



Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de
las Ciencias
ISSN: 1697-011X
revista.eureka@uca.es
Universidad de Cádiz
España

Aprender a formular preguntas investigables en la formación inicial del profesorado de educación primaria

Aguada Berteá, María Rosa; Pipitone Vela, Carolina; Marbà Tallada, Anna

Aprender a formular preguntas investigables en la formación inicial del profesorado de educación primaria

Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias, vol. 20, núm. 2, 2023

Universidad de Cádiz, España

Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=92073956006>

DOI: https://doi.org/10.25267/Rev_Eureka_ensen_divulg_cienc.2023.v20.i2.2601

Aprender a formular preguntas investigables en la formación inicial del profesorado de educación primaria

Learning to formulate researchable questions in pre-service teacher education

María Rosa Aguada Berteza
Departament de Didàctica de la Matemàtica i de les
Ciències Experimentals, Universitat Autònoma de
Barcelona, España
mariarosaguada@gmail.com

 <https://orcid.org/0000-0001-7906-9438>

Carolina Pipitone Vela
Departament d'educació lingüística i literària i de didàctica
de les ciències experimentals i de la matemàtica, Universitat
de Barcelona, España
cpipitone@ub.edu

 <https://orcid.org/0000-0002-4008-8727>

Anna Marbà Tallada
Departament de Didàctica de la Matemàtica i de les
Ciències Experimentals, Universitat Autònoma de
Barcelona, España
anna.marba@uab.cat

 <https://orcid.org/0000-0002-8780-2422>

DOI: <https://doi.org/10.25267/>

Rev_Eureka_ensen_divulg_cienc.2023.v20.i2.2601

Redalyc: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=92073956006>

Recepción: 08 Abril 2022

Revisado: 21 Abril 2022

Aprobación: 01 Septiembre 2022

RESUMEN:

Se presenta un estudio sobre la habilidad para formular preguntas investigables (PI) del profesorado en formación inicial (PFI) de educación primaria. El trabajo se realizó con 57 PFI de una asignatura de didáctica de las ciencias impartida durante el segundo año del Grado de Maestro en Educación Primaria. Para ello se realizó un cuestionario con 4 iteraciones y se realizaron dos sesiones de grupos de discusión. Los datos se analizaron en el marco de una metodología cualitativa dentro de un enfoque interpretativo y los resultados muestran que las preguntas formuladas por el PFI han incrementado su complejidad a lo largo de las diferentes sesiones, aunque estas evidencian una desconexión con las ideas clave del modelo científico escolar. Así, la habilidad de formular PI es influenciada por el dominio del contenido, así como la discusión explícita y reflexión sobre qué es una PI y cómo se formulan.

PALABRAS CLAVE: Formación inicial del profesorado, educación primaria, indagación, preguntas investigables.

ABSTRACT:

A study on the ability to formulate researchable questions (RQ) of pre-service teachers (PST) for primary education is presented. The work was carried out with 57 PST of a science didactics subject taught during the second year of study. For this, a questionnaire with 4 iterations was carried out and two discussion group sessions were held. The data were analyzed within the framework of a qualitative methodology within an interpretive approach and the results showed that the questions formulated by the PST increased in complexity throughout the different sessions, although these showed a disconnection with the key ideas of the model. Thus, the ability to formulate RQs is influenced by content mastery and explicit discussion and reflection on what IPs are and how they are formulated.

KEYWORDS: Pre-service teacher, primary education, inquiry, researchable questions.

INTRODUCCIÓN

Actualmente, aunque se reconoce la necesidad de fortalecer el proceso de enseñanza-aprendizaje de las ciencias centrado en el alumnado, se observa que en educación Primaria predomina un enfoque tradicional con una visión reduccionista de las ciencias centrada en los conceptos (García-Carmona *et al.*, 2017; Martínez Chico, 2014). Cambiar este enfoque tradicional implicaría también el desarrollo de prácticas científicas en la formación inicial del profesorado. Para ello se han diseñado algunas propuestas que favorecen el desarrollo de conocimientos y habilidades, que permiten que el profesorado en formación inicial (PFI) modele las estrategias que podrán luego implementar en sus aulas (Haefner y Zembal-Saul, 2004; Jeanpierre *et al.*, 2005; Michalsky, 2012).

Entre las necesidades que se identifican en la formación inicial del profesorado para poder desarrollar prácticas científicas como la indagación, se encuentra la formulación de preguntas investigables (PI), una competencia que no es intuitiva y en la que el profesorado presenta dificultades (Cruz-Guzmán *et al.*, 2020; Domènech, 2014; Roca, 2005; Sanmartí y Márquez, 2012) por lo que deben abordarse explícitamente en la formación inicial. En este contexto, se ha investigado la evolución de la habilidad de formular preguntas investigables de un grupo de docentes en formación inicial del grado de Maestro en Educación Primaria.

MARCO TEÓRICO

Enseñanza de las ciencias basada en la indagación

Hay un amplio consenso en que es necesario involucrar al alumnado, desde edades tempranas, en prácticas científicas que promuevan el sentir, pensar, hacer y hablar de ciencias, así como también la evaluación y reflexión colaborativa sobre temáticas científicas (Harlen, 2014; Izquierdo *et al.*, 1999; Osborne y Dillon, 2008). Esto requiere que el profesorado experimente e integre estas prácticas en su formación inicial, con el fin de transferirlas a sus clases.

La enseñanza basada en indagación es un enfoque que tiene por objetivo involucrar al alumnado en los conocimientos *de* ciencias y *sobre* ciencias, incluyendo los procesos de investigación para conocer y comprender las ideas científicas, y cómo la comunidad científica estudia los fenómenos (Alake-Tuenter *et al.*, 2012). Además, supone una aproximación a la comprensión de la ciencia escolar como enculturación en las prácticas de la comunidad científica (Couso, 2014; Windschitl *et al.*, 2008). Esto se debe a que promueve la generación de situaciones de enseñanza-aprendizaje para que el alumnado pueda apropiarse de estrategias de pensamiento, planteando preguntas investigables (PI) vinculadas a conceptos científicos y partiendo de la reflexión de aquello que saben y de lo que se proponen saber (Ferrés, 2017).

La indagación ha sido interpretada de diversas maneras, lo que ha generado cierta confusión (Barrow, 2006; Romero-Ariza, 2017) evidenciada en la implementación de actividades principalmente tradicionales (Cañal de León *et al.*, 2013). Estas actividades difieren de las que promueve la enseñanza basada en indagación, debido a que se desconectan de los aportes fundamentales de la didáctica, como lo son la argumentación o la modelización (Barrow, 2006; Reyes-Cárdenas y Padilla, 2012).

Sin embargo, hay acuerdos en el valor de la indagación centrada en modelos ya que implica aprender a establecer continuas conexiones entre el fenómeno observado y los conceptos; entendiendo como modelos las representaciones que abstraen y simplifican el sistema en estudio y permiten hacer explícitas sus principales características para generar explicaciones y predicciones. El planteamiento de la indagación basada en la modelización involucra al alumnado en la construcción y evaluación de modelos científicos escolares (Izquierdo y Adúriz, 2003; Martínez Chico, 2014; Schwarz y Gwekwerere, 2007), propiciando las actividades manipulativas sin enfatizar exclusivamente los conceptos (Osborne y Dillon, 2008). Desde

una mirada más amplia de la indagación, es importante también fomentar el razonamiento y la reflexión del alumnado, así como la evaluación de las ideas alternativas y la argumentación, entendiendo la argumentación como la acción de analizar diferentes puntos de vista y tenerlos en cuenta al momento de deducir las conclusiones (Pipitone *et al.*, 2008).

La indagación en la formación inicial del profesorado

El reto de alfabetizar científicamente implica que el profesorado desarrolle y aplique el conocimiento de múltiples dominios, como el conocimiento del contenido o el conocimiento didáctico del contenido, para facilitar el aprendizaje del alumnado (Magnusson *et al.*, 1999). En este sentido, la formación inicial del profesorado de educación primaria representa un desafío para sus formadores ya que se enfrentan a limitaciones espaciotemporales vinculadas a la extensión de los planes de estudio y las horas de formación. Esta dualidad requiere la generación de estrategias eficaces que se focalicen en competencias transversales (Lammert, 2020) y que, a su vez, incluyan los contenidos científicos.

Para abordar esta dualidad existe un consenso entre el profesorado formador, en trabajar los contenidos científicos y didácticos específicos simultáneamente (Haefner y Zembal-Saul, 2004, Pipitone *et al.*, 2016). Para el PFI es importante vivenciar experiencias de aprendizaje de estas características, ya que les permite construir una visión más realista de la ciencia y del trabajo científico que a su vez, les servirán como referente en sus clases.

Así mismo, parte de este consenso incluye la enseñanza por indagación, ya que promueve la construcción de conocimiento descriptivo que facilita el proceso de modelización (Martínez-Chico *et al.*, 2020). Esto permite que el PFI se aproxime al fenómeno estudiado a través del conflicto que se produce entre las explicaciones iniciales y lo observado experimentalmente. Por tanto, el PFI estaría vivenciando una etapa inicial de construcción de conocimiento y competencias para enseñar ciencias que se irán desarrollando a lo largo de la formación (Martínez Chico, 2014).

Las preguntas investigables y el profesorado en formación inicial

Las buenas preguntas son el eje a partir del cual se genera el conocimiento científico, y por ello también son importantes para la enseñanza-aprendizaje de las ciencias (Chin y Osborne, 2008; Sanmartí y Márquez, 2012). La enseñanza basada en indagación supone promover el planteamiento de buenas preguntas investigables (PI) en las que los contenidos son instrumentalizados, es decir, son utilizados para definir las preguntas, promover el planteo de hipótesis u orientar las investigaciones (Ben-David y Zohar, 2009; Ferrés, 2017; Möller y Mayer, 2010; Windschitl, 2003). Para el profesorado de educación primaria, la formulación de PI representa un desafío ya que a menudo carecen de experiencia en prácticas de indagación (Van Uum *et al.*, 2016).

Una PI hace referencia a la relación entre diferentes factores o fenómenos sobre los que se pretende investigar, recogiendo datos y analizándolos (Ferrés, 2017). Es por ello por lo que la comprensión conceptual de los fenómenos analizados está estrechamente vinculada con el desarrollo de la capacidad de formular PI, y que la identificación de variables es un punto de partida eficaz para formularlas (Cruz-Guzmán *et al.*, 2020, Sanmartí y Márquez, 2012; Furman *et al.*, 2013; Zion *et al.*, 2007).

Coincidiendo con García y Furman (2014), una pregunta es investigable cuando promueve la realización de una observación, una medición o una investigación. La valoración exclusiva de la experimentación puede representar un obstáculo epistemológico para la ciencia escolar debido a que pueden obviarse las ideas clave del modelo científico escolar y las relaciones entre ellas (Bachelard, 1993). Esto constituye un reto a superar por la enseñanza basada en indagación ya que es preciso analizar la imagen de ciencia que queremos transmitir,

y evitar construir una imagen positivista de esta (Couso, 2014; Romero-Ariza, 2017; Viennot, 2011). Sin embargo, en el contexto en el que el PFI se aproxima a las prácticas de indagación, y a la formulación de PI, la experimentación puede significar un avance respecto a la identificación de variables y a un primer estadio en el proceso de desarrollo de esta competencia.

García y Furman (2014) establecen tres categorías para clasificar las preguntas propuestas por el alumnado de primaria en un contexto de indagación: las preguntas orientadas a obtener un dato o un concepto (PDC); las preguntas que cuestionan las causas explicativas (PC); y las investigables (PI), que invitan a realizar una observación, una medición o una investigación (Tabla 1).

Si bien estas categorías son propuestas para el alumnado de primaria, son pertinentes también para ser abordadas con el PFI de educación primaria con el objetivo de identificar la complejidad de los distintos tipos de preguntas que pueden plantearse en el aula, e iniciarse en las prácticas de indagación.

TABLA 1
Clasificación de preguntas propuesta por García y Furman 2014 con ejemplos del PFI de la muestra

Categorías	Código	Definición	Ejemplos
Preguntas orientadas a obtener un dato o concepto	PDC	Preguntas que demandan información sobre un fenómeno, proceso o concepto concreto	¿A qué temperatura hierve el agua? ¿Qué es una disolución?
Preguntas que plantean la relación causa efecto	PC	Preguntas que cuestionan acerca del por qué o causa de un hecho o fenómeno	¿Por qué se forman burbujas si revolvemos la mezcla de alcohol y agua? ¿Por qué aumenta la temperatura cuando mezclamos agua con alcohol?
Preguntas investigables	PI	Preguntas que promueven la realización de una observación, una medición o la investigación. Deseables para iniciar una indagación	¿Qué pasaría si además de mezclar agua y alcohol le agregamos aceite? Cuando se mezclan los productos ¿la cantidad de líquido aumentará, quedará igual o disminuirá?

En trabajos recientes de Cruz-Guzmán *et al.* (2017, 2020) con PFI en indagación, se presenta el desarrollo de una formación específica en PI. Los resultados muestran la efectividad de la formación ya que el PFI plantea preguntas más complejas, aunque estas no siempre conducen a la indagación. Por otra parte, la calidad de las preguntas varía con las temáticas sobre las cuales se formulan.

Un aspecto a considerar en las prácticas de indagación, especialmente en la formación inicial del profesorado, es identificar de qué manera las preguntas que se plantean facilitan o promueven los procesos de construcción de las ideas clave de los modelos científico-escolares. Estas preguntas pueden ejercer de mediadoras al promover una dinámica de regulación y estimulación del proceso de modelización, es decir, la búsqueda de su respuesta puede estimular y ayudar a replantear las observaciones realizadas, a diseñar nuevos experimentos o iniciar una nueva búsqueda de información (Márquez *et al.*, 2004). Por lo tanto, se justifica la necesidad de que el PFI reconozca las ideas clave como un objetivo didáctico a partir del cual formular preguntas.

Desde esta perspectiva, esta investigación se propone abordar los siguientes objetivos:

1. Caracterizar y clasificar las preguntas formuladas por el PFI, e identificar la progresión de estas en el contexto de la asignatura Didáctica de la Materia, la Energía y la Interacción.
2. Identificar e interpretar los principales aspectos que considera el PFI para formular preguntas investigables y el proceso que propone para enseñar a formularlas.

METODOLOGÍA

Esta investigación cualitativa se sitúa dentro del paradigma interpretativo ya que pretende comprender la realidad educativa a partir de las personas implicadas en el contexto, identificando los diferentes factores que intervienen en el fenómeno de estudio (Arnal *et al.*, 1992).

Participantes

Este estudio se realizó en una universidad pública catalana con 57 estudiantes del Grado de Maestro en Educación Primaria, matriculados en la asignatura obligatoria de didáctica de la materia, la energía y la interacción, impartida durante un semestre en el segundo curso del período 2018-2019. La mayoría de las participantes eran mujeres (68,7%), con edades comprendidas entre 19 y 25 años (93%). El grupo de participantes se organizó en dos subgrupos y es una muestra por conveniencia ($n=57$) ya que pertenecían al grupo en el que impartía clases la segunda autora.

Se invitó al PFI a formar parte de la investigación durante la primera semana de clase en la que se explicó brevemente el propósito del estudio y se les garantizó la participación anónima y voluntaria, teniendo la libertad de retirarse en cualquier momento. Posteriormente, completaron formularios brindando su consentimiento para participar.

El perfil del PFI participante se caracteriza predominantemente por una formación previa en ciencias sociales (69,77%) siendo la última asignatura de ciencias realizada durante la educación secundaria obligatoria (ESO) (59,30%). Estos valores son representativos de la población típica del alumnado del grado de educación primaria matriculados en esta universidad.

En general, se observa una actitud poco favorable hacia la ciencia, esto implica un PFI con una vocación docente muy asimilada pero que posee una baja percepción de su capacidad para impartir contenidos de ciencias dado que no dominan el contenido (Pipitone y García-Lladó, 2020). Esto puede deberse a que, como se ha mencionado, una parte importante del PFI ha estudiado ciencias por última vez durante su recorrido por la ESO (Criado *et al.*, 2014; Cruz-Guzmán *et al.* 2017).

Contexto de la investigación

El grado en Maestro en Educación Primaria consta de dos asignaturas obligatorias científico-experimentales, ambas en el segundo curso, de los cuatro que constituyen la carrera. Una de ellas es la que aborda contenidos de Física y Química y su didáctica, que se corresponden con el currículo oficial de primaria.

El profesorado a cargo de la asignatura plantea la enseñanza y aprendizaje de los contenidos y su didáctica, de manera simultánea, basándose en prácticas experimentales a partir de las cuales se fomentan las actividades dialógicas. Esto implica que, durante el proceso, se construyen los significados científicos y didácticos del contenido mediante una continua interacción dialógica. Se practica la argumentación y se reflexiona sobre el contenido, sobre las características y la importancia de la construcción del conocimiento a partir del diálogo, y sobre lo que se está aprendiendo como futuros docentes (Pipitone *et al.*, 2017).

En el curso 2018-2019 se realizaron 28 sesiones presenciales de dos horas cada una, dos veces por semana, de las cuales en 21 se realizaron prácticas de indagación, mientras que siete fueron sesiones teóricas o sobre temáticas socio científicas. Las prácticas de indagación se estructuraron a partir de un problema o una situación real que requiere que el PFI elabore, fundamente y registre una predicción de manera individual a partir de su modelo explicativo inicial. Luego, en pequeños grupos realizan experiencias asociadas al fenómeno en cuestión y finalmente, analizan y discuten los datos, acuerdan los resultados obtenidos y los comparan con las predicciones iniciales.

A partir del trabajo realizado, la docente orienta la discusión hasta que el grupo de clase consensúa una explicación del fenómeno y se vinculan con las ideas claves del modelo científico escolar abordado. Esta estructura se corresponde con una de las propuestas de ciclo de indagación de Pedaste *et al.* (2015) que favorece procesos de metacognición y auto-regulación. Durante las diferentes sesiones se va construyendo y enriqueciendo el modelo del bloque temático abordado.

Esta investigación se llevó a cabo durante las 13 primeras sesiones con el grupo clase. En la primera sesión (S1) se presentan los objetivos y metodología de trabajo de la asignatura y en la segunda (S2) se abordan las bases de la didáctica de las ciencias experimentales. Desde la sesión tres a la sesión número doce se realizan diferentes prácticas de indagación para construir las diferentes ideas clave del modelo corpuscular de la materia.

En particular, en la sexta sesión (S6) se realiza una práctica sobre disoluciones (alcohol y agua) y en la S7 se trabaja el valor de las preguntas para el desarrollo del conocimiento científico, definiéndolas según las propuestas de Márquez y Roca (2006) y Sanmartí y Márquez (2012). Además, se presenta la clasificación propuesta por García y Furman (2014) y se propone una discusión a partir de las preguntas recogidas a través del cuestionario en sesiones anteriores, y se reflexiona sobre cómo modificar las PDC o las PC para transformarlas en PI.

En la sesión número trece (S13) se inició el bloque sobre didáctica de la energía y se llevó a cabo un debate sobre fuentes de energía renovables y energía nuclear, a partir de la visualización de dos vídeos en los que se presentaban posturas a favor del uso de energía nuclear, una propuesta diferente a la comúnmente trabajada.

Instrumentos y métodos de recogida de datos

Para abordar los dos objetivos planteados, en primera instancia se pasa un cuestionario de elaboración propia, para recoger PI formuladas por el PFI a lo largo de las diferentes sesiones. Una vez analizadas las preguntas propuestas, y finalizado el curso, se diseñan dos sesiones de discusión con el objetivo de profundizar en el proceso de formulación de PI que se realizan al finalizar el curso.

Para caracterizar y clasificar las preguntas formuladas por el PFI e identificar la progresión de estas en el contexto de la asignatura (objetivo 1), se realizó un estudio longitudinal a través de un cuestionario breve de preguntas abiertas, implementado en distintas sesiones a lo largo del curso (Figura 1) y completado en línea individualmente en las sesiones de aula.



FIGURA 1
Implementación del cuestionario a lo largo del desarrollo de la asignatura

El cuestionario (Q), además de solicitar la información de las personas participantes, propone la formulación de tres ejemplos de PI analizados para este trabajo. Las temáticas sobre las cuales se debía formular preguntas, así como el momento en el que fue respondido el cuestionario varió en cada sesión.

La primera implementación del cuestionario (Q1) se realizó al finalizar la segunda sesión (S2) en la que la docente a cargo presenta las bases de la didáctica de la asignatura. En este cuestionario se les solicitó que formularan tres preguntas investigables de interés para las ciencias experimentales, referidas a temas de su elección, esta libertad en la elección del contenido científico sobre el cual plantear PI se debió a que, hasta ese momento, no se habían trabajado contenidos científicos específicos.

Las implementaciones segunda (Q2) y tercera (Q3) del cuestionario se hicieron al inicio y final de la sesión (S7). En la Q2 se solicitó tres ejemplos de PI para el tema de disoluciones (abordado durante la S6); y, después de trabajar el papel de las preguntas para el desarrollo del conocimiento científico, se implementó la Q3 en la que, además, se reflexionaba sobre dos aspectos: 1) ¿Cómo reformularías tus preguntas iniciales? 2) Explica brevemente a qué se deben los cambios. La cuarta y última iteración (Q4) se realizó al finalizar la 13ª sesión, donde el PFI tenía que formular tres PI relacionadas con los contenidos abordados durante el debate.

Así, los cuatro momentos de recogida de datos se justifican de la siguiente manera: Q1 se plantea con la finalidad de saber cómo formulan PI antes de recibir la formación, Q2 se propone después de realizar la práctica de indagación sobre disoluciones, sin haber hecho formación en PI. La Q3 se pasa al finalizar una formación en preguntas investigables y, por último, la Q4 se plantea al inicio de un bloque temático nuevo.

Para poder responder al objetivo 2, que pretende interpretar el proceso que el PFI propone para enseñar a formular PI a estudiantes de educación primaria, se realizaron dos grupos de discusión (GD) con el objetivo de generar y analizar la construcción grupal de significados en torno a la propuesta. En los GD participaron de manera voluntaria seis y siete PFI en cada grupo, respectivamente, y fueron organizados por la afinidad observada durante las dinámicas de aula, garantizándose la paridad de género. Estas sesiones tuvieron una duración de una hora y media, y fueron guiadas por las autoras de este artículo. Además, fueron grabadas en audio, vídeo, transcritas y codificadas; y se realizó un registro fotográfico de las producciones.

La dinámica de la discusión en grupo se estructuró en dos fases:

Primera Fase: El PFI debía mencionar y acordar, a partir de su experiencia como estudiante de la asignatura, cuáles son los factores que ayudan a formular PI. Con el desarrollo de esta actividad se pretendió que el PFI participante hiciera explícitos los factores relevantes para interpretar la evolución del significado que otorgaron a una PI y de los ejemplos que formularon a lo largo de la asignatura.

Segunda Fase: Se propuso al PFI que identifique y reflexione sobre los pasos necesarios para enseñar, a estudiantes de primaria, a plantear PI y reconocer sus principales características. Es decir, se pretendía promover la discusión a partir de la necesidad de anticipar y planificar las operaciones involucradas para enseñar a formular PI. El PFI se situó en el rol de docentes en activo y elaboró una base de orientación colectiva (García y Sanmartí, 1998) a partir de los factores identificados y acordados durante la primera fase del GD, siguiendo la pregunta: ¿Cuál sería el camino a seguir para enseñar a formular una PI, que implica una mayor demanda cognitiva?

El GD se realiza al finalizar el curso, por lo que se solicitó al PFI reflexionar sobre el propio recorrido como estudiante a lo largo de la asignatura, siendo así una investigación de naturaleza *ex post facto*.

Análisis de datos

Para abordar el objetivo 1 y analizar la tipología de preguntas obtenidas a través de las cuatro iteraciones del cuestionario, se combinaron procesos de categorización individual y triangulación entre las autoras. La primera autora propuso una primera categorización de las preguntas formuladas por el PFI que fue revisada de manera iterativa por el equipo de investigación, hasta llegar a la categorización definitiva con un acuerdo

del 90% en la mayoría de los casos. En los pocos casos de discrepancia (10%), se discutió la categorización de las preguntas hasta llegar al consenso pleno.

Inicialmente se categorizaron las preguntas según si se refieren (o no) a fenómenos de interés para las ciencias experimentales. Se consideraron como preguntas de interés aquellas que cuestionan fenómenos científicos en un sentido amplio, es decir, las que pueden ser respondidas desde el cuerpo de conocimientos y metodologías de las ciencias experimentales. Un ejemplo de pregunta de interés para las ciencias experimentales es:

«¿Qué ocurre si mezclan agua y aceite?».

Por otro lado, se consideró que no es de interés para las ciencias experimentales, una pregunta como:

«¿Qué porcentaje de la sociedad está en riesgo de exclusión?».

Las preguntas de interés para las ciencias experimentales fueron subcategorizadas en preguntas investigables (PI), causales (PC), o de información (PDC), como se propone en la tabla 1, siguiendo la propuesta de García y Furman (2014).

Un ejemplo de pregunta que generó discrepancia en su categorización fue:

«¿Podríamos sobrevivir ingiriendo sólo una dieta de productos vegetales?».

Se acordó que es una PDC debido a que es una pregunta genérica cuya respuesta ya está resuelta por la comunidad científica y que no requiere de una investigación factible de ser abordada en el aula de ciencias.

Se analizan las producciones a nivel de grupo, es decir, cuantificando el porcentaje de cada tipo de preguntas que aparecen en las iteraciones del cuestionario.

Para analizar los grupos de discusión (objetivo 2), según los factores que el PFI considera fundamentales para formular PI emergen las categorías de análisis presentadas en la tabla 2, y que fueron trianguladas por las autoras.

TABLA 2
Categorías emergentes del análisis de los factores que valorados por el PFI para formular PI

Categoría	Aspectos vinculados	
Respecto a quién formula	Dimensión afectiva	Motivación por aprender
		Curiosidad
		Experimentar con el fenómeno
	Dimensión cognitiva	Considerar al error como una oportunidad para nuevas observaciones
		Conocer o dominar el tema
		Explicitar los conocimientos previos
Respecto a la pregunta	Características	Conocer qué es una pregunta investigable y sus características, diferenciarlas de las otras y formularlas
		Que sea abierta
		Que no tenga una respuesta simple
	Objetivos	Es contextualizada
		Invita a observar, experimentar y reflexionar
		Busca ir más allá de lo evidente
Respecto al fenómeno	Responde a un objetivo, a dónde queremos llegar	
	Permita lograr posibles explicaciones de un fenómeno	
	Que implique un fenómeno cercano, familiar o conocido	
	Que permita contrastar las expectativas y la realidad	
	Que invite a formular nuevas preguntas	
	Que propicie la reflexión	

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Tipología de preguntas planteadas

Del total de preguntas formuladas por el PFI, el porcentaje de preguntas categorizadas como de interés para las ciencias experimentales fue variando a lo largo de las implementaciones del cuestionario. Se observó que en la Q1 el 86% de las preguntas correspondieron a temáticas de interés para las ciencias experimentales, en la Q2, el 99%; en la Q3, el 100% y en la Q4 el 90%. Esto implica que, a lo largo de las diferentes sesiones, el porcentaje de preguntas de interés para las ciencias se incrementa, mientras que en la Q4 este tipo de preguntas disminuye en un 10%, debido a que surgen preguntas como:

«¿Cuál es el coste social de las centrales eléctricas?», «¿Qué crees que pasaría si la gente se pusiera a hablar y a reflexionar sobre las fuentes de energía nuclear?».

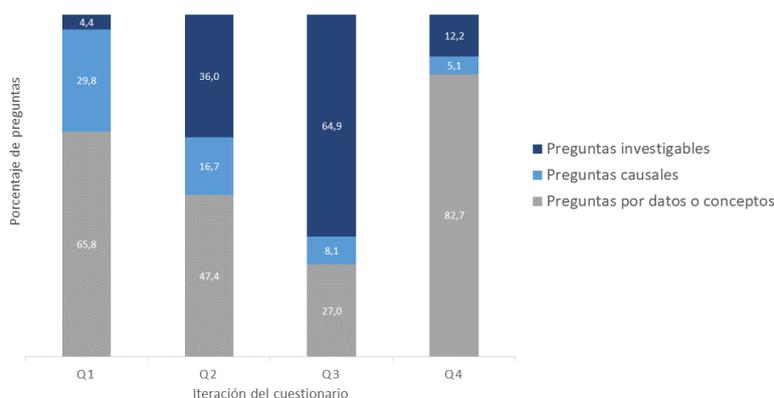


FIGURA 2
Porcentaje de PDC PC y PI para cada iteración del cuestionario

En la Figura 2 se presenta el porcentaje de cada categoría de preguntas (*Preguntas Investigables*, *Preguntas orientadas a obtener un dato o concepto*, *Preguntas que plantean la relación causa efecto*) obtenido al subcategorizar aquellas de interés para las ciencias experimentales en cada iteración del cuestionario. Así, puede observarse como en la Q1, la mayoría de las preguntas se orientaron a obtener un dato o concepto (65,8%), y solamente 4,4% fueron preguntas investigables. La proporción cambia en la Q2, ya que las investigables aumentan considerablemente (Figura 2). Esta tendencia se mantiene también en la Q3 ya que, del total de preguntas, el 64,9% corresponde a preguntas investigables, el 27% son de información (PDC) y 8,1% causales. Entre los aspectos que el PFI menciona como causa de la reformulación de las preguntas iniciales (como respuesta a la segunda pregunta de la Q3), destacan el conocer la clasificación y caracterización de las preguntas, y al proceso de trabajo realizado como estudiantes en las sesiones de clase.

En cambio, en la Q4 vuelven a incrementarse las preguntas de información (82,7%) y a disminuir las investigables (12,2%), mientras que las causales no muestran cambios considerables (5,1%).

Coincidiendo con los resultados obtenidos por García y Furman (2014), en general, el tipo de PI que formuló el PFI se centraron en experimentaciones o exploraciones simples para conocer el efecto de la modificación de alguna variable sobre el objeto de estudio. Entre los ejemplos, se mencionan:

Est 7: «Cuando se junten los productos, ¿la cantidad de líquido aumentará, permanecerá igual o disminuirá?»

Est 15: «¿Qué pasa si mezclas agua con alcohol, pero poniendo más alcohol que agua?»

El incremento de las PI en la segunda implementación del cuestionario (Q2) se da luego de la realización de prácticas de indagación como la realizada durante la S6 sobre disoluciones. Como se ha observado en otras investigaciones (Pipitone *et al.*, 2017), esta sesión podría suponer un punto de inflexión en el desarrollo de competencias de indagación, y en particular, en la competencia de formulación de PI. La S6 contribuye a acercar al PFI al fenómeno y a comprender conceptualmente las disoluciones, por lo que se afianza el dominio que poseen del contenido; aspecto que se considera fundamental para la formulación de PI, tal como plantean Sanmartí y Márquez (2012). En este sentido, el incremento de PI se podría relacionar con la metodología de trabajo propuesta en la asignatura, en la que se favorece la confrontación entre las predicciones del alumnado (expectativas) con lo observado (realidad). La resolución de este conflicto cognitivo genera nuevas preguntas que se asocian a la necesidad de modificar ciertas variables identificadas por el PFI.

La mejora en el porcentaje de PI de la Q3, revelarían que, además del dominio del contenido, también es importante reflexionar sobre el proceso de formulación preguntas (Ferrés, 2017). Esto es coherente con

la propuesta de Osborne (2014) dado que una práctica científica implica tanto el dominio del contenido como de los procesos. Con este mismo marco, el dominio de las PDC en la Q4, puede explicarse debido a que, si bien no es desconocida para el PFI la discusión sobre fuentes de energías renovables y no renovables como la nuclear, al no ser abordada desde una perspectiva familiar (los vídeos presentados hablan a favor del uso de energía nuclear como fuente de abastecimiento), parece lógico que emerjan preguntas que sean más descriptivas y no las investigables. Esto indicaría que la habilidad de formular PI está intrínsecamente relacionada con el contenido científico involucrado, tal como concluyeron Cruz-Guzmán, *et al.* (2020). Estos resultados irían en la línea de lo que estos autores concluyen respecto a la temática sobre la cual se plantean las preguntas y la facilidad que percibe el PFI para experimentar, identificar y controlar variables.

Es probable que el planteamiento de la naturaleza del modelo de energía, sin unas entidades tan sistémicas y delimitadas como las del modelo corpuscular, limite al PFI a hacer un mayor número de preguntas de información. Como también la propia limitación de la temática para plantear actividades experimentales manipulativas.

Es importante destacar también el valor de la clasificación propuesta por García y Furman (2014) debido a que, si bien la proponen para el alumnado de primaria, se adaptan al perfil de PFI con un escaso dominio del contenido didáctico y científico, y a un contexto con las limitaciones temporales detalladas. Por ello, sería pertinente que el PFI domine esta categorización como competencia elemental que se debería ir complejizando.

Proceso de enseñanza-aprendizaje del planteo de preguntas investigables

Con relación al objetivo 2 y para analizar la primera fase del GD, se categorizaron los factores valorados por el PFI a la hora de formular PI y se estableció el sistema de categorías emergentes presentado en la tabla 2.

Al describir un contexto propicio para formular preguntas investigables, el PFI menciona factores que pueden agruparse en tres categorías principales. En la primera, «Respecto a quién formula», valoran la importancia de la motivación y curiosidad por conocer un fenómeno que sea cercano. Además, consideran que la despenalización del error puede propiciar la formulación de más preguntas. Por otra parte, para la persona que formula la pregunta es importante poder explicitar las ideas previas a cerca de un contenido, para luego ser confrontadas con las nuevas observaciones.

En relación con la segunda categoría, «Respecto a las preguntas», el PFI reconoce que es crucial para formular PI poder diferenciarlas de otro tipo de preguntas, conociendo sus características y objetivos. Finalmente, en la tercera categoría, «Respecto al fenómeno», el PFI destaca que sea cercano, familiar o conocido y que invite a formular nuevas preguntas, entre otros aspectos.

Llama la atención que el PFI no discuta sobre el valor de las variables en esta primera fase del GD, aunque se lo presenta explícitamente en la sesión sobre las bases de la didáctica e implícitamente durante todas las prácticas de indagación. Esto puede traducirse en que no las identifiquen como un factor relevante a la hora de formular preguntas, aunque sí lo discutan durante la segunda fase de la actividad, como se observa, por ejemplo, en el GD 1:

Est 4: «el ver los fenómenos que iban sucediendo a lo largo de la práctica, todo lo que iba pasando, se te iban creando unos porqué de todo»

Est 3: «ver todas las variables que hay»

Est 4: «(continúa) entonces empezabas a relacionar decir porque pasa esto, entonces, tenías en cuenta factores que al inicio no los tenías, como la temperatura, el peso[...]»

Est 3: «y te pones a pensar, y si añado esta variable, ¿qué puede pasar?»

Al analizar las producciones elaboradas en la segunda fase del GD, en la que el PFI discutió y acordó los pasos que se deben realizar para enseñar a plantear PI al alumnado de Primaria se observó que, si bien el PFI participante de los GD comparte el perfil académico de formación previa y asistieron a las mismas clases, las propuestas son diferentes (Figura 3 y 4).

La propuesta de trabajo del GD1 (Figura 3) plantea la enseñanza de formulación de PI a partir de una secuencia de pasos o receta. Esta progresión se inicia con la presentación y clasificación de las PI, además plantean la necesidad de identificar y establecer los objetivos que se pretenden abordar y el dominio del contenido. Se observa que la propuesta pone especial énfasis en la experimentación, con el objetivo de confrontar las predicciones que plantean con la observación, sin embargo, se identifica una ausencia de reflexión y consideración sobre cómo estas se relacionan con el modelo científico escolar.

Además, la propuesta del GD1 podría ser entendida como un estadio inicial, en el que se incorpora de manera lineal la estructura de las prácticas desarrolladas en clases, pero enfatizando el valor de la experimentación y descuidando el modelo científico escolar:

Est 3: [...] «la manera de pensar, la manera en que tú tienes unas evidencias en la cabeza que luego se te cambian, los conocimientos previos cambian, entonces, aprendes. A partir del aprendizaje, pues, puedes formular nuevas preguntas»



FIGURA 3
Esquema propuesto por el GD1

Destaca la importancia que le otorgan a las etapas previas a la experimentación, como lo son la predicción y planificación de los objetivos y las herramientas necesarias para llevar a cabo la experimentación, ya sea el dominio del contenido científico como de la descripción de una PI. Además, se observa que no se refieren al desarrollo de explicaciones más complejas vinculadas a las ideas clave del modelo ni se identifica el valor de las preguntas como mediadoras en la construcción de estas.



FIGURA 4
Esquema propuesto por el GD2

En el esquema del GD2 (Figura 4), consideran que para aprender a plantear PI debe generarse inicialmente un contexto y ciertas condiciones que despierten curiosidad y motivación en el alumnado. Por otro lado, sostienen que la confrontación entre las predicciones y lo observado durante la experimentación tiene como consecuencia la necesidad de una nueva aproximación al contenido científico y la formulación de nuevas PI.

Consideran que, las preguntas que surgen promueven una nueva reflexión sobre el fenómeno. Al igual que en el GD1, se observa que, al menos de manera explícita, no hacen referencia al modelo como contenido a desarrollar.

Est 13: [...] «pero también puedes empezar al revés. Yo me imagino, por ejemplo, a partir de una PI llegar a las de información [...], por ejemplo, que cuando estábamos haciendo lo de las disoluciones, tú a partir de una pregunta investigable puedes llegar a la conclusión de si el volumen cambia o no, la masa no, y después llegar a la teoría, a partir de la práctica, también»

La propuesta del GD2 podría interpretarse como un estadio más avanzado ya que pone en evidencia un incremento de la complejidad al valorar el proceso de enseñar a formular PI como un ciclo. Además, otorgan valor a la reflexión como una «pausa activa» para vincular aquello que sabían, con lo que han observado, además de lo que han construido en grupo y a partir de esta pausa reflexiva avanzar y reestructurar sus conocimientos.

De ambos diagramas subyace la necesidad de profundizar en las explicaciones propuestas durante las sesiones experimentales, para lograr vincular explícitamente lo observado con las ideas clave. Otro aspecto, no menos importante, es que no incorporan en los diagramas la importancia de la discusión entre pares, que sí es valorada a lo largo de las prácticas dialógicas de la asignatura y que, de acuerdo con otras autoras, es crucial a la hora de formular PI (Joglar y Rojas, 2019; Cruz-Guzmán *et al.*, 2020).

Por otra parte, y aunque no es objeto de esta investigación, en los dos diagramas se evidencia un esfuerzo del PFI por transponer a las propuestas para enseñar a formular PI, la metodología basada en el ciclo de aprendizaje con la que se han familiarizado en la asignatura. Esto podría considerarse como una primera aproximación a movilizar las prácticas promovidas por la docente de la asignatura hacia nuevas propuestas (Hammer *et al.*, 2012).

CONCLUSIÓN

En relación con el primer objetivo, que planteaba caracterizar y clasificar las preguntas formuladas por el PFI, se observa de manera general que han incrementado su complejidad y calidad a lo largo de las sesiones. Así, hemos podido constatar que, a lo largo de las sesiones de un mismo bloque de contenido, en las que se

realizan prácticas de indagación modelizadoras, se incrementan las PI. Parece que el dominio del contenido, la discusión explícita y la reflexión sobre qué es y cómo se formula una PI condicionan el tipo de preguntas planteadas. Estos resultados abren una línea a seguir para investigar sobre cómo incidir en el alcance y las limitaciones de estas variables.

La relación entre el contenido científico y la formulación de preguntas investigables presenta grandes desafíos: ¿es solo el dominio del contenido lo que condiciona esta competencia? ¿cómo la propia naturaleza del modelo científico influye en esta habilidad? Nuestros resultados muestran que cuando se trabaja con un modelo sistémico, con entidades definidas y con propiedades que se identifican fácilmente el PFI puede formular preguntas de mayor complejidad. En cambio, al trabajar con un modelo no sistémico como el modelo de energía la identificación de las entidades presenta mayor dificultad, por lo que surge la necesidad de formular básicamente preguntas de información. Cabría continuar la investigación para ver si al finalizar este bloque de contenido, la habilidad para formular PI ha mejorado.

A pesar de la mejora observada, se constata que las PI propuestas presentan una desconexión con las ideas clave del modelo científico escolar, es decir, no hacen referencia a la búsqueda de evidencias de las diferentes ideas clave. Por tanto, no aluden a las propiedades y características de las entidades del modelo, si no que se refieren a experimentaciones simples en las que se consideran las variables identificadas. Esto puede deberse a un problema de lenguaje (al formular las preguntas, preguntan sobre fenómenos del mundo, no sobre el modelo) o a un problema epistémico (desconexión de los fenómenos con el modelo).

Respecto al segundo objetivo, que planteaba identificar e interpretar los principales factores que considera el PFI para formular PI, vemos que se señalan los aspectos básicos recogidos en la literatura; pero sorprende que no hagan referencia explícita al contenido científico. Parece que no son conscientes de la importancia del propio contenido científico, la diferencia entre ideas clave del modelo científico escolar e información, del discriminar variables, etc. para la formulación de PI. Al analizar las propuestas de los GD, se constata que han podido transferir la metodología usada en aula. Por ejemplo, al incluir la confrontación ente las expectativas (predicciones) y la observación; la importancia de las ideas previas y de la experimentación, como elementos claves que les permite definir teóricamente el proceso que seguirán en el aula. Es decir, las propuestas metodológicas utilizadas en el aula sí que son percibidas y transferidas a su práctica docente (o su proyecto de práctica) pero en cambio, la modelización, no. Esta observación ha representado una limitación del propio estudio ya que no se hizo hincapié explícitamente en la importancia de la modelización en procesos de indagación escolar. Esto abre nuevas líneas de investigación para saber si es debido a la actividad docente o a la propia naturaleza de la práctica científica.

La formación de los futuros docentes en formular preguntas investigables es un doble reto que tenemos como formadoras. Hemos de conseguir que desarrollen esta habilidad y, a su vez, adquieran las herramientas didácticas necesarias para promoverla en su alumnado de primaria. El profesorado que sepa plantearse PI será, con mayor probabilidad, un buen generador y promotor de preguntas para la enseñanza basada en indagación.

AGRADECIMIENTOS

Esta investigación ha sido financiada por el Ministerio de Ciencia, Innovación y Universidades (PGC2018-096581-B-C21) y llevada a cabo dentro del grupo de investigación ACELEC (2017SGR1399).

REFERENCIAS

- Alake-Tuenter, E., Biemans, H., Tobi, H., Wals, A., Oosterheert, I. y Mulder, M. (2012). Inquiry-based science education competencies of primary school teachers: A literature study and critical review of the American National Science Education Standards. *International Journal of Science Education*, 34(17), 2609–2640.
- Arnal, J., Rincón, D. y Latorre, A. (1992). *Investigación educativa: fundamentos y metodología*. Labor.

- Bachelard, G. (1993). *La formación del espíritu científico*. Siglo XXI.
- Barrow, L. (2006). A brief history of inquiry: From Dewey to standards. *Journal of Science Teacher Education*, 17(3), 265-278.
- Ben - David, A. y Zohar, A. (2009). Contribution of Meta - strategic Knowledge to Scientific Inquiry Learning. *International Journal of Science Education*, 31(12), 1657-1682.
- Cañal de León, P., Criado García-Legaz, A., García-Carmona, A. y Muñoz Franco, G. (2013). La enseñanza relativa al medio en las aulas españolas de Educación Infantil y Primaria: concepciones didácticas y práctica docente. *Investigación en la Escuela*, 81, 21-42.
- Chin, C. y Osborne, J. (2008). Students' questions: A potential resource for teaching and learning science. *Studies in Science Education*, 44(1), 1-39.
- Couso, D. (2014). De la moda de “aprender indagando” a la indagación para modelizar: una reflexión crítica. En M. A. Héras, A. Lorca, B. Vázquez, A. Wamba, R. Jiménez. Investigación y transferencia para una educación en ciencias: Un reto emocionante (pp. 1-28). Huelva: Servicio de Publicaciones Universidad de Huelva.
- Criado García-Legaz, A., Cruz-Guzmán Alcalá, M., García Carmona, A. y Cañal de León, P. (2014). ¿Cómo mejorar la educación científica de primaria en España desde el currículo oficial? Sugerencias a partir de un análisis curricular comparativo en torno a las finalidades y contenidos de la Ciencia escolar. *Enseñanza de las Ciencias. Revista de Investigación y Experiencias Didácticas*, 32(3), 249-266.
- Cruz-Guzmán, M., García-Carmona, A. y Criado, A. (2017). An analysis of the questions proposed by elementary pre-service teachers when designing experimental activities as inquiry. *International Journal of Science Education*, 39(13), 1755-1774.
- Cruz-Guzmán, M., García-Carmona, A. y Criado, A. (2020). Proposing Questions for Scientific Inquiry and the Selection of Science Content in Initial Elementary Education Teacher Training. *Research in Science Education*, 50(5), 1689-1711.
- Domènech, J. (2014). Indagación en el aula mediante actividades manipulativas y mediadas por ordenador. *Alambique: Didáctica de las ciencias experimentales*, (76), 17-27.
- Ferrés, C. (2017). El reto de plantear preguntas científicas investigables. *Revista Eureka sobre enseñanza y divulgación de las ciencias*, 14(2), 410-426.
- Furman, M., Barreto, M. y Sanmartí, N. (2013). El proceso de aprender a plantear preguntas investigables. *Educació Química EduQ*, (14), 11-18.
- García, S. y Furman, M. (2014). Categorización de preguntas formuladas antes y después de la enseñanza por indagación. *Praxis y Saber*, 5(10), 75.
- García-Carmona, A., Criado, A. y Cruz-Guzmán, M. (2017). Primary pre-service teachers' skills in planning a guided scientific inquiry. *Research in Science Education*, 47(5), 989-1010.
- García, P. y Sanmartí, N. (1998). Las bases de orientación: un instrumento para enseñar a pensar teóricamente en biología. *Alambique: Didáctica de las ciencias experimentales*, (16), 8-20.
- Haefner, L. 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.
- Hammer, D., Goldberg, F. y Fargason, S. (2012). Responsive teaching and the beginnings of energy in a third-grade classroom. *Review of science, mathematics and ICT education*, 6(1), 51-72.
- Harlen, W. (2014). Helping children's development of inquiry skills. *Inquiry in Primary Science Education*, 1, 5-19.
- Izquierdo, M. y Adúriz-Bravo, A. (2003). Epistemological foundations of school science. *Science & Education*, 12(1), 27-43.
- Izquierdo, M., Espinet, M., García, M., Pujol, R. y Sanmartí, N. (1999). Caracterización y fundamentación de la ciencia escolar. *Enseñanza de las Ciencias, extra*, 79-92
- Jeanpierre, B., Oberhauser, K. y Freeman, C. (2005). Characteristics of professional development that effect change in secondary science teachers' classroom practices. *Journal of Research in Science Teaching*, 42(6), 668-690.

- Joglar, C., Rojas, S. (2019). Overcoming Obstacles to the Formulation and Use of Questions in the Science Classroom: Analysis from a Teacher Reflection Workshop. *Research in Science Education*, 49(4), 1125-1139.
- Lammert, C. (2020). Becoming inquirers: A review of research on inquiry methods in literacy preservice teacher preparation. *Literacy Research and Instruction*, 59(3), 191-217.
- Magnusson, S., Krajcik, J. y Borko, H. (1999). Nature, Sources, and Development of Pedagogical Content Knowledge for Science Teaching. En J. Gess-Newsome y N. G. Lederman (Eds.), *Examining Pedagogical Content Knowledge* (pp. 95-132). Kluwer Academic Publishers.
- Martínez Chico, M. (2014). *Formación inicial de maestros para la enseñanza de las ciencias. Diseño, implementación y evaluación de una propuesta de enseñanza* [Tesis de doctorado]. Universidad Almería.
- Martínez-Chico, M., Jiménez-Liso, R. y Evagorou, M. (2020). Design of a pre-service teacher training unit to promote scientific practices. Is a chickpea a living being? *International Journal of Designs for Learning*, 11(1), 21-30.
- Márquez, C. y Roca, M. (2006). Plantear preguntas: un punto de partida para aprender ciencias. *Revista Educación y Pedagogía*, 18 (45), 11.
- Márquez, C., Roca, M., Gómez, A., Sardá, A., y Pujol Villalonga, R. M. (2004). La construcción de modelos explicativos complejos mediante preguntas mediadoras. *Investigación en la escuela*, 53, 71-81.
- Michalsky, T. (2012). Shaping self-regulation in science teachers' professional growth: Inquiry skills. *Science Education*, 96(6), 1106-1133.
- Möller, A. y Mayer, J. (2010). Learning progressions in biological inquiry skills. *Learning Progressions- German and Swiss Studies on Models of Competence Development*, 17-20.
- Osborne, J. (2014). Teaching Scientific Practices: Meeting the Challenge of Change. *Journal of Science Teacher Education*, 25(2), 177-196.
- Osborne, J. y Dillon, J. (2008). *Science education in Europe: Critical reflections*. London: King's College.
- Pedaste, M., Mäeots, M., Siiman, L. A., de Jong, T., van Riesen, S., Kamp, E., Manoli, C., Zacharia, Z., y Tsourlidaki, E. (2015). Phases of inquiry-based learning: Definitions and the inquiry cycle. *Educational Research Review*, 14, 47-61.
- Pipitone, C., Agudelo, C. y García, À. (2017). Construcción del modelo corpuscular de la materia y actividades dialógicas en formación inicial de maestros. *Enseñanza de las Ciencias, (Extra)*, 2033-2040.
- Pipitone, C., y García-Lladó, Á. (2020). Factores que promueven el cambio emocional del profesorado en formación inicial hacia la física y la química en época de pandemia: presencialidad vs virtualidad. *Investigación en la escuela*, 102, 32-53.
- Pipitone, C., García, À., Guitart, J., Caminal de Mingo, A., Marchán, I., Agudelo, C., & Martín, E. (2016). Actividades dialógicas de ciencias en la formación inicial del profesorado de educación primaria. *Campo Abierto*, 35(1), 16.
- Pipitone, C., Sardà, A., y Sanmartí, N. #; I. (2008). Favorecer la argumentación en la clase. En *Área y estrategias de Investigación en la Didáctica de las Ciencias Experimentales* (A. Gómez; C. Merino & A. Adúriz-Bravo, p. 169-196). Servei de Publicacions de la UAB
- Reyes-Cárdenas, F. y Padilla, K. (2012). La indagación y la enseñanza de las ciencias. *Educación química*, 23(4), 415-421.
- Roca, M. (2005). Les preguntes a les classes de ciències. *Ciències: revista del professorat de ciències de Primària i Secundària*, 2, 31-33.
- 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.
- Sanmartí, N. y Márquez, C. (2012). Enseñar a plantear preguntas investigables. *Alambique: Didáctica de las ciencias experimentales*, 70, 27-36.
- Schwarz, C. y Gwekwerere, Y. (2007). Using a guided inquiry and modeling instructional framework (EIMA) to support preservice K - 8 science teaching. *Science Education*, 91(1), 158-186.
- Van Uum, M., Verhoeff, R. y Peeters, M. (2016). Inquiry-based science education: towards a pedagogical framework for primary school teachers. *International Journal of Science Education*, 38(3), 450-469.

- Viennot, L. (2011). Els molts reptes d'un ensenyament de les Ciències basat en la indagació: ens aportaran múltiples beneficis en l'aprenentatge? *Ciències: revista del professorat de ciències de Primària i Secundària*, 18, 22-26.
- 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.
- 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.
- Zion, M., Cohen, S. y Amir, R. (2007). The spectrum of dynamic inquiry teaching practices. *Research in Science Education*, 37(4), 423-447.

INFORMACIÓN ADICIONAL

Para citar este artículo: Aguada Berteza, M. R., Pipitone Vela, C. y Marbà Tallada, A. (2023) Aprender a formular preguntas investigables en la formación inicial del profesorado de educación primaria. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias* 20(2), 2601. doi: 10.25267/Rev_Eureka_ensen_divulg_cienc.2023.v20.i2.2601