

APRENDIZAJE ACTIVO Y COLABORACIÓN EDUCATIVA EN LA FORMACIÓN CIENTÍFICA TEMPRANA: RESULTADOS DE UN PROYECTO DE INVESTIGACIÓN PREUNIVERSITARIA

ACTIVE LEARNING AND EDUCATIONAL COLLABORATION IN EARLY SCIENCE EDUCATION: RESULTS FROM A PRE-UNIVERSITY RESEARCH PROJECT

Raquel Arroyo^{1*}, Álvaro Urbaneja¹, Lourdes Alameda-Cuenca-Romero¹, Verónica Calderón¹, Sara Gutiérrez-González¹, Sara Serna-Avendaño¹, Alba Rodrigo-Bravo¹, Ángel Rodríguez-Sáiz¹, Isabel Santamaría-Vicario¹

¹ Departamento de Construcciones Arquitectónicas e Ingeniería de la Construcción y del Terreno, Escuela Politécnica Superior de la Universidad de Burgos, c/Villadiego s/n, 09001 Burgos

*correo electrónico: rasanz@ubu.es

RESUMEN

La creciente necesidad de desarrollar vocaciones científicas y técnicas y de promover una educación más activa y centrada en los retos contemporáneos ha propiciado la aparición de nuevas formas de colaboración entre las universidades y el sistema educativo preuniversitario. En este contexto, el Bachillerato de Investigación/Excelencia se presenta como una alternativa al bachillerato convencional, cuyo objetivo es desarrollar el pensamiento crítico, el aprendizaje autónomo y la aplicación del método científico entre el alumnado. Uno de los elementos más innovadores de este modelo es la vinculación directa con el entorno universitario, donde el estudiantado participa en proyectos reales de investigación tutelados por profesorado universitario.

Este trabajo presenta una experiencia docente innovadora impulsada desde el grado en Arquitectura Técnica. El proyecto titulado "Hacia una construcción sostenible con grafeno, el material del futuro" ha ofrecido al alumnado de bachillerato la oportunidad de llevar a cabo una investigación real en un entorno universitario, bajo la supervisión de profesores e investigadores del Departamento de Construcciones Arquitectónicas e I.C.T. de la Universidad de Burgos. La colaboración ha favorecido la implementación de metodologías activas de enseñanza-aprendizaje, el trabajo interdisciplinar y la educación en sostenibilidad, alineándose con los principios de la Declaración de Bolonia. La experiencia incluyó talleres prácticos en laboratorios y aulas universitarias, trabajo colaborativo centrado en el estudio del grafeno como material innovador en edificación sostenible, la elaboración de una memoria de investigación y su presentación pública. Mediante una metodología mixta, se realizó una encuesta estructurada con ítems tipo Likert y preguntas abiertas para valorar la percepción de los participantes. Los resultados muestran un alto grado de implicación y satisfacción del alumnado, destacando la efectividad de este tipo de proyectos en la promoción del aprendizaje activo, el desarrollo de competencias clave y la preparación para futuros retos académicos y profesionales.

Palabras clave: Aprendizaje activo, metodología de investigación, innovación educativa, colaboración universidad-escuela.

ABSTRACT

The growing need to develop scientific and technical vocations and to promote a more active education focused on contemporary challenges has led to the emergence of new forms of collaboration between universities and the pre-university education system. Within this context, the Research/Excellence Baccalaureate provides an enriched alternative to conventional secondary education, aiming to develop

students' critical thinking, autonomous learning, and application of the scientific method. A key innovation of this model is the direct involvement of university faculty who guide students in real research projects.

This work presents an innovative teaching experience promoted by the Degree in Technical Architecture. The project entitled 'Towards sustainable construction with graphene, the material of the future' has offered high school students the opportunity to carry out real research in a university environment, under the supervision of professors and researchers from the Department of Architectural Constructions and Construction and Territory Engineering of the University of Burgos. The collaboration fostered active learning, participatory research methodology, and education in sustainability, fully aligned with the principles of the Bologna Declaration. The experience included practical workshops in laboratories and university classrooms, collaborative work focused on the study of graphene as an innovative material in sustainable construction, the development of a research report and its public presentation. Using a mixed methodology, a structured Likert-type questionnaire and open-ended questions were used to evaluate the perception of the participants. The results show a high degree of student involvement and satisfaction, highlighting the effectiveness of this type of project in promoting active learning, the development of key skills and preparation for future academic and professional challenges.

Keywords: Active learning, research methodology, educational innovation, university-school collaboration.

1. INTRODUCCIÓN

En los últimos años, la educación en sostenibilidad y la investigación participativa han cobrado un creciente protagonismo en el ámbito de las ciencias aplicadas, impulsando transformaciones tanto metodológicas como curriculares. Esta tendencia responde a una necesidad urgente de formar profesionales capaces de afrontar los desafíos ambientales y tecnológicos del presente, a través de enfoques activos e interdisciplinarios que promuevan la reflexión crítica y el aprendizaje experiencial. En este contexto, los docentes del Grado en Arquitectura Técnica han comenzado a incorporar iniciativas pedagógicas que vinculan a estudiantes de bachillerato con el entorno universitario, generando sinergias formativas de alto valor añadido.

Una de estas iniciativas es el proyecto "Hacia una construcción sostenible con grafeno, el material del futuro", desarrollado en el marco del Bachillerato de Investigación/Excelencia durante los cursos 2023-2024 y 2024-2025. Esta modalidad educativa, orientada a alumnado con vocación investigadora, permite integrar la educación escolar y universitaria a través de proyectos colaborativos que fomentan tanto la continuidad formativa como la adquisición temprana de competencias científicas. En consonancia con los principios de la Declaración de Bolonia, este enfoque transforma al estudiante en sujeto activo del proceso de aprendizaje, facilitando la apropiación del conocimiento y el desarrollo del pensamiento crítico.

El proyecto se articula en torno al grafeno como hilo conductor interdisciplinar, explorando sus potenciales aplicaciones en la edificación sostenible. A través de talleres universitarios, trabajo en equipo y producción de una memoria investigadora, se abordan retos reales del sector de la construcción, introduciendo a los estudiantes en una dinámica próxima a la investigación aplicada. Esta estrategia pedagógica se enmarca en el paradigma de la Participatory Research / Action Research, en el cual los estudiantes no solo reciben información, sino que construyen conocimiento conjuntamente con los docentes, implicándose activamente en el diseño, ejecución y evaluación del proceso formativo (Kemmis & McTaggart, 2005).

Este tipo de enfoques ha demostrado beneficios en diversos contextos educativos internacionales. Por ejemplo, en Finlandia, el curso "Global Challenges" integró a estudiantes de secundaria y universidad en un proyecto común orientado a la sostenibilidad global. Los participantes valoraron positivamente la conexión entre el currículo académico y los problemas reales, percibiendo mayor relevancia y aplicabilidad en su formación (Asikainen & Tapani, 2021). En Filipinas, una experiencia de co-diseño de materiales educativos sostenibles con participación estudiantil mostró cómo los alumnos, al implicarse en la elaboración y evaluación de contenidos, mejoraban sus competencias metacognitivas y su comprensión crítica del entorno (Quimat & Picardal, 2024).

En el ámbito específico de la arquitectura y la ingeniería, múltiples estudios subrayan la eficacia de metodologías basadas en el aprendizaje por proyectos, particularmente en temáticas como el reciclaje, la

eficiencia energética o la construcción ecológica. Estas estrategias no solo aumentan la motivación y la creatividad, sino que fortalecen habilidades clave como el trabajo colaborativo, la resolución de problemas y la transferencia de conocimiento (Thomas, 2000). Asimismo, la incorporación de modelos educativos interdisciplinarios y la participación de actores reales del entorno han demostrado ser efectivos para impulsar procesos formativos orientados a la acción climática y la transformación social (Evans & Karvonen, 2014).

En este marco, el presente estudio analiza una experiencia piloto de colaboración entre estudiantes de bachillerato y tutores universitarios en el ámbito de la Arquitectura Técnica, con el objetivo de evaluar su potencial como modelo replicable de formación orientada a la sostenibilidad y a la innovación de materiales, así como su contribución al desarrollo de competencias científicas tempranas.

2. OBJETIVO

El objetivo principal de esta investigación es analizar el impacto formativo de una experiencia educativa interdisciplinar en el ámbito de la Arquitectura Técnica, dirigida a estudiantes de bachillerato vinculados al programa Bachillerato de Investigación/Excelencia y tutores universitarios.

Con tal propósito, se plantea en un principio, caracterizar el perfil de los participantes involucrados en la experiencia docente, focalizando tanto en los estudiantes preuniversitarios seleccionados por su alto rendimiento académico, como en los tutores universitarios pertenecientes al ámbito de la arquitectura técnica, concretamente del Departamento de Construcciones Arquitectónicas de la Universidad de Burgos. Posteriormente se trata de describir y analizar el conjunto de actividades desarrolladas durante la experiencia formativa, que incluyen la realización de talleres prácticos en laboratorios especializados y aulas universitarias, con el objetivo de introducir al alumnado en metodologías y entornos propios de la enseñanza superior en Arquitectura Técnica, la ejecución de un trabajo colaborativo en equipos interdisciplinarios, centrado en la exploración del potencial del grafeno como material innovador en soluciones de edificación sostenible, así como la elaboración de una memoria investigadora, en la que se documentan los resultados del trabajo realizado, y su presentación pública, fomentando así competencias comunicativas, críticas y científicas entre los participantes.

Finalmente, se trata de evaluar la experiencia docente mediante una encuesta estructurada administrada al finalizar la intervención, diseñada con escala Likert (1–5) para recoger la percepción de los estudiantes respecto a su nivel de satisfacción global y el grado en que se han superado sus expectativas iniciales, la utilidad pedagógica atribuida tanto a la elaboración de la memoria como a la presentación oral de los resultados, así como la calidad del material didáctico proporcionado, y la claridad y eficacia en su explicación por parte del equipo docente.

3. METODOLOGÍA

3.1 Diseño del estudio

El presente estudio se enmarca en una investigación cuyo objetivo principal es evaluar la percepción del alumnado de bachillerato participante en el proyecto “Hacia una construcción sostenible con grafeno, el material del futuro”, desarrollado en el contexto del Bachillerato de Investigación y Excelencia durante los cursos académicos 2023–2024 y 2024–2025.

El diseño metodológico contempla la aplicación de una encuesta estructurada, combinando ítems de escala Likert (análisis cuantitativo) y preguntas abiertas (análisis cualitativo), lo cual permite no solo medir niveles de satisfacción y utilidad percibida, sino también identificar opiniones, sugerencias y valoraciones más matizadas del proceso formativo.

3.2 Desarrollo del instrumento

La herramienta principal de recolección de datos fue una encuesta diseñada especialmente para este estudio. El cuestionario se estructuró en cinco bloques temáticos:

-Bloque I. Satisfacción general: Incluye ítems relacionados con la percepción global de la experiencia formativa y el cumplimiento de expectativas.

-Bloque II. Utilidad formativa: Evalúa la percepción del alumnado sobre el valor de la memoria investigadora y la presentación oral como herramientas de aprendizaje.

-Bloque III. Materiales didácticos: Valora el uso, utilidad, calidad y explicación de los materiales empleados durante la formación.

-Bloque IV. Evaluación docente por sesión: Analiza la preparación, claridad, motivación, interacción y respuesta del profesorado en cada una de las cinco sesiones desarrolladas: Presentación y búsqueda bibliográfica, conceptos generales, fabricación de probetas y ensayos en estado fresco, ensayos en estado endurecido y tutorización y resolución de dudas.

-Bloque V. Recomendación de la formación y comentarios libres: Se incluye un último apartado sobre preguntas abiertas acerca de la probabilidad de recomendar el curso, los aspectos más valorados y menos valorados de la formación, y sugerencias de mejora para futuras ediciones.

La mayoría de los ítems cerrados se evaluaron mediante una escala de Likert de 5 puntos, donde 1 = Nada de acuerdo y 5 = Totalmente de acuerdo. Esta escala es ampliamente utilizada por su fiabilidad para medir actitudes y percepciones en el ámbito educativo (Boone & Boone, 2012).

3.3 Validación del cuestionario

La validez de contenido del cuestionario fue asegurada mediante una revisión por juicio de expertos, que incluyó a tres docentes universitarios del área de Arquitectura Técnica con experiencia en innovación docente, y dos profesores de bachillerato vinculados a programas de investigación. Esta revisión permitió ajustar el lenguaje de los ítems, así como asegurar su claridad y pertinencia. Además, se realizó una prueba piloto con un pequeño grupo de estudiantes no participantes en el proyecto, con características similares, para verificar la comprensión de los ítems y la duración de la encuesta.

3.4 Población y muestra

La población del estudio estuvo compuesta por estudiantes de segundo de bachillerato pertenecientes al programa del Bachillerato de Investigación y Excelencia, matriculados en centros de la ciudad de Burgos y participantes activos en el proyecto. La muestra corresponde al total del alumnado participante, por lo que se trata de un muestreo no probabilístico intencional de tipo censal.

3.5 Procedimiento de aplicación

La encuesta fue aplicada al finalizar la última sesión del proyecto, en formato digital y de forma anónima, garantizando el carácter voluntario y confidencial de la participación. La recolección se realizó a través de un formulario en línea accesible desde dispositivos móviles o equipos informáticos, con una duración media de respuesta de entre 10 y 15 minutos.

3.6 Análisis de datos y consideraciones éticas

Se utilizó estadística descriptiva para realizar un análisis cuantitativo y calcular frecuencias absolutas y relativas, medias aritméticas y desviaciones estándar de cada ítem de escala Likert. Este análisis permitió identificar patrones generales de satisfacción, utilidad percibida y evaluación del profesorado. Las respuestas a las preguntas abiertas se analizaron mediante análisis de contenido temático, categorizando los comentarios según temas emergentes (fortalezas percibidas, aspectos a mejorar, propuestas futuras). Este análisis permitió enriquecer los datos cuantitativos con apreciaciones personales y narrativas más detalladas.

El estudio cumplió con los principios éticos de la investigación educativa. Se obtuvo el consentimiento informado del alumnado y sus familias a través de los coordinadores del programa del Bachillerato de Investigación y Excelencia. Los datos fueron tratados de forma anónima y exclusivamente para fines científicos y de mejora pedagógica.

4. RESULTADOS

4.1 Resultados generales

Los resultados obtenidos en ambas ediciones, tanto en los años 2023–2024 como en 2024–2025, el curso recibió una valoración altamente positiva por parte del alumnado. La totalidad del alumnado (el 100%) indicó que el curso cumplió sus expectativas.

En 2023–2024, la satisfacción general con los conocimientos adquiridos fue de 4.83/5, mientras que en 2024–2025 se situó en una media de 4.5/5. La utilidad de la redacción de la memoria y la presentación oral fue valorada con 4.83/5 en 2023–2024, y 4.25/5 en 2024–2025. Estos resultados sugieren una percepción constante de calidad, aunque con una ligera variabilidad interanual atribuible posiblemente a factores contextuales, como la coincidencia con semanas de exámenes señalada por los propios alumnos en 2025.

4.2 Valoración del material docente

Los resultados obtenidos en las ediciones 2023–2024 y 2024–2025 muestran que el material docente utilizado en el curso fue percibido como **adecuado, bien elaborado y pedagógicamente eficaz** en ambos periodos. Los datos muestran una ligera mejora en todas las valoraciones durante el curso 2024–2025 respecto al año anterior. Esto sugiere no solo una consolidación del enfoque pedagógico, sino también un posible ajuste o perfeccionamiento de los materiales y su presentación, fruto de la experiencia acumulada en ediciones anteriores.

Tabla 1. Resultados obtenidos en el cuestionario sobre el material docente proporcionado.

Preguntas realizadas	2023–2024	2024–2025
He utilizado los materiales proporcionados	4.33 / 5	4.5 / 5
El material docente ha sido útil	4.67 / 5	4.75 / 5
El material docente estaba bien preparado	4.5 / 5	5 / 5
El material docente ha sido explicado cuidadosamente	4.83 / 5	5 / 5

La utilización de los materiales aumentó de 4.33 a 4.5 sobre 5, lo que podría indicar una mejora en la integración de los recursos en la dinámica del curso o una mayor claridad en sus instrucciones de uso.

La percepción de que el material fue útil para el aprendizaje se incrementó ligeramente (de 4.67 a 4.75 sobre 5), lo que sugiere que los estudiantes encontraron una aplicación directa y relevante de los contenidos propuestos. La preparación del material alcanzó la puntuación máxima (5 sobre 5) en 2024–2025, mejorando respecto a 2023–2024 (4.5 sobre 5). Esto podría reflejar mejoras concretas en la organización, presentación visual o accesibilidad del material didáctico.

Finalmente, el hecho de que la explicación del material haya pasado de 4.83 a 5 indica que la comunicación docente fue percibida como clara, minuciosa y completa, posiblemente gracias a una mayor experiencia por parte del profesorado o a una mejor adaptación a las necesidades del alumnado.

En resumen, estos resultados reflejan una consistencia y mejora progresiva en la percepción de la calidad del material docente a lo largo del tiempo. El alumnado reconoce tanto el valor formativo de los recursos proporcionados como la eficacia con la que estos fueron presentados y explicados. Esto refuerza la idea de que el curso mantiene altos estándares de calidad pedagógica y sigue una línea de mejora continua en sus materiales y su metodología didáctica.

4.3 Evaluación de las sesiones por parte del profesorado

En lo que respecta a la valoración del profesorado, éste fue desglosado por sesiones, evaluando aspectos como preparación, claridad, participación, interés y resolución de dudas. En 2023–2024, las sesiones mejor valoradas fueron la 3 y 4 (parte experimental), con medias globales de 4.92 sobre 5. En 2024–2025, las puntuaciones por sesión también fueron elevadas, oscilando entre 4 y 5 sobre 5 en todos los ítems, con especial reconocimiento en lo que respecta a la claridad en la explicación de las tareas, mantenimiento del interés durante las sesiones y sobre la participación e implicación del alumnado. En particular, la sesión nº 5 sobre tutorización y resolución de dudas, mantuvo una excelente valoración en ambas ediciones, destacando la accesibilidad del profesorado (5 sobre 5 en ambos cursos) y la resolución clara de dudas (≥ 4.8 sobre 5).

4.4 Recomendación y evaluación global

Se preguntó también a los alumnos sobre la posibilidad de recomendar el curso, con resultados de alta satisfacción en general, con una valoración media de 4.3 sobre 5 tanto en 2023–2024 como en 2024–2025, lo cual respalda la continuidad del programa en futuras ediciones.

4.5 Análisis cualitativo de comentarios abiertos

En cuanto a los comentarios de los alumnos, los aspectos más valorados fueron el trabajo experimental en laboratorio, la oportunidad de aplicar el método científico, la interacción con el entorno universitario, así como la claridad y cercanía del profesorado.

Durante el curso 2023-2024, se valoró especialmente el trabajo en equipo y acompañamiento docente, destacando el esfuerzo conjunto entre compañeros y la ayuda constante por parte de las tutoras, que permitió sacar adelante el proyecto con éxito. Los alumnos apreciaron la organización del curso y la ausencia de tiempos muertos, y tanto el acceso a los materiales como la planificación fueron percibidos como adecuados. Respecto a la parte experimental, las actividades prácticas, como la fabricación de morteros y los ensayos en laboratorio, fueron los elementos más valorados. Se destacó el uso de maquinaria especializada como una experiencia única. Respecto a la implicación del profesorado, hubo reconocimiento hacia la disponibilidad, implicación y cercanía de las profesoras. En lo que concierne a la redacción de la memoria, se valoró positivamente la oportunidad de redactar y presentar un trabajo de investigación.

En el siguiente año 2024-2025, los alumnos destacaron la experiencia tan enriquecedora que supone el contacto con la investigación, ya que el curso permitió que pudieran comprender cómo se plantea, desarrolla y presenta un proyecto de investigación, lo que fue muy valorado. Al igual que el año anterior, los ensayos en laboratorio fueron lo que más gustó, aunque se pidió que se realizaran más sesiones prácticas. Se valoró mucho la explicación clara y detallada del profesorado, especialmente su disponibilidad por correo electrónico. En general, los alumnos describieron la formación como muy interesante y divertida.

Como sugerencias y mejoras para próximos cursos, algunos alumnos sugirieron aumentar la carga práctica del curso, o la opción de tratar de implementar el programa en 1º de Bachillerato, debido a la sobrecarga académica que tienen en 2º de Bachillerato, y al solapamiento con exámenes en el instituto, que fue percibida como un obstáculo importante para el correcto desarrollo del proyecto.

En general, en ambos cursos, los estudiantes valoran especialmente las actividades experimentales, la organización del programa y el compromiso del profesorado. Las sugerencias giran en torno a aumentar la parte práctica y optimizar la planificación para evitar solapamientos con otras obligaciones académicas. En conjunto, los comentarios reflejan una alta satisfacción y un interés genuino por la investigación científica.

5. CONCLUSIONES

La experiencia presentada demuestra que la colaboración entre la universidad y la educación preuniversitaria, a través del Bachillerato de Investigación/Excelencia (BIE), constituye una herramienta eficaz para fomentar vocaciones científico-técnicas y reforzar el aprendizaje activo en el alumnado de secundaria. El proyecto “Hacia una construcción sostenible con grafeno” ha ofrecido un entorno real de investigación que ha permitido al estudiantado experimentar de forma directa con el método científico, participar en dinámicas colaborativas y adquirir competencias clave como la autonomía, el pensamiento crítico y la sostenibilidad.

Los resultados cuantitativos obtenidos en las ediciones 2023–2024 y 2024–2025 reflejan una valoración muy positiva en términos de satisfacción global, utilidad percibida y calidad de la formación. Se ha registrado un alto nivel de acuerdo respecto a la claridad en la explicación de los contenidos, la preparación del profesorado y la adecuación del material docente. Además, se han observado mejoras entre ambos cursos, lo que evidencia una evolución favorable en la implementación del programa.

En cuanto a los resultados cualitativos, el análisis de los comentarios del alumnado pone de manifiesto que las actividades prácticas en laboratorio y el acompañamiento docente han sido los aspectos más motivadores y enriquecedores. La experiencia de trabajar con materiales innovadores como el grafeno ha generado entusiasmo y ha consolidado el interés por la investigación aplicada. No obstante, también se han identificado áreas de mejora, especialmente en la estructura y orientación de la primera sesión, así como en la necesidad de una mayor coordinación con los calendarios escolares para evitar solapamientos con periodos de alta carga académica.

En conjunto, los hallazgos respaldan la efectividad del modelo pedagógico basado en el aprendizaje por proyectos y la investigación participativa en contextos preuniversitarios. Asimismo, subrayan el valor de las alianzas entre instituciones educativas como vía para enriquecer la formación del alumnado, despertar vocaciones científicas y conectar la enseñanza con los desafíos reales del siglo XXI.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Asikainen, E., & Tapani, A. (2021). Exploring the Connections of Education for Sustainable Development and Entrepreneurial Education—A Case Study of Vocational Teacher Education in Finland. *Sustainability*, 13(21), 11887. <https://doi.org/10.3390/su132111887>
- Boone, H., & Boone, D. (2012). Analyzing Likert Data. *Journal of Extension*, 50(2). <https://doi.org/10.34068/joe.50.02.48>
- Evans, J., & Karvonen, A. (2014). 'Give Me a Laboratory and I Will Lower Your Carbon Footprint!' — Urban Laboratories and the Governance of Low-Carbon Futures. *International Journal of Urban and Regional Research*, 38(2), 413–430. <https://doi.org/10.1111/1468-2427.12077>
- Kemmis, S., & McTaggart, R. (2005). *Participatory Action Research* (3rd ed.). Sage Publications Ltd.
- Quimat, R. M., & Picardal, M. (2024). Context-Based Teaching through Education for Sustainable Development in Philippine Secondary Schools: A Meta-analysis. *Recoletos Multidisciplinary Research Journal*, 12(1), 25–40. <https://doi.org/10.32871/rmrj2412.01.03>
- Thomas, J. W. (2000). *A Review of the Research on Project-Based Learning*.

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo ha sido apoyado por la Junta de Castilla y León, el Ministerio de Ciencia e Innovación MICIN y la Unión Europea NextGenerationEU / PRTR.