



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

## Investigaciones secuenciadas por grado de autonomía para el desarrollo de prácticas científicas en 2º y 3º de ESO

**López-Banet, Luisa; Martínez-Carmona, Marina; Soto Cascales, Carmen María; Reis, Pedro**

Investigaciones secuenciadas por grado de autonomía para el desarrollo de prácticas científicas en 2º y 3º de ESO

Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias, vol. 20, núm. 1, 2023

Universidad de Cádiz, España

**Disponible en:** <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=92072334013>

**DOI:** [https://doi.org/10.25267/Rev\\_Eureka\\_ensen\\_divulg\\_cienc.2023.v20.i1.1501](https://doi.org/10.25267/Rev_Eureka_ensen_divulg_cienc.2023.v20.i1.1501)

## Investigaciones secuenciadas por grado de autonomía para el desarrollo de prácticas científicas en 2º y 3º de ESO

Research activities sequenced by degree of autonomy for the development of scientific practices in 2nd and 3rd of ESO

Luisa López-Banet

Departamento de Didáctica de las Ciencias Experimentales,

Facultad de Educación, Universidad de Murcia, España

llopezbanet@um.es

 <https://orcid.org/0000-0002-1951-4242>

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

Rev\_Eureka\_ensen\_divulg\_cienc.2023.v20.i1.1501

Redalyc: [https://www.redalyc.org/articulo.oa?](https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=92072334013)

id=92072334013

Marina Martínez-Carmona

Departamento de Didáctica de las Ciencias Experimentales,

Facultad de Educación, Universidad de Murcia, España

marina.m.c1@um.es

 <https://orcid.org/0000-0002-2026-6266>

Carmen María Soto Cascales

IES Alcántara. Alcantarilla, Murcia, España

carmenmaria.soto@murciaeduca.es

 <https://orcid.org/0000-0003-3266-0903>

Pedro Reis

Instituto de Educação da Universidade de Lisboa, Portugal

preis@ie.ulisboa.pt

 <https://orcid.org/0000-0002-9549-2516>

Recepción: 16 Octubre 2021

Revisado: 26 Agosto 2022

Aprobación: 08 Noviembre 2022

### RESUMEN:

La formación científica en Educación Secundaria debe promover la resolución de problemas que permitan desarrollar la capacidad para tomar decisiones argumentadas de una ciudadanía activa. La utilización de las destrezas implicadas en las prácticas científicas, como plantear preguntas investigables, formular hipótesis comprobables, elaborar diseños experimentales, pensar crítica y lógicamente para establecer las relaciones entre variables y comunicar un argumento elaborado utilizando pruebas, pueden presentar dificultades para el alumnado. Es por ello por lo que el principal propósito de este trabajo consiste en evaluar el grado de adquisición de algunas de las destrezas científicas por estudiantes de 2º y 3º de Educación Secundaria Obligatoria a través de diferentes actividades secuenciadas incrementando progresivamente la dificultad. Se ha utilizado un instrumento para analizar la propuesta de actividades en función del grado de autonomía requerido en cada destreza y un cuestionario para valorar el efecto de la secuencia de enseñanza en el aprendizaje de las destrezas. El análisis de las actividades revela que se proponen diferentes niveles de indagación en los que las destrezas son introducidas de forma gradual. Los resultados de los cuestionarios ponen de manifiesto un incremento en la capacidad del alumnado para utilizar las destrezas abordadas en las actividades. Asimismo, se observan pequeñas diferencias en el aprendizaje entre ambos grupos de estudiantes que se pueden atribuir al nivel educativo del alumnado. Finalmente, se concluye que las investigaciones escolares deben ser adecuadas al nivel adquirido de cada una de las destrezas cognitivas para que permitan promover su aprendizaje.

**PALABRAS CLAVE:** Destrezas científicas, Educación Secundaria, Evaluación de prácticas científicas, Alfabetización, Secuenciación del grado de autonomía.

### ABSTRACT:

Scientific training in Secondary Education must promote the resolution of problems that allow developing the ability to make reasoned decisions of active citizenship. The use of the skills involved in scientific practices, such as asking researchable questions, formulating testable hypotheses, developing experimental designs, thinking critically and logically to establish relationships between variables, and communicating an argument made using evidence, can present challenges for students. That is why the main purpose of this work is to evaluate the degree of acquisition of some of the scientific skills by students of 2nd and 3rd year of Compulsory Secondary Education through different sequenced activities progressively increasing the difficulty. An instrument has been used to analyze the proposal of activities based on the degree of autonomy required in each skill and a questionnaire to assess the effect of the teaching sequence on the learning of skills. The analysis of the activities reveals that different levels of inquiry are proposed in which the skills are gradually introduced. The results of the questionnaires show an increase in the ability of the students to use the skills addressed in the activities. Likewise, small differences in learning are observed between both groups of students that can be attributed to the different educational level of the students. Finally, it is concluded that school research must be appropriate to the acquired level of each of the cognitive skills so that they can promote their learning.

**KEYWORDS:** Scientific skills, Secondary Education, Evaluation of scientific practices, Literacy, Sequencing of the degree of autonomy.

## INTRODUCCIÓN

La ciencia y la tecnología juegan un papel fundamental y dictan los avances de la sociedad. Como consecuencia, nos rodeamos e interactuamos continuamente con información científica que debe ser comprendida y valorada con espíritu crítico, a pesar de que, en ocasiones, puede ser compleja. Como ejemplos se podrían mencionar la aparición de un nuevo virus causante de una pandemia a nivel mundial y las vías para combatirlo (Erduran, 2020; Sadler y Zeidler, 2005), la toma de decisiones frente a cuestiones de ámbito sociocientífico (Reis, 2020), como las vacunas o los alimentos transgénicos, la interpretación de una factura de luz o el análisis de anuncios que contienen mensajes pseudocientíficos (Jimenez-Liso *et al.*, 2000). Resulta necesario incentivar al alumnado para que actúe democráticamente, y de forma argumentada, en estos temas de ciencias con impacto en la vida de la comunidad, tomando decisiones y desarrollando su responsabilidad individual y cívica (Reis, 2020). En todos los casos, se requiere no sólo el conocimiento de la ciencia, sino las destrezas y actitudes necesarias para procesar la información y tomar decisiones acordes a nuestras necesidades (MEC, 2006; BOE, 2013; Ministerio de Educación y Formación Profesional, 2022). Sin embargo, los resultados de los programas internacionales de educación (PISA Programme for International Student Assessment), manifiestan un nivel insuficiente en estas competencias científicas de estudiantes españoles (INEE, 2016; INNE, 2019).

La investigación didáctica ha puesto de manifiesto que estudiantes de tercer curso de Educación Secundaria Obligatoria (ESO) no comprenden suficientemente los elementos relacionados con una investigación científica. En ocasiones, aunque pueden conocer la denominación de un término científico, no dominan necesariamente la destreza a la que hace referencia, como la identificación de problemas en una investigación, la formulación de hipótesis, el diseño de experiencias, la realización de gráficas o el establecimiento de conclusiones, presentando dificultades al aplicarlas (Franco *et al.*, 2021). Asimismo, Cordón (2009) determinó la existencia de dificultades para el alumnado en la elaboración de pequeñas investigaciones escolares. Según dicho autor, aunque el 90% del alumnado encuestado que finaliza la ESO es capaz de identificar una hipótesis de entre varias opciones, únicamente 1 de cada 5 propone un ejemplo adecuado. En el caso de las variables establece que, pese a que el alumnado considera que conoce el significado del término, solo 1 de cada 3 proporciona una definición adecuada, siendo poco frecuentes quienes identifican correctamente las variables de una investigación. Respecto al diseño experimental, la mayor parte del alumnado que finalizaba tanto segundo como tercero de ESO, no identificaba un diseño experimental adecuadamente, a pesar de que la mayoría afirma conocer su significado. En cuanto al establecimiento de conclusiones, es la destreza identificada correctamente por un mayor número de estudiantes, incrementándose en cada curso hasta prácticamente la totalidad del alumnado que finaliza 4º ESO.

El desarrollo de las prácticas científicas, como plantear preguntas, planificar investigaciones, analizar datos, construir explicaciones o comunicar la información, debe ser un proceso gradual, por lo que en los estándares americanos se propone el progreso de distintos niveles de competencia a lo largo de la escolarización (National Research Council, 2012). En este trabajo nos centramos en el diseño de una secuencia con niveles graduales de autonomía para el aprendizaje de estas destrezas con el objeto de evitar las dificultades asociadas a un elevado grado de apertura (Ferrés *et al.*, 2015), que suele ser el origen de que las indagaciones autónomas tengan menos efecto que las guiadas (Aguilera *et al.*, 2018; Romero-Ariza, 2017). Por ello, nos planteamos los siguientes objetivos de investigación: 1. Analizar una secuencia de actividades para estudiantes de 2º y 3º de ESO, en función del grado de autonomía respecto a las destrezas científicas necesarias para su resolución. 2. Evaluar el efecto de la puesta en práctica de las actividades diseñadas en las autopercepciones del alumnado y en el aprendizaje de ciertas destrezas requeridas para el desarrollo de la competencia científica del alumnado de estos niveles educativos.

## MARCO TEÓRICO

Resulta indiscutible la necesidad de una sólida formación de toda la sociedad que permita entender las ideas centrales de las disciplinas científicas y la toma de decisiones fundamentadas sobre cuestiones sociocientíficas (Osborne y Dillon, 2008). Esta toma de decisiones va en la línea de promover un activismo sociocientífico que contribuya a la conciencia sobre una determinada problemática y su participación activa (Conceição *et al.*, 2019).

El planteamiento de problemas sociocientíficos reales que involucran actividades de investigación implica el aprendizaje de contenidos de tipo procedimental y epistémico (Bellová, *et al.* 2018). Estas propuestas permiten que el alumnado ponga en práctica las destrezas necesarias para identificar, de forma fundamentada, y con base científica y tecnológica, las acciones más adecuadas para su resolución, y adaptar la información a las exigencias de una sociedad en constante evolución. En lugar de actuar como espectadores que se basan en las opiniones de personas expertas, el alumnado puede participar en solucionar problemas de forma activa, en actos de ciudadanía, y promover el desarrollo de las competencias necesarias para abordarlos. Asimismo, a través de estas iniciativas, se promueven percepciones positivas sobre la relevancia social de la educación científica comprometida con la sociedad (Reis, 2020).

Dada la importancia educativa de implicar al alumnado en investigaciones escolares, adaptadas a su nivel educativo, han sido diseñadas diversas propuestas para promover que el alumnado movilice, de manera implícita, ciertas destrezas científicas durante la educación obligatoria. Con este propósito, se han propuesto estrategias de evaluación y diseño actividades que favorecen el desarrollo de la competencia científica (Crujeiras y Jiménez-Aleixandre, 2015; Franco-Mariscal *et al.*, 2017). Asimismo, la incorporación de actividades de indagación, que requieren la planificación de investigaciones para resolver problemas en contextos cercanos, en la formación escolar, está ganando gran interés en la actualidad. Sanmartí y Márquez (2012) propusieron distintas actividades para ayudar al alumnado a desarrollar la capacidad de plantear preguntas investigables. Algunas de ellas partían de la lectura de textos o de preguntas de investigación a partir de actividades experimentales. Por medio de preguntas investigables, el alumnado puede recopilar datos empíricos para comprobar una hipótesis, establecer inferencias y conclusiones basadas en datos y participar en el razonamiento y la argumentación científicos (National Research Council, 2012).

El aprendizaje de las prácticas científicas también es posible abordarlo desde una aproximación distinta a este conocimiento que implica una perspectiva explícita para el desarrollo de las destrezas necesarias. Cordón (2009) diseñó un instrumento, validado por profesorado de Educación Secundaria, cuyo objetivo era medir qué sabe el alumnado sobre la realización de investigaciones escolares sencillas y, explícitamente, de las destrezas necesarias. En concreto, el instrumento se divide en tres partes con grado creciente de dificultad. La primera sección consiste en un cuestionario en el que el alumnado expone su familiarización con algunos

conceptos importantes relacionados con las investigaciones escolares. La segunda pretende comprobar si reconocen diferentes destrezas científicas. Finalmente, la tercera presenta como objetivo conocer en qué medida el alumnado es capaz de planificar investigaciones escolares sencillas.

Pese a su importancia, es innegable que la implementación de este tipo de actividades con los escolares conlleva dificultades de aprendizaje, que se incrementan a medida que aumenta el grado de autonomía que adquiere el alumnado (Grau, 1994). Recientemente, se ha establecido que las estrategias docentes influyen directamente en el desarrollo de las destrezas científicas del alumnado, siendo necesario profundizar en la relación entre el andamiaje específico requerido al abordar investigaciones semiabiertas y la mejora de destrezas (Crujeiras y Jiménez Aleixandre, 2018; Tena y Couso, 2022). Crujeiras y Jiménez (2018) analizaron el impacto de determinadas estrategias docentes en los desempeños del alumnado relativos al diseño y puesta en práctica de investigaciones científicas, indicando la necesidad de no cerrar el nivel de apertura del proceso por parte del alumnado. Es por ello que resulta adecuado adentrar a los escolares en estas destrezas mediante una progresión de aprendizajes de indagación (National Research Council, 2000, 2012). En esta línea, varios estudios han propuesto distintos tipos de indagación en función del nivel de dificultad (Contrera *et al.*, 2019; Martin- Hansen, 2002). La categorización realizada por Contrera *et al.* (2019) distingue cuatro tipos de indagación en orden creciente de la autonomía que se espera por parte del alumnado: i) indagación constatada, es la que requiere una mayor dirección por parte del profesorado, se podría considerar como una lección por pasos y es útil para iniciar al alumnado en la familiarización con distintas destrezas de investigación; ii) indagación estructurada, en la que el profesorado asigna la pregunta de investigación y el procedimiento y apoya al alumnado en su resolución, en algunos casos sugiriendo cuestiones que guían su investigación; iii) indagación guiada, en la que el papel del profesorado consiste solo en seleccionar el problema guía de la investigación y en apoyar al alumnado en la toma de decisiones necesarias para resolverlo; y iv) indagación abierta, cuya estructura es la más próxima a una verdadera investigación ya que, el alumnado, de forma autónoma, plantea un diseño experimental para recoger datos que permiten dar respuesta al problema seleccionado.

En vista de lo expuesto anteriormente, queda patente la insuficiencia que presenta el alumnado de secundaria con respecto a las destrezas científicas, así como la necesidad de disponer de una mayor variedad de materiales didácticos que promuevan su desarrollo (Franco *et al.* 2021). Para ello, sería necesario relegar el aprendizaje conceptual a un papel secundario en favor del aprendizaje de destrezas básicas (observación, clasificación, comunicación) y de investigación (diseños experimentales, interpretación de resultados y elaboración de conclusiones). Con esta finalidad, presentamos una secuencia de actividades centradas en preguntas investigables y con grado de autonomía creciente del alumnado, para desarrollar el aprendizaje de las destrezas de investigación.

## METODOLOGÍA

### Participantes y contexto

En este estudio participan dos grupos de estudiantes de segundo y tercero de ESO (14 y 15 años de edad) que cursan la modalidad bilingüe y presentan un rendimiento académico alto, en su mayoría. La selección de la muestra fue incidental, siendo una de las autoras la docente responsable de impartir las materias obligatorias de Física y Química y Tecnología, respectivamente. Ninguno de los dos grupos había realizado previamente investigaciones escolares, coincidiendo con propuestas desarrolladas en niveles educativos superiores (Padilla y Balderrama 2019), aunque conocían algunos de los términos implicados. Esta profesora tuvo la oportunidad de revisar y participar en el diseño de las actividades con la finalidad de que estuvieran adaptadas a las características del alumnado. Por interés de la docente, las actividades de investigación debían

estar contextualizadas en situaciones cotidianas, próximas a los intereses del alumnado y relacionadas con los contenidos curriculares establecidos en la programación.

Las actividades fueron diseñadas en orden creciente de autonomía (Contrera *et al.*, 2019) con la intención de que el alumnado de 2º y 3º de la ESO, respectivamente, se familiarizase, de forma progresiva, con ciertas destrezas de indagación (National Research Council, 2000) y se pueden consultar en el siguiente enlace:

[https://figshare.com/articles/online\\_resource/Secuencia\\_de\\_actividades\\_pdf/19518823](https://figshare.com/articles/online_resource/Secuencia_de_actividades_pdf/19518823).

## Diseño de la investigación

Se dispone de pocas evidencias sobre la trayectoria del desarrollo de las prácticas científicas según sean necesarias para apoyar su aprendizaje y demostrar la comprensión de la ciencia (National Research Council, 2012), por lo que se ha diseñado un instrumento para el análisis previo de actividades con el objetivo de esbozar la posible progresión en los niveles de las destrezas que requiere el alumnado para abordarlas. Este análisis fue realizado al inicio del estudio por las autoras del trabajo, entre las que se encuentra la docente responsable de la puesta en práctica.

Las actividades fueron secuenciadas en orden creciente de dificultad con la finalidad de mostrar un equilibrio entre la autonomía requerida por parte del alumnado y las dificultades en el aprendizaje de destrezas (Ferrés *et al.*, 2015). La propuesta comienza por una indagación constatada y finaliza en una guiada, progresando y avanzando, en las tareas sucesivas, en su forma de elucidar las respuestas a los problemas planteados y alcanzando una mayor autonomía en las tareas finales, exceptuando el nivel de indagación abierta.

Con la finalidad de determinar el grado de adquisición de las distintas destrezas de investigación, al inicio del estudio, se implementó un cuestionario semiabierto, diseñado como pre-test, y estructurado en torno a pequeñas investigaciones escolares. El cuestionario elaborado por Cordon (2009) fue tomado como referencia y adaptado a los contenidos de las asignaturas implicadas. Posteriormente, se ponen en práctica las actividades descritas en el apartado de resultados y, tras ellas, se implementa el mismo cuestionario a modo de post-test (Figura 1).

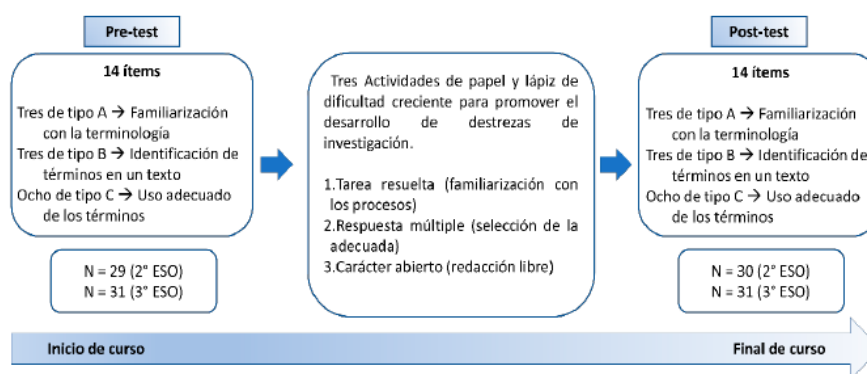


FIGURA 1  
Diseño de la investigación

## Instrumentos de recogida de información

Los contenidos y metodología didácticos implicados en ambas secuencias de actividades fueron analizados teniendo en cuenta las propuestas de progresión en el desarrollo de las distintas prácticas científicas (National Research Council, 2012; Tena y Couso, 2022), en función de la autonomía requerida por parte del alumnado



(Contrera *et al.*, 2019; Martin-Hansen, 2002; National Research Council, 2000). Para ello se ha empleado el instrumento que se muestra en la tabla 1, diseñado con el objetivo de analizar las actividades.

TABLA 1  
Taxonomía del grado de autonomía en las prácticas  
científicas requerido para la resolución de actividades

Tipos de indagación	Niveles de autonomía esperados por el alumnado	Destrezas de indagación				
		Proponer preguntas investigables/ planteamiento del problema	Formular una hipótesis basada en un modelo/teoría	Diseños experimentales para contrastar las hipótesis	Pensar crítica y lógicamente para establecer las relaciones entre evidencias y explicaciones/ identificar variables	Comunicar y defender un argumento científico/ establecer y comunicar las conclusiones
Indagación constatada	Nivel 0	El profesorado involucra al alumnado en el problema proponiendo una pregunta	El profesorado indica las relaciones entre las hipótesis y el diseño experimental necesarias para resolver el problema	El profesorado indica el procedimiento para obtener los datos y cómo deben ser analizados	Se proporciona al alumnado las evidencias que resultan de las variables implicadas	Se facilita al alumnado directrices o ejemplos para comunicar apropiadamente los resultados
Indagación estructurada	Nivel 1	El alumnado selecciona la pregunta entre las proporcionadas por el docente	El alumnado es guiado en identificar las conexiones entre los conceptos científicos que guían una hipótesis y el diseño experimental entre propuestas elaboradas por el profesorado	Se proporciona al alumnado las ideas que guían la investigación y el equipo necesario para contrastar las hipótesis	El alumnado es guiado en el análisis de datos y estudio de la variable que debe usar y a establecer relaciones entre la evidencia y el problema a resolver entre los datos proporcionados por el profesorado	El alumnado es entrenado en los procedimientos necesarios para desarrollar la capacidad de comunicación
Indagación guiada	Nivel 2	El profesorado indica opciones para ayudar a relacionar los conceptos necesarios para proponer una pregunta	El alumnado es orientado en la formulación de hipótesis que permiten relacionar los conocimientos científicos para la resolución del problema	El alumnado propone, con la guía del docente, un diseño para resolver la pregunta, organizar y representar datos, revisar los aspectos metodológicos y la recogida de datos para dar explicaciones a las hipótesis	El profesorado orienta en el análisis de los datos de un experimento para establecer un argumento lógico sobre las relaciones de causa y efecto. El alumnado anuncia algunas explicaciones en función de las variables	El profesorado proporciona algunas indicaciones al alumnado al comunicar los resultados
Indagación abierta	Nivel 3	El alumnado plantea la pregunta investigable sobre un fenómeno, que promueve la realización de un experimento concreto en el que intervienen variables, que es posible llevarlo a la práctica y permite obtener conclusiones	El alumnado presenta la capacidad de formular de forma autónoma hipótesis comprobables y muestra una base de conocimientos y comprensión conceptual de la investigación necesarios para diseñar un experimento	El alumnado demuestra que conoce los principales conceptos en el tema que se investiga, propone un equipo adecuado para recoger evidencias, tiene en cuenta las precauciones de seguridad, solventa problemas metodológicos, utiliza la tecnología y puede obtener conocimiento científico de otras fuentes además que el de la investigación real	El alumnado conoce las variables dependiente, independiente y control, necesarias para responder a la pregunta de investigación, desarrolla diagramas y gráficos y análisis estadísticos. Participa en discusiones en términos de la relación entre dos o más variables, basadas en el conocimiento científico y en el uso de la lógica y las evidencias de su investigación	El alumnado tiene capacidad para comunicar las ideas y resultados de la investigación de forma precisa y efectiva, resume los datos, usa el lenguaje apropiadamente, construye argumentos razonados y responde adecuadamente a comentarios críticos, participando en discusiones para evaluar la validez de la información adquirida

Por otro lado, las autopercepciones y los resultados de aprendizaje se evaluaron mediante la implementación del cuestionario pre-test y post-test. La primera parte trataba de conocer si durante la enseñanza recibida hasta el momento, había sido más o menos habitual la utilización de términos comúnmente empleados en las investigaciones escolares, concretamente: hipótesis (A1), diseño experimental (A2) y variable (A3). Para ello, el alumnado debía seleccionar, para cada uno de los términos, si lo había empleado: “con mucha frecuencia”, “alguna”, “casi nunca”, “nunca” o “no entiendo lo que se me pregunta”. Las respuestas fueron agrupadas en 3 categorías (Tabla 2).

TABLA 2  
Categorización de las respuestas del alumnado para los ítems A1-A3

Frecuente	Reconoce este término de manera relativamente frecuente
Nunca/casi nunca	Nunca o casi nunca se ha trabajado ese término en el aula.
NC	No contesta

En un segundo bloque, se pretendía reconocer si el alumnado identificaba adecuadamente los conceptos “hipótesis”, “diseño experimental” y “variable” (ítems B1-B3, respectivamente) con expresiones relacionadas con su significado. Para ello, se ofrecía una serie de opciones en cada caso, de las cuales debían seleccionar las consideradas correctas (Tabla 3).

TABLA 3  
Opciones ofrecidas en cada pregunta, señalando entre paréntesis la considerada correcta

B1. Hipótesis (b)	a) Teoría que está aceptada por la comunidad científica b) Respuesta provisional ante un problema que se debe comprobar con experimentos c) Conclusión a la que se ha llegado después de realizar una investigación d) Problema que se plantea y que tiene una solución científica e) Escribe otra frase equivalente a hipótesis si no eliges ninguna de las anteriores: ...
B2. Diseño experimental (b)	a) ... seguimos el guion para conocer la masa de diferentes objetos en el laboratorio de Ciencias. b) ... proponemos las actividades a desarrollar para comprobar si es cierta la hipótesis de que la forma de los objetos influye en la velocidad a la que caen. c) ... interpretamos los resultados de una experiencia para comprobar el efecto de la agitación sobre la disolución de una sustancia. d) ... clasificamos materiales atendiendo a sus propiedades físicas.
B3. Variable (c)	a) distancia de la Tierra a la Luna b) velocidad de la luz c) cantidad de sal en agua d) temperatura de fusión del hielo

Respecto a la expresión relacionada con una hipótesis, no hubo estudiantes que redactaran una definición propia, por lo que finalmente las categorías asignadas para los ítems B1-B3 son las que se presentan en la tabla 4.

TABLA 4  
Categorización de las respuestas del alumnado para los ítems B1-B3

Correcta	Selecciona la opción identificada como correcta.
Parcialmente correcta	Agrupar al alumnado que selecciona dos o más respuestas, siendo una de ellas la propuesta como correcta y el resto (una o más) incorrectas.
Incorrecta	Concentra a quienes se han inclinado por una o más respuestas, ninguna de las cuales coincide con la propuesta como correcta.
NC	Se incluye al alumnado que no responde a esta cuestión.



La tercera parte del cuestionario pretendía averiguar si el alumnado empleaba adecuadamente los términos anteriores en la resolución de una serie de investigaciones sencillas con contenidos de Física y Química (tabla 5).

TABLA 5  
Items C1.1-C4 del cuestionario

<b>Actividad 1</b>	Investigación escolar contextualizada sobre la capacidad aislante de distintos materiales. El alumnado debe plantear el problema a resolver (ítem C1.1) y responder a una cuestión relacionada con el establecimiento de hipótesis (ítem C1.2).
<b>Actividad 2</b>	Investigación de la influencia de la forma y el tamaño en la flotabilidad de los objetos. El alumnado debe identificar el problema a resolver (ítem C2.1), describir con detalle el experimento que planea para comprobar qué factores influyen en la flotabilidad de los objetos (ítem C2.2) e indicar la conclusión a la que cree que llegaría, justificando los hechos en los que se basaría (ítem C2.3).
<b>Actividad 3</b>	Basada en el problema del rey Hierón II de Siracusa que debía resolver Arquímedes en el siglo III a.C. Tras la lectura del texto que describe la situación problemática, el alumnado responde al ítem indicando la hipótesis que Arquímedes quería probar (ítem C3.1). En segundo lugar, debe incluir la que, a su parecer, es la conclusión a la que llegó Arquímedes (ítem C3.2).
<b>Actividad 4</b>	Se aumenta el grado de complejidad de las preguntas al presentar la conclusión obtenida por otro grupo de estudiantes de una investigación sobre cuál es la mejor temperatura para solubilizar la sal y poder separarla de la arena. Sin embargo, el diseño experimental se realizaba a temperatura constante, por lo que la conclusión obtenida no era adecuada, debiendo indicar que, mediante el diseño experimental descrito, no era posible llegar a establecer la conclusión que se menciona (ítem C4).

La clasificación empleada para categorizar las respuestas del alumnado de este último bloque fue: adecuadas, inadecuadas o no contesta.

## Análisis de los datos

Respecto a los resultados obtenidos, se realizó un análisis de frecuencia para los distintos ítems evaluados. Asimismo, debido al tamaño de la muestra y a la naturaleza de los datos, se aplicaron también pruebas no paramétricas. Concretamente se utilizó la prueba W de Wilcoxon para verificar la significancia de las diferencias entre los resultados del pretest y del post-test para el alumnado de segundo y tercero de la ESO respectivamente, así como la prueba U-Mann Whitney para determinar diferencias significativas en los aprendizajes adquiridos al comparar los resultados del post-test del alumnado de segundo con respecto al de tercero. La correlación bilateral se considera significativa al nivel 0.05.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### Análisis de las secuencias de actividades

En las tablas 6 y 7 se muestran los resultados del análisis de las secuencias de actividades realizado mediante la utilización del instrumento mostrado en la tabla 1.

**TABLA 6**  
Actividad, nivel de autonomía en las destrezas, tipo de indagación y duración de la implementación de las actividades de 2º de la ESO

Actividad	Nivel de autonomía en las destrezas	Tipo de indagación	Duración
1. Recuperación de una muestra de agua contaminada con aceite.	- Plantear el problema: 0 - Formular hipótesis: 0 - Diseño experimental: 0 - Identificar variables: 0 - Obtener conclusiones: 0	Constatada	Tres sesiones, una de las cuales se dedica a la separación por decantación de ambos líquidos.
2. Separación de diferentes tipos de piedras en base a su tamaño.	- Plantear el problema: 1 - Formular hipótesis: 1 - Diseño experimental: 2 - Identificar variables: 1 - Obtener conclusiones: 1	Estructurada	Cuatro sesiones, dos de las cuales fueron desarrolladas experimentalmente, separando y clasificando los componentes de la muestra proporcionada.
3. Pequeñas investigaciones para determinar: el contenido en hierro de los cereales, el proceso de las desaladoras, la obtención de un batido de cacao sin grumos y la disolución de una pastilla efervescente.	- Plantear el problema: 2 - Formular hipótesis: 2 - Diseño experimental: 2 - Identificar variables: 2 - Obtener conclusiones: 2	Guiada	Ocho sesiones, dos para cada experiencia, de las cuales una de ellas es de tipo experimental en el laboratorio.

TABLA 7

Autonomía, duración y destrezas de indagación que se desarrollan con las actividades de 3º de la ESO

Actividad	Nivel de autonomía en las destrezas	Tipo de indagación	Duración
1. Problema sobre la conductividad de ciertos materiales cotidianos.	- Plantear el problema: 0 - Formular hipótesis: 0 - Diseño experimental: 1 - Identificar variables: 1 - Obtener conclusiones: 1	Constatada	Tres sesiones. A partir de un texto introductorio, se plantea un problema para identificar cualitativamente la conductividad eléctrica de diferentes materiales.
2. Elaboración de un juego de mesa con circuitos eléctricos.	- Plantear el problema: 1 - Formular hipótesis: 1 - Diseño experimental: 2 - Identificar variables: 1 - Obtener conclusiones: 2	Estructurada	Cinco sesiones, entre las que se encuentra la elaboración de tableros de madera con distintos juegos, en los que se requiere la utilización de contenidos de electricidad.
3. Si fueras un ingeniero del siglo XIX ¿Qué se te habría ocurrido?.	- Plantear el problema: 2 - Formular hipótesis: 2 - Diseño experimental: 2 - Identificar variables: 2 - Obtener conclusiones: 2	Guiada	Ocho sesiones. Actividad inmersiva en la que el alumnado adquiere el papel de ingeniero/a que debe resolver un problema contextualizado en un hecho histórico. En concreto, se centra en Josep Ressel, que en el siglo XIX pretendía comunicar Venecia con el puerto, diseñando un prototipo de hélice para propulsar los barcos.

Como se observa en las tablas 6 y 7, el grado de autonomía requerido para el desarrollo de las actividades aumenta de forma progresiva. Aunque en algunos casos las destrezas de indagación se trabajan con distintos niveles de autonomía en una misma actividad, estas han sido asignadas al tipo de indagación más próximo. De esta forma podemos ver que, para ambos niveles educativos, los tipos de indagación trabajados en la secuencia de actividades se corresponden con: indagación constatada, indagación estructurada y, finalmente, indagación guiada.

### Autopercepción de los conocimientos

Comparando la percepción del alumnado sobre sus conocimientos acerca de las hipótesis, el diseño experimental y las variables, antes y después de la realización de las actividades, se observa una mejora en los 3 términos y para los dos cursos, aunque son especialmente destacables los cambios experimentados en el ítem de hipótesis en 2º ESO y de diseño experimental en 3º ESO, ya que muestran diferencias estadísticamente significativas (Figura 2). Se observa también que el término variable es con el que el alumnado de todos los cursos se siente más familiarizado, ya que, en todos los casos, más del 90% afirmaron haberla usado de forma frecuente, alcanzando un porcentaje del 100% en el post-test con el alumnado de 3º ESO.

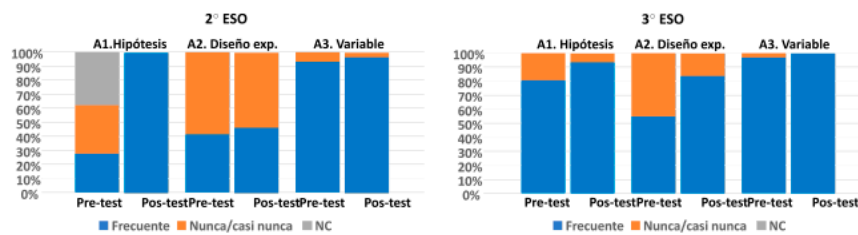


FIGURA 2

Autopercepción de los conocimientos en relación con los términos hipótesis, diseño experimental y variable en el pre-test y el post-test (expresado en %)

## Efectos de la secuencia en la discursiva del alumnado

Los datos recogidos en el apartado anterior no son suficientes para considerar que las actividades programadas puedan conducir a un aprendizaje de los términos valorados, por lo que analizamos la evolución en su grado de conocimiento con las siguientes cuestiones, encaminadas a identificar una serie de expresiones con el término al que hacen referencia (Figura 3).

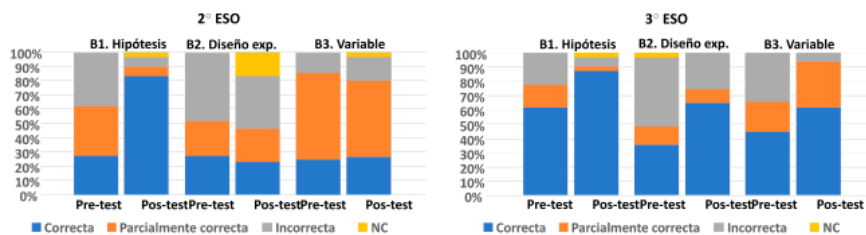


FIGURA 3

Relación entre expresiones y los términos (hipótesis, diseño experimental y variable) que las identifican establecidas por el alumnado en el pre-test y el post-test (expresado en %)

En cuanto a la identificación de expresiones, los resultados muestran que más del 60% de 2º ESO y casi el 40% del alumnado de 3º ESO cometió errores en el pre-test a la hora de identificar el significado del término hipótesis y que, tras la realización de las actividades, la mayor parte seleccionó la opción correcta.

La identificación del “diseño experimental” resulta compleja de entender, pues presenta dificultades para relacionar el término con su expresión. Al comparar los resultados de este punto con los del anterior se observa que, para ambos cursos, sólo la mitad de quienes mantenían conocer el concepto son capaces de identificarlo con su expresión.

Respecto al término variable, pese a que, de forma generalizada, el alumnado considera conocerlo, los datos de la figura 3 demuestran que, en cambio, presenta dificultades al seleccionarlo dentro de una serie de opciones, especialmente para 2º ESO. Comparando los resultados obtenidos en el pre-test y el post-test se observan mejoras significativas en el ítem B1 para el alumnado de segundo y en B2 y B3 para 3º ESO.

En tercer lugar, analizamos los datos extraídos de emplear estos conceptos (hipótesis, variable y diseño experimental) y otros como reconocimiento del problema o establecimiento de conclusiones en pequeñas investigaciones escolares. A continuación, se muestran los resultados de las investigaciones escolares comparando dos a dos aquellos ítems que trabajan la misma destreza científica.

## Identificación del problema

Los resultados de la figura 4 muestran que entre un 77.5 y un 86.2% del alumnado de 2º y 3º ESO ha presentado dificultades para reconocer el problema de la investigación (C1.1 y C2.1) antes de realizar las actividades, bien porque su respuesta no atendía al problema de la investigación o bien porque incluían parte de los resultados en el mismo (tabla 2).

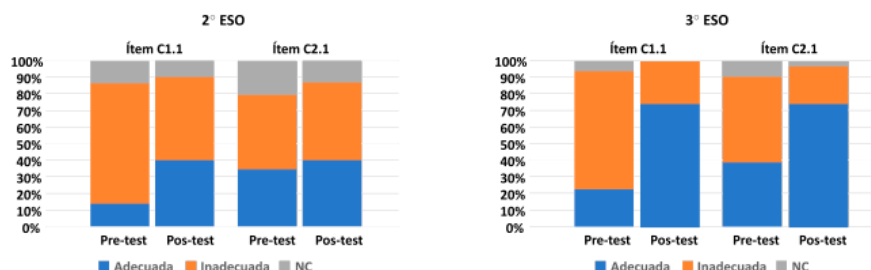


FIGURA 4

Adecuación de las respuestas del alunado sobre “identificación del problema” en pequeñas investigaciones contextualizadas (pre-test y post-test expresados en %)

Sin embargo, la práctica de la secuencia propuesta redujo estos valores al 60 y al 26 % en 2º y 3º, respectivamente, siendo la mayor parte de las respuestas clasificadas como correctas (tabla 8). Se consideran adecuados aquellos enunciados que hacen referencia a que el problema a investigar es: cómo se conserva o mantiene mejor el hielo (C1.1), o los factores que afectan a la flotabilidad de los objetos (C2.1).

TABLA 8

Conocimientos sobre la identificación de un problema en una pequeña investigación escolar (ejemplos de respuestas)

Inadecuados	Adecuados
<p>“Debemos averiguar por qué una de las latas se ha derretido”</p> <p>“Queremos saber por qué el hielo se derrite antes en la lata recubierta de aluminio que en la lata recubierta de algodón o corcho”</p> <p>“Que tengo distintos materiales de los cuales el hielo y su composición dependen de ellos”</p> <p>“¿Por qué el barco flota y la plastilina no?”</p> <p>“Debo averiguar si las pelotas, lápices, plastilina y corcho flotan o se hunden”</p>	<p>“Cuál es el material que mejor conserva el frío”</p> <p>“En qué lata se conservará mejor el hielo dependiendo del material por el cual esté recubierta”</p> <p>“¿Afecta la forma y el tamaño para que los objetos floten?”</p> <p>“Qué factores influyen en que un objeto flote”</p> <p>“Cuál es la mejor forma y tamaño para que un objeto flote”</p>

## Elaboración de hipótesis

La elaboración de hipótesis (ítems C1.2 y C3.1) también indica una mejora en la comprensión por parte del alumnado tras la realización de las actividades, con valores de acierto que oscilan entre un 40 - 78% en 2º ESO y un 70 - 80% para 3º ESO (Figura 5).



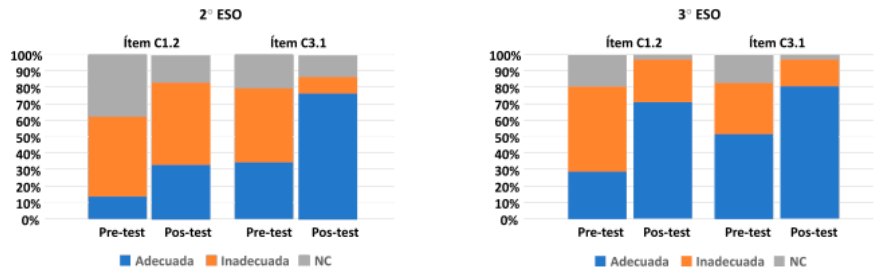


FIGURA 5

Adecuación de las respuestas del alumnado sobre “elaboración de hipótesis” en pequeñas investigaciones contextualizadas (pre-test y post-test expresados en %)

El rango tan amplio observado en 2º ESO pone de manifiesto la dificultad que esta destreza conlleva para el alumnado y que requiere dedicar un mayor tiempo de trabajo para lograr un mejor dominio de la misma. Como se muestra en la tabla 9, categorizamos como inadecuados los enunciados que no se formulan como hipótesis sino como resultados o explicaciones. Se consideran adecuadas todas aquellas respuestas con estructura de hipótesis y relacionadas con el tema a tratar, aunque sean incorrectas.

TABLA 9

Conocimientos sobre elaboración de hipótesis en una pequeña investigación escolar (ejemplos de respuestas)

Inadecuados	Adecuados
“La hipótesis sería comprobarlo con otros materiales y con diferentes grosores de los anteriores”	“Según por el material que esté recubierto se derretirá más o menos”
“El material de las latas”	“El aluminio es el material menos aislante”
“Hay que comprobar las distintas características de los materiales”	“La densidad indicará de qué está hecha la corona”
“Saber si la corona era de oro”	“Calcular la densidad del oro y de la plata y compararla con la de la corona”
“Si la densidad del oro era 19,32 g/cm <sup>3</sup> y la de la plata 10,5 g/cm <sup>3</sup> , cómo era posible que la densidad de la corona fuera 16,79 g/cm <sup>3</sup> . El orfebre no había sido del todo sincero”	

Diseño experimental

Respecto al diseño experimental, los datos de los ítems C2.2 y C4 de la figura 6 demuestran que es una de las destrezas que inicialmente resulta más costosa para el alumnado y que la realización de las actividades mejora su aprendizaje, hasta un 30% aproximadamente en 2º ESO y ligeramente por encima del 50% en 3º ESO, curso en el que se daban respuestas más elaboradas y se proponía el estudio de más variables.

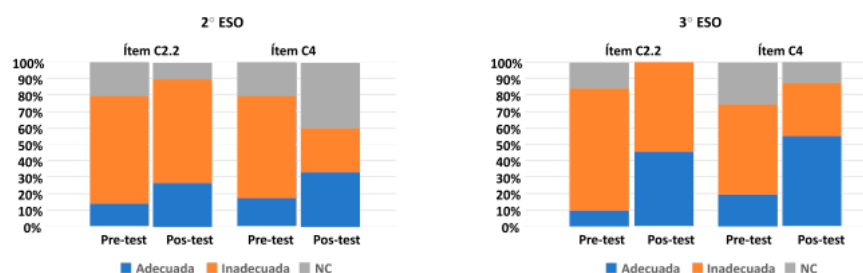


FIGURA 6

Adecuación de las respuestas del alumnado sobre “diseño experimental” en pequeñas investigaciones contextualizadas (pre-test y post-test expresados en %)

En el ítem C2.2, se consideran adecuados todos aquellos diseños experimentales en los que el alumnado refleja la importancia de fijar una variable y observar lo que le ocurre a otra. En el caso del ítem C4 son adecuadas aquellas que reconocen la temperatura como variable de estudio (tabla 10). Sin embargo, se consideran inadecuadas las respuestas que no hacen referencia a un diseño experimental o las que no fijan ningún tipo de parámetro para comparar.

TABLA 10

Conocimientos sobre diseño experimental en una pequeña investigación escolar (ejemplos de respuestas)

Inadecuados	Adecuados
<p>“Tenemos una pelota, un lápiz y un corcho. Cogeremos tres recipientes llenos de agua y veremos que objetos se hunden y cuáles flotan”</p> <p>“Se equivocaron en añadir agua a la mezcla”</p> <p>“En que no se eliminó la sal total sino una parte”</p> <p>“Creo que se equivocaron porque lo que tendrían que haber hecho era separar la sal de la arena mediante un proceso de filtración”</p>	<p>“Compararía objetos que tengan distinta forma o tamaño (Ejemplo de 2º ESO)”</p> <p>“Haría experimentos con diferentes variables. Utilizaría objetos planos con diferentes tamaños y misma densidad. Objetos redondos con diferentes tamaños y misma densidad, etc. (Ejemplo de 3º ESO)”</p> <p>“Que sólo probaron a cambiar la cantidad de sal, pero la temperatura no la modificaron”</p> <p>“Se equivocaron en la variable pues tendría que haber sido la temperatura”</p> <p>“Formularon mal la hipótesis porque la variable era incorrecta, debería haber sido la temperatura”</p>

## Obtención de conclusiones

Los ítems C2.3 y C3.2 versan sobre la obtención de conclusiones. Los resultados demuestran las dificultades para establecer conclusiones justificadas. La realización de las actividades mejora los resultados logrando un porcentaje de aciertos entre el 40-50% de todo el alumnado, independientemente del ítem o el curso (Figura 7).

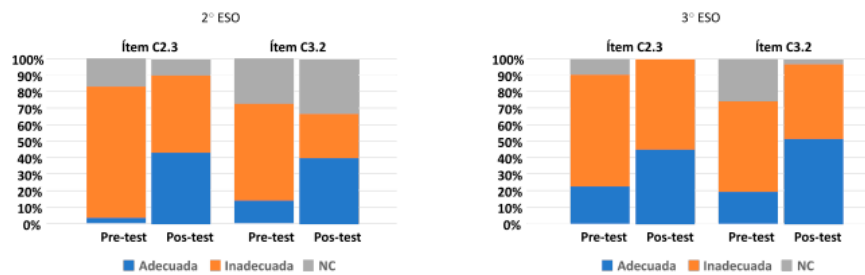


FIGURA 7

Adecuación de las respuestas del alumnado sobre “obtención de conclusiones” en pequeñas investigaciones contextualizadas (pre-test y post-test expresados en %)

Se clasificaron como adecuadas aquellas respuestas que para el ítem C2.3 afirman que la magnitud que influye es la densidad o aquellos que, sin usar explícitamente este término, sí indican que el tamaño y la forma no son determinantes, sino que depende del material, y para el ítem C3.2 resaltaban que la densidad permitía determinar que la corona no era solo de oro. Se consideran inadecuadas las respuestas que no aportan una conclusión o cuya conclusión es incorrecta (tabla 11).

TABLA 11

Conocimientos sobre obtención de conclusiones en una pequeña investigación escolar (ejemplos de respuestas)

Inadecuados	Adecuados
“La pelota flota, las tijeras se hunden”	“No depende de la forma o del tamaño para flotar, pero sí del material”
“Conclusión lo que influye es el material”	“La conclusión es que lo único que influye en la flotabilidad de un objeto es su composición”
“Llego a la conclusión de que los objetos que flotan tienen aire”	“Que finalmente hizo una mezcla de oro y plata para fabricar la corona, debido a la densidad”
“Al sumergir algo el agua de alrededor asciende”	“La densidad demuestra que el material de la corona no era oro macizo”
“A calcular la densidad de cada material”	

Los datos evidencian que todas las destrezas mejoran en gran medida tras ser trabajadas de forma guiada a lo largo de la secuencia de actividades, con la excepción de los ítems C2.1 y C4 para 2º ESO.

Finalmente, si comparamos el aprendizaje logrado por el alumnado de tercero con respecto al de segundo no se observan diferencias significativas en ninguno de los ítems salvo para C1.1 y C1.2. Estos datos demuestran que el alumnado de ambos cursos presenta capacidades similares para el aprendizaje de los contenidos científicos trabajados en la propuesta.

## CONCLUSIONES Y LIMITACIONES DE LA PROPUESTA

La investigación educativa ha evidenciado dificultades del alumnado de Educación Secundaria en las prácticas científicas, como proponer preguntas investigables, formular hipótesis fundamentadas en teorías o modelos, planificar diseños experimentales, analizar datos, pensar crítica y lógicamente para establecer las relaciones entre las evidencias y las explicaciones o comunicar conclusiones (National Research Council, 2012). Con la finalidad de contribuir a mejorar su aprendizaje, en este trabajo se presenta la puesta en práctica de una

secuencia de actividades con alumnado de 2º y 3º curso de Educación Secundaria Obligatoria que se inicia en la realización de investigaciones escolares. Se diseñaron dos secuencias de actividades, una para segundo y otra para tercero de la ESO, con grado creciente de autonomía del alumnado para las distintas destrezas de investigación. Mediante el instrumento elaborado (Contrera *et al.*, 2019; Martin-Hansen, 2002; National Research Council, 2000; Tena y Couso, 2020) se ha designado a cada una de las tres actividades de cada secuencia un tipo de indagación, constatada, estructurada o guiada. No se ha introducido ninguna actividad de indagación abierta, ya que este nivel de autonomía requiere un alto grado de las destrezas científicas implicadas que precisa un nivel de experiencia superior en los anteriores niveles de indagación. A partir de los resultados obtenidos en lo que se refiere a la adquisición de un nivel suficiente en las destrezas necesarias por parte del alumnado, sugerimos que su implementación se incorpore en cursos posteriores.

En este trabajo nos centramos en analizar los niveles de las destrezas implicadas en la propuesta de actividades y en los resultados del cuestionario, empleado como pre- y post-test, que mide el efecto sobre sus autopercepciones y la parte más discursiva de la secuencia. En este sentido, y de acuerdo con los resultados, se puede establecer que el alumnado considera que tiene conocimientos superiores sobre los mismos tras la puesta en práctica de las actividades. Por otro lado, al comparar sus percepciones con los resultados de aplicar dichos conocimientos, podemos deducir que, aunque efectivamente existe una mejora en todos los contenidos y destrezas, no es tan acusada como afirman. En concreto, la propuesta parece contribuir especialmente en el alumnado de 3º ESO, que ya partía de niveles iniciales superiores, tal y como muestran el mayor número de aciertos obtenidos en el pre-test, así como el mayor aumento en los porcentajes de identificación para las distintas destrezas estudiadas. Por tanto, coincidiendo con Padilla y Balderrama (2019), el conocimiento inicial parece influir en el grado de adquisición de las mismas.

De acuerdo con la percepción de la docente, las actividades han sido valoradas positivamente por el alumnado. La elección de problemáticas cercanas al alumnado que promueven la explicitación de ideas en un ambiente de confianza ha podido contribuir al éxito de estas actividades (Conceição *et al.*, 2019), así como la introducción progresiva de diferentes niveles de autonomía. Su realización en el laboratorio y comprobación de sus hipótesis, que previamente han sido discutidas con el resto del grupo, de manera experimental, ha resultado un elemento muy motivador.

Por otro lado, con el objetivo de comprobar en qué medida las destrezas adquiridas permitirían iniciar al alumnado en la resolución de investigaciones abiertas, como propuesta de mejora se incluiría una nueva actividad con mayor grado de autonomía. La resolución de esta actividad podría ser realizada en grupos para fomentar el intercambio de ideas y la discusión, en la que el lenguaje y la utilización de destrezas comunicativas desempeñarían un papel fundamental en el aprendizaje.

Finalmente, consideramos necesario emplear este tipo de actividades con más frecuencia para la familiarización con su terminología y aplicaciones en la sociedad, promoviendo el conocimiento científico y epistemológico desde niveles escolares elementales, en función del nivel educativo y de la experiencia. Asimismo, el alumnado habría desarrollado parcialmente la competencia científica para la resolución de problemas sociocientíficos reales, por lo que su enseñanza podría permitir que tuviera más capacidad para participar en la toma de decisiones argumentadas con impacto en la vida de la comunidad, como parte de una ciudadanía activa, desarrollando su responsabilidad individual y cívica en la sociedad.

## AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen el proyecto PGC2018-097988-A-I00 financiado por: FEDER / Ministerio de Ciencia e Innovación (MCI) de España-Agencia Estatal de Investigación (AEI). Marina Martínez Carmona agradece a la Universidad de Murcia la ayuda para estancias en España y en el exterior EIDUM-CMN 2021 (R-457/2021) concedida para realizar una estancia en la Universidad de Lisboa.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Aguilera Morales, D., Martín-Páez, T., Valdivia-Rodríguez, V., Ruiz-Delgado, Á., Williams-Pinto, L., Vélchez-González, J. M. y Perales, F. J. (2018). La enseñanza de las ciencias basada en indagación. Una revisión sistemática de la producción española. *Revista de Educación*, 381, 259–284.
- Bellová, R., Melicherčíková, D. y Tomčík, P. (2018) Possible reasons for low scientific literacy of Slovak students in some natural science subjects. *Research in Science & Technological Education*, 36(2), 226–242. <https://doi.org/10.1080/02635143.2017.1367656>
- Boletín Oficial del Estado (2013) *Ley Orgánica 8/2013* núm. 295, 97858-97921. <https://www.boe.es/eli/es/lo/2013/12/09/8>
- Conceição, T., Baptista, M. y Reis, P. (2019) La contaminación de los recursos hídricos como punto de partida para el activismo socio-científico. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 16(1), 1502. 10.25267/Rev\_Eureka\_ensen\_divulg\_cienc.2019.v16.i1.1502
- Contrera, M., Martí, Y. y Senrra, N. (2019). El método indagatorio en la disciplina formación pedagógica general. Pasos metodológicos. *Revista Conrado*, 15(68), 97–103.
- Cordón, R. (2009). *Enseñanza y aprendizaje de procedimientos científicos (contenidos procedimentales) en la educación secundaria obligatoria: análisis de la situación, dificultades y perspectivas*. Tesis doctoral. Universidad de Murcia. <https://www.tesisenred.net/handle/10803/10765;jsessionid=8B517D5FDBB4160F8B5B196CA8B31289>
- Crujeiras B. y Jiménez-Aleixandre M. P. (2015) Análisis de la competencia científica de alumnado de secundaria: respuestas y justificaciones a ítems de PISA. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 12(3), 385-401. <http://hdl.handle.net/10498/17598>
- Crujeiras Pérez, B. y Jiménez Aleixandre, M. P. (2018) Influencia de distintas estrategias de andamiaje para promover la participación del alumnado de secundaria en las prácticas científicas. *Enseñanza de las ciencias*, 36(2), 23-42. DOI: 10.5565/rev/ensciencias.2241
- Erduran, S. (2020). Reframing Science Education in light of the COVID-19 pandemic. *School Science Review*, 102(378), 38.
- Ferrés Gurt, C., Marbà, A. y Sanmartí, N. (2015). Trabajos de indagación de los alumnos: instrumentos de evaluación e identificación de dificultades. *Revista Eureka Sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 12(1), 22–37. <https://revistas.uca.es/index.php/eureka/article/view/2900/2584>
- Franco López, A., Ayuso Fernández, G. E. y López-Banet, L. (2021) Evaluación de la adquisición de la competencia científica entre el alumnado de Biología de la ESO y una propuesta para mejorar su habilidad en las representaciones gráficas. *Didáctica de las ciencias experimentales y sociales*, 41, 89-118. DOI: 10.7203/DCES.41.19095
- Franco-mariscal A. J., Blanco-López Á., España- Ramos E. (2017) Diseño de actividades para el desarrollo de competencias científicas. Utilización del marco de PISA en un contexto relacionado con la salud. *Eureka Sobre Enseñanza y Divulgación de Las Ciencias*, 14 (1), 38–53. <https://revistas.uca.es/index.php/eureka/article/view/3004>
- Grau, R. (1994). ¿Qué es lo que hace difícil una investigación? *Alambique*, 2, 27–35.
- INEE (2016) Instituto Nacional de Evaluación Educativa. Informes PISA 2015. *Los resultados de los alumnos en PISA: ciencias, lectura y matemáticas*. <https://www.educacionyfp.gob.es/inee/dam/jcr:2188028d-a138-4691-b236-%0Ad84c6550d2b3/copia-de-tablasfigurascapitulo2.xls>
- INNE (2019) Instituto Nacional de Evaluación Educativa. *Informes españoles PISA 2018. Tablas de datos 2018*. <https://www.educacionyfp.gob.es/inee/evaluaciones-internacionales/pisa/pisa-2018.html>
- Jiménez-Liso, M. R., de Manuel Torres, E., González García, F. y Salinas López, F. (2000). La utilización del concepto de pH en la publicidad y su relación con las ideas que manejan los alumnos: aplicaciones en el aula. *Enseñanza de las Ciencias*, 18(3), 451–461. <https://raco.cat/index.php/Ensenanza/article/view/21696>
- Martin-Hansen, L. (2002) Defining Inquiry. *The Science Teacher*, 69 (2), 34-37.



- Ministerio de Educación y Formación Profesional (2022). *Real Decreto 217/2022, de 29 de marzo, por el que se establece la ordenación y las enseñanzas mínimas de la Educación Secundaria Obligatoria*.
- Ministerio de Educación y Ciencia (2006). *Real Decreto 1631/2006, de 29 de diciembre, por el que se establecen las enseñanzas mínimas correspondientes a la Educación Secundaria Obligatoria*. Recuperado a partir de <https://www.boe.es/buscar/act.php?id=BOE-A-2007-238>
- National Research Council (2000). *Inquiry and the National Science Education Standards: A Guide for Teaching and Learning*.
- National Research Council (2012). *A Framework for K-12 Science Education: Practices, Crosscutting Concepts, and Core Ideas*. The National Academies Press.
- Osborne, J. y Dillon, J. (2008) *Science Education in Europe: Critical Reflections*. London: Nuffield Foundation.
- Padilla Martínez, K. y Balderrama Campos, J. L. (2019). Developing scientific thinking skills through teaching chemical reaction with inquiry based teaching. *Educación Química*, 30(1), 93-110.
- Reis P. (2020) Environmental Citizenship and Youth Activism. En: Hadjichambis A. et al. (eds) *Conceptualizing Environmental Citizenship for 21st Century Education. Environmental Discourses in Science Education*, 4. Springer, Cham. [https://doi.org/10.1007/978-3-030-20249-1\\_9](https://doi.org/10.1007/978-3-030-20249-1_9)
- Romero-Ariza, M. (2017). El aprendizaje por indagación: ¿existen suficientes evidencias sobre sus beneficios en la enseñanza de las ciencias? *Eureka Sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 14(2), 286–299. [https://doi.org/10.25267/Rev\\_Eureka\\_ensen\\_divulg\\_cienc.2017.v14.i2.01](https://doi.org/10.25267/Rev_Eureka_ensen_divulg_cienc.2017.v14.i2.01)
- Sadler, T. D., y Zeidler, D. L. (2005). Patterns of informal reasoning in the context of socioscientific decision making. *Journal of Research in Science Teaching*, 42(1), 112–138. <https://doi.org/10.1002/tea.20042>
- Sanmartí N. y Márquez, C. (2012) Enseñar a plantear preguntas investigables. *Alambique* 70, 27–36.
- Tena, E. y Couso, D. (2022). El diseño de preguntas investigables en el ciclo superior de primaria. *Enseñanza de las Ciencias*, 1-23. <https://doi.org/10.5565/rev/ensciencias.5573>

## INFORMACIÓN ADICIONAL

*Para citar este artículo:* López-Banet, L., Martínez-Carmona, M., Soto Cascales, C., M. y Reis, P. (2023) Investigaciones secuenciadas por grado de autonomía para el desarrollo de prácticas científicas en 2º y 3º de ESO. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias* 20(1), 1501. doi: 10.25267/Rev\_Eureka\_ensen\_divulg\_cienc.2023.v20.i1.1501