



# Acciones docentes clave para desarrollar el enfoque de indagación: rúbrica y red sistémica para su análisis

Luis Delgado-Mayoral, Jara García-Ruiz, Manuela González-Herrera, Lorenzo Hernández Villalobos, M. Rut Jiménez-Liso, Rafael López-Gay Lucio-Villegas, Lorena Manzano-Sánchez, María Martínez-Chico, Iñigo Rodríguez-Arteche.

Grupo Sensociencia, Universidad de Almería, Almería (España)

[Recibido: 13 septiembre 2024, Revisado: 01 noviembre 2024, Aceptado: 19 diciembre 2024]

**Resumen:** Las acciones docentes clave (Teaching Core Practices) son una línea de investigación emergente en formación del profesorado (inicial y permanente) que viene a complementar la tradicional aproximación centrada en aspectos cognoscitivos de des-conocimiento didáctico del contenido. Esta nueva línea de investigación de formación docente se focaliza en las acciones que habitualmente realizamos los docentes (muchas de manera inconsciente) que favorecen un determinado enfoque de enseñanza. En este artículo teórico hemos identificado qué acciones docentes son clave para favorecer el enfoque de enseñanza por indagación basada en modelos (MBI). En concreto, para identificarlas y poder analizarlas hemos construido una red sistémica de acciones docentes claves para la Expresión-Discusión de Ideas del alumnado y para que desarrolle la Búsqueda de Pruebas, imprescindibles para que generen el conocimiento descriptivo vinculado a la indagación. Además, para ayudar a definir cada acción docente clave para estas dos fases de la indagación, hemos diseñado también una rúbrica con sus niveles de logro que servirá de futura herramienta de formación docente.

**Palabras clave:** acciones docentes clave; indagación basada en modelos; expresión y discusión de ideas; búsqueda de pruebas; rúbrica; formación de docentes.

## Core inquiry-based teaching practices: analysis rubric and systemic network

**Abstract:** Analysis of core teaching practices is an emerging line of teacher education research that complements traditional approaches focused on the cognitive aspects of pedagogical content knowledge. Core teaching practices research focuses on the (often unconscious) teaching practices that lead to a particular educational approach. This article examines the core teaching practices involved in model-based, inquiry-based (MBI) teaching. The study uses a systemic network of core teaching practices for student expression and discussion of ideas and the development of data gathering, both of which are essential to generate the descriptive knowledge linked to inquiry. To help define the core teaching practices for these two phases of inquiry, the study also presents an achievement-based rubric as a tool for teacher training in the future.

**Keywords:** core teaching practices; model-based inquiry; expression and discussion of ideas; data gathering; rubric; teacher training.

Para citar el artículo. Delgado-Mayoral, L., García-Ruiz, J., González-Herrera, M., Hernández Villalobos, L., Jiménez-Liso, M.R., López-Gay Lucio-Villegas R., Manzano-Sánchez, L. Martínez-Chico, M. y Rodríguez-Arteche, I. (2024). Acciones docentes clave bajo el enfoque de indagación: rúbrica y red sistémica para su análisis. *Ápice. Revista de Educación Científica*, 9(1), 117-134. DOI: <https://doi.org/10.17979/arec.2025.9.1.11212>

Contacto. [luisdelgado@ual.es](mailto:luisdelgado@ual.es), [jgr230@ual.es](mailto:jgr230@ual.es), [mgh510@ual.es](mailto:mgh510@ual.es), [lhv088@ual.es](mailto:lhv088@ual.es), [mrjimene@ual.es](mailto:mrjimene@ual.es), [rlucio@ual.es](mailto:rlucio@ual.es), [lorenamanzano@ual.es](mailto:lorenamanzano@ual.es), [mmartinez@ual.es](mailto:mmartinez@ual.es), [inigorar@ual.es](mailto:inigorar@ual.es)

## Introducción

En nuestro grupo de investigación, tanto para la formación de docentes en Didáctica de las Ciencias Experimentales como para las secuencias que implementamos en Primaria y Secundaria, adoptamos como enfoque de enseñanza la indagación y modelización (MBI, por sus siglas en inglés Model-Based Inquiry, Windschitl, 2008). Este enfoque de enseñanza nos permite iniciar las secuencias con unas preguntas investigables que dan sentido a toda la secuencia, con el fin de aprender las grandes ideas de la ciencia (Harlen, 2010), participando genuinamente del proceso de resolverlas y de construir-validar nuevo conocimiento (Windschitl, 2003). De esta manera, nuestro alumnado reproduce las maneras de hacer, pensar y actuar de los científicos, desarrollando las actividades propias de la indagación, argumentación y modelización (Osborne y Dillon, 2008). Centramos nuestra práctica en este enfoque porque el alumnado realiza las “actividades científicas” como la expresión y discusión de sus ideas iniciales sobre los problemas planteados, o las necesarias para contrastarlas, como que diseñen y realicen la búsqueda de pruebas, ambos elementos imprescindibles para que se desarrolle la indagación científica (Castillo Hernández *et al.*, 2020). Con este proceso de indagación construyen el conocimiento descriptivo necesario para expresar, revisar, sofisticar y usar modelos científicos para explicar (modelización) la pregunta inicial (Couso, 2020). De esta manera, permitimos que nuestro alumnado participe en la construcción de conocimiento descriptivo y explicativo de una forma “práctica y vivencial” (Martínez-Chico *et al.*, 2013). Nos decantamos por la combinación de ambos enfoques de enseñanza (indagación y modelización) porque somos conscientes de que lleva implícita la actividad científica de argumentación, cuyo enfoque de enseñanza (Jiménez-Aleixandre, 2020) se solapa con el enfoque MBI.

Al desarrollar este enfoque MBI en la formación docente contribuimos a la demanda de muchos docentes de una formación docente “experiencial” útil para sus (futuras o actuales) clases de ciencias (Windschitl *et al.*, 2008). Esta relevancia la ponemos de manifiesto mediante el uso de estos dos enfoques de enseñanza combinados y reconocibles en dos ciclos separados de indagación y modelización (Garrido y Couso, 2024; López-Banet *et al.*, 2021) aplicables a sus propias (o futuras) aulas.

Tras varios lustros formando a docentes, somos conscientes de que esta formación experiencial o vivencial puede ser insuficiente para la formación de docentes, pues este conocimiento no se transmite de forma automática al ejercicio docente (Korthagen, 2007; Zembal-Saul, 2017). Este “problema de la práctica” (Kennedy, 1999) ha generado el auge de la línea de investigación sobre las “Teaching Core Practices” (Grossman, 2018). Según Grossman (2018) aquellas constituyen un conjunto de rutinas, estrategias y acciones que realizan los docentes habitualmente en el aula y que favorecen el desarrollo de las competencias de los estudiantes. Dichas acciones son inseparables del enfoque de enseñanza y de los principios educativos que perseguimos. Así, en nuestro grupo de investigación nos hemos planteado qué acciones docentes son clave para implementar el enfoque de enseñanza MBI y que nuestros alumnos desarrollen las actividades científicas asociadas a este enfoque. En concreto, en este artículo, nos centraremos en identificar las acciones docentes clave para realizar las dos fases imprescindibles para que haya indagación: la expresión-discusión de ideas del alumnado y la búsqueda de pruebas (que diseñen, recojan de datos y los transformen en pruebas).

## Marco teórico

En este contexto de educación científica, la palabra “prácticas” es polisémica y nos evoca tanto al laboratorio, como a las actividades experimentales, las actividades manipulativas o al prácticum de enseñanza, a las prácticas docentes en general, y en este caso, a

las “prácticas clave de enseñanza” (Teaching Core Practices). Para evitar la confusión de esta polisemia, hemos tomado la decisión de traducir las teaching core practices como “acciones docentes clave para algo”, es decir, aquellas acciones de aula que realizamos los docentes y que son indispensables PARA, en nuestro caso concreto, facilitar que el alumnado desarrolle las “actividades científicas” propias del enfoque de enseñanza de indagación y modelización (MBI).

La identificación de estas acciones docentes clave está siendo una línea de investigación emergente conectada a la formación de docentes (inicial y permanente) como así se pone de manifiesto en varias revisiones sistemáticas recientes (Callera Pedroso, 2023; Matsumoto-Royo y Ramírez-Montoya, 2021). Estas revisiones apuntan a una dispersión notable en la selección como “clave” y definición de estas acciones docentes, con cierta tendencia a formularlas desde marcos didácticos amplios (e.g., «aprendizaje activo»). Rivero y Jiménez-Liso (2021) hicieron una primera aproximación a las acciones docentes clave para la enseñanza de las ciencias y las agruparon en torno al diseño, la implementación y la evaluación (Ball *et al.*, 2009), que son las acciones docentes más habituales que pueden simultanearse, pues, por ejemplo, al diseñar estamos evaluando el diseño o al implementar evaluamos las respuestas del alumnado o el efecto de las actividades diseñadas.

Esta línea de investigación trata de sistematizar y tomar conciencia de la implementación de forma crítica y flexible (Crawford, 2007) de las acciones docentes que realizamos habitualmente (clave) para desarrollar nuestra enseñanza, en nuestro caso, el enfoque MBI. Además, la línea de investigación plantea una formación de docentes que parta y ponga atención en estas acciones que tienen que realizar los docentes (dimensión práctica) en el aula, más que en las competencias aisladas (dimensión cognitiva) a desarrollar por el docente para promover, por ejemplo, una enseñanza que busca reducir las desigualdades educativas (Windschitl *et al.*, 2018). De manera similar a como estos autores utilizan la equidad y la modelización como marcos teóricos para describir sus acciones docentes esenciales en ese marco, nosotros queremos identificar las necesarias para que los docentes implementen la indagación que haga que los estudiantes desarrollen actividades científicas propias de este enfoque, como son la Expresión y Discusión de Ideas iniciales y la Búsqueda de Pruebas. En este artículo nos vamos a centrar exclusivamente en la identificación de las acciones docentes de esas dos fases que se realizan durante la implementación de secuencias de actividades científicas con enfoque MBI.

En la implementación de secuencias bajo el enfoque de enseñanza MBI se desarrollan actividades científicas de indagación y modelización (Jiménez-Liso *et al.*, 2021; González-Herrera *et al.*, 2023): en primer lugar, para la construcción de conocimiento descriptivo (indagación), los docentes deben promover que sus estudiantes expresen y discutan sus ideas iniciales, por ejemplo, planteándoles una pregunta detonante o un fenómeno paradigmático. Tras esta expresión de ideas, los docentes debemos organizarlas y conectarlas con la necesidad de buscar pruebas que conlleve favorecer tanto que los estudiantes planifiquen diseños experimentales, evalúen su coherencia y viabilidad, como que recojan datos y los transformen en pruebas que confirmen o refuten sus ideas personales (Jiménez-Liso, 2020). En segundo lugar (modelización), al finalizar este ciclo de indagación los docentes debemos asegurarnos de que los estudiantes han construido el conocimiento descriptivo necesario para demandar un modelo (o varios) que sean capaces de explicar el fenómeno descrito y que sirva para predecir otros similares. En esta orientación MBI combinamos las dos actividades científicas de indagación y modelización, conscientes de que implícitamente se incluye la argumentación. Estos tres enfoques no tienen que ir siempre conectados entre sí y, como señalan Couso *et. al.* (2020), son tres enfoques de enseñanza que tienen entidad propia por separado.

Hemos descrito en el párrafo anterior el enfoque MBI desde la perspectiva de lo que realiza el alumnado (expresa ideas, busca pruebas, construye conocimiento descriptivo). Si lo miramos desde la perspectiva de qué tiene que hacer el docente, en el enfoque de indagación (primera parte del MBI) el docente tiene que saber guiar un debate productivo entre las ideas personales del alumnado (fase de expresión de ideas, usaremos las siglas EI para identificarlas) tras plantearles una pregunta detonante (o fenómeno paradigmático), además de una escucha activa que genere profundidad y conexión entre las ideas de los compañeros (Windschitl *et al.*, 2018). Posteriormente, para contrastar estas ideas iniciales el docente debe promover la búsqueda de pruebas (BP para su identificación), generando que los estudiantes planteen un diseño experimental (o planifiquen cómo obtener datos no experimentales), evaluando con ellos la validez de su planificación, asegurándose que el diseño propuesto es fiable y ha sido entendido, para la obtención de datos útiles y su transformación en pruebas. Los docentes debemos asegurarnos que construyen el conocimiento descriptivo que genera la necesidad de una explicación del fenómeno, iniciando el ciclo de modelización. En él, los docentes debemos promover la expresión de los modelos iniciales del alumnado y, de nuevo, la reorganización, puestas a prueba y revisión de las ideas propuestas generar una sofisticación (Garrido y Couso, 2024) para llegar a un modelo final consensuado que explique el fenómeno y que sirva para predecir nuevas situaciones.

La descripción de todas las acciones docentes clave para desarrollar todas estas fases del MBI es objeto de un trabajo más amplio que constituirán dos tesis doctorales. En este trabajo nos centraremos exclusivamente en las fases de expresión de ideas y búsqueda de pruebas y en las acciones docentes clave para desarrollarlas.

Para implementar el enfoque de enseñanza MBI son necesarias unas determinadas acciones docentes que logren que todas tengan sentido para el alumnado tanto para que sean capaces de resolver el problema planteado construyendo el conocimiento, como para reconocer el propio proceso desarrollado de actividades científicas con las que se valida el conocimiento científico. Windschitl *et al.* (2018) ya identificaron algunas de estas acciones docentes clave para desarrollar la actividad científica de modelización. En este marco teórico hemos conectado las actividades científicas de expresión de ideas y de búsqueda de pruebas por parte del alumnado con las acciones docentes para desarrollarlas. Esto nos sirve de marco teórico para identificar las acciones docentes clave de nuestra enseñanza (pregunta 1) y la posible graduación (pregunta 2), que vamos a desarrollar en este artículo.

- Pregunta de investigación 1: ¿Qué acciones docentes realizamos habitualmente, es decir, son clave para favorecer el desarrollo de las actividades científicas de indagación: expresión de ideas y búsqueda de pruebas?
- Pregunta de investigación 2: ¿Qué indicadores de logro podemos plantear para medir el grado de aplicación de estas acciones docentes clave para esas dos fases de indagación?

## Metodología

Este artículo es un fragmento de un trabajo más amplio en el que queremos diseñar una propuesta de formación de docentes estructurada en torno a la progresión de las acciones docentes clave para desarrollar completo el enfoque MBI. Este artículo lo enmarcamos, por tanto, en la fase preliminar de esa investigación de diseño (DBR) (Plomp, 2013) de identificación de las acciones docentes clave para las dos fases imprescindibles en la indagación, dejando para futuros trabajos el resto de fases del MBI.

Para responder a la pregunta de investigación primera de identificar las acciones docentes necesitamos construir una red sistémica de análisis y, para ello, la metodología utilizada

tiene un carácter cualitativo, emergente, interactiva, mediante la observación directa no participante a través del análisis de videgrabaciones (Walker, 1983). Tres investigadores con diferentes años de experiencia y diversa formación (una maestra de Educación Primaria, un profesor de Educación Secundaria y una profesora universitaria) asistieron como observadores no participantes a las clases de cinco expertos formadores de maestros para identificar sus acciones docentes clave para desarrollar el enfoque MBI, recogiendo sus observaciones en un diario. Además, como esas sesiones fueron grabadas, su visionado permitió a cada investigador generar un listado individual de las acciones docentes identificadas de manera independiente.

Posteriormente, los investigadores observadores pusieron en común sus listados individuales, dudas o discrepancias con el visionado posterior de momentos concretos de las grabaciones. De manera iterativa las acciones docentes clave para la indagación fueron revisadas y refinadas hasta llegar al consenso mediante una constante interacción entre la literatura existente en diálogo continuo con los cinco formadores expertos de maestros.

En este artículo teórico mostramos la agrupación y categorización tras ese refinamiento, que también ha sido contrastado y perfeccionado al analizar videgrabaciones nuestras y de docentes en formación inicial (Luzón Quintana, 2024; Sánchez Pascual, 2024; Manzano Sánchez, 2024) que serán objeto de futuras publicaciones.

A continuación, en la sección de resultados, mostraremos las acciones docentes identificadas durante la implementación de secuencias MBI de las fases de expresión de ideas y búsqueda de pruebas (tablas 1 y 2). Además, se han incluido otras dos tablas rubricadas (tabla 3 y 4) con indicadores de logro que servirán en futuros trabajos para determinar el nivel de logro de las acciones docentes desarrolladas por los docentes en formación.

La principal diferencia entre ambas tablas (rúbrica o red sistémica de análisis) es la finalidad para la que han sido diseñadas y que se corresponden con las dos preguntas de investigación propuestas. Por un lado, en el caso de la red sistémica de análisis la finalidad es descriptiva y definitoria de las acciones docentes clave para las dos fases imprescindibles de la indagación y, para ejemplificarlas hemos añadido propuestas de estrategias que solemos realizar en nuestras implementaciones. Como hemos indicado anteriormente, esta red sistémica está relacionada exclusivamente con la fase de implementación de las acciones docentes relacionadas con la Expresión de Ideas y la Búsqueda de Pruebas del enfoque de enseñanza de indagación (tablas 1 y 2). Dejaremos para futuros trabajos las redes sistémicas de construcción de conocimiento descriptivo y explicativo (modelización), así como la definición de las acciones docentes clave para el diseño de secuencias MBI o para la evaluación formadora.

Por otro lado, para responder a la segunda pregunta de este artículo, en la rúbrica por menorizamos en cuatro niveles de logro cada una de las acciones docentes anteriores, destacando que su finalidad es para que sirva de evaluación de las implementaciones de MBI propias o ajenas (docentes en formación).

## Resultados

### **Identificación de las acciones docentes clave para implementar las fases de indagación: expresión de ideas y búsqueda de pruebas.**

Como producto de este artículo teórico-metodológico y, respondiendo a la primera pregunta de investigación, para la implementación de la indagación en su fase de expresión de ideas (EI) hemos identificado las siguientes acciones docentes clave:

- EI1. Acción Docente Clave para fomentar la construcción de las explicaciones científicas iniciales en los estudiantes: plantear y abordar la pregunta inicial.
- EI2. Acción Docente Clave para organizar de forma compartida las ideas de todos los estudiantes (antes, durante y después).
- EI3. Acción Docente Clave para construir una comunidad de aula: incluye la relación profesor-alumno y alumno-alumno, puesta en común y pequeños grupos, la creación de un ambiente seguro de aprendizaje, la normalización del error, etc.

Para la implementación de la fase de indagación relativa a la búsqueda de pruebas (BP) hemos identificado las siguientes acciones docentes clave:

- BP1. Acción Docente Clave para fomentar la planificación para el diseño de búsqueda de pruebas.
- BP2. Acción Docente Clave para organizar la expresión de los diseños experimentales propuestos por los estudiantes.
- BP3. Acción Docente Clave para gestionar la recogida de datos y su puesta en común.
- BP4. Acción Docente Clave para facilitar la interpretación y análisis de los datos para su transformación en pruebas.
- BP4. Acción Docente Clave para adaptar el proceso de enseñanza-aprendizaje al contexto y a las situaciones concretas del aula (gestión del aula, del tiempo, del espacio).

Como hemos indicado anteriormente, para completar el enfoque MBI, a continuación, vendrían las Acciones Docentes Clave de modelización, que vienen descritas por Windschitl *et al.* (2018). Un ejemplo sería “permitir a los estudiantes mostrar lo que saben”, que conlleva seleccionar y compartir en gran grupo los modelos iniciales de los estudiantes, ayudarles a revisar sus modelos en respuesta a nuevas pruebas e ideas, y asegurarse de que los estudiantes puedan mostrar más sobre lo que saben en sus modelos finales.

Como hemos indicado en metodología, las ocho acciones docentes clave para fomentar tanto la expresión de ideas como la búsqueda de pruebas del enfoque de indagación las hemos identificado a partir de analizar las propias estrategias docentes del Grupo Sensociencia que, de manera emergente han servido para definir las microacciones y de ahí las acciones docentes clave para el enfoque MBI. Cada acción docente clave (nivel macro) para desarrollar una fase de la indagación se desglosa en microacciones docentes como subcategorías de mayor concreción. De esta manera, aumentando el nivel de concreción la progresión es: estrategia (no específica de un enfoque de enseñanza determinado), microacción y acción docente para implementar secuencias con un enfoque de enseñanza MBI.

Como ejemplo, podemos describir el proceso seguido para identificar la **acción docente clave EI2**. Asistiendo a las clases de los docentes expertos, observamos que mientras los estudiantes están trabajando en grupo, los docentes se van pasando por las mesas de todos los grupos y preguntándoles acerca de lo que están haciendo (estrategia docente). Prestamos atención al tipo de preguntas que les está realizando (interesarse por lo que piensan y pedir aclaraciones de ello) y percibimos posteriormente que no sólo lo hacen por mostrar un interés ingenuo por lo que hacen, sino que lo emplean posteriormente para realizar una puesta en común con un orden y una intencionalidad concretas. Por tanto, están haciendo algo más amplio y completo: **EI2.1. Microacción Docente para observar, analizar, interpretar y organizar las ideas de los estudiantes y/o grupos**



**antes de ser puestas en común** que contribuye, junto con las otras dos microacciones, a la Acción Docente Clave para organizar de forma compartida las ideas de todos los estudiantes.

Con este proceso emergente hemos ido dando respuesta a la primera pregunta de qué acciones docentes identificamos como claves para desarrollar nuestro enfoque de enseñanza de MBI, que es el marco teórico elegido para este análisis. Además, en los documentos complementarios de este artículo se encuentran unificadas y ampliadas en su formato original para una consulta más completa.

### **Acciones docentes de implementación para desarrollar la fase de expresión de ideas en la indagación**

En las filas, representadas en fondo oscuro de la tabla 1 mostramos las tres acciones docentes enumeradas anteriormente, seguidas de las diferentes microacciones identificadas (filas con fondo coloreado claro) y combinadas con las posibles estrategias que nos ayudan a definir las para que resulten aclaratorias (filas en blanco).

**Tabla 1.** Red Sistémica de Análisis para la fase de Expresión y Discusión de Ideas

<b>EI1. Acción Docente Clave para fomentar la construcción de las explicaciones científicas iniciales en los estudiantes: plantear y abordar la pregunta inicial.</b>
<b>EI1.1. Microacción docente clave para asegurar que la pregunta es entendida.</b>
<b>Estrategias posibles</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Hacer una breve pausa tras plantear la pregunta para que procesen sus respuestas mentalmente.</li> <li>• Observar las reacciones de los estudiantes y su lenguaje corporal para detectar confusión o comprensión.</li> <li>• Preguntar si se ha entendido y/o pedir a un alumno que reformule la pregunta a sus compañeros.</li> <li>• Hacer uso de ejemplos o analogías.</li> <li>• Fomentar la expresión de anécdotas y experiencias personales relacionadas con el tema y su realidad más cercana.</li> <li>• Contextualizar el tema previamente.</li> </ul>
<b>EI1.2. Microacción docente clave para fomentar la reflexión y expresión de ideas del alumnado.</b>
<b>Estrategias posibles</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Solicitar al alumnado realizar la reflexión primero individualmente y luego en grupos pequeños para complementarse y enriquecerse con las ideas de sus iguales (Windschitl, 2018).</li> <li>• Captar su atención con una pregunta debatible y abordable que fomente la reflexión y posterior expresión de las ideas.</li> </ul>
<b>EI1.3. Microacción docente clave para considerar distintas vías de comunicación en la expresión de las ideas.</b>
<b>Estrategias posibles</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Animar a expresarse, en el lenguaje más cómodo para el alumnado, la planificación (lenguaje escrito, oral, dibujos, corporal...) (Müller <i>et al.</i>, 2017).</li> <li>• Con lenguajes de expresión, nos referimos a verbal, gestual, gráfico, tabular...</li> </ul>

**Tabla 1.** Red Sistémica de Análisis para la fase de Expresión y Discusión de Ideas. *Continuación*

<b>EI2. Acción Docente clave para organizar de forma compartida las ideas de todos los estudiantes (antes, durante y después).</b>
<b>EI2.1. Microacción docente clave para Observar, analizar, interpretar y organizar las ideas de los estudiantes y/o grupos antes de ser puestas en común.</b>
<b>Estrategias posibles</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Acercarse a los estudiantes para preguntar por las ideas que están pensando.</li> <li>• Interpretar las ideas y pedir aclaraciones.</li> <li>• Organizar las ideas mentalmente o por escrito antes de la puesta en común: de menor a mayor sofisticación (u otra estructura) y agrupando las ideas repetidas.</li> </ul>
<b>EI2.2. Microacción docente clave para fomentar la puesta en común de las ideas surgidas en cada grupo (diferentes puntos de vista).</b>
<b>Estrategias posibles</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Actuar de moderador dando voz por orden a cada uno de los grupos con puntos de vista diferentes. Si algún grupo tiene una idea repetida, indicarlo al gran grupo para que todos se sientan representados en la puesta en común.</li> <li>• Recoger en la pizarra las ideas de todos los grupos a modo de lluvia de ideas, pero no utilizarlas para nada, sino que pasa a la siguiente actividad (estrategia <b>Pop-corn</b> según Lopes Cardozo (2023)).</li> <li>• Recoger la respuesta del primer grupo que levanta la mano y evaluar si está en lo cierto o no. No hay posibilidad de generar conversación posterior (estrategia <b>IRE</b>: <b>initiation-response-evaluation</b> según Schaffalitzky, 2024).</li> </ul>
<b>EI2.3. Microacción docente clave para pedir aclaraciones para que los estudiantes interpreten las ideas de los compañeros y la organización sea compartida.</b>
<b>Estrategias posibles</b>
<p>Según las estrategias del enfoque comunicativo de Mortimer y Scott (2003), el docente fomenta el enfoque interactivo y dialógico (varios puntos de vista).</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Escuchar activamente las ideas expuestas por el alumnado sin dar indicios de si lo dicho es correcto o incorrecto.</li> <li>• Organizar los diferentes puntos de vista (ordenar, comparar, negociar...) para en la puesta en común, confrontar las ideas, promover la duda y necesidad de justificación.</li> <li>• Profundizar y conectar los pensamientos de los estudiantes. Dar valor a dichas ideas y poner un carácter sumativo en ellas (Follow-up question-asking strategy de Windschitl, 2018).</li> <li>• Hacer que un grupo interprete lo que ha dicho otro grupo.</li> </ul>
<b>EI2.4. Microacción docente clave para sintetizar las ideas principales y/o justificando si responden a la pregunta/fenómeno detonante.</b>
<b>Estrategias posibles</b>
<p>Según las estrategias del enfoque comunicativo de Mortimer y Scott (2003), el docente desarrolla ahora el enfoque no interactivo y dialógico porque señala varios puntos de vista.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Realizar una retrospectiva de las ideas surgidas entre los estudiantes.</li> <li>• Dar lugar a una nueva pregunta a resolver/nuevo reto.</li> <li>• Cuestionar si realmente las ideas responden a nuestra pregunta: reconocer sus limitaciones y reconducirlas, conectar las ideas surgidas con la pregunta inicial/fenómeno detonante.</li> <li>• Hacer conscientes a los estudiantes de si eso sirve para responder nuestra pregunta, o no.</li> <li>• Sintetizar las ideas surgidas y conectarlas con la pregunta inicial/fenómeno detonante (evaluación).</li> </ul>



**Tabla 1.** Red Sistémica de Análisis para la fase de Expresión y Discusión de Ideas. *Continuación*

<b>EI3. Acción Docente Clave para construir una comunidad de aula: incluye la relación profesor-alumno y alumno-alumno (puesta en común y pequeños grupos), la creación de un ambiente seguro de aprendizaje, la normalización del error.</b>
<b>EI3.1. Microacción docente clave para dar una función proactiva a todos los estudiantes (equidad).</b>
<b>Estrategias posibles</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Adjudicar roles a los estudiantes en los grupos: líder, coordinador, presentador, encargado de materiales, registrador, facilitador de comprensión, verificador de comprensión... (Marcos García, 2012)</li> <li>• Preguntar a distintos alumnos para que no siempre hablen los mismos (priorizando a los más introvertidos).</li> <li>• Equiparar las ideas expuestas por chicas y chicos.</li> </ul>

Como hemos comentado en párrafos anteriores, el nivel de concreción de esta tabla es inverso a su lectura de arriba a abajo. Otra manera de leer la anterior tabla 1 para mejorar su comprensión es ir de los niveles más concretos (estrategias) hacia los menos (microacciones a las acciones).

#### **Acciones docentes de implementación para desarrollar la fase de expresión de ideas en la indagación**

A continuación, en la tabla 2 mostramos las cinco acciones docentes clave para implementar la fase de la indagación correspondiente a la búsqueda de pruebas enumeradas anteriormente. De nuevo, al igual que en la tabla anterior, mostramos como resultado las acciones docentes (filas en naranja oscuro) clave para la búsqueda de pruebas en el enfoque de enseñanza por indagación, seguidas de las microacciones docentes (filas en naranja claro) y, en un nivel mayor de concreción, posibles estrategias docentes que no son exclusivas de esas acciones, pero que contribuyen a definirlas y clarificarlas (filas en blanco).

**Tabla 2.** Red Sistémica de Análisis para la fase de Búsqueda de Pruebas

<b>BP1. Acción Docente Clave para fomentar la planificación para el diseño de búsqueda de pruebas.</b>
<b>BP1.1. Microacción docente para asegurar que la actividad de planificación de diseños es entendida.</b>
<b>Estrategias posibles</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Utilizar un lenguaje adaptado al nivel educativo en el que se desarrolla la actividad (Phillips y Norris, 2009).</li> <li>• Aclarar a qué se refiere con hacer una planificación del diseño experimental, pues en ocasiones el alumnado de la ESO entiende que es hacer un dibujo.</li> <li>• Plantear ejemplos y atender a las preguntas de clarificación.</li> <li>• Anticiparse a los posibles diseños experimentales, concentrarse y focalizar en contextos investigables.</li> </ul>

**Tabla 2.** Red Sistémica de Análisis para la fase de Búsqueda de Pruebas. *Continuación*

<b>BP1. 2. Microacción docente para fomentar la creatividad en los diseños experimentales para la obtención de pruebas.</b>
<b>Estrategias posibles</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Solicitar al alumnado realizar la planificación, primero individualmente, y luego en grupos pequeños para complementarse y enriquecerse con las ideas de sus iguales.</li> <li>• Animar a expresar en el lenguaje más cómodo para el alumnado la planificación</li> <li>• (lenguaje escrito, oral, dibujos, corporal...)</li> </ul>
<b>BP1.3. Microacción docente para gestionar adecuadamente los recursos y materiales.</b>
<b>Estrategias posibles</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Gestionar el momento y materiales que se les ofrecen (Tang, 2022).</li> <li>• Esperar a que soliciten los materiales, favorecer la expresión/evaluación de la planificación.</li> </ul>

  

<b>BP2. Acción Docente Clave para organizar la expresión de los diseños experimentales propuestos por los estudiantes.</b>
<b>BP2.1. Microacción docente para observar y organizar los diseños para la recopilación de datos de los estudiantes antes de ser puestas en común al gran grupo.</b>
<b>Estrategias posibles</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Acercarse para preguntar a los estudiantes por los diseños que están pensando (Olaz Capi-tán, 2023).</li> <li>• Escuchar y anotar las planificaciones de los estudiantes.</li> <li>• Organizar mentalmente para la posterior puesta en común por semejantes/diferentes y de las más simples a más completas.</li> </ul>
<b>BP2.2. Microacción docente para favorecer la expresión de planificaciones diferentes en la puesta en común.</b>
<b>Estrategias posibles</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Dar voz de manera equilibrada a chicos y a chicas, individual y grupalmente (Grossman, 2018).</li> <li>• Solicitar la exposición de manera organizada, primero los semejantes (dando voz para que todos se sientan representados) y después los diferentes, y de las más simples a más completas.</li> <li>• Realizar dinámicas de grupos para la puesta en común, por ejemplo, la técnica del puzle que permite que todos los de un grupo de partida se apropien de los diseños para compartirlos en el grupo final (imprescindible en algunas secuencias de indagación).</li> </ul>
<b>BP2.3. Microacción docente para guiar a los estudiantes en la evaluación de la plausibilidad de los diseños para la recopilación de datos para la búsqueda de pruebas.</b>
<b>Estrategias posibles</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Evaluar la plausibilidad de los diseños propuestos por los estudiantes preguntando qué quieren conseguir, medir, etc.</li> <li>• Reconocer la creatividad en los diseños.</li> <li>• Sintetizar la plausibilidad o no de los diseños experimentales producidos.</li> </ul>

**Tabla 2.** Red Sistémica de Análisis para la fase de Búsqueda de Pruebas. *Continuación*

<b>BP2.4. Microacción docente para seleccionar los diseños adecuados para la recopilación de datos para la búsqueda de pruebas.</b>
<b>Estrategias posibles</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Promover la reflexión de los propios diseños para comprobar si son útiles o no en la recogida de pruebas.</li> <li>• Analizar en qué medida los diseños son adecuados para comprobar lo que se pretende (las pruebas prueban lo que prueban) e identificar deficiencias y posibles formas de solventarlas.</li> <li>• Evaluar los diseños planificados según su grado de optimización (fiabilidad, efectividad, alcance, plausibilidad, potencialidad, etc.).</li> <li>• Tener en cuenta la plausibilidad/fiabilidad respecto a espacios, materiales y personal.</li> <li>• Sintetizar los diseños más óptimos para la obtención de datos que resuelvan el problema planteado.</li> </ul>
<b>BP2.5. Microacción docente para determinar con el alumnado lo necesario para desarrollar el diseño más óptimo para la recogida de datos.</b>
<b>Estrategias posibles</b>
Tomar decisiones con el alumnado sobre los materiales, las variables a tener en cuenta (dependientes e independientes como tiempo, temperatura, concentraciones, etc.) y cómo anotarlas.

<b>BP3. Acción Docente Clave para gestionar la recogida de datos y su puesta en común.</b>
<b>BP3.1. Microacción docente para asegurarse que el diseño común para la recogida de datos es plausible, coherente y saben ejecutarlo.</b>
<b>Estrategias posibles</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Antes de repartir el material, pasarse por las mesas para que nos expliquen qué y cómo lo van a hacer.</li> <li>• Podemos no intervenir en caso de que la desviación pueda servir para el análisis posterior o intervenir para evitar peligrosidad o mal uso del material.</li> </ul>
<b>BP3.2. Microacción docente para observar y organizar la recopilación de datos de los estudiantes y grupos antes de la puesta en común.</b>
<b>Estrategias posibles</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Pasarse por las mesas observando y preguntando qué datos están obteniendo los estudiantes.</li> <li>• Ordenar en nuestra mente los datos que van obteniendo según la coherencia con lo que queremos probar, reservando las desviaciones (no distorsionantes) para el final.</li> </ul>
<b>BP3.3. Microacción docente para fomentar la puesta en común de los datos obtenidos que faciliten la interpretación y análisis.</b>
<b>Estrategias posibles</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Animar a que expongan primero aquellos grupos que han obtenidos datos sólidos y consistentes con la pregunta inicial y luego los grupos que han obtenido datos que se desvían, para evaluar qué ha podido ocurrir (error medida, error sensor, etc.).</li> <li>• Realizar dinámicas de grupos para la puesta en común, por ejemplo, la técnica del puzle que permite que todos los de un grupo de partida se apropien de los datos para compartirlos en el grupo final.</li> <li>• Realizar síntesis de los resultados coherentes y de las desviaciones.</li> </ul>

**Tabla 2.** Red Sistémica de Análisis para la fase de Búsqueda de Pruebas. *Continuación*

<b>BP4. Acción Docente Clave para facilitar la interpretación y análisis de los datos para su transformación en pruebas<sup>1</sup>.</b>
<b>Estrategias posibles</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Tras hacer una recopilación de todos los datos, promover la argumentación preguntando qué información nos aportan.</li> <li>• Promover que piensen si esos datos nos sirven para responder a las hipótesis iniciales (tanto confirmar, como refutar) que cada estudiante/grupo formuló al principio.</li> <li>• Dejar tiempo para que todos respondan y guiar las conversaciones e intercambio de opiniones.</li> </ul>
<b>BP5. Acción Docente Clave para adaptar el proceso de enseñanza-aprendizaje al contexto y a las situaciones concretas del aula (gestión del aula, del tiempo, del espacio)<sup>2</sup>.</b>
<b>BP5.1. Microacción docente para maximizar la eficiencia en la organización y aprovechamiento docente del espacio en el aula.</b>
<b>Estrategias posibles</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ubicarse a una distancia considerable del alumno que está hablando, lo que exige que el estudiante eleve la voz y, al mismo tiempo, capte la atención de todos los estudiantes en el aula. Asegurar que la información llegue a todos y mantenga una atención plena de la clase.</li> <li>• Quedarse siempre en el mismo lugar o acercarse a los estudiantes cuando el docente les pregunta en lugar de alejarse.</li> </ul>
<b>BP5.2. Microacción para saber manejar el tiempo disponible.</b>
<b>Estrategias posibles</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Si por circunstancias externas el tiempo disponible se reduce, realizar las actividades más rápido para terminar la secuencia (Kirillov <i>et al.</i>, 2015).</li> <li>• No dejar que sobre/falte demasiado tiempo.</li> <li>• Si surgen, dar prioridad a comentarios y oportunidades que son útiles, y adaptar su duración de las actividades (alargar o acortarlas) y ritmos de desarrollo, evitando romper el dinamismo de la clase.</li> </ul>
<b>BP5.3. Microacción para saber manejar y reconducir las situaciones imprevistas (referente a situaciones técnicas, personales).</b>
<b>Estrategias posibles</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Llevar preparado vídeos o datos por si no funcionan los sensores.</li> <li>• Anticiparse a que el proyector no encienda o que las diapositivas pierdan el formato (presentación en PDF sin animaciones).</li> <li>• No hay ordenador/internet/laboratorio/electricidad...</li> </ul>

**Indicadores de logro para medir el grado de aplicación de estas acciones docentes clave para las fases de indagación: expresión de ideas y búsqueda de pruebas.**

Para dar respuesta a la segunda pregunta, que tiene un objetivo más evaluativo y metodológico de medir el grado de proximidad de las implementaciones de docentes (en

1. Esta acción docente clave funciona en sí misma como microacción docente.  
 2. Estas acciones docentes clave para la búsqueda de pruebas fueron identificadas también en todas las demás fases del enfoque de enseñanza de indagación.

formación inicial o permanente) a las acciones docentes clave para las dos fases de la indagación seleccionadas en este artículo, hemos propuesto asociar indicadores de logro a cada microacción docente (tablas 3 y 4), en cuatro niveles, desde uno básico hasta un nivel muy alto.

**Tabla 3.** Ejemplo de Microacción docente para la Expresión de Ideas.

<b>EI1.1. Microacción docente para asegurar que la pregunta es entendida.</b>			
<b>Niveles de logro</b>			
<b>Muy Alto</b>	<b>Alto</b>	<b>Medio</b>	<b>Básico</b>
Formula la pregunta y la adapta al alumnado, tanto en el lenguaje (cursos diferentes) como en el contexto (evita que se dispersen) <b>y</b> se asegura de que todos los estudiantes puedan responder a la pregunta.	Formula la pregunta y la adapta al alumnado en el lenguaje (cursos diferentes) <b>o</b> en el contexto (evita que se dispersen) <b>y</b> se asegura de que todos los estudiantes puedan responder a la pregunta.	Formula la pregunta y la adapta al alumnado en el lenguaje (cursos diferentes) <b>o</b> en el contexto (evita que se dispersen) <b>pero no</b> se asegura de que todos los estudiantes puedan responder a la pregunta.	Formula la pregunta sin cerciorarse de que esté adaptada al alumnado en el lenguaje (cursos diferentes) <b>pero sí</b> en el contexto (evita que se dispersen).

**Tabla 4.** Ejemplo de Microacción docente para la Búsqueda de Pruebas.

<b>BP1.1. Microacción docente para asegurar que la actividad de planificación de diseños es entendida.</b>			
<b>Niveles de logro</b>			
<b>Muy Alto</b>	<b>Alto</b>	<b>Medio</b>	<b>Básico</b>
Plantea la actividad y la adapta al alumnado, tanto en el lenguaje (cursos diferentes) como en el contexto (evita que se dispersen en contextos no investigables) <b>y</b> se asegura de que todos los estudiantes puedan realizar la planificación de diseño.	Plantea la actividad y la adapta al alumnado en el lenguaje (cursos diferentes) <b>o</b> en el contexto (evita que se dispersen en contextos no investigables) <b>y</b> se asegura de que todos los estudiantes puedan realizar la planificación de diseño.	Plantea la actividad y la adapta al alumnado en el lenguaje (cursos diferentes) <b>o</b> en el contexto (evita que se dispersen en contextos no investigables) <b>pero no</b> se asegura de que todos los estudiantes puedan realizar la planificación de diseño.	Plantea la actividad sin cerciorarse de que esté adaptada al alumnado en el lenguaje (cursos diferentes) <b>pero sí</b> en el contexto (evita que se dispersen en contextos no investigables).

Advertimos con ello que un buen implementador de secuencias de MBI no es quien hace todas las microacciones docentes en un nivel muy alto, sino quien toma conciencia y es capaz de decidir qué nivel es más conveniente en cada momento de la secuencia. Por motivos de espacio no podemos incluir todos los niveles de logro de cada acción-microacción, por lo que lo ponemos como material complementario online de este artículo.

Para futuras publicaciones, se especificará cómo emplear estos resultados como instrumento de evaluación para la formación del profesorado de ciencias en acciones docentes clave de implementación en MBI.

## Conclusiones

La red sistémica de análisis de identificación de acciones docentes (tablas 1 y 2), junto con las rúbricas (fragmentos en tablas 3 y 4), dan respuesta a las dos preguntas planteadas en este artículo teórico: por un lado, han servido para identificar las acciones docentes que favorecen tanto la expresión de ideas como la búsqueda de pruebas en secuencias de enseñanza de indagación, es decir, qué acciones docentes son clave para que la indagación sea efectiva en el aula. Por otro lado, durante el proceso inductivo desde las estrategias, fueron emergiendo las microacciones docentes que generaron sus respectivos niveles de logro, dando respuesta a la segunda pregunta.

Debemos puntualizar que no siempre se debe conseguir el desarrollo del máximo nivel de logro de la rúbrica, sino la conciencia de cuándo y cómo utilizar un nivel u otro dependiendo de los objetivos docentes. Al igual que sucedía en las investigaciones sobre el enfoque comunicativo (Lehesvuori y Ametller, 2021; Scott *et al.*, 2006), la formación de docentes debe centrarse en la toma de conciencia de los docentes sobre cuándo y cómo utilizar cada enfoque. En nuestro grupo nos gusta decir que la formación de docentes (inicial o permanente) de representación-descomposición-aproximación a las acciones docentes clave (Grossman, 2018) es como enseñar a conducir con el coche de autoescuela y las acciones docentes clave serían como las marchas, la acción que realizamos para que ande el coche. Para una conducción eficiente en autopista usaremos la sexta marcha, pero para iniciar la marcha o subir una carretera con pendiente elevada necesitamos usar la primera. Esta analogía de la séptima coautora de este artículo es coincidente con una reflexión de Jordi Domènech (2019) que facilita la comprensión de lo que nos proponemos con las acciones docentes clave de enseñanza de MBI.

A modo de ejemplo, la secuencia sobre la variación de las horas de luz solar a lo largo del año (Martínez-Chico *et al.*, 2018), ha sido evaluada como de indagación y contiene los dos elementos esenciales de expresión de ideas y de búsqueda de pruebas en diferente nivel de logro, pues de las tres microacciones para fomentar la planificación del diseño de búsqueda de pruebas (BP1), según el lenguaje empleado en la tabla 4, nos aseguramos de que la planificación es entendida en nivel alto, fomentamos la creatividad en nivel básico, porque lo solemos plantear al gran grupo (versión lluvia de ideas), igual que evaluar su plausibilidad (medir cada día la hora de salida y puesta de Sol, hacer fotografías cada día, utilizar las aplicaciones de stellarium o del tiempo, etc.). El objetivo no es tanto esperar un año para que obtengan datos “reales”, sino que tenga sentido incorporar los datos extraídos de fuentes fiables como el observatorio astronómico nacional. En esta secuencia no se precisa una gestión de recursos y materiales (BP1.3), sino la evaluación de la plausibilidad de los diseños propuestos y generar la necesidad de que los datos proporcionados sean fiables.

Fragmentos de estas tablas han sido empleados para reflexionar sobre el proceso de formación inicial con los docentes, así como con cuatro investigadores (coautores 1, 2, 3 y 7) para analizar las videograbaciones propias y de futuros docentes al implementar secuencias de indagación basada en modelos (MBI), de ahí la necesidad de tomar decisiones sobre las rúbricas e ir sofisticándolas hasta quedar con el resultado mostrado en las tablas 1 y 2. A modo de agenda futura de investigación nos proponemos mostrar los resultados de los análisis de los vídeos de los docentes en formación inicial o permanente y su progreso, tras el proceso de formación que diseñemos empleando las tablas generadas en este artículo (fases posteriores de la investigación de diseño).

Al ir desarrollando cada parte de la red sistémica percibimos que en cada fase se iban repitiendo algunas acciones docentes, de ahí que debamos agruparlas en una red sistémica de análisis que permita ver las conexiones. A modo de ejemplo mencionaremos que la



estrategia de crear grupos o parejas puede servir, tanto para la microacción de establecer diferentes agrupamientos para trabajar el pensamiento, expresión y comunicación de las ideas entre iguales (EI3.1.) o para fomentar la creatividad en los diseños experimentales (BP1.2), como para maximizar la eficiencia en la organización y aprovechamiento del espacio en el aula dependiendo del espacio y del tiempo de que dispongan (EI3) o adaptar el proceso de enseñanza-aprendizaje al contexto y a las situaciones concretas del aula (gestión del aula, del tiempo, del espacio, BP5).

Todas esas microacciones están contribuyendo a la perspectiva socioconstructivista de la enseñanza que facilita y es necesaria-imprescindible para que los estudiantes desarrollen las actividades científicas de indagación y/o modelización.

### Agradecimientos

Este trabajo ha sido cofinanciado por el proyecto PROCUSTO PID2023-150682NA-I00 del Ministerio de Ciencia, Innovación y Universidades, MCIU/AEI/10.13039/501100011033/FEDER; por el proyecto SensoDociencia PID2020-116097RB-I00 del Ministerio de Ciencia, Innovación y Universidades, MCIN/ AEI/10.13039/501100011033/ y su ayuda con referencia PRE2021-097331; por el European Regional Development Fund, ERDF Erasmus + 2024-1-IT02-KA220-SCH-000257719; y, por último, la ayuda PPIT-UAL, Junta de Andalucía-FEDER 2021-2027. Programa: 54.A.

### Referencias

- Amat González, A., Martínez-Chico, M., y Jiménez-Liso, M. R. (2022). Formación de maestras por implementación de secuencias en su propio contexto de aula: red sistémica para el análisis de las entrevistas pre-post. *Revista Interuniversitaria de Formación Del Profesorado. Continuación de La Antigua Revista de Escuelas Normales*, 97(36.1). DOI: <https://doi.org/10.47553/rifop.v97i36.1.91928>
- Ball, D. L., Sleep, L., Boerst, T. A., y Bass, H. (2009). Combining the development of practice and the practice of development in teacher education. *Elementary School Journal*, 109(5), 458-474. DOI: <https://doi.org/10.1086/596996>
- Callera Pedroso, J. V. (2023). *Práticas centrais de ensino na formação de professores de ciências: Uma revisão de escopo* [Dissertação de mestrado, Universidade Estadual Paulista]
- Castillo Hernández, F. J., Jiménez-Liso, M. R., Martínez-Chico, M., y López-Gay, R. (2020). ¿Cuáles son los ingredientes imprescindibles para indagar en el aula? *Aula de Innovación Educativa*, 298, 26-30
- Castillo Hernández, F. J., Jiménez-Liso, M. R., Martínez-Chico, M., y López-Gay, R. (2022). Ni flota ni se hunde: ¿es posible iniciar el modelo de fuerzas en educación primaria? *Aula de innovación educativa*, 312, 31-35
- Crawford, B. A. (2007). Learning to teach science as inquiry in the rough and tumble of practice. *Journal of Research in Science Teaching*, 44(4), 613-642. DOI: <https://doi.org/10.1002/tea.20157>
- Garrido, A., y Couso, D. (2024). The IPM cycle: An instructional tool for promoting students' engagement in modeling practices and construction of models. *Journal of Research in Science Teaching*. DOI: <https://doi.org/10.1002/tea.21979>
- González-Herrera, M., Alcoba, C., García-Ruiz, J., Stefan-Stefan, A., y Jiménez-Liso, M. R. (2023). Evaluación de una secuencia de indagación sobre los huesos en la formación

- inicial de maestros. *Ápice. Revista de Educación Científica*, 7(1), 57-74. DOI: <https://doi.org/10.17979/arec.2023.7.1.9443>
- Grossman, P. L. (2018). *Teaching core practices in teacher education*. Harvard Education Press
- Grossman, P., Compton, C., Igra, D., Ronfeldt, M., Shahan, E., y Williamson, P. W. (2009). Teaching practice: A cross-professional perspective. *Teachers College Record*, 111(9), 2055-2100. DOI: <https://doi.org/10.1177/016146810911100905>
- Harlen, W. (2010). Principles and big ideas of science education. In *Association for Science Education*
- Jiménez-Liso, M. R. (2020). Aprender ciencia escolar implica aprender a buscar pruebas para construir conocimiento (indagación). *Enseñando ciencia con ciencia*, 53-62
- Jiménez-Liso, M. R., Delgado, L., Castillo-Hernández, F. J., y Baños, I. (2021). Contexto, indagación y modelización para movilizar explicaciones del alumnado de secundaria. *Enseñanza de las Ciencias. Revista de investigación y experiencias didácticas*, 39(1), 5-25. DOI: <https://doi.org/10.5565/rev/ensciencias.3032>
- Kennedy, M. M. (1999). The role of preservice teacher education. *Teaching as the Learning Profession: Handbook of Teaching and Policy*
- Kirillov, A. V., Tanatova, D. K., Vinichenko, M. V., y Makushkin, S. A. (2015). Theory and practice of time-management in education. *Asian Social Science*, 11(19), 193- 204. DOI: <https://doi.org/10.5539/ass.v11n19p193>
- Korthagen, F. A. J. (2007). The gap between research and practice revisited. *Educational Research and Evaluation*, 13(3), 303–310. DOI: <https://doi.org/10.1080/13803610701640235>
- Lehesvuori, S., y Ametller, J. (2021). Exploring coherence and authorship in pedagogical link-making in science. *International Journal of Science Education*, 43(17). DOI: <https://doi.org/10.1080/09500693.2021.1991599>
- Lopes Cardozo, T. A. (2023). Walking the talk: autoethnographic reflections on co- creating regenerative education within international development studies. *Third World Quarterly*, 44(7), 1625-1642. DOI: <https://doi.org/10.1080/01436597.2023.2197206>
- López-Banet, L., Perales, F. J., y Jiménez-Liso, M. R. (2021). STEAM views from a need: the case of the chewing gum and pH sensopill (Miradas STEAM desde la necesidad: el caso de la sensopíldora chicles y pH). *Infancia y Aprendizaje*, 44(4), 909-941. DOI: <https://doi.org/10.1080/02103702.2021.1927505>
- Luzón Quintana, L. M. (2024). *Mejora de mis prácticas clave de enseñanza a través de la implementación y evaluación de sensopíldoras en educación secundaria* (Trabajo de Fin de Máster). Universidad de Almería
- Manzano Sánchez, L. (2024). *Docentes de secundaria en formación inicial y sus prácticas clave de búsqueda de pruebas al implementar secuencias de enseñanza basadas en indagación* (Trabajo de Fin de Máster). Universidad de Almería.
- Marcos García, J. A. (2012). *Análisis de interacciones para la detección dinámica y el soporte de roles participativos en entornos CSCL aplicando técnicas basadas en SNA* [Tesis doctoral, Universidad de Valladolid]. UVaDOC. Recuperado de: <http://uvadoc.uva.es/handle/10324/965>

- Martínez-Chico, M., López-Gay Lucio-Villegas, R., Jiménez-Liso, M. R., y Acher, A. (2013). Demandas de maestros en activo y materiales curriculares para la enseñanza de las ciencias. *Revista de Investigación en la Escuela*, 80, 35-48.
- Martínez-Chico, M., Jiménez-Liso, M. R., López-Gay, R., y Romero, M. (2018). Inquiry and modeling in pre-service teacher training to improve scientific, epistemic, pedagogical knowledge, and emotional self-regulation. In O. Finlayson, E. McLoughlin, S. Erduran, y P. Childs (Eds.), *Research, Practice and Collaboration in Science Education (Proceedings of ESERA 2017)* (pp. 1763–1772). Dublin City University. Recuperado de: [https://www.dropbox.com/scl/fi/9cqt7rdmly75mm9tp3s15/Part\\_13\\_eBook.pdf?rlkey=nfe007g37bobzho8ecy3r4th&e=1&dl=0](https://www.dropbox.com/scl/fi/9cqt7rdmly75mm9tp3s15/Part_13_eBook.pdf?rlkey=nfe007g37bobzho8ecy3r4th&e=1&dl=0)
- Matsumoto-Royo, K., y Ramírez-Montoya, M. S. (2021). Core practices in practice-based teacher education: A systematic literature review of its teaching and assessment process. In *Studies in Educational Evaluation*, 70, 101065. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.stueduc.2021.101047>
- Mortimer, E. F., y Scott, P. H. (2003). *Meaning making in secondary science classrooms*. Open University Press.
- Müller Araya, M., y García Matte, M. de los Á. (Eds.). (2017). *Manual sistema de prácticas*. Pontificia Universidad Católica de Chile.
- Olaz Capitán, Á. (2023). Observación participante: el invisible arte de investigar. *Ediciones Díaz de Santos*.
- Osborne, J., y Dillon, J. (2008). Science education in Europe: Critical reflections. *Nuffield Foundation, January*.
- Phillips, L. M., y Norris, S. P. (2009). Bridging the gap between the language of science and the language of school science through the use of adapted primary literature. *Research in Science Education*, 39, 313-319. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11165-008-9111-z>
- Plomp, T. (2010). Introduction to Educational Design Research: An Introduction. *Educational Design Research*. Proceedings of the seminar conducted at the East China Normal University, Shanghai (PR China), November 23-26, 2007
- Rivero, A., y Jiménez-Liso, M. R. (2021). Prácticas clave en la formación de docentes de ciencias. Aproximaciones para un debate necesario. *XI Congreso Internacional Sobre Investigaciones En Didáctica de Las Ciencias*.
- Sánchez Pascual, N. (2024). *Mejora de prácticas clave de enseñanza de las ciencias en secundaria. Focalización en la expresión de ideas y su organización para la puesta en común* (Trabajo de Fin de Máster). Universidad de Almería.
- Schaffalitzky, C. (2024). Dialogic teaching. En S. Klausen y M. Mard (Eds.), *Developing a didactic framework across and beyond school subjects* (pp. 61-73). Routledge. DOI: <https://doi.org/10.4324/9781003367260-8>
- Scott, P. H., Mortimer, E. F., y Aguiar, O. G. (2006). The tension between authoritative and dialogic discourse: A fundamental characteristic of meaning making interactions in high school. *Science Education*, 90(4), 605-631. <https://doi.org/10.1002/sce.20131>
- Tang, K. S. (2022). Material inquiry and transformation as prerequisite processes of scientific argumentation: Toward a social-material theory of argumentation. *Journal of Research in Science Teaching*, 59(6), 969-1009. Recuperado de: <https://doi.org/10.1002/tea.21749>

- Walker, R. (1983). La realización de estudios de casos en educación: Ética, teoría y procedimientos. En *Nuevas reflexiones sobre la investigación educativa* (pp. 42-82). Narcea.
- Windschitl, M. (2003). Inquiry Projects in Science Teacher Education: What Can Investigative Experiences Reveal about Teacher Thinking and Eventual Classroom Practice? *Science Education*, 87(1), 112-143. DOI: <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. DOI: <https://doi.org/10.1002/sce.20259>
- Windschitl, M., Thompson, J., y Braaten, M. (2018). *Ambitious Science Teaching*. Harvard Education Press.
- Zemba-Saul, C. (2017). *Minding the Research–Practice Gap: Promising Approaches for Continuous Innovation in Science Teacher Education*.