas	1º de Educación Primaria	3
MC3	CEIP. Las Salinas	1º de Educación Primaria	7
AN3	CEIP. Las Salinas	1º de Educación Primaria	5

**Instrumento de recogida de información: entrevistas pre-post**

Las dos entrevistas eran semiestructuradas y se centraban en aspectos diferentes. En la entrevista previa comenzábamos con la pregunta ya utilizada en un trabajo anterior que moviliza deseos implícitos de formación: *¿Qué crees que debería de aprender un maestro o maestra durante su formación inicial para poder enseñar bien ciencias?* (Martínez-Chico et al., 2013). Después, preguntábamos sobre sus propias clases de ciencias, solicitándoles ejemplos concretos sobre cómo trabajan los seres vivos. En el desarrollo de la entrevista, si las maestras hacían referencia a la formulación de preguntas de forma espontánea, les solicitábamos que enunciaran alguna en concreto, y si no, le preguntábamos directamente si hacían preguntas a su alumnado y les pedíamos que compartieran algunos ejemplos. Procedimos de manera similar con otras características propias de la enseñanza por indagación como diseño experimental, búsqueda de pruebas, análisis, intercambio y justificación de ideas-debate, trabajo colaborativo, etc.

La entrevista posterior, también semiestructurada, giraba en torno a la observación de la implementación realizada, comenzando con la pregunta *¿crees que tus alumnos-as han aprendido hoy algo nuevo?*, para continuar profundizando sobre si había tenido sentido para el alumnado (y para ellas) y sobre qué tipos de actividades o elementos de la secuencia habían detectado o percibido, con el objetivo de analizar después cómo las denominan y qué fases de la indagación explicitan (sin preguntarles directamente). Para finalizar, planteamos una última pregunta (*Al final de la secuencia, nos hemos detenido en las emociones que ha expresado tu alumnado, ¿qué emociones has notado que han experimentado durante el desarrollo de la sesión?*), con la intención de que las maestras comenten las partes más esenciales de la secuencia y las deficiencias que han identificado, así como para recoger las mejoras que proponen.

### **Análisis de la información**

Hemos utilizado una metodología de "análisis de contenido" similar a la descrita por Miles y Huberman (1994) para analizar las respuestas dadas en las entrevistas. Como primer paso, se realizaron transcripciones de las entrevistas audiograbadas. A continuación, creamos un esquema o sistema de categorización, una primera lista provisional con variables clave basadas en la literatura, sobre diferentes aspectos del CDC referidos a las dimensiones qué enseñar, cómo enseñar y qué/cómo evaluar, tomando en consideración las características y actividades propias de los enfoques basados en la indagación. Esta lista termina de definirse una vez se incorpora el análisis de los datos de campo (ver Tablas 3-5).

La primera autora usó el programa Atlas.ti (versión 7) para realizar una primera codificación de los datos obtenidos en las entrevistas, que fueron revisados y discutidos con las otras dos autoras, hasta concretar una definición y categorización consensuada y unos códigos que facilitarían el análisis.

### **Resultados**

En este apartado, mostraremos en primer lugar la Red sistémica de análisis del contenido de las entrevistas que nos ha permitido sistematizar el CDC personal de las maestras (antes de la implementación) y los aspectos esenciales que percibieron al vivir la secuencia (después de la implementación) con citas textuales extraídas de las entrevistas a modo de ejemplo. En segundo lugar, mostraremos algunos resultados globales y relevantes de las entrevistas pre y post.

La red sistémica construida que además de funcionar como herramienta metodológica, constituye un resultado en sí, la presentamos fragmentada en tres tablas para facilitar su lectura, que coinciden con las tres grandes dimensiones consideradas: *¿qué enseñar?* (tabla 3), *¿cómo enseñar?* (tabla 4) y *¿qué y cómo evaluar?* (tabla 5). La intensidad del color en cada tabla aumenta desde posiciones más próximas a enfoques de enseñanza más tradicionales, centrados en la transmisión de contenidos (en colores claros), hacia otras más centradas en un enfoque que sitúa al alumnado en el centro del proceso enseñanza-aprendizaje, próximas a enfoques por indagación basada en modelos (colores más oscuros).

**Tabla 3**

*Red sistémica de análisis sobre la dimensión qué enseñar*

Ámbito	Categoría	Indicadores (frecuencia)	Citas de maestras (ejemplos)
Ideas y conceptos	Nombres y definiciones	Libro de texto como referente. Pre (C, Inm) <b>(2 maestras)</b>	Sobre los seres vivos hemos trabajado "las plantas, la fotosíntesis, partes de una planta" (InmPre <sup>2</sup> ).
		Leyes educativas como referente. Pre (An3, Inm, MC3) <b>(3)</b>	Nosotros nos basamos en mucha legislación y en mucho contenido (InmPre).
	Ideas para explicar fenómenos	Descripciones. Pre (LU3) <b>(1 maestra)</b> Post (Inm) <b>(1)</b>	Es importante que sepan la descripción del animal, descripción física (LU3Pre) Que las semillas verdaderamente están vivas (InmPost).
		Explicaciones-modelos. Post (Inm) <b>(1)</b>	Si necesita respirar para ser un ser vivo, si el garbanzo, ¿tú lo estás viendo respirar? ¿está vivo o entonces no está vivo? y ahí decían ellos pues es verdad (InmPost).
Procedimientos y capacidades	Destrezas manipulativas	Medir, filtrar.	
		Observar (lupa, microscopio, etc.), dibujar, maquetas...	
		Aprender clasificaciones.	
	Fases de la indagación	Formular preguntas. Post (Inm) <b>(1)</b>	(Esta secuencia ha aportado) El preguntarse ellos mismos, que nunca se preguntan, tienden a memorizar y no se preguntan (InmPost).
	Expresar, discutir y comunicar ideas. Pre (MC) <b>(1)</b> Post (An3, Inm, MC) <b>(3)</b>	Planteamos hipótesis pero no las argumentamos de esa manera y eso lo aprendieron ellos y lo aprendí yo el día que vinisteis (An3Post).	
		Planificar y llevar a cabo investigaciones. Pre (C) <b>(1)</b> Post (Inm, MC) <b>(2)</b>	La metodología de ir a comprobar, la metodología científica de no basarte solo en tus hipótesis sino en demostrar una serie de ítems o una serie de hipótesis (MCPPost).
		Analizar e interpretar datos. Post (Inm) <b>(1)</b>	Han visto resultados, han tenido interés unos entre otros en lo que han aportado, lo que se han dicho, se han corregido incluso, entre ellos mismos (InmPost).
Actitudes	Actitudes positivas hacia la ciencia	Básicas (interés, gusto hacia la ciencia). Pre (MC) <b>(1)</b>	La manera de llevar esto a los niños para que a los niños se les haga más cercano y más fácil de comprender (MCPPre).
		Vocacional hacia la ciencia (aspiraciones, capacidad...).	
		Hacia los objetivos de la ciencia (aumentar la curiosidad, espíritu crítico).	

<sup>2</sup> Códigos que hacen referencia a la docente que dice la frase al que se le añade Pre (entrevista previa) y pos (entrevista posterior) a la implementación de la secuencia.

En la dimensión “qué enseñar” (tabla 3), las declaraciones de las maestras sobre su docencia en la entrevista previa aluden a enseñar nombres y definiciones, basándose principalmente en el libro de texto (dos maestras) o en el currículo (tres), mientras que después de vivenciar la secuencia solo una maestra destaca la importancia de que se aprendan descripciones (una también en la previa) y modelos que permitan explicar fenómenos concretos, al estilo de las grandes ideas para explicar fenómenos de Harlen (2010).

En cuanto a sus declaraciones sobre la importancia de enseñar procedimientos y capacidades, solo dos maestras destacan una fase de la indagación, ambas en la entrevista previa, mientras que en la posterior todas las fases de la indagación (Jimenez-Liso, 2020) son reconocidas por alguna maestra, destacando la expresión-comunicación de ideas, por ser reconocida por tres de ellas. Por último, respecto a las actitudes, solo una docente declara que es importante enseñar actitudes positivas hacia la ciencia (Vázquez & Manassero, 2008).

**Tabla 4**

*Red sistémica de análisis sobre la dimensión cómo enseñar*

Ámbito	Categ.	Indicadores	Citas de maestras (ejemplos)
Transmisión de información	Docente realiza la acción	Explica, narra... Pre (C, LU3, MC3) <b>(3)</b>	<i>Siempre se les explica las plantas (CPre).</i>
		Lee textos Pre (AN3, MC3). <b>(3)</b>	<i>Cuando decidí hacer la UDI de “Somos científicos” pues estuve buscando qué textos podía relacionar para trabajar con una tipología textual (AnaPre1).</i>
		Vídeos, canciones, imágenes, experimentos... Pre (LU3, MC, Inm) <b>(3)</b> Post (AN3, C, MC3) <b>(3)</b>	<i>Suelo trabajar bastante las canciones, a través de canciones, vídeos donde aparece el tema o la temática que estamos trabajando para introducirse (Lu3Pre). Siempre con los niños buscas el que vean el experimento que estás haciendo o cualquier cosa que ellos lo experimenten, lo vean (CPost).</i>
	Alumno-a realiza la acción	Actividades del libro de texto. Pre (C, MC, Inm) <b>(3)</b> Actividades para aplicar conocimiento. Pre (AN3, C, LU3). <b>(3)</b>	<i>Actividades sugeridas por el libro, actividades prácticas sugeridas por el libro (MCPre). Hicimos lo de la... el experimento de la lenteja en el vaso, lo pusimos en las ventanas (CPre).</i>
Trabajo en grupos y prácticas sociales	Técnicas grupales	Organización de equipos. Pre (C, Inm, LU3, MC, MC3) <b>(5)</b> Post (C) <b>(1)</b>	<i>Yo tengo la clase dividida en grupos, trabajamos por grupos (CPre).</i>
		Asignación de roles.	
		Dinámicas de grupo. Pre (C, AN3) <b>(2)</b>	<i>Utilizamos el folio giratorio (CPre); La técnica de lápices al centro (CPre).</i>
		Trabajo cooperativo. Pre (AN3) <b>(1)</b> Post (MC3) <b>(1)</b>	<i>Casi siempre planteamos alguna técnica cooperativa (AN3Pre). Trabajando la cooperatividad entre compañeros y compañeras (MCPost).</i>

	Prácticas no epistémicas	Colaboración científica. Relaciones en la comunidad científica. Comunicación científica. Habilidades de persuasión. Aceptación de nuevos conocimientos. Ética en la investigación. Post (Inm) (1)	<i>...yo les he visto que sí se han ayudado entre ellos, que son cosas que tienden a hacer ellos individualmente y cuando trabajan en grupo también se lo toman como que es algo...y aquí como se han visto, como que no estaban evaluados, no estaban cuestionados como que sí se han tenido en cuenta más unos a otros y han dicho venga vamos a hacerlo así que esto es así, tú has puesto esto, ah yo también he puesto lo mismo que tú, han estado ahí un poquito más... (InmPost).</i>
Globalizado	Discurso UDI	Multitareas.	<i>Cuando decidí hacer la UDI de "Somos científicos" pues estuve buscando qué textos podía relacionar para trabajar con una tipología textual (AnaPre1).</i>
	Contenido STEM	Multidisciplinar.	
		Integración de contextos. Post (Inm) (1)	<i>Buscar cómo llamar primero su atención, qué es lo que podría llamar... ya no es llamarle sólo la atención, sino aquello que ellos tienen muy seguro que conocen y llegar y romperle los esquemas (InmPost).</i>
		Problemas/proyectos que requieren STEM para su resolución.	
Contextualizado	Pretextos	Videos y fotos. Pre (C, Inm) (2)	<i>Suelo iniciar los temas con un powerpoint, o una imagen o un documentalillo... (InmPre); A veces les pongo un vídeo explicativo (CPre).</i>
		Ejemplos. Pre (C) (1)	<i>Se les pone el ejemplo de las plantas cuando gira alrededor, según la luz del sol (CPre1).</i>
		Charlas. Pre (C) (1)	<i>Traemos charlas de expertos, de expertos o de padres que trabajan (CPre).</i>
		Demostraciones. Pre (Inm) (1)	<i>Pues los peces, me llevé a clase unos cuantos boqueroncillos y los destripamos allí, vimos en carne y hueso que verdaderamente son vertebrados que no se lo esperaban y ya está (InmPre).</i>
	Contextos Cotidianos	Escenario cotidiano, salidas a su entorno y excursiones. Pre (Inm, MC, C) (7) Post (MC3) (1)	<i>Realizan excursiones al jardín botánico, visitas al jardín botánico de Rodalquilar (MCPre). Hicimos una actividad exterior a los diferentes ambientes naturales del pueblo de Berja (InmPre). Es la escuela la que tiene que adaptarse a lo que le rodea, al mundo que rodea a los niños y niñas (MCPost).</i>
		Materiales cotidianos. Post (C, MC) (2)	<i>La capacidad que trabajen con los cacharros y se echen agua o si están dando peso, las balanzas, siempre viene bien que ellos experimenten y que lo vean, es la única manera de que se les quede siempre mejor (CPost).</i>
Fenómeno cotidiano. Post (LU3) (1)		<i>(después de la discusión sobre ser vivo) Lo plantamos (el garbanzo) y ha salido (LU3Post).</i>	

Desarrollar procedimientos y favorecer capacidades	Destrezas manipulativas o de poco esfuerzo cognitivo	Medir, filtrar...	
		Observar (lupa, microscopio...), etc., dibujar maquetas... Post (AN3) (1)	<i>Estamos observando los garbanzos que nos disteis que todos los días los riegan (AN3Post).</i>
		Buscar información (copia-pegar). Pre (AN3) (1), Post (AN3) (1)	<i>Ellos buscaban información sobre el murciélago, dónde vive, dónde tal... (An3Pre).</i>
		Aprender clasificaciones. Pre (C) (1)	<i>Reparto de los diferentes reinos y cada uno lo que queríamos aprender de esos reinos, pues de qué se alimentaban, de su nacimiento, de todo lo que ellos querían hicimos diferentes ítems y esos ítems tenían que buscar su formación, la trajeron al cole, la subrayamos, siempre hacemos el mismo proceso (CPre).</i>
Prácticas científicas		Aprender a clasificar. Post (C, Inm) (2)	<i>Ellos mismos iban diferenciando a partir del guion ... también lo que era un ser vivo, de un ser inerte, las características de uno, de otro (CPost2).</i>
		Formular preguntas. Post (C, Inm, LU3, MC, MC3) (5)	<i>Está muy bien lo de la primera pregunta de que si es un garbanzo un ser vivo (CPost).</i>
Prácticas científicas propias de la indagación		Expresar, discutir, comunicar ideas... Pre (AN3, C, LU3) (3) Post (AN3, C, LU3, MC3, Inm) (5)	<i>Era la primera vez que lo veía que cuando un compañero argumentaba su idea con conocimiento o con convencimiento se cambiaban, o sea estaban escuchando, estaban escuchando y decían "oye que lleva razón...me cambio" entonces me pareció muy interesante (AN3Post).</i>
		Planificar y llevar a cabo investigaciones. Post (AN3, C, Inm, LU3, MC3) (5)	<i>Los niños necesitan vivirla no que me cuentes que un garbanzo respira porque hay una teoría que lo demuestra, que hay un sensor magnífico que tú no vas a ver nunca con el que se puede medir como respira el garbanzo y yo te lo cuento y tú te lo crees, sino que es que tú vas a vivir eso, ese proceso. (AN3Post).</i>
		Analizar e interpretar datos. Post (AN3, C,) (2)	<i>El tema de la gráfica también lo hablamos cuando veían la evolución en el ordenador (AN3Post).</i>
		Generar conclusiones. Post (Inm, C) (2)	<i>Las semillas verdaderamente están vivas (InmPos) Los niños llegaron a sus conclusiones por ellos mismos, siguiendo toda la secuencia (CPost).</i>

En las entrevistas previas, la dimensión *cómo enseñar* (tabla 4) aparece, por un lado, que la acción recae sobre el alumnado (actividades del libro, aplicación de conocimiento), y por otro, sobre el docente (explica, narra, hace experimentos, etc.). Esta última está presente en el discurso de casi todas las maestras (5), y en una ocasión, aparece en las respuestas de las entrevistas posteriores (*que vean el experimento que estás haciendo o cualquier cosa que ellos lo experimenten*).

El trabajo grupal y dinámicas de grupo salieron espontáneamente en las entrevistas previas: cinco maestras declaran que habitualmente trabajan y tienen la clase organizada en grupos y, de ellas, dos indican trabajar con dinámicas de grupo o técnicas de trabajo

cooperativo. Una maestra en la entrevista posterior, nos ha recordado en su discurso las prácticas no epistémicas (García-Carmona, 2021) al señalar la colaboración, las relaciones entre el alumnado mientras realizaban la sensopíldora. De igual manera, el discurso de las maestras en la entrevista inicial estaba cargado del discurso de la administración de búsqueda de globalización e interdisciplinariedad que hemos dividido utilizando el marco de contenidos STEM (Martín-Páez et al., 2019) y la distinción entre pretextos-contextos (Marchán-Carvajal & Sanmartí, 2015; Moraga et al., 2019) como los vídeos, charlas iniciales (dos maestras) hacia una gradación de contextos cotidianos que Jiménez-Liso y De Manuel Torres (2009) separan en escenarios (visitas al Jardín Botánico que propone una maestra), los materiales cotidianos (garbanzos, señalado por otra maestra en la entrevista post) o que el fenómeno sea cotidiano y continúe después de la sensopíldora (*lo plantamos y ha salido*).

En el ámbito “desarrollar procedimientos y capacidades”, destaca que en la entrevista posterior la mayoría de las docentes (5) reconoce la mayoría de las prácticas propias de la indagación (Martínez-Chico et al., 2014), sobre todo, la pregunta, la expresión-comunicación de ideas y la planificación/evaluación de investigaciones, pasando más desapercibidas el análisis de los datos y las conclusiones (solo destacadas por dos maestras). Queremos detenernos también en el cambio sobre las clasificaciones que se observa en la maestra C quien en la entrevista previa destaca la importancia de las clasificaciones de los reinos como contenido y en la posterior señala la importancia de que los propios alumnos estaban clasificando, siendo una de las maestras que ha reconocido explícitamente todas las fases de la indagación tras vivir la sensopíldora.

**Tabla 5**

*Red sistémica de análisis sobre la dimensión qué y cómo evaluar*

Ámbito	Categorías	Indicadores	Citas de maestras (ejemplos)
¿Cuándo evaluar?	Evaluación al final	Pruebas, exámenes, etc. Pre (AN3, C, Inm) <b>(3)</b>	<i>Recuerdo preguntas como: define ser vivo, escribe las características de los vertebrados, ¿Cuáles son las funciones vitales de los seres vivos?, ejercicios de completar...(InmPre). Realizo una prueba de expresión escrita, sí, siempre al final (CPre).</i>
	Evaluación Inicial	Lluvia de ideas, debates Pre (AN3, C, Inm) <b>(3)</b> Cuestionarios de ideas previas	<i>Ponemos un debate, una lluvia de ideas y a partir de ahí pues andamos (InmPre)</i>
	Durante todo el proceso	Expresión de ideas personales, opiniones en el desarrollo de la clase Pre (AN3, Inm) <b>(2)</b> Los estudiantes comparan y discuten la adecuación de las diferentes ideas Post (Inm) <b>(1)</b>	<i>Dedico tiempo a que los estudiantes puedan discutir expresar sus ideas. Cuesta porque no se respetan los turnos de palabra y se machacan mucho las opiniones y no llegan a consenso casi nunca (InmPre).</i> <i>Se han corregido incluso, entre ellos mismos han dicho: no, no te has dado cuenta que hemos visto esto y hemos hecho esto y hemos hecho aquello, ah pues sí, pues es verdad, ah pues sí (InmPost).</i>

<b>¿Cómo/qué evaluar?</b>	Discurso Centro de Profesorado-leyes	Rúbricas Estándares de aprendizaje. Criterios de evaluación. Indicadores de evaluación Pre (AN3, C) <b>(2)</b>	<i>Partimos de los indicadores de logro, los seleccionamos y los adaptamos a lo que vamos a hacer y ahora para cada indicador asociamos un instrumento (An3Pre).</i>
	Autorregulación	Autoevaluación Pre (C) <b>(1)</b>	<i>Una batería de preguntas y las trabajamos así y luego les pongo nota y ellos mismos se evalúan, si lo han hecho excelente, si lo han hecho muy bien cada grupo y ellos mismos dicen hemos podido mejorar la letra, hemos podido... lo que han podido mejorar y se comparan con los demás (CPre).</i>
		De lo aprendido Pre (C, MC) <b>(2)</b>	<i>Hablamos de que vean cómo empezó el curso, si están mejor, si están peor, si les gustan las actividades, si les gustan las exposiciones y todo eso (CPre) Si sus ideas van cambiando de las que tenían previas a las que tienen después de haber trabajado el tema (MCPRe)</i>
	De las emociones Post (Inm, MC, AN3, MC3, C) <b>(5)</b>	<i>La primera reacción ha sido rechazo. Después, sorpresa de decir, ah sí mira que me va a dejar tocar, que ha traído un aparato y ¿para qué es ese aparato (InmPost). Eufóricos, sobre todo cuando soplaban, cuando lo comprobaban con el material “es verdad que respira”. (MC3Post).</i>	

En la Tabla 5 comprobamos que la sensopíldora parece haber tenido poco impacto en lo que se refiere a “cuándo evaluar” pues todas las referencias son de la entrevista previa que han podido agruparse en preguntas en exámenes al finalizar el tema mezcladas con lluvias de ideas (inicio) o con la expresión de ideas durante el proceso (dos maestras). Tan solo una maestra ha señalado en la entrevista final la importancia de que los estudiantes comparen y analicen la adecuación de sus ideas iniciales. En lo que respecta al *qué/cómo evaluar*, de nuevo la mayoría de las respuestas proceden de la entrevista previa, dos maestras más centradas en el discurso oficial (estándares) y otras dos en el proceso de reconocimiento de qué se aprende. La pregunta final de la entrevista posterior sobre qué emociones detectaban abre la puerta a que las maestras evalúen este indicador que nos sirve de medida indirecta del éxito de la sensopíldora.

## Conclusiones

Somos conscientes de que la formación docente requiere de procesos más largos y con aprendizajes profundos con fuertes conexiones entre teoría-práctica-reflexión (Darling-Hammond et al., 2019; Kitchen & Petrarca, 2016) y con implicaciones que movilicen la cultura del centro (Nicolás Castellano et al., 2021). Lejos de pensar que esto se consigue viendo una secuencia de una hora de duración, nuestro objetivo es mostrar que una secuencia de indagación puede desarrollarse en poco tiempo y que

los docentes participantes vean que es posible llevarla a cabo en su propio contexto de aula, con sus propios alumnos, generando así, reflexión y demanda de formación posterior (Bencze et al., 2018).

A menudo los instrumentos de medida del CDC están basados en los resultados de innovación de la investigación didáctica (ideal o teórico) y aportan poca luz sobre aspectos esenciales para los docentes (real). La red sistémica mostrada en este artículo sirve para analizar ambos CDC: el CDC *real* utilizando un vocabulario alejado de la DCE, además del *ideal* o *teórico*, más próximo a la investigación en educación científica.

Las categorías emergentes extraídas de las entrevistas junto con las previamente consideradas (por ejemplo, de indagación, Martínez-Chico et. al, 2014) nos han permitido lograr el objetivo del trabajo: construir una red sistémica de análisis de las declaraciones y de lo que perciben o *noticing* de las docentes participantes. Estos resultados, además de permitir obtener conclusiones concretas sobre el efecto que produce la implementación de la secuencia en los contextos de las docentes sobre sus ideas o conocimiento docente, nos ofrece también información interesante de cara a la investigación más amplia en la que se inserta este trabajo. En nuestro proyecto de formación de docentes en contexto esta red de análisis nos permitirá, por un lado, detectar las interpretaciones, lenguajes y discursos que podrían obstaculizar la vinculación de las docentes con la indagación y su incorporación al aula. Por otro lado, qué perciben de las secuencias de indagación, que les llama la atención o qué les parece igual que lo que realizan en su práctica habitual.

Así pues, en el proceso de elaboración de la red hemos caracterizado los elementos de la enseñanza de las ciencias (sobre qué y cómo enseñar y evaluar) que las maestras declaran incorporar en sus clases, prestando atención a los aspectos que caracterizan la enseñanza basada en la indagación. Por otro lado, su aplicación en una muestra piloto (seis maestras) nos permite analizar el efecto que ha tenido la implementación de secuencias de enseñanza MBI modélicas en el propio contexto de las maestras. El proceso combinado de categorización (*up-bottom* y *bottom-up*) perfiló las categorías para incluir los discursos de las maestras sobre su realidad de aula.

Además, los resultados son especialmente interesantes de cara a futuras propuestas de formación docente, a la hora de adaptar el mensaje a las características del público potencialmente destinatario de estas. Desde la investigación didáctica debemos aprender a interpretar la terminología utilizada por los docentes, en ocasiones asociada a problemas profesionales, muchas veces originados por la propia administración (Unidades Didácticas Integradas, STEM, TIC, aprendizaje cooperativo...). Estos términos, que al fin y al cabo son meras declaraciones de intenciones sobre sus intentos de mejora docente en cuanto a eficiencia-tiempo, agrupación de contenidos-motivación, búsqueda de una mayor autonomía del alumnado y otras declaraciones que aluden a grandes mantras educativos vacíos de contenido (como la manida *lluvia de ideas* inicial, la pirámide del aprendizaje y otros tantos *edumitos* como se señalan en Couso et al., 2020), que requieren ser desgranados, dotados de sentido, y además acompañarlos con propuestas alternativas innovadoras,

todo ello fundamentado con pruebas para los docentes en formación (Harrison et al., 2008; Pinto & El Boudamoussi, 2009).

### ***Agradecimientos***

Las autoras agradecen la financiación de los proyectos UAL2020-SEJ-D1784, SensoDoCiencia PID2020-116097RB-I00 del Ministerio de Ciencia e Innovación MCIN/AEI/10.13039/501100011033/ y P20\_00094 de la Junta de Andalucía todos financiados con fondos FEDER, así como a todas las maestras por su participación y por facilitarnos la conexión con su alumnado y sus centros.

### ***Conflicto de intereses***

Los autores declaran no tener ningún conflicto de intereses.

### ***Contribuciones de los autores***

En este artículo que emana de una tesis doctoral en desarrollo es difícil separar la contribución individual de la doctoranda (primera autora) y de sus directoras (segunda y tercera autoras), sin embargo, consideramos que el mayor peso se ha distribuido de la siguiente forma: conceptualización, 2 y 3; metodología, 1 y 3; software, 1 y 3; validación, 1, 2 y 3; análisis formal, 1 y 2; análisis de datos, 1 y 3; redacción del borrador original, 1 y 3; redacción, revisión y edición, 1 y 2; supervisión final, 3; administración de proyectos, 2 y 3; adquisición de financiación, 2 y 3. Todas las autoras declaran que han leído y aceptado la versión publicada del manuscrito.

### ***Referencias***

- Abd-El-Khalick, F. (2013). Teaching With and About Nature of Science, and Science Teacher Knowledge Domains. *Science & Education*, 22(9), 2087–2107. <https://doi.org/10.1007/s11191-012-9520-2>
- Bencze, L., Reiss, M. J., Sharma, A., y Winstein, M. (2018). STEM Education as “Trojan Horse”: Deconstructed and Reinvented for All. In L. A. Bryan & K. Tobin (Eds.), *13 Questions: Reframing Education’s Conversation: Science* (pp. 69–87). Peter Lang. <https://doi.org/10.3726/b11305>
- Bevins, S., y Price, G. (2016). Reconceptualising inquiry in science education. *International Journal of Science Education*, 38(1), 17–29. <https://doi.org/10.1080/09500693.2015.1124300>
- Bhattacharyya, S., Volk, T., y Lumpe, A. (2009). The Influence of an Extensive Inquiry-Based Field Experience on Pre-Service Elementary Student Teachers’ Science Teaching Beliefs. *Journal of Science Teacher Education*, 20(3), 199–218. <https://doi.org/10.1007/s10972-009-9129-8>
- Blanco-López, Á., Martínez-Peña, B., y Jiménez-Liso, M. R. (2018). ¿Puede la investigación iluminar el cambio educativo? *APICE, Revista de Educación Científica*, 2(2), 15–28. <https://doi.org/https://doi.org/10.17979/arec.2018.2.2.4612>

- Bliss, J., y Ogborn, J. (1979). The analysis of qualitative data. *European Journal of Science Education*, 1(4), 427-440. <https://doi.org/10.1080/0140528790010406>
- Boujaoude, S. B., y Jurdak, M. E. (2010). Integrating physics and math through microcomputer-based laboratories (MBL): Effects on discourse type, quality, and mathematization. *International Journal of Science and Mathematics Education*, 8(3), 1019–1047. <https://doi.org/10.1007/s10763-010-9219-2>
- Bybee, R. W. (2014). The BSCS 5E Instructional Model: Personal Reflections and Contemporary Implications. *Science and Children*, April/May 2014, 10–13. <http://drive.google.com/file/d/0BzKxw1tFCYiZUnNYT>
- Cano-Ortiz, M. I., y Cañal de León, P. (2006). Las actividades prácticas, en la práctica: ¿Qué opina el profesorado? *Alambique: Didáctica de Las Ciencias Experimentales*, 47, 9–22. <https://www.grao.com/es/producto/las-actividades-practicas-en-la-practica-que-opina-el-profesorado-al04713604>
- Carlson, J., Daehler, K. R., Alonzo, A. C., Barendsen, E., Berry, A., Borowski, A., Carpendale, J., Ho-Chan, K., Cooper, R., Friedrichsen, P., Gess-Newsome, J., Henze-Rietveld, I., y Hume, A. (2019). The Refined Consensus Model of Pedagogical Content Knowledge in Science Education. In A. Hume, R. Cooper, y A. Borowski (Eds.), *Repositioning Pedagogical Content Knowledge in Teachers' Knowledge for Teaching Science* (pp. 1–329). Springer Singapore. <https://doi.org/10.1007/978-981-13-5898-2>
- Chan, K. K. H., Xu, L., Cooper, R., Berry, A., y van Driel, J. H. (2021). Studies in Science Education Teacher noticing in science education : do you see what I see ? *Studies in Science Education*, 57(1), 1–44. <https://doi.org/10.1080/03057267.2020.1755803>
- Confederación de Sociedades Científicas de España. (2011). Informe ENCIENDE: Enseñanza de las Ciencias en la Didáctica Escolar para Edades Tempranas en España. Rubes Editorial. [https://www.cosce.org/wp-content/uploads/2011/03/Informe ENCIENDE.pdf](https://www.cosce.org/wp-content/uploads/2011/03/Informe_ENCIENDE.pdf)
- Couso, D., Jiménez-Liso, M. R., Refojo, C., y Sacristán, J. A. (2020). Enseñando ciencia con ciencia (F. Lilly & FECYT (eds.)). Penguin Random House Grupo Editorial. <https://www.fecyt.es/es/publicacion/ensenando-ciencia-con-ciencia>
- Cronin-Jones, L. L. (1991). Science teacher beliefs and their influence on curriculum implementation: Two case studies. *Journal of Research in Science Teaching*, 28(3), 235–250. <https://doi.org/10.1002/tea.3660280305>
- Crujeiras, B., y Jimenez-Aleixandre, M. P. (2018). Influencia de distintas estrategias de andamiaje para promover la participación del alumnado de secundaria en las prácticas científicas. *Enseñanza De Las Ciencias: Revista de Investigación y Experiencias Didácticas*, 36(2), 23–42. <https://doi.org/https://doi.org/10.5565/rev/ensciencias.224>
- Darling-Hammond, L., Oakes, J., Wojcikiewicz, S. K., Hyler, M. E., Guha, R., Podolsky, A., Kini, T., Cook-Harvey, C. M., Jackson Mercer, C. N., y Harrell, A. (2019). Preparing

- Teachers for Deeper Learning. Learning Policy Institute, June, 1–12. <https://learningpolicyinstitute.org/product/preparing-teachers-deeper-learning-brief>
- Erduran, S., y Yan, X. (2009). Minding Gaps in Argument: Continuous Professional Development in the Teaching of Inquiry. University of Bristol. <http://www.pdst.ie/sites/default/files/Argumentation - Mind the Gap.pdf>
- García-Carmona, A. (2021). Prácticas no-epistémicas: ampliando la mirada en el enfoque didáctico basado en prácticas científicas. *Revista Eureka Sobre Enseñanza y Divulgación de Las Ciencias*, 18(1), 1–18. [https://doi.org/10.25267/rev\\_eureka\\_ensen\\_divulg\\_cienc.2021.v18.i1.1108](https://doi.org/10.25267/rev_eureka_ensen_divulg_cienc.2021.v18.i1.1108)
- Grossman, P. L. (2018). Teaching core practices in teacher education. In Harvard Education Press (p. 215). <https://eric.ed.gov/?id=ED583088>
- Haefner, L. A., y 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. <https://doi.org/10.1080/0950069042000230709>
- Harlen, W. (2010). Principles and big ideas of science education. In Association for Science Education. <https://doi.org/9780863574313>
- Harrison, C., Hofstein, A., Eylon, B. S., y Simon, S. (2008). Evidence-based professional development of science teachers in two countries. *International Journal of Science Education*, 30(5), 577–591. <https://doi.org/10.1080/09500690701854832>
- Hofstein, A., y Lunetta, V. N. (2004). The Laboratory in Science Education: Foundations for the Twenty-First Century. *Science Education*, 88(1), 28–54. <https://doi.org/10.1002/sce.10106>
- Holstermann, N., Grube, D., y Bögeholz, S. (2010). Hands-on Activities and Their Influence on Students' Interest. *Research in Science Education*, 40(5), 743–757. <https://doi.org/10.1007/s11165-009-9142-0>
- Jimenez-Liso, M. R. (2020). Aprender ciencia escolar implica aprender a buscar pruebas para construir conocimiento (indagación). In D. Couso, M. R. Jimenez-Liso, J. A. Sacristán, y C. Refojo (Eds.), *Enseñando ciencia con ciencia* (pp. 53–62). Penguin Random House Grupo Editorial. <https://downloads.ctfassets.net/ifrybia1n3xy/7dhZmDHMDiY79whH0mNXY0/c8413b4d6f8d24d1321423fd0aff32c6/ensenando-ciencia-con-ciencia-web.pdf>
- Jiménez-Liso, M. R., Amat-González, A., Martínez-Chico, M., Vílchez-González, J. M., y López-Gay, R. (2019). Why scientific practices are not included in Science lessons? Advantages that go unnoticed for in-service teachers. *Universitas Tarraconensis. Revista de Ciències de l'Educació*, 1(2), 20–32. <https://raco.cat/index.php/UTE/article/view/369761>
- Jiménez-Liso, M. R., Bellocchi, A., Martínez-Chico, M., y López-Gay, R. (2021). A Model-Based Inquiry Sequence as a Heuristic to Evaluate Students' Emotional ,

- Behavioural , and Cognitive Engagement. *Research in Science Education*, online. <https://doi.org/10.1007/s11165-021-10010-0>
- Jiménez-Liso, M. R., y de Manuel Torres, E. (2009). El regreso de la química cotidiana: ¿Regresión o innovación? / The return of everyday chemistry: regression or innovation. *Enseñanza de Las Ciencias*, 27(2), 257–272. <http://ddd.uab.cat/record/39877?ln=ca>
- Kenyon, L., Schwarz, C., y Hug, B. (2008). The benefits of scientific modeling. *Science and Children*, 46(2), 40–44. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0159068>
- Kitchen, J., y Petrarca, D. (2016). Approaches to Teacher Education BT - International Handbook of Teacher Education: Volume 1 (J. Loughran y M. L. Hamilton (eds.); pp. 137–186). Springer Singapore. [https://doi.org/10.1007/978-981-10-0366-0\\_4](https://doi.org/10.1007/978-981-10-0366-0_4)
- Márquez, C., y Bach, J. (2007). Una Propuesta De Análisis De Las Representaciones De Los Alumnos Sobre El Ciclo Del Agua. *Enseñanza de Las Ciencias de La Tierra*, 15, 280–286. <https://raco.cat/index.php/ECT/article/view/121419/167869>
- Marchán-Carvajal, I., y Sanmartí, N. (2015). Criterios para el diseño de unidades didácticas contextualizadas: aplicación al aprendizaje de un modelo teórico para la estructura atómica. *Educación Química*, 26(4), 267–274. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0187893X15000385>
- Martín-Páez, T., Aguilera, D., Perales-Palacios, F. J., y Vílchez-González, J. M. (2019). What are we talking about when we talk about STEM education? A review of literature. *Science Education*, February, 1–24. <https://doi.org/10.1002/sce.21522>
- Martínez-Chico, M., Evagorou, M., y Jiménez-Liso, M. R. (2020). Design of a pre-service teacher training unit to promote scientific practices. Is a chickpea a living being? *International Journal of Desings for Learning*, 11(1), 21–30. <https://doi.org/https://doi.org/10.14434/ijdl.v11i1.23757>
- Martínez-Chico, M., Jiménez-Liso, M. R., y López-Gay, R. (2014). La indagación en las propuestas de formación inicial de maestros: análisis de entrevistas a los formadores de Didáctica de las Ciencias Experimentales. *Enseñanza de Las Ciencias*, 32(3), 591–608. <http://ensciencias.uab.es/article/view/v32-n3-martinez-chico-jimenez-liso-lopez-gay>
- Martínez-Chico, M., Jiménez-Liso, M. R., y López-Gay, R. (2015). Efecto de un programa formativo para enseñar ciencias por indagación basada en modelos, en las concepciones didácticas de los futuros maestros (Effect of a training course to teach science through model-based inquiry on prospective teachers' didactic). *Revista Eureka Sobre Enseñanza y Divulgación de Las Ciencias*, 12(1), 149–166. <https://doi.org/10498 - 16929>
- Martínez-Chico, M., López-Gay, R., Jiménez-Liso, M. R., y Acher, A. (2013). Demandas de maestros en activo y materiales curriculares para la enseñanza de las ciencias. *Investigación En La Escuela*, 80, 35–48. <https://revistascientificas.us.es/index.php/IE/article/view/6914/6107>

- Miles, M. B., y Huberman, A. M. (1994). *Qualitative data analysis: An expanded sourcebook*. SAGE. Thousands Oaks.
- Moraga, S. H., Espinet, M., y Merino, C. G. (2019). El contexto en la enseñanza de la química: Análisis de secuencias de enseñanza y aprendizaje diseñadas por profesores de ciencias en formación inicial. *Revista Eureka Sobre Enseñanza y Divulgación de Las Ciencias*, 16(1), 1604. [https://doi.org/http://dx.doi.org/10.25267/Rev\\_Eureka\\_ensen\\_divulg\\_cienc.2019.v16.i1.1604](https://doi.org/http://dx.doi.org/10.25267/Rev_Eureka_ensen_divulg_cienc.2019.v16.i1.1604)
- Mulholland, J., y Wallace, J. (2003). Strength, sharing and service: Restorying and the legitimization of research texts. *British Educational Research Journal*, 29(1), 5–23. <https://doi.org/10.1080/0141192032000057348>
- National Research Council. (2000). *Inquiry and the National Science Education Standards*. <https://doi.org/10.17226/9596>
- National Research Council. (2012). *A Framework for K-12 Science Education: Practices, Crosscutting Concepts, and Core Ideas* (Committee on a Conceptual Framework for New K-12 Science Education Standards & Board on Science Education. Division of Behavioral and Social Sciences and Education (eds.)). The National Academies Press. <https://nap.nationalacademies.org/catalog/13165/a-framework-for-k-12-science-education-practices-crosscutting-concepts>
- Nicolás Castellano, C., Limiñana Morcillo, R., Menargues Marcilla, A., Rosa Cintas, S., y Martínez Torregrosa, J. (2021). La enseñanza de las ciencias en primaria. *Enseñanza de Las Ciencias*, 39 (3), 1–22. <https://doi.org/https://doi.org/10.5565/rev/ensciencias.3260>
- Nieda, J. (2006). Los trabajos prácticos diez años más tarde. *Alambique: Didáctica de Las Ciencias Experimentales*, 48, 25–31. <https://www.grao.com/es/producto/los-trabajos-practicos-diez-anos-mas-tarde-al04813976>
- Osborne, J., y Dillon, J. (2008). Science education in Europe: Critical reflections. In *The Nuffield Foundation* (Ed.), London: Nuffield Foundation. [http://www.nuffieldfoundation.org/sites/default/files/Sci\\_Ed\\_in\\_Europe\\_Report\\_Final.pdf](http://www.nuffieldfoundation.org/sites/default/files/Sci_Ed_in_Europe_Report_Final.pdf)
- Passmore, C., Stewart, J., y Cartier, J. (2009). Model-based inquiry and school science: Creating connections. *School Science and Mathematics*, 109(7), 394–402. <https://doi.org/10.1111/j.1949-8594.2009.tb17870.x>
- Pilitsis, V., y Duncan, R. G. (2012). Changes in Belief Orientations of Preservice Teachers and Their Relation to Inquiry Activities. *Journal of Science Teacher Education*, 23(8), 909–936. <https://doi.org/10.1007/s10972-012-9303-2>
- Pinto, R., y El Boudamoussi, S. (2009). Scientific processes in PISA tests observed for science teachers. *International Journal of Science Education*, 31(16), 2137–2159. <https://doi.org/10.1080/09500690802559074>
- Rocard, M., Csermely, P., Jorde, D., Walberg-Henriksson, H., y Hemmo, V. (2007). *A Renewed Pedagogy for the Future of Europe* (Report EU22-845, Brussels, 2007)

- (P. McLaren & J. Giarely (eds.)). Directorate-General for Research Science, Economy and Society.
- Romero-Ariza, M. (2017). El aprendizaje por indagación: ¿existen suficientes evidencias sobre sus beneficios en la enseñanza de las ciencias? *Revista Eureka Sobre Enseñanza y Divulgación de Las Ciencias*, 14(2), 286–299. [https://doi.org/10.25267/Rev\\_Eureka\\_ensen\\_divulg\\_cienc.2017.v14.i2.01](https://doi.org/10.25267/Rev_Eureka_ensen_divulg_cienc.2017.v14.i2.01)
- Schwarz, C. V., y Gwekwerere, Y. N. (2007). Using a guided inquiry and modeling instructional framework (EIMA) to support preservice K-8 science teaching. *Science Education*, 91, 158–186. <https://doi.org/10.1002/sce.20177>
- Shulman, L. S. (1986). Those who understand: Knowledge growth in teaching. *Educational Researcher*, 15(2), 4–14. <https://doi.org/10.3102/0013189X015002004>
- Simarro-Rodríguez, C., y Couso, D. (2013). Visiones del profesorado de Ciencias sobre el trabajo experimental: Análisis desde un marco de indagación. *Enseñanza de Las Ciencias*, Número Ext, 3332–3338. [https://ddd.uab.cat/pub/edlc/edlc\\_a2013nExtra/edlc\\_a2013nExtrap3332.pdf](https://ddd.uab.cat/pub/edlc/edlc_a2013nExtra/edlc_a2013nExtrap3332.pdf)
- van Zee, E. H. (2006). Teaching—science teaching through inquiry. In K. Appleton (Ed.), *Elementary science teacher education: International perspectives on contemporary issues and practice* (pp. 239–257). Lawrence Erlbaum Associates Publishers Mahwah, NJ.
- Vázquez, Á., y Manassero, M. A. (2008). El declive de las actitudes hacia la ciencia de los estudiantes: un indicador inquietante para la educación científica. *Revista Eureka Sobre Enseñanza y Divulgación de Las Ciencias*, 8(3), 274–292. [https://doi.org/10.25267/Rev\\_Eureka\\_ensen\\_divulg\\_cienc.2008.v5.i3](https://doi.org/10.25267/Rev_Eureka_ensen_divulg_cienc.2008.v5.i3).
- Viennot, L. (2011). Els molts reptes d'un ensenyament de les Ciències basat en la indagació : ens aportarà múltiples beneficis en l'aprenentatge ? *Ciències: Revista Del Professorat de Ciències de Primària i Secundària*, 18, 22–36. <https://raco.cat/index.php/Ciències/article/view/242506/325127>
- Wee, B., Shepardson, D. P., Fast, J., y Harbor, J. (2007). Teaching and Learning About Inquiry: Insights and Challenges in Professional Development. *Journal of Science Teacher Education*, 18(1), 63–89. <https://doi.org/10.1007/s10972-006-9031-6>
- Windschitl, M. (2002). Inquiry projects in science teacher education: What can investigative experiences reveal about teacher thinking and eventual classroom practice? *Science Education*, 87(1), 112–143. <https://doi.org/10.1002/sce.10044>
- Windschitl, M., Thompson, J., y Braaten, M. (2008). Beyond the scientific method: Model-based inquiry as a new paradigm of preference for school science investigations. *Science Education*, 92(5), 941–967. <https://doi.org/10.1002/sce.20259>
- Worth, K., Duque, M., y Saltiel, E. (2009). Desinging and Implementing Inquiry-based Science Units for Primary Education. The Pollen FP 6 project. [www.pollen-europa.net](http://www.pollen-europa.net)

Zemal-Saul, C. (2009). Learning to teach elementary school science as argument. *Science Education*, 93(4), 687–719. <https://doi.org/10.1002/sce.20325>