



¡Viaje al espacio! Una aproximación ABP sobre dinámica en 4º de ESO desde las destrezas científicas básicas y las emociones

Alberto Bernal¹ y Cristina García-Ruiz²

¹Física Aplicada, Facultad de Ciencias, Universidad de Málaga; ²Didáctica de las Ciencias Experimentales, Facultad de Ciencias de la Educación, Universidad de Málaga

[Recibido: 1 diciembre 2025; Revisado: 11 diciembre 2025; Aceptado: 14 enero 2026]

Resumen: En el contexto social y educativo actual, marcado por la necesidad de promover en el alumnado el desarrollo de la competencia científica, resulta fundamental proponer y aplicar metodologías innovadoras que permitan al alumnado construir su conocimiento, considerando a su vez las emociones manifestadas durante el proceso de enseñanza-aprendizaje. Este estudio presenta el diseño e implementación de un proyecto de ABP para el cuarto curso de Educación Secundaria Obligatoria centrado en el diseño, construcción y lanzamiento de un cohete, con el objetivo de desarrollar en el alumnado las destrezas científicas básicas desde el abordaje de la dinámica, buscando además potenciar las emociones positivas sentidas durante el proceso de aprendizaje. Utilizando como instrumentos de investigación cuestionarios y producciones del alumnado, se obtuvieron resultados que evidencian un adecuado nivel de logro de aprendizaje y de destrezas científicas, así como un perfil emocional favorable al proyecto.

Palabras clave: aprendizaje basado en proyectos; competencia científica; enseñanza de las ciencias; educación secundaria obligatoria; emociones.

A trip to space! A PBL approach to teaching dynamics to 4th-year secondary school students focusing on basic scientific skills and emotions

Abstract: Society today is marked by the growing need for improved scientific competence. In education, this requires the creation and implementation of innovative teaching methodologies that allow students to construct their knowledge while also taking into account the emotions that emerge during the teaching-learning process. This article presents the design and implementation of a PBL proposal for 4th-year secondary school students, focusing on the design, construction, and launching of a rocket. The objective of the study was to develop students' basic scientific skills in relation to dynamics, while also strengthening the positive emotions experienced during the learning process. Data were collected based on questionnaires and students' work. The results showed an adequate level of learning achievement and scientific skills, and a positive emotional profile.

Keywords: project-based learning; scientific competence; science teaching; secondary education; emotions.

Introducción

La Organización para la Cooperación y Desarrollo Económicos recoge desde el año 2003 la competencia científica como una competencia necesaria para poder desenvolverse en la sociedad actual, destacando en su último informe su papel clave en la transición ecológica y digital (Organización for Economic Co-operation and Development [OECD], 2023a). Según el Programa para la Evaluación Internacional del Alumnado de la OECD (PISA, por sus siglas en inglés) permite “comprometerse con cuestiones relacionadas con la ciencia y con las ideas de la ciencia, como ciudadano reflexivo” y “explicar fenómenos científicamente, evaluar y diseñar investigaciones científicas e interpretar datos y pruebas científicamente” (OECD, 2023b). Por su parte, la Unión Europea publicó en el año 2006 la Recomendación del Parlamento Europeo y del Consejo (2006) sobre las competencias clave para el aprendizaje permanente, donde se recoge también la competencia científica como una competencia clave con una definición similar a la recogida con anterioridad. De igual forma, a nivel nacional la actual ley educativa, la LOMLOE (Ley Orgánica 3/2020), también describe la competencia científica, dentro de la competencia STEM (acrónimo en inglés de ciencia, tecnología, ingeniería y matemáticas), como una competencia clave que el alumnado debe haber desarrollado al terminar la Educación Secundaria Obligatoria. Queda así patente la importancia que actualmente recibe el desarrollo de la competencia científica en el alumnado y de la enseñanza de las ciencias en general, por parte de los diversos organismos. Relevancia debida, en gran medida, a la necesidad actual y futura de la sociedad por promover una mayor vocación científico-tecnológica en el alumnado (Domènech-Casal, 2018; OECD, 2023a).

Esta necesidad lleva al estudio y desarrollo de nuevas metodologías docentes en las que la maestría en el contenido académico sigue siendo importante, pero no suficiente, ya que el alumnado necesita desarrollar habilidades que le ayuden a desenvolverse con éxito en la sociedad actual (Schleicher, 2018). En este sentido, el uso de estrategias didácticas centradas en el alumnado como agente activo de su proceso de aprendizaje, desde la aplicación de prácticas científicas como la indagación, que permite realizar la transposición didáctica de la investigación científica (Domènech-Casal, 2018; Jiménez-Liso et al., 2020), facilita no solo la adquisición de conocimientos científicos, sino un desarrollo competencial de las destrezas científicas básicas (Blanco-López et al., 2018).

Por otro lado, en los últimos años, las emociones se han convertido en un tema de interés en el ámbito educativo, debido a su influencia en la efectividad de los procesos de enseñanza-aprendizaje, y, por ende, en el rendimiento académico del alumnado (Pekrun y Linnenbrink-García, 2014). Las emociones que experimenta el alumnado han mostrado estar vinculadas a su atención, memoria y motivación. Así, mientras emociones como el interés, la curiosidad o la satisfacción son capaces de facilitar el aprendizaje significativo, haciendo que el alumnado se involucre de forma plena en su proceso de aprendizaje, otras como la inseguridad, el aburrimiento o la vergüenza pueden suponer barreras en el proceso (Davis y Bellocchi, 2018). De esta forma, resulta fundamental conocer y analizar el perfil emocional asociado a los procesos de enseñanza-aprendizaje y potenciar metodologías activas, que, mediante propuestas innovadoras, lleven a cambios significativos en las emociones vivenciadas (González-Gómez et al., 2017).

Bajo estas premisas, en esta investigación se describe una propuesta de aprendizaje basado en proyectos (ABP) vehiculada a través de la indagación científica, con el objetivo de desarrollar la competencia científica en el alumnado mediante la promoción de las destrezas científicas básicas, al mismo tiempo que se busca potenciar las emociones positivas sentidas por el alumnado, que favorezcan un ambiente de aprendizaje adecuado.

Marco teórico

Aprendizaje basado en proyectos como estrategias para movilizar la competencia científica

El ABP (Kilpatrick, 1918) se presenta como una metodología privilegiada que permite el desarrollo de las diferentes competencias, entre las que se encuentra la competencia científica (Domènech-Casal, 2018). El ABP ha emergido en los últimos años en las aulas de educación obligatoria como alternativa a métodos más tradicionales de enseñanza (centrados principalmente en la transmisión de conocimientos a través de clases magistrales complementadas con actividades), ya que proporciona una forma de trabajo activa e inclusiva en el alumnado, animándole a asumir la responsabilidad de su aprendizaje, trabajar de forma colaborativa y gestionar sus proyectos (Capraro et al., 2013). Centrado en el proceso de resolución de retos del mundo real que imitan los complejos problemas cotidianos, el ABP consigue que el alumnado transite por los procesos propios de la ciencia para dar solución al problema inicial y desarrollar un producto final relacionado (Menéndez-Cuervo y Vílchez-González, 2024), fortaleciendo así su comprensión de los conceptos científicos fundamentales.

Una de las principales ventajas que ofrece esta metodología es la visión holística del problema o proyecto planteado, lo cual permite realizar un abordaje multidisciplinar y no considerar únicamente unos contenidos o habilidades concretas. Un ejemplo claro es el proyecto planteado por King y English (2016), en el que mediante el diseño de un instrumento óptico trataron tanto contenidos científicos teóricos (estudio de la luz) como contenidos y habilidades propias de la ingeniería y la investigación científica siguiendo las etapas del proceso de diseño ingenieril (García-Carmona y Toma, 2023).

Por otro lado, además de la flexibilidad de la puesta en práctica del ABP o su adaptabilidad a las características y necesidades del alumnado, la implementación de este tipo de proyectos influye positivamente en las emociones que este experimenta. Proyectos como el llevado a cabo por Arana-Cuenca et al. (2023), sobre la luz y los colores, permiten aumentar el aprendizaje del alumnado promoviendo un aprendizaje significativo y emociones positivas. Además, la componente lúdica de los proyectos contribuye a que el alumnado valore la importancia de la ciencia y la ingeniería, mejorando su percepción sobre ambas y aumentando su sentido de autoeficacia, al lograr superar con éxito los desafíos que suponen estos proyectos (Grimalt-Álvaro et al., 2021; Menéndez-Cuervo y Vílchez-González, 2024).

Dificultades de aprendizaje relacionadas con la dinámica

A pesar de las ventajas expuestas, la implementación de metodologías innovadoras como el ABP no son suficientes para lograr un aprendizaje significativo si no se tienen en cuenta en su diseño, las dificultades de aprendizaje que presenta el alumnado, y dentro de ellas las ideas previas, derivadas de explicaciones alternativas sobre los fenómenos que observa en su vida cotidiana (Sebastià 2006). Profundamente arraigadas, resulta necesario abordar la enseñanza teniendo en cuenta estas ideas y usando el conocimiento previo del alumnado como punto de partida (Campanario y Otero, 2000). En el caso concreto de la dinámica y del proceso de indagación científica que vehicula el proyecto, las dificultades de aprendizaje (en adelante, DA) mayormente expresadas por el alumnado son las que se recogen en la Tabla 1.

Tabla 1. Principales DA vinculadas a la dinámica y a los procesos de indagación

DA	Descripción	Referencias
DA.1	Dificultad al actuar múltiples fuerzas sobre un objeto; creencia de que siempre hay una fuerza privilegiada que debe tener el mismo sentido que el movimiento.	(Hewson, 2006; Pozo y Gómez, 2009)
DA.2	Asociación entre fuerza y movimiento; creencia de que, para que exista movimiento, debe haber una fuerza actuando.	(Gunstone y Watts, 1985; Jimoyiannis y Komis, 2003; Pozo y Gómez, 2009)
DA.3	Creencia de que la fuerza es una propiedad del objeto; consideración de que los objetos se mueven más rápido cuanto mayor fuerza poseen y se paran cuando se gasta.	(Jimoyiannis y Komis, 2003)
DA.4	Diferentes conceptos de fuerzas según el contexto.	(Hewson, 2006)
DA.5	Dificultad para comprender la interacción entre objetos; problemas manifiestos para comprender la simetría en la tercera ley de Newton.	(Jimoyiannis y Komis, 2003; Pozo y Gómez, 2009)
DA.6	Creencia de que la fuerza de un cuerpo depende de características externas, como el tamaño.	(Pozo y Gómez, 2009)
DA.7	Dificultades respecto a la investigación e indagación: buscar información, seleccionar la relevante y comunicar resultados, formular hipótesis y diseñar experimentos.	(Córdova et al., 2021; Kinchin, 2019)

Objetivo y preguntas de investigación

En el presente trabajo se plantea la implementación de la propuesta de ABP centrada en el contexto de los viajes espaciales y que tiene como producto final el diseño y construcción de un cohete, que el alumnado lanzará y con el que estudiará una variable de su elección. Con ella se pretende que, por una parte, el alumnado construya un aprendizaje significativo sobre los contenidos de dinámica y que desarrolle las habilidades científicas básicas que marca la legislación actual para la etapa educativa (Orden de 30 de mayo de 2023), dando respuesta a las siguientes preguntas de investigación:

- ¿En qué medida contribuye la realización de un proyecto guiado por la indagación científica y centrado en la creación de un cohete a la construcción de conocimientos sobre dinámica y al desarrollo de destrezas científicas en el alumnado?
- ¿Cuáles son las emociones manifestadas por el alumnado con respecto a las diferentes fases del proyecto realizado?

Contexto de la investigación

El proyecto titulado “*¡Viaje al espacio!*” se encuentra enmarcado dentro de una propuesta de intervención realizada por el coautor de este trabajo en el marco de las asignaturas de Prácticas Externas y Trabajo de Fin de Máster de la especialidad de Física y Química del Máster en Formación del Profesorado de Educación Secundaria de la Universidad de Málaga. Implementada durante el tercer trimestre del curso 2024/2025, consta de un total de diez actividades que se desarrollan a lo largo de siete sesiones (de una a dos horas de duración) (Figura 1), en las que se aborda el estudio de la dinámica. En ella se abarcan los contenidos y saberes básicos recogidos en la Orden de 30 de mayo de 2023, referidos a las destrezas científicas básicas y la interacción (bloques A y D, respectivamente), del currículo de Física y Química de 4º de ESO.

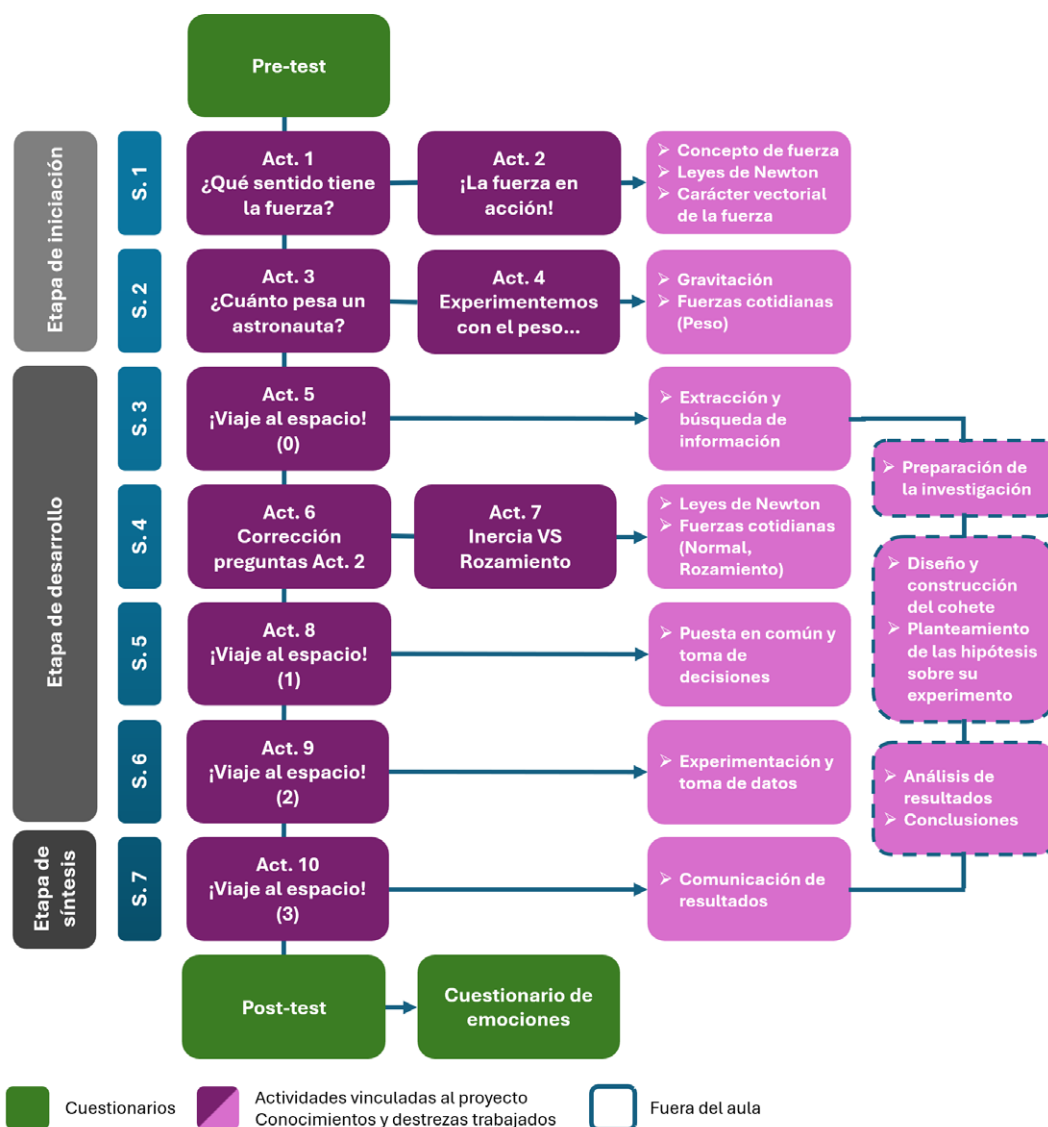


Figura 1. Cronograma de la propuesta de intervención del proyecto *¡Viaje al espacio!*

En las sesiones S1 y S2, correspondientes a la etapa de iniciación del proyecto, se llevan a cabo cuatro actividades que abordan los conceptos clave sobre la dinámica, necesarios en la etapa de desarrollo. Durante la S1, en la Act. 1, se trabaja, mediante el debate y la argumentación, el concepto de fuerza y su carácter vectorial. Mientras que, en la Act. 2, se abordan las leyes de Newton, relacionándolas con experiencias cercanas con la ayuda del visionado del vídeo “*Leyes de Newton explicadas con ejemplos reales*” (European Space Agency [ESA], 2008), junto con un listado de preguntas que el alumnado responde de forma individual y que se debaten en la S4.

En la sesión S2 se trabaja el concepto de peso y el cálculo de este mediante la aplicación de la segunda ley de Newton. En la primera actividad de esta sesión, Act. 3, se visualiza el vídeo “*Astronautas del Apolo en la Luna*” (Microsoft Encarta, 2017), generándose un debate sobre el motivo por el que los astronautas son capaces de moverse sin dificultad en la Luna con un traje de 140 kilogramos de masa. En la segunda actividad de la sesión, Act.4, el alumnado, organizado en grupos, realiza una breve experiencia práctica en la que, mediante el uso de dinamómetros, mide el peso de distintas masas y calcula el valor de la gravedad.

En la etapa de desarrollo del proyecto, que abarca desde la S3 a la S6, se llevan a cabo las actividades principales vinculadas al proyecto *¡Viaje al espacio!* En la Act. 5 que se realiza en la tercera sesión, se introduce en mayor profundidad el proyecto y el producto final a elaborar: un prototipo de cohete. Es en este momento en el que conforman los grupos de trabajo (de tres integrantes) y se le entrega a cada grupo el cuaderno del proyecto (Bernal, 2025a), que sirve tanto como guía para el alumnado como de registro del proceso de investigación, y en el que se indican las tareas iniciales a realizar. La primera tarea consiste en la lectura y análisis de un texto introductorio que sirve para contextualizar el proyecto, y la segunda aborda el planteamiento y justificación de los posibles materiales de construcción y métodos de impulsión a utilizar, así como las variables que podrían someter a estudio y el propio diseño de la investigación.

En la S4 se llevan a cabo la Act. 6, en la que se debaten y se ponen en común las respuestas a las cuestiones planteadas en la segunda sesión, y la Act. 7, en la que se aborda, mediante la argumentación y la experimentación con un aerodeslizador, la fuerza normal y la fuerza de rozamiento.

En la S5, en la Act. 8, se realiza una puesta en común de los materiales, métodos de propulsión y posibles variables planteadas. A partir de esta puesta en común y del posterior debate guiado por el profesorado, se descartan aquellas opciones que por distintos motivos no resultan viables. Una vez finalizado, cada grupo escoge el material de construcción de su cohete, el método de propulsión y la variable que someterá a estudio. Por último, se plantea el diseño definitivo y construcción del prototipo de cohete, así como las hipótesis razonadas sobre los resultados que esperan obtener al estudiar la variable.

En la S6 se lleva a cabo la Act. 9, en la que cada grupo realiza el lanzamiento de su prototipo de cohete y lleva a cabo los experimentos planteados para estudiar la variable que escogieron, recogiendo los datos para su posterior análisis (Figura 2). Una vez terminada la actividad se les encarga la última tarea, que consiste en el análisis de dichos datos y la preparación de una breve exposición que presentaran en la última sesión.

Finalmente, la etapa de síntesis, que abarca únicamente la S7, consiste en la realización de la Act. 10, en la que cada grupo expone el trabajo realizado a lo largo del proyecto. En dichas exposiciones, de aproximadamente 5 minutos, cada grupo comparte con el resto del grupo clase como construyeron su cohete, qué variable estudiaron, cómo la estudiaron, qué resultados esperaban obtener, qué resultados obtuvieron y qué conclusiones han extraído de su trabajo.

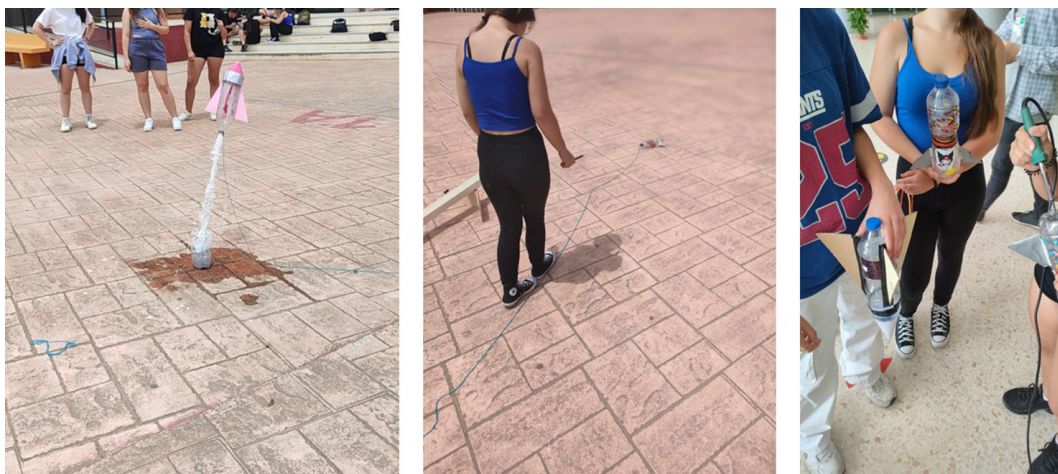


Figura 2. Imágenes de los lanzamientos de los cohetes

Metodología

Este estudio se enmarca en una investigación de diseño pre-experimental longitudinal (Jiménez-Buedo, 2018), realizando una única implementación del proyecto en un único grupo y aplicando una metodología de análisis cuantitativa, combinando diferentes instrumentos de investigación para evaluar el impacto del proyecto “¡Viaje al espacio!”.

Participantes y contexto

El estudio se llevó a cabo en un grupo de alumnado de 4º de ESO, integrado por 11 alumnos y nueve alumnas de un centro público de la provincia de Málaga, tratándose en todo caso de una muestra de conveniencia, al corresponder con el grupo clase asignado a una de las personas coautoras de esta investigación en el contexto de la asignatura de Prácticas Externas del Máster. Con el objetivo de conocer su percepción inicial sobre la ciencia, se utilizó la versión española del instrumento School Science Attitude Questionnaire (SSAQ) desarrollada y validada por Aguilera y Perales-Palacios (2019), que cuenta con 20 ítems en escala Likert de cinco puntos (1: muy en desacuerdo y 5: muy de acuerdo). Esta fue adaptada eliminando el ítem 13 que podía no ser correctamente comprendido por el alumnado y cuyo contenido se encontraba suficientemente representado en otros ítems.

Los resultados de este cuestionario (Tabla 2) revelan que, previo a la realización del proyecto, el alumnado mostraba una actitud positiva hacia la ciencia y reconocía su importancia (I1, I9, I17), aunque su interés por profundizar en temas científicos fuera del ámbito escolar era limitado (I15). Por otra parte, manifestaba no obtener siempre respuestas a preguntas que le intrigan (I2) y no poder expresar siempre sus propias ideas en clase (I3). Aunque consideraba que no podría aprender sobre ciencias sin el apoyo del docente (I4), mostraba buena predisposición a ayudarse entre sí y a trabajar en equipo (I14). Además, contaba con cierta experiencia en la realización de proyectos de indagación, al haber participado en cursos anteriores, de forma voluntaria y en horario extraescolar, en el programa *Investiga y Descubre* de la Junta de Andalucía (Consejería de Desarrollo Educativo y Formación Profesional, 2023).

Tabla 2. Resultados del instrumento SSAQ sobre el nivel de percepción de la ciencia del alumnado (Aguilera y Perales, 2019)

Ítem	Pregunta	M*	ME**
I1	Pienso que la ciencia es un tema interesante	4	4,5
I2	En las clases de ciencias obtengo respuestas a preguntas que me intrigan	3	3
I3	En clase de ciencias puedo expresar mis propias ideas	3	3
I4	Puedo tener éxito en la ciencia sin ayuda del profesor/a	2	2
I5	Las asignaturas de ciencias no deberían ser obligatorias en la escuela	2	1,5
I6	El número de horas por semana de ciencias debería incrementarse	1	2,5
I7	Las clases de ciencias me fascinan	3	3
I8	Las clases de ciencias me aburren	1	2
I9	Es importante para mí entender lo que se enseña en clase de ciencias	4	4
I10	Las lecciones de ciencias son fáciles de estudiar	3	3
I11	Me divierto aprendiendo ciencias	3	3,5
I12	En el futuro me gustaría ser científica/o	1	2

Tabla 2. Resultados del instrumento SSAQ sobre el nivel de percepción de la ciencia del alumnado (Aguilera y Perales, 2019). *Continuación*

Ítem	Pregunta	M*	ME**
I13	Confío en mis habilidades para tener éxito en el estudio de las ciencias	4	4
I14	Ayudo a los demás en las clases de ciencias	5	4,5
I15	Me gusta leer artículos y ver programas que tratan temas científicos	2	2
I16	Me interesan las explicaciones de los fenómenos científicos	3	3
I17	Creo que la comprensión de la ciencia es importante para todos/as	4	4
I18	Es difícil para mí aprender ciencia	2	2
I19	La ciencia no tiene conexión con mi vida	1	1

*M: moda; **ME: mediana

Instrumentos de toma de datos y análisis

El diseño de la propuesta de ABP conllevó la aplicación de diferentes instrumentos de investigación que permitieron valorar la implementación del proyecto. Con el propósito de valorar la evolución en el logro de aprendizaje del alumnado, se diseñó un cuestionario *ad hoc* (Bernal, 2025b), a partir de la bibliografía consultada sobre las dificultades de aprendizaje del alumnado, aplicado en formato pre/post.

Para analizar el desarrollo de las destrezas científicas e ingenieriles promovidas con el desarrollo del proyecto, se utilizó una rúbrica de cinco niveles (0: bajo y 4: alto) adaptada de Crujeiras-Pérez y Cambeiro (2017), aplicándola a la información recogida desde los informes del proyecto realizados por el alumnado y la observación docente.

Finalmente, para conocer el perfil emocional manifestado por el alumnado en relación al proyecto realizado, se utilizó un cuestionario de emociones multirrespuesta (García-Ruiz et al., 2020) que relacionaba las emociones asociadas a las etapas del proyecto, incluyendo emociones académicas de logro (confianza, satisfacción, vergüenza e insatisfacción) y epistémicas (interés, concentración, aburrimiento, rechazo e inseguridad) por estar asociadas íntimamente al razonamiento de la práctica científica (Davis y Bellocchi, 2018). Aunque conscientes de las dimensiones fundamentales de las emociones (valencia y activación) propuestas en el modelo circumplejo de Feldman-Barret y Russel (1998), para este trabajo se ha utilizado una visión reduccionista y dicotómica, asignando un carácter positivo o negativo a las emociones propuestas.

Los datos obtenidos se analizaron de forma cuantitativa con la aplicación *RStudio* versión 2023.09.1+494 “Desert Sunflower”, con base en el lenguaje de programación R versión 4.3.1 (2023-06-16 ucrt). En el caso de las respuestas del cuestionario de DA, se realizó un estudio estadístico descriptivo recogiendo el porcentaje de acierto en el pre-test y en el post-test. Tras comprobar el carácter no paramétrico de la distribución de los datos, se aplicó la prueba estadística de McNemar (Levin y Serlin, 2000), utilizada para comparar los resultados de dos muestras de tamaño limitado y relacionadas en dos momentos diferentes (pre/post). Para los datos obtenidos mediante la rúbrica aplicada a las producciones del alumnado y la observación docente, el estudio estadístico incluyó los valores de moda y mediana. Por último, para los datos derivados del cuestionario de emociones se realizó un estudio descriptivo recogiendo las frecuencias de emociones y su representación porcentual.

Resultados y discusión

Nivel de aprendizaje significativo de los conceptos de dinámica

La información recogida mediante el pre-test y post-test se encuentra en la Tabla 3, en la que se vinculan las preguntas del cuestionario y las DA identificadas. Además, se recoge para cada pregunta el porcentaje de alumnado que respondió correctamente en el pre-test y el post-test, junto al valor de p resultante de la prueba de McNemar, el cual permite identificar qué preguntas mostraron una diferencia estadísticamente significativa ($p < 0,05$).

Tabla 3. Comparativa de los resultados del pre-test y del post-test de los contenidos de dinámica abordados en el proyecto

Pregunta	DA	Porcentaje de acierto (%)		Valor de p^*
		Pre-test	Post-test	
P1	DA.1	83	100	0,134
P2	DA.2, DA.3, DA.4	21	70	0,003
P3	DA.2, DA.3, DA.4	72	90	0,134
P4	DA.2, DA.3, DA.4	11	75	0,001
P5	DA.1	0	80	0,000
P6	DA.2, DA.3, DA.4	47	60	0,248
P7	DA.2, DA.3, DA.4	100	100	NA
P8	DA.1	15	85	<0,000
P9	DA.5, DA.6	72	90	0,134

**Prueba de McNemar. Los valores en negrita representan diferencias estadísticamente significativas ($p < 0,05$)*

En la pregunta P1 se observa que, antes de la intervención, el alumnado entendía que el movimiento de un cuerpo está influenciado por la acción de todas las fuerzas a las que se encuentra sometido, no solo por la mayor de estas (DA.1). Sin embargo, al pedirle que representase todas las fuerzas que actuaban sobre las cajas en las preguntas P5 (Tabla 4) y P8 (Tabla 5), indicó mayoritariamente como única fuerza la ejercida por la persona. Esto mostró que, si bien el alumnado era capaz de entender que un movimiento podía ser resultado de múltiples fuerzas, cuando tenía que reconocerlas y representarlas, obviaba de forma sistemática las fuerzas que no tenían la misma dirección y sentido del movimiento, es decir, el peso, la normal y la fuerza de rozamiento. Hewson (2006) señala que esta preconcepción se debe, por un lado, a que tienden a enfocarse en la dirección del movimiento, y, por ende, en la fuerza que tiene la misma dirección, obviando las demás; y por otro lado, al entender que el movimiento requiere la acción de una fuerza, obvian la fuerza de rozamiento. Tras la intervención esta idea fue ampliamente superada por el alumnado, tal y como demuestran los resultados del post-test de las preguntas P5 y P8, que pasaron de un 0% y un 15% a un 80% y a un 85%, respectivamente.

Por otro lado, las preguntas P2, P3 y P4 buscaban observar si el alumnado asociaba la fuerza con el movimiento (DA.2), si entendían la fuerza como una propiedad del cuerpo (DA.3) y si relacionaban la fuerza con dos conceptos distintos según el contexto (DA.4). A la vista de los resultados obtenidos se observa que sí presentaban estas dificultades.

Tabla 4. Resultados pre-test y post-test de DA para la pregunta P5

P5. Para el caso inicial en el que la persona empuja la caja sobre la superficie de hielo dibuja las fuerzas que actúan sobre la caja. Dibújalas utilizando flechas		
	Pre-test (%)	Post-test (%)
Normal	0	80
Fuerza Persona	83	100
Peso	50	90
Fuerza Rozamiento	6	10

Tabla 5. Resultados pre-test y post-test de DA para la pregunta P8

P8. Para el caso inicial en el que la persona empuja la caja sobre la superficie de tierra dibuja las fuerzas que actúan sobre la caja. Dibújalas utilizando flechas		
	Pre-test (%)	Post-test (%)
Normal	15	85
Fuerza Persona	75	100
Peso	45	90
Fuerza Rozamiento	25	95

Por un lado, entendían que la caja no podría acelerar de forma indefinida (P2), es decir, asociaban la fuerza con el movimiento. Por otro lado, al afirmar que la caja, sin sufrir rozamiento con la superficie, se pararía si la persona dejaba de empujarla (P4), demostraron que entendían la fuerza como una propiedad del objeto, la cual posee o no posee. No obstante, y aunque entendían la fuerza como una propiedad del cuerpo, también entendían la fuerza como un agente modificador del movimiento al afirmar que ganaría velocidad más rápidamente si la persona ejercía mayor fuerza (P3). Esto puede deberse a que en los contextos cotidianos siempre se encuentra presente una fuerza de rozamiento que termina frenando los cuerpos (Gunstone y Watts, 1985); de hecho, al incluir el rozamiento con la superficie en la pregunta P7, todo el alumnado expresó que, sin la fuerza ejercida por la persona, la caja se pararía eventualmente. Aunque en la P6 no todo el alumnado logró identificar que la caja se movería o no según la fuerza que aplicase la persona (es decir, si esta era menor o mayor/igual a la fuerza de rozamiento máxima). Sin embargo, tras la intervención, se logró que el alumnado en general superase estas preconcepciones, aunque no se alcanzó un gran logro en lo que respecta a la comprensión de que, en una situación con rozamiento, un objeto se moverá o no dependiendo de si la fuerza aplicada sobre este es mayor o igual a la fuerza de rozamiento máxima (Tabla 3).

Por último, la P9 buscaba identificar si el alumnado entendía la naturaleza simétrica en la interacción entre cuerpos (DA.5) y que la fuerza que ejerce un cuerpo no depende de características externas (DA.6). El alumnado manifestó entender de forma superficial la naturaleza simétrica en la interacción entre cuerpos; por una parte, argumentaba que sabía la respuesta por experiencias propias, pero no conocía el motivo (*“no sé, pero a mí me ha pasado”*). Mientras que, en otros casos, sí entendían el motivo (*“al bajarse la empuja en sentido contrario”*). Sin embargo, al analizar las diversas justificaciones se observó que parecían no entender que el módulo de las fuerzas es el mismo en ambos sentidos, lo cual, se confirmó al preguntarle directamente, tras la realización del pre-test,

si el módulo de la fuerza era igual en ambos casos, a lo que la gran mayoría respondió negativamente. La causa, tal y como apuntan Jimoyiannis y Komis (2003), radica en que entienden e interpretan las fuerzas de forma individual, y no como un par de fuerzas que actúa de forma simétrica y simultánea. No obstante, tras finalizar la implementación se observó que aumentó ligeramente, aunque no significativamente, el número de respuestas correctas, aumentando en mayor medida las justificaciones que entendían el motivo del desplazamiento de la barca.

Promoción del desarrollo de las destrezas científicas e ingenieriles

Los resultados de aplicación de la rúbrica de evaluación se recogen en la Tabla 6, en la que se encuentran vinculados a las Competencias Específicas (CE) trabajadas y a los Criterios de Evaluación (CEv) utilizados. Los resultados muestran un buen desempeño del alumnado en el desarrollo de las competencias científicas e ingenieriles, siendo capaz de completar con éxito todas las fases del proyecto y destacando en las etapas de construcción del cohete, de experimentación y toma de datos y en la capacidad de trabajo en equipo. La etapa con menor logro fue la relacionada con la capacidad de extracción de información y búsqueda de información, identificando así un alumnado poco proactivo en este sentido. Este menor logro puede estar relacionado con la limitada experiencia previa con la que contaba el alumnado en actividades de indagación autónomas, especialmente en aquellas en las que no se le proporciona un conjunto cerrado de fuentes, sino que requieren identificar, contrastar y seleccionar información relevante de manera independiente. Esto es consistente con el hecho de que las actividades realizadas por el alumnado en años anteriores en el programa *Investiga y Descubre*, eran actividades de indagación mayoritariamente guiadas por el docente.

Tabla 6. Resultados de evaluación de destrezas científicas e ingenieriles promovidas en el proyecto *¡Viaje al espacio!*

Indicador	CE / CEv*	M**	ME***
Capacidad de extracción de información y búsqueda de información	CE 4 / CEv 4.2 CE 6 / CEv 6.1	3	3
Preparación de la investigación (pre-construcción del cohete)	CE 1 / CEv 1.2 CE 3 / CEv 3.1	4	4
Construcción del cohete y planificación del experimento	CE 2 / CEv 2.2; 2.3	4	4
Experimentación y toma de datos	CE 2 / CEv 2.1 CE 3 / CEv 3.3	4	4
Análisis de resultados y conclusiones	CE 2 / CEv 2.1; 2.3	3	3
Trabajo cooperativo	CE 5 / CEv 5.1	4	4

*CE: competencia específica; CEv: Criterio de evaluación asociado; **M: moda; ***ME: mediana

Auto percepción de las emociones experimentadas durante el proyecto

Las emociones sentidas en cada fase del proyecto *¡Viaje al espacio!* se recogen en la Figura 3. Se observa que en general las emociones sentidas por el alumnado han sido mayoritariamente positivas, concretamente las más repetidas han sido concentración e interés, destacando esta última especialmente en las fases A (preguntas sobre el texto e investigación), C (planteamiento de métodos para impulsar el cohete), y E (construcción del cohete). Por su parte, la concentración también estuvo muy presente, especialmente en

las primeras etapas, decayendo ligeramente en las últimas. Respecto al resto de emociones positivas, en general estuvieron presentes de forma moderada en todas las fases, aunque tanto la confianza como la satisfacción disminuyeron notablemente en la fase F (formulación de hipótesis sobre los experimentos), lo que puede deberse a que el alumnado no confiaba en sus hipótesis y veía que podía no acertar en sus predicciones (García-Ruiz et al., 2020).

En lo que respecta a las emociones negativas, cabe destacar que fueron muy infrecuentes, únicamente destacando la inseguridad en la fase de E (construcción del cohete). No obstante, tal y como se observa en la Figura 3, estos sentimientos negativos son prácticamente anecdóticos. Estos resultados contrastan con las emociones que el alumnado suele presentar en este tipo de proyectos (Agen y Ezquerro, 2021), lo cual probablemente se deba a que el alumnado presentaba ciertas experiencias en actividades de indagación (derivadas de su participación en el programa “Investiga y Descubre”), aunque fuesen significativamente más estructuradas.

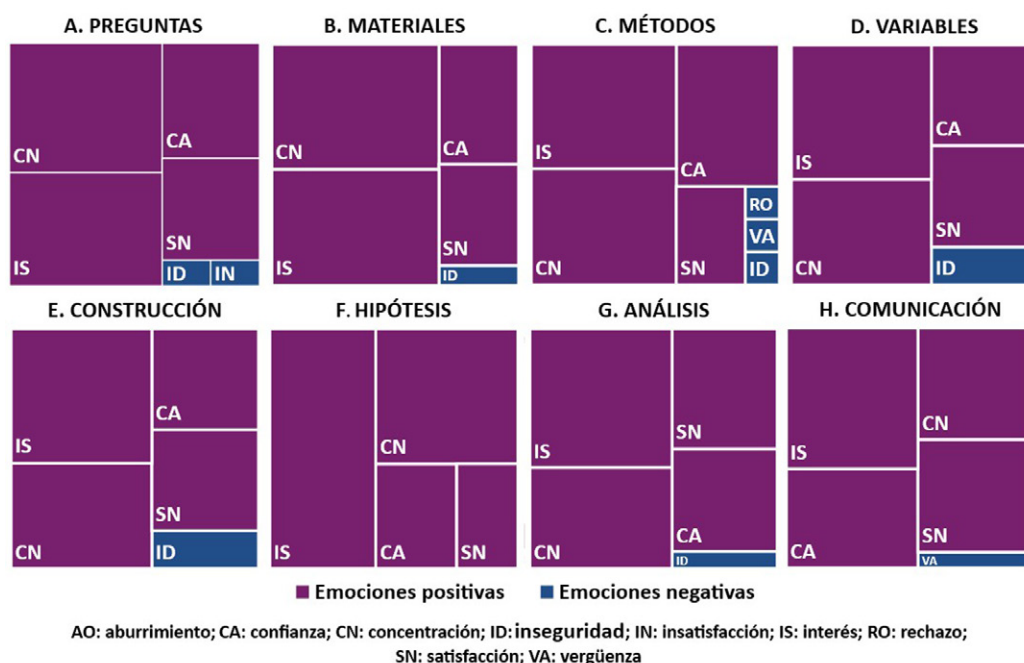


Figura 3. Emociones sentidas por el alumnado en las distintas fases del proyecto *¡Viaje al espacio!*

Conclusiones e implicaciones didácticas

Este trabajo analiza el impacto de una propuesta de ABP centrado en el diseño y construcción de un cohete en el desarrollo de la competencia científica del alumnado de 4º de ESO, desde los niveles cognitivo, epistémico y afectivo.

En general, observamos que la implementación del proyecto *¡Viaje al espacio!* ha tenido un impacto positivo en el aprendizaje del alumnado y en el desarrollo de su competencia científica. Con la debida cautela en la validación de los resultados obtenidos, dada la limitación del tamaño y tipo de muestra de participantes, el carácter pre-experimental del diseño de investigación o la ausencia de un proceso de triangulación sistemático con otros datos como observaciones docentes o entrevistas con el alumnado, entendemos que el impacto en el desarrollo de las destrezas científicas básicas y el perfil emocional experimentado por este alumnado durante el proceso han sido favorables, lo que nos alienta a continuar mejorando esta propuesta.

En relación con la primera pregunta de investigación sobre los niveles cognitivo y epistémico de la competencia científica, los resultados obtenidos mediante el cuestionario de DA muestran una mejora antes y después de la implementación, lo que sugiere que la propuesta ha contribuido al aprendizaje de los conceptos de dinámica. Asimismo, el alumnado mostró un elevado nivel en las destrezas científicas e ingenieriles a lo largo del proyecto, siendo la extracción y búsqueda de información la única destreza en la que mostró un desempeño ligeramente menor, aspecto que debe enfatizarse en futuras implementaciones.

Con respecto a la segunda pregunta de investigación sobre el nivel afectivo de la competencia científica, los resultados reflejan un alto nivel de motivación e implicación durante todas las fases del proyecto, lo que ha contribuido a crear un ambiente favorable para el aprendizaje.

Consideramos que los resultados obtenidos ofrecen implicaciones educativas para la práctica docente. Así, además de permitir un acercamiento a los procesos de la ciencia y la ingeniería, este tipo de proyectos contribuye a acercar de una forma contextualizada, conceptos científicos y tecnológicos fundamentales, promoviendo habilidades desarrolladas con la toma de decisiones y el pensamiento crítico, como parte de la resolución del problema inicial planteado. Por otra parte, la promoción de un perfil afectivo favorable refuerza la necesidad de integrar este tipo de metodologías en el aula, sirviendo nuestra propuesta de carácter exploratoria como punto de partida para futuras intervenciones. En este sentido, la mejora de aspectos metodológicos, considerando su aplicación a un grupo control o la toma de datos cualitativos o la ampliación del análisis a otros aspectos promovidos durante el desarrollo del proyecto, como los dominios de pensamiento crítico movilizados, ofrecería una visión más global de la utilidad del proyecto en la enseñanza y aprendizaje de la dinámica.

Agradecimientos

Los autores agradecen al centro educativo IES Belén y a su alumnado por su implicación. La Dra. García-Ruiz agradece al programa RyC2020 (RYC2020-029033-I), financiado por MICIU/AEI/10.13039/501100011033 y por El FSE invierte en tu futuro. Alberto Bernal agradece la concesión del tercer premio en la convocatoria de 2025 del Premio ÁPICE a investigadores Noveles.

Referencias bibliográficas

- Agen, F., y Ezquerro, Á. (2021). Análisis de las emociones en el trabajo de indagación: «La Caja Negra». *Investigación en la Escuela. Revista de Investigación e Innovación Educativa*, 103, 125-138. DOI: <https://doi.org/10.12795/IE.2021.i103.09>
- Aguilera, D., y Perales-Palacios, F. J. (2019). Actitud hacia la ciencia: desarrollo y validación estructural del School Science Attitude Questionnaire (SSAQ). *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 16(3). DOI: https://doi.org/10.25267/Rev_Eureka_ensen_divulg_cienc.2019.v16.i3.3103
- Arana-Cuenca, A., Romero-García, C., Andrés, S. P., y García, E. M. (2023). Emociones y adquisición de conocimiento sobre la luz y los colores mediante un aprendizaje basado en proyectos en educación primaria. *Enseñanza de las Ciencias*, 41(1), 79-100. DOI: <https://doi.org/10.5565/rev/ensciencias.5723>
- Bernal, A. (2025a). *Cuaderno de prácticas ¡Viaje al espacio!* Repositorio Institucional de la Universidad de Málaga (RIUMA). Recuperado de: <https://hdl.handle.net/10630/40443>

- Bernal, A. (2025b). *Cuestionario de ideas previas: Dinámica*. Repositorio Institucional de la Universidad de Málaga (RIUMA). Recuperado de: <https://hdl.handle.net/10630/40442>
- Blanco-López, A., España-Ramos, E., Franco-Mariscal, A. J., y Rodríguez-Mora, F. (2018). Competencias y prácticas científicas en problemas de la vida diaria. *Alambique. Didáctica de las Ciencias Experimentales*, 92, 45-51.
- Campanario, J. M., y Otero, J. (2000). Más allá de las ideas previas como dificultades de aprendizaje: las pautas de pensamiento, las concepciones epistemológicas y las estrategias metacognitivas de los alumnos de ciencias. *Enseñanza de las Ciencias*, 18(2), 155-169. DOI: <https://doi.org/10.5565/rev/ensciencias.4036>
- Capraro, R. M., Capraro, M. M., y Morgan, J. R. (2013). *The STEM Project-Based Learning. An integrated Science, Technology, Engineering, and Mathematics (STEM) approach*. SensePublishers. DOI: <https://doi.org/10.1007/978-94-6209-143-6>
- Consejería de Desarrollo Educativo y Formación Profesional. (2023). *Resolución de 22 de septiembre de 2023 de la Dirección General de Ordenación, Inclusión, Participación y Evaluación Educativa, por la que se establece la convocatoria, organización y funcionamiento del programa para la ampliación de conocimientos “Investiga y Descubre”, en los centros docentes públicos dependientes de la Consejería de Desarrollo Educativo y Formación Profesional para el curso 2023/2024*. Junta de Andalucía. Recuperado de: https://www.juntadeandalucia.es/educacion/portals/delegate/content/7bcacad6-189a-48f7-a93b-bedd0c99b72d/Resoluci%C3%B3n%20Convocatoria%20Investiga%20y%20Descubre%2023_24%28F%29
- Córdova, E., Piscoya, J. y Zurita, M. A. (2021). Las capacidades investigativas en los estudiantes de secundaria: Una revisión bibliográfica. *Revista Conrado*, 17(80), 178-183. Recuperado de: <http://scielo.sld.cu/pdf/rc/v17n80/1990-8644-rc-17-80-178.pdf>
- Crujeiras-Pérez, C., y Cambeiro, F. (2017). Una experiencia de indagación cooperativa para aprender ciencias en educación secundaria mediante la participación en prácticas científicas. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 15, 1201-1209. DOI: https://doi.org/10.25267/Rev_Eureka_ensen_divulg_cienc.2018.v15.i1.1201
- Davis, J. P. y Bellocchi, A. (2018). Objectivity, subjectivity, and emotion in school science inquiry. *Journal of Research in Science Teaching*, 55(10), 1419–1447. DOI: <https://doi.org/10.1002/tea.21461>
- Domènech-Casal, J. (2018). Aprendizaje Basado en Proyectos en el marco STEM. Componentes didácticas para la Competencia Científica. *Ápice Revista de Educación Científica*, 2(2), 29-42. DOI: <https://doi.org/10.17979/arec.2018.2.2.4524>
- European Space Agency [ESA] (2008). *Mission 1: Newton in Space*. YouTube. Recuperado de: https://youtu.be/-gAMZbeL2ts?si=lgPNDVJFWu_Ule4J
- Feldman-Barrett, L., y J. A. Russell (1998). Independence and bipolarity in the structure of current affect. *Journal of Personality and Social Psychology* 74(4), 967–984. DOI: <https://doi.org/10.1037/0022-3514.74.4.967>
- García-Carmona, A., y Toma, R. B. (2024). Integration of engineering practices into Secondary Science Education: Teacher experiences, emotions, and appraisals. *Research in Science Education*, 54, 549-572. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11165-023-10152-3>

- García-Ruiz, C., Lupión-Cobos, T., y Blanco-López, Á. (2020). Emociones y percepciones sobre indagación de profesorado en formación inicial. *Investigación en la Escuela*, 102, 54-70. DOI: <https://doi.org/10.12795/IE.2020.i102.04>
- González-Gómez, D., Cañada-Cañada, F., Airado, D., y Jeong, J. S. (2017). Cómo influye el modelo de instrucción en las emociones sentidas en clases de ciencias dependiendo del bachillerato cursado. *Enseñanza de las Ciencias* (núm. extra), 4047-4052. Recuperado de: <https://raco.cat/index.php/Ensenanza/article/view/337598>
- Grimalt-Álvaro, C., Torres, E. O., Lagarón, D. C., y Romeu, L. P. (2021). Influencia en la autoeficacia del grado de autenticidad de la indagación de dos proyectos de ciencia de secundaria. Estudio de caso. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 18(2), 1-18. DOI: https://doi.org/10.25267/Rev_Eureka_ensen_divulg_cienc.2021.v18.i2.2101
- Gunstone, R., y Watts, M. (1985). Force and motion. En R. Driver, E. Guesne, y A. Tiberghien (eds.), *Children's ideas in science* (pp. 85-104). Taylor and Francis Inc.
- Hewson, P. W. (2006). La enseñanza de «Fuerza y Movimiento» como cambio conceptual. *Enseñanza de las Ciencias*, 8(2), 157-171. DOI: <https://doi.org/10.5565/rev/ensciencias.4933>
- Jiménez-Buedo, M. (2018). Pre-experimental designs. En *The SAGE encyclopedia of educational research, measurement and evaluation* (vol. 5, pp. 1290-1291). SAGE publications. DOI: <https://doi.org/10.4135/9781506326139.n536>
- Jiménez-Liso, M. R. (2020). Aprender ciencia escolar implica aprender a buscar pruebas para construir conocimiento (indagación). En D. Couso, M. R. Jiménez-Liso, C. Refojo y J. A. Sacristán (eds.), *Enseñando ciencia con ciencia*, 60-69. Penguin Random House.
- Jimoyiannis, A., y Komis, V. (2003). Investigating Greek students' ideas about forces and motion. *Research in Science Education*, 33, 375-392. DOI: <https://doi.org/10.1023/A:1025457116654>
- Kilpatrick, W. E. (1918). *The Project Method: the use of the purposeful act in the educative process*. Teachers college. Columbia University.
- Kinchin, I. M. (2019). Revisiting students' scientific misconceptions. *Journal of Biological Education*, 53(4), 349. DOI: <https://doi.org/10.1080/00219266.2019.1628535>
- King, D., y English, L. D. (2016). Engineering design in the primary school: Applying STEM concepts to build an optical instrument. *International Journal of Science Education*, 38, 2762-2794. DOI: <https://doi.org/10.1080/09500693.2016.1262567>
- Levin, J. R., y Serlin, R. C. (2000). Changing students' perspectives of McNemar's test of change. *Journal of Statistics Education*, 8(2). DOI: <https://doi.org/10.1080/10691898.2000.12131289>
- Ley Orgánica 3/2020, de 29 de diciembre, de modificación de la Ley Orgánica 2/2006, de 3 de mayo, de Educación. *Boletín Oficial del Estado*, 340, de 30 de diciembre de 2020. Recuperado de: <https://www.boe.es/eli/es/lo/2020/12/29/3>
- Menéndez-Cuervo, P., y Vílchez-González, J. M. (2024). Efecto de la participación en proyectos STEM en la actitud hacia la ciencia del alumnado de un Programa de Mejora del Aprendizaje y Rendimiento. *Ápice. Revista de Educación Científica*, 8(2), 19-36. DOI: <https://doi.org/10.17979/arec.2024.8.2.10617>

- Microsoft Encarta (2017). *Astronautas del Apolo en la Luna*. YouTube. Recuperado de: <https://youtu.be/E7cnovTAd78?si=pGD7Vn79Bfpl2YbP>
- OECD (2023a). *PISA 2022 Results (Volume II): Learning During – and From – Disruption*, PISA. OECD Publishing. DOI: <https://doi.org/10.1787/a97db61c-en>
- OECD (2023b). *OECD skills outlook 2023: Skills for a resilient green and digital transition*. OECD Publishing. DOI: <https://doi.org/10.1787/27452f29-en>
- Orden de 30 de mayo de 2023, por la que se desarrolla el currículo correspondiente a la etapa de Educación Secundaria Obligatoria en la Comunidad Autónoma de Andalucía, se regulan determinados aspectos de la atención a la diversidad y a las diferencias individuales, se establece la ordenación de la evaluación del proceso de aprendizaje del alumnado y se determina el proceso de tránsito entre las diferentes etapas educativas. *Boletín Oficial de la Junta de Andalucía*, 104, de 2 de junio de 2023. Recuperado de: <https://www.juntadeandalucia.es/boja/2023/104/39>
- Pekrun, R., y Linnenbrink-García, L. (eds.) (2014). *International Handbook of Emotions in Education*. Routledge. DOI: <https://doi.org/10.4324/9780203148211>
- Pozo, J. I. y Gómez, M. A. (2009). *Aprender y enseñar ciencia*. Morata.
- Recomendación del Parlamento Europeo y del Consejo, de 18 de diciembre de 2006, sobre las competencias clave para el aprendizaje permanente. *Boletín Oficial del Estado*, 394, de 30 de diciembre de 2006. Recuperado de: <https://www.boe.es/buscar/doc.php?id=DOUE-L-2006-82748>
- Schleicher, A. (2018). *The future of education and skills: Education 2030*. OECD Publishing
- Sebastià, J. M. (2006). Fuerza y movimiento: la interpretación de los estudiantes. *Enseñanza de las Ciencias*, 2(3), 161-169. DOI: <https://doi.org/10.5565/rev/ensciencias.5343>