



Revista de Estilos de Aprendizaje / Journal of Learning Styles
ISSN: 1988-8996 / ISSN: 2332-8533

Aprendizaje científico e innovación en el proyecto escolar de microbiología Mar con-Ciencia

Pilar García-Jiménez

Universidad de Las Palmas de Gran Canaria, España

pilar.garcia@ulpgc.es

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4732-0381>

Milagros Rico Santos

Universidad de Las Palmas de Gran Canaria, España

milagros.ricosantos@ulpgc.es

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2711-8952>

Received: 13 January 2026 / Accepted: 26 May 2026

Resumen

Para acercar la microbiología al alumnado de Educación Secundaria, se diseñó una propuesta educativa integral que combinó la creación de materiales especializados, una plataforma digital de apoyo, y un programa de formación docente para garantizar la implementación. Posteriormente, se aplicó durante un curso completo en 20 centros mediante dinámicas de aprendizaje basado en proyectos (ABP), trabajo cooperativo y aprendizaje experiencial. El recorrido formativo permitió al alumnado realizar el análisis de problemáticas ambientales reales, muestreos de campo, la interpretación de datos microbiológicos, la difusión pública de sus resultados y la organización del trabajo por roles. El logro de aprendizaje se evaluó con cuestionarios previos y posteriores a la experiencia, que reflejaron un avance significativo en la comprensión de los contenidos, un aumento notable de estudiantes con las valoraciones más altas y una mejora de la capacidad de aplicar el método científico a situaciones reales. Las valoraciones del profesorado y del alumnado concluyen que la experiencia favorece la responsabilidad, la autonomía, la comunicación científica y una relación más profunda con los fenómenos estudiados. Este proyecto muestra que las metodologías activas promueven aprendizajes duraderos y compromiso sostenido con la ciencia y el entorno.

Palabras clave: aprendizaje experiencial; metodologías de enseñanza activas; formación docente; pensamiento crítico; microbiología.

[en] Scientific Learning and Innovation in the School Microbiology Project Mar con-Ciencia

Abstract

To bring microbiology closer to secondary education students, a comprehensive educational proposal was designed that combined the development of specialized materials, a digital support platform, and a teacher training program to ensure effective implementation. The proposal was subsequently implemented over a full academic year in 20 schools through project-based learning (PBL),

cooperative work, and experiential learning activities. Throughout the learning pathway, students analyzed real environmental issues, conducted field sampling, interpreted microbiological data, disseminated their results publicly, and organized their work through role-based collaboration, among other activities. Learning outcomes were assessed using pre- and post-experience questionnaires, which revealed a significant improvement in content understanding, a notable increase in the number of students achieving the highest performance levels, and enhanced ability to apply the scientific method to real-life situations. Feedback from both teachers and students concluded that the experience fosters responsibility, autonomy, scientific communication skills, and a deeper engagement with the phenomena studied. This project demonstrates that active methodologies promote lasting learning and sustained engagement with science and the environment.

Key words: Experiential learning; active learning methodologies; teacher training; critical thinking; microbiology.

Sumario: 1. Introducción; 1.1 Marco teórico; 1.2 Objetivos; 2. Metodología; 3. Desarrollo de la experiencia; 3.1. Muestra; 3.2. Fases de la experiencia; 3.3. Evaluación de la experiencia; 4. Resultados y discusión; 4.1 Evaluación previa y posterior; 4.2. Exposición pública de los resultados; Conclusiones; Referencias; Financiación; Agradecimientos; Conflicto de intereses. Contribución de los autores.

1. Introducción

1.1. Marco teórico

El estudio de los microorganismos en la Educación Secundaria ofrece un punto de partida para acercar al alumnado a conceptos esenciales de la microbiología y a los fundamentos que sustentan la biotecnología. Sin embargo, el aprendizaje de estos seres vivos suele presentar obstáculos, pues no pueden observarse directamente, y rara vez se trabajan mediante experiencias prácticas en el aula (Simard, 2023). El propósito del proyecto que se presenta en este trabajo, y que hemos denominado Mar con-Ciencia, es desarrollar una iniciativa integral que acerca la ciencia marina, y concretamente la microbiología, a los centros educativos mediante la elaboración de materiales especializados, el desarrollo de recursos digitales de apoyo y la formación del profesorado. Para su implementación se adoptó el modelo de Kolb, basado en el aprendizaje experiencial (Kolb, 1984). Este modelo organiza el aprendizaje en cuatro fases interrelacionadas: experiencia concreta, observación reflexiva, conceptualización abstracta y experimentación activa.

Su eficacia ha sido ampliamente documentada por su capacidad para integrar conocimientos teóricos con habilidades aplicadas y promover aprendizajes profundos (Mehta & Mehta, 2023; Rubio et al., 2023). La experimentación activa refuerza la comprensión y facilita la transición desde el «cómo» hacia el «por qué» (Van Akkeren & Tarr, 2021; Pamungkas & Widiastuti, 2019), mientras que la reflexión y la conceptualización favorecen la transferencia del aprendizaje a nuevos contextos (Hung et al., 2023). Además, este enfoque impulsa competencias clave como la comunicación, la resolución de problemas y el pensamiento crítico (Hoffman, 2001), así como habilidades interpersonales relevantes (Long & Gummelt, 2020). El aprendizaje práctico que sostiene este modelo contribuye a reducir la distancia entre teoría y aplicación, fortaleciendo la formación académica mediante experiencias vinculadas a escenarios reales (Durán-Aponte & Durán-García, 2013). De forma complementaria, el ABP aporta un marco que favorece la comprensión situada, la participación y el pensamiento reflexivo (Satrústegui Moreno & Mateo González, 2023).

1.2. Objetivos.

El proyecto toma como punto de partida la hipótesis de que una propuesta estructurada en torno a metodologías activas y dinámicas cooperativas puede potenciar una comprensión más profunda, un pensamiento crítico más sólido y un acercamiento motivador y riguroso a la microbiología y a la ciencia marina. Con este marco, el objetivo central del trabajo es evaluar el impacto de la

implementación del proyecto Mar con-Ciencia en distintos centros, examinando los resultados obtenidos en el aula y valorando en qué medida contribuye efectivamente a los logros formativos.

2. Metodología

El aprendizaje experiencial de Kolb integra la vivencia directa, la reflexión, la conceptualización y la aplicación práctica. Este modelo permite diseñar un recorrido formativo donde el alumnado se enfrenta inicialmente a situaciones reales vinculadas a problemáticas ambientales a partir de noticias, fotografías o estudios de caso. Desde esa experiencia concreta, la observación reflexiva favorece el diálogo, la formulación de preguntas y la identificación de patrones asumiendo los estudiantes un papel activo, mientras el profesorado actúa como moderador y guía el proceso, obteniendo información diagnóstica sobre los conocimientos previos del grupo (Benoit Rios, 2020).

En la fase de conceptualización abstracta, el docente asume un rol activo, proporcionando el marco teórico necesario para comprender los fenómenos observados -microbiología, calidad del agua, dinámica de ecosistemas- y, finalmente, la experimentación activa permite trasladar estas ideas a prácticas de laboratorio, manejo de muestras y establecimiento de condiciones experimentales, integrando dinámicas cooperativas y roles diferenciados dentro del grupo.

En su fase de diseño, el proyecto Mar con-Ciencia se estructuró en un conjunto de acciones estratégicas: elaboración de recursos didácticos, guías para el profesorado, fichas prácticas multilingües, vídeos explicativos y modelos de póster científico, desarrollo de una plataforma virtual que actúa como repositorio de contenidos y espacio de seguimiento, y formación docente articulada a través de talleres presenciales y virtuales en colaboración con personal investigador universitario. Este proceso permitió consolidar un marco metodológico común y garantizar que el profesorado dispusiera de los conocimientos, la orientación y los recursos necesarios para aplicarlo en el aula.

Posteriormente, el proyecto se implementó en aulas de Educación Secundaria de 20 centros durante un curso completo. La implementación combinó modalidades de experimentación guiada, semiguiada y autónoma con dinámicas de ABP y trabajo cooperativo. Su carácter adaptable facilita que el profesorado ajuste las propuestas a los ritmos, particularidades y necesidades del alumnado de distintos niveles, especialmente en los primeros cursos de la etapa obligatoria. Durante el proceso, el alumnado realizó prácticas experimentales, muestreos de campo, análisis microbiológicos y tareas de interpretación de datos, para finalizar con la elaboración y difusión de un documento científico en formato póster, presentación oral o vídeo.

Este recorrido favorece una implicación activa del estudiante acompañándolo desde la experiencia concreta hacia la reflexión, la elaboración conceptual y la aplicación práctica, en línea con modelos consolidados de aprendizaje experiencial y con los principios del ABP.

3. Desarrollo de la experiencia

3.1. Muestra

La experiencia se llevó a cabo con 419 estudiantes de 20 centros de Educación Secundaria de las islas de Gran Canaria y Tenerife, con edades comprendidas entre 14 y 18 años.

3.2. Fases de la experiencia.

La experiencia se estructuró en tres fases (contextualización; experimentación guiada, semiguiada y autónoma; y divulgación de los resultados), con 17 sesiones de 50 min (Tabla 1). No obstante, estas fases podrían reducirse o extenderse a criterio del profesorado, según el nivel del ciclo educativo de secundaria y la duración del proyecto.

Tabla 1.

Fases de la experiencia con detalle del número de sesiones y la aproximación en cada una de ellas.

Fases de la Experiencia	Aproximación	Sesiones temporizadas
Contextualización	Aprendizaje experiencial de Kolb Artículo de prensa	2

Experimentación	Introducción	3
	Experimentación guiada	3
	Experimentación semiguída	2
	Experimentación autónoma	2
Exposición de resultados	Divulgación de los resultados	5

Fuente: Elaboración propia

La fase de contextualización (sesiones 1-2) trata de analizar las causas, consecuencias y efectos de la contaminación de las zonas costeras en la salud humana, los ecosistemas o la industria, enfatizando la importancia de los microorganismos. Esta fase consiste en la observación y análisis de fotografías ilustrativas del problema, o en la lectura y discusión de un artículo de prensa seleccionado por el docente sobre vertidos de aguas contaminadas a una playa, y los bioindicadores (bacterias) que se usan para determinar la calidad del agua según las normativas vigentes. Los objetivos son generar un debate con preguntas dirigidas a extraer la máxima información de esos recursos, que los alumnos conecten sus conocimientos con situaciones reales, y situarlos en un mismo punto de partida para que progresen en la experiencia al mismo ritmo. En la Tabla 2 se muestran los conceptos que el estudiante debe ir consolidando a través de la búsqueda personal autónoma y a partir de las preguntas guiadas del docente.

Tabla 2.

Ejemplos de conceptos a desarrollar a través de preguntas guiadas del docente, que el estudiante debe consolidar en la fase de contextualización

Conceptos	Los alumnos deben buscar
Brote de gastroenteritis	¿Qué es la gastroenteritis?
Vertido de aguas residuales	¿Qué relación existe entre gastroenteritis y las aguas residuales?
Investigación ambiental	¿Qué significa y qué supone?
Indicadores bacterianos de contaminación fecal	Organismos bioindicadores y comportamiento ¿Cómo se identifican/contabilizan?
Actuaciones previas al uso de las instalaciones por la autoridad competente	¿Qué tipo de actuaciones podrían ser? ¿Por qué se recomienda?

Fuente: Elaboración propia

La fase de experimentación incluye actividades guiadas, semiguías y autónomas tales como el manejo seguro de muestras biológicas, la preparación de medios de cultivo o el establecimiento de condiciones experimentales. Estas actividades, adaptadas al nivel académico y a los objetivos del docente, fomentan el trabajo colaborativo en grupos heterogéneos y permiten al alumnado adoptar distintos roles dentro del proceso investigativo. Esta fase ayudará a entender y debatir las ideas surgidas en la primera y aplicar lo aprendido a una situación práctica. El docente actúa como mediador del aprendizaje, guiando la indagación y fomentando la reflexión colectiva.

Como parte de la fase de experimentación, en la sesión 3, el docente explica cómo se abordará el proyecto, y el alumnado se compromete a recoger una pequeña cantidad de arena de playa. El docente habrá indicado cómo recoger la arena, señalar el lugar de recogida, etc.

En las sesiones 4-5, el estudiantado reflexionará sobre la importancia del color de la arena, la granulometría, o las diferencias debidas a la zona de recogida, abordando contenidos transversales relacionados con las ciencias naturales para explicar el color; o la plástica para diseñar un boceto de la playa con los puntos de recogida.

En la sesión 6, comienza la experimentación guiada con la lectura del procedimiento para aislar microorganismos de la arena, introduciendo términos científicos como enrasar, alícuota, o reproducibilidad, entre otros. Posteriormente, se procede al aislamiento de microorganismos, disponiendo una cantidad conocida de arena en un volumen determinado de agua y removiendo durante 10-15 minutos. Se continuará haciendo una extensión (siembra) de un pequeño volumen

(alícuota) sobre una placa de medio agarizado comercial o casero (preparado con gelatina de repostería azucarada). Los estudiantes deben escribir en su cuaderno de laboratorio los resultados que esperan (diferencias en los microorganismos presentes según el aspecto de la arena; influencia del lugar de recolección, si conoce nombres de microorganismos y las condiciones necesarias para su crecimiento). En las sesiones 7-8, el docente introduce los conceptos colonia; biopelícula o *biofouling*; colonización; comunicación celular o *quorum sensing*; y las diferencias entre esterilización, desinfección y asepsia, conduciendo a los estudiantes a reconocer los primeros microorganismos. Finalizada esta sesión, el estudiante debe vincular los efectos de las aguas contaminadas, o del deshielo por el cambio climático con posibles consecuencias a nivel bacteriano; que las bacterias adheridas por fuerzas químicas en la biopelícula trabajan cooperativamente, asumiendo diferentes funciones dentro de la colonia, etc.

Las sesiones 9-10, de experimentación semiguída, incluyen dos experimentos, uno en cada sesión. En la primera, se reconoce la contaminación por residuos de petróleo en la playa, y en la segunda, se aborda el efecto de la expansión de nuevos microorganismos por el deshielo. En estas sesiones, el estudiantado aplica el método científico y organiza un flujo de trabajo a partir de un procedimiento. El docente asegura que el estudiante identifica qué y por qué hace esa experimentación; entiende e integra los conceptos del procedimiento (p. ej., emulsionar, densidad) y cumple el flujo de trabajo pautado.

La fase de experimentación concluye con 2 sesiones de trabajo autónomo del estudiante (11-12), que conducirán a los conceptos relacionados con los estados de latencia y actividad de las bacterias. El estudiante, trabajando individual o grupalmente, debe entender el ejercicio práctico (por qué y para qué), establecer su hipótesis y objetivo; esquematizar cada fase del protocolo, y recoger y discutir los datos experimentales. El docente debe supervisar y solventar las debilidades observadas.

La tercera fase de exposición de los resultados (sesiones 13-15) consiste en la elaboración de un póster a partir de una plantilla con las normas de redacción y los epígrafes (título, introducción, material y métodos, resultados y discusión, y conclusiones). El estudiantado elabora este documento científico con las anotaciones de su cuaderno de prácticas, repasando y reafirmando los conceptos, y con asesoramiento del docente. Se destinan dos últimas sesiones (16-17) a la exposición de los resultados (i) en el aula; (ii) al resto de participantes de los 20 centros en un espacio de la universidad. Para esta última sesión, cada centro selecciona entre 3 y 5 estudiantes. La presentación dispone de un tiempo limitado de 5 minutos.

3.3. Evaluación de la experiencia.

Para la evaluación de la experiencia se diseñó una prueba diagnóstica con preguntas de contenido y competenciales (resultados de aprendizaje). La evaluación de los contenidos (C1- C5) se llevó a cabo mediante preguntas de respuesta abierta, estableciendo 5 niveles de calificación (Tabla 3). Los resultados de aprendizaje se evaluaron sobre la siguiente situación contextualizada con preguntas de opción múltiple con 3-4 respuestas, y se valoraron como apto y no apto (Tabla 4): *“Mi amigo Pepe se puso malo de gastroenteritis después de bañarse en una playa. El agua tenía un color raro, pero nadie hizo caso. Luego, nos explicaron que cuando evacuamos en el mar aguas residuales, o hacemos pipí u otras cositas, -lo que incluyen microorganismos como las bacterias-, se afecta a la arena y al agua de baño. Aunque no se observe a simple vista, la contaminación derivada nos puede generar enfermedades. El abuelo de Pepe también comentó que iba a afectar a la economía de las familias porque las Islas Canarias viven del turismo, del uso y disfrute de la costa y, por tanto, ya no vendrían visitantes a comer a los restaurantes ni a bañarse”*.

Tabla 3.

Cuestionario diagnóstico de evaluación de contenidos (C) y escala de calificación.

Preguntas	Escala de calificación				
La microbiología es la parte de la ciencia que estudia los organismos microscópicos. Piensa y anota cual es la relación de la microbiología con tu vida diaria (C1).	Muy bien	Bien	Regular	Mal	NS/NC
¿Por qué es interesante el estudio de los microorganismos para las personas? (C2).	Muy bien	Bien	Regular	Mal	NS/NC

Describe un papel que desempeñan los microorganismos 1) en el cuerpo humano y 2) en el medio ambiente (C3).	Muy bien	*	Regular	Mal	NS/NC
Podrías anotar alguno de los grupos grandes que clasifican a los microorganismos (C4).	Muy bien	Bien	Regular	Mal	NS/NC
¿Has oído hablar del método científico? ¿Puedes describir en qué consiste el método científico? (C5).	*	Bien	*	Mal	NS/NC

Nota: *No existe esa valoración en esta pregunta. Fuente: Elaboración propia

Tabla 4.

Preguntas competenciales (R1-R4) con sus posibles respuestas.

Pregunta competencial	Respuestas
¿Sabes cuál es el problema medioambiental del que se habla? (R1).	1. Contaminación atmosférica; 2. Escasez de agua; 3. Contaminación del agua; 4. Cambio climático.
Selecciona la opción que se identifica con lo que le ocurrió a Pepe (R2).	1. La gastroenteritis por efecto de la ingesta de microorganismos que estaban en el agua; 2. El uso inadecuado de la playa; 3. Hay que evacuar al mar, agua transparente para restaurar el color normal.
Por otro lado, María y Teresa van a investigar si la arena de la playa donde se bañó Pepe está contaminada. Ellas piensan que sí, y que habrá más bacterias cuanto más cerca esté la arena de la boca del emisario (punto de emisión del agua residual). Lo que ellas plantean es el desarrollo de una investigación. ¿Cómo se llama a la etapa del método científico que establecen? (R3).	1. El planteamiento de la hipótesis; 2. La conclusión; 3. El análisis de los resultados; 4. La experimentación.
¿Sabrías detallar los pasos necesarios para evaluar si una playa está contaminada por microorganismos? (R4).	1. Recolección de muestra, cultivo, identificación molecular de los microorganismos. 2. Selección de la zona de muestreo, recolección de muestra, cultivo, identificación molecular de los microorganismos. 3. Selección de la zona de muestreo, recolección de muestra, identificación molecular de los microorganismos. 4. Selección de la zona de muestreo, recolección de muestra, cultivo.

Nota: Los resultados de aprendizaje se valoran con calificación *Apto* o *No apto*. Fuente: Elaboración propia

Grupos de 4-5 estudiantes defendieron sus trabajos científicos en una sesión con todos los participantes. Para evaluar la presentación, un panel de evaluadores formado por docentes universitarios utilizó la rúbrica descrita en la Tabla 5.

Tabla 5.

Rúbrica para la evaluación de la exposición pública de los trabajos y la percepción de los estudiantes y profesores.

Criterio	Excelente	Bien	Necesita mejorar
Contenido	Información completa, organizada. Dominio del tema.	Información organizada. Comprende con pequeñas limitaciones.	Información incompleta o incorrecta.
Claridad y Estructura	Orden lógico; ideas claras, bien conectadas; contiene los epígrafes.	Orden lógico, con conexiones poco claras; falta 1 epígrafe.	Desorganizado; poco comprensibles; faltan epígrafes.
Uso del Método Científico	Explica el método científico; razonamiento crítico y análisis.	Explica argumentos de manera superficial; análisis limitado.	No explica argumentos; falta de análisis y razonamiento.
Recursos de apoyo	Utiliza recursos visuales efectivos; diseño claro.	Usa algún recurso visual poco claro.	Sin recursos visuales o no contribuyen a la comprensión.
Comunicación Oral	Hablan con claridad; usa lenguaje científico.	Pequeñas dificultades.	Presentación poco comprensible o fluida o vocabulario inexacto.
Tiempo	Se ajusta al tiempo asignado.	Desajuste de tiempo (hasta 30 segundos)	No se ajusta (más de 1 minuto).
Cuestiones para evaluar la percepción de estudiantes y profesores			
¿Estás satisfecho con el trabajo realizado? ¿Qué ha supuesto participar en esta experiencia? ¿Repetirías la experiencia?			

Fuente: Elaboración propia

4. Resultados y discusión

4.1 Evaluación previa y posterior

Los resultados comparativos entre la evaluación previa y posterior de los contenidos C1–C5 a través de test cumplimentados por los estudiantes (Tabla 6), demuestran que la intervención fue eficaz para el aprendizaje, y que los enfoques pedagógicos que priorizan la experiencia, la claridad conceptual y la participación contribuyen positivamente en la educación (Bhardwaj et al., 2025).

En la Tabla 6 se observa una mejora sustancial de las calificaciones, pasando de un 1,4, 2,9 y 15% de estudiantes con calificación “muy bien” en los contenidos C2, C1 y C3 respectivamente al inicio de la experiencia, a un 13,9, 27,0 y 56,9% de alumnos con esa calificación en esas cuestiones en la valoración posterior. Los contenidos C1 y C2 muestran los cambios más drásticos, con valoraciones negativas iniciales dominantes (especialmente “Regular” y “Mal”).

Por ejemplo, en C1, casi el 40 % situaba el contenido en “Mal” antes de la experiencia, cifra que cae al 6,4 % tras la intervención, con un notable ascenso de respuesta “Muy bien” (de 2,9 % a 27 %). De modo similar, C2 pasa de concentrar más del 60 % en “Mal” a un 4,2 %, mientras las valoraciones “Muy bien” y “Bien” se multiplican por diez. El contenido C3 muestra un punto de partida menos crítico, aunque el salto posterior resulta igualmente notable, con el porcentaje más alto en “Muy bien”, lo que sugiere que la propuesta no solo corrige déficits de comprensión, sino que instala una percepción de solidez y relevancia del contenido.

El contenido C4 muestra un comportamiento diferente, sin una mejora clara en las pruebas posteriores, sugiriendo dificultades para que el estudiantado resuelva la cuestión. La revisión de esta pregunta de contenido hace pensar que hay reticencias por parte del estudiantado debido a que faltó una mejor contextualización, o simplemente fue menos tangible por requerir cierta capacidad memorística.

La identificación de estas zonas grises permite mejorar la experiencia en futuras implementaciones. Por el contrario, en el caso del contenido C5, parece que la experiencia potencia contenidos ya robustos, refinando su comprensión y fortaleciendo la percepción positiva.

Tabla 6.

Porcentaje de estudiantes que obtienen distintas calificaciones en la evaluación de contenidos (C1-C5) previa y posterior a la experiencia.

Contenidos	Test	Muy bien	Bien	Regular	Mal	NS/NC
C1	Previo	2,9	12,6	25,3	39,9	19,3
	Posterior	27,0	39,1	19,3	6,4	8,2
C2	Previo	1,4	4,8	24,6	61,8	7,4
	Posterior	13,9	36,4	40,8	4,2	4,7
C3	Previo	15,0	*	29,4	34,4	21,2
	Posterior	56,9	*	21,5	9,4	12,1
C4	Previo	23,9	12,6	18,4	22,2	22,9
	Posterior	38,9	10,1	14,9	26,2	9,9
C5	Previo	*	64,9	*	13,4	22,7
	Posterior	*	86,4	*	4,0	9,7

Nota: NS/NC = No sabe o no contesta; *No existe esa valoración en esta pregunta. C1: La microbiología es la parte de la ciencia que estudia los organismos microscópicos. Piensa y anota cual es la relación de la microbiología con tu vida diaria; C2: ¿Por qué es interesante el estudio de los microorganismos para las personas?; C3: Describe un papel que desempeñan los microorganismos 1) en el cuerpo humano y 2) en el medio ambiente; C4: Podrías anotar alguno de los grupos grandes que clasifican a los microorganismos; C5: ¿Has oído hablar del método científico? ¿Puedes describir en qué consiste el método científico? Fuente: Elaboración propia

De manera global, si agrupamos las calificaciones aptas (“Muy bien”, “Bien” y “Regular”) y las no aptas (Mal” y NS/NC) que han obtenido los estudiantes en los cuestionarios previo y posterior (Figura 1), el porcentaje de estudiantes capaz de responder las cuestiones trabajadas durante la experiencia es mayor en la prueba posterior que en la previa (entre un 63,9% y 91,1%) corroborando un aprendizaje eficaz. Estos resultados refuerzan la hipótesis de que el proceso pedagógico implementado ha contribuido significativamente a fortalecer las competencias del estudiantado.

Es destacable que para las cuestiones C1 y C2 hay un cambio drástico en la adquisición de competencias y una consolidación notable de contenidos de complejidad intermedia. Estos incrementos no solo revelan una mejora cuantitativa, sino una ruptura de las barreras iniciales de comprensión, particularmente en contenidos donde previamente predominaba la dificultad. En relación con C3, aunque también se observa una mejora, la distribución final indica que una parte del estudiantado se enfrenta a desafíos con este contenido. De manera similar, para C4 se puede decir que la experiencia ayuda a visibilizar y comprender mejor el contenido (de 54,9 al 63,9% estudiantes aptos, Figura 1), pero expone que un porcentaje de estudiantes no aptos (36,1%, Figura 1) requieren una mayor carga cognitiva o necesidad de más andamiaje.

En general, los resultados de contenidos sugieren que el diseño de aprendizaje ha sido capaz de activar mecanismos de apropiación conceptual rápida, gracias a las metodologías que integran práctica guiada, ejemplos contextualizados y retroalimentación vía estudiante-estudiante o estudiante-docente (Çelik & Baturay, 2024). Además, confirman la idea de que los estudios de casos aplicables de la vida real fomentan el compromiso y aprendizaje de los alumnos (Toogood, 2023), y su participación inclusiva mejora sus resultados globales (Delgado Rodríguez et al., 2023).

En la Figura 2, se presentan los resultados de aprendizaje alcanzados antes y después de la experiencia a través de cuestionarios de opción múltiple, en los que, en general, los resultados previos y posteriores son buenos y similares. En la Tabla 7 se muestra la valoración conjunta de los indicadores de conocimiento declarativo (C1; saber qué es algo) y procedimental (R1-R2; saber cómo aplicar el método). Se observa que un 91,9% de participantes es capaz de “identificar el problema

medioambiental” propuesto en la prueba de evaluación (R1), y, sin embargo, tan solo un 40,8% (106 + 53 + 12 participantes) supera el contenido C1 (Figura 2 y Tabla 6). En la prueba posterior al desarrollo de la experiencia, se observa una mejora sustancial, ya que el porcentaje de estudiantes que “conoce la relación de la microbiología con la vida diaria” (contenido C1) es alto y similar al que alcanza el resultado R1, 85,4% (Figura 1) y 91,3% (Figura 2) respectivamente. De los 385 (91,9%) estudiantes que alcanzan el resultado de aprendizaje R1 en la prueba previo, más de la mitad no supera los contenidos relacionados C1 (153 + 70 = 57,9%). Sin embargo, la situación mejora mucho a posteriori, ya que tan solo un 14,1% (23 + 19) que supera la competencia R1, no supera el contenido C1. Los resultados mostraron una asociación estadísticamente significativa entre C1 y R1 en el test posterior (χ^2 ; $p < 0,001$) no observada en el test previo.

Figura 1.

Porcentaje de estudiantes aptos (calificaciones “Muy bien”, “Bien” y “Regular”) y no aptos (con calificación “Mal” y NS/NC) en la evaluación de contenidos previa y posterior a la implantación del proyecto

Fuente: Elaboración propia

Figura 2.

Porcentaje de estudiantes que alcanzan (apto) o no alcanzan (no apto) los resultados de aprendizaje en el cuestionario previo y posterior a la implantación de la experiencia.

Fuente: Elaboración propia

Tabla 7.

Análisis conjunto de los resultados obtenidos en la evaluación previa y posterior a la implantación del proyecto Mar con-Ciencia en el conocimiento C1 y los resultados de aprendizaje R1 y R2.

Resultado de aprendizaje	Conocimiento C1 Número de estudiantes con distintas calificaciones (%)						
		Muy Bien	Bien	Regular	Mal	NS/NC	Total
R1 (test previo)	No apto	0	3	6	14	11	34 (8,1%)
	Apto	12	50	100	153	70	385 (91,9%)
	Total	12	53	106	167	81	419
R1 (test posterior)	No apto	4	9	5	3	14	35 (8,7%)
	Apto	105	149	73	23	19	369 (91,3%)
	Total	109	158	78	26	33	404
R2 (test previo)	No apto	2	3	7	18	21	51 (12,2%)
	Apto	10	50	99	149	60	368 (87,8%)
	Total	12	53	106	167	81	419
R2 (test posterior)	No apto	12	19	8	4	9	52 (12,8%)
	Apto	97	139	70	22	24	352 (87,1%)
	Total	109	158	78	26	33	404

Nota: Test previo: 419 encuestas totales; test posterior: 404 encuestas; C1: Piensa y anota cual es la relación de la microbiología con tu vida diaria; R1: ¿Sabes cuál es el problema medioambiental del que se habla?; R2: Selecciona la opción que se identifica con lo que le ocurrió a Pepe. Fuente: Elaboración propia.

Al relacionar el contenido C1 con el resultado R2: tan solo un 12,2% (51 participantes) no alcanza ese resultado de aprendizaje frente a un 59,2% (Figura 1) que no supera el contenido C1 (167 + 81 participantes) (Tabla 7). En la prueba diagnóstica posterior, el porcentaje de estudiantes que supera el resultado R2 y el contenido C1 es alto y muy similar (87,1 y 85,4% respectivamente). Como ocurría anteriormente, de los 368 (87,8%) estudiantes que alcanza el resultado R2 en la prueba previo, el 56,7% (149 + 60) desconoce el contenido C1 vinculado a ese resultado, porcentaje que disminuye hasta el 13,0% (22 + 24) en la posterior. Los resultados mostraron una asociación estadísticamente significativa entre C1 y R2 en el test previo ($p < 0,001$) no observada en el test posterior.

Las mismas tendencias se detectan al relacionar otros contenidos y resultados de aprendizaje. Un alto porcentaje de estudiantes es capaz de identificar la etapa del método científico “plantear una hipótesis” (R3) en la prueba previo y en la posterior (69,7% (292 participantes) y 68,6% (277 participantes), respectivamente) (Tabla 8). Entre esos estudiantes, el 69,8% (204) es capaz de describir en qué consiste el método científico antes de la experiencia y el 91,0% (252) lo describe correctamente una vez finalizada. Así mismo, un alto porcentaje de estudiantes es capaz de “detallar los pasos necesarios para evaluar si una playa está contaminada por microorganismos” (R4) en las pruebas previa y posterior (63,9% (268 participantes) y 72,5% (293 participantes), respectivamente). Sin embargo, de esos estudiantes, el 70,9% (190) puede describir en qué consiste el método científico antes de la experiencia y el 91,5% (268) lo describe correctamente una vez finalizada. A través de una prueba chi-cuadrado de asociación, se evidencia una asociación estadísticamente significativa entre C5 y R3, y entre C5 y R4 en ambos test ($p < 0,001$).

Tabla 8.

Análisis conjunto de los resultados obtenidos en la evaluación previa y posterior a la implantación del proyecto Mar con-Ciencia en el conocimiento C5 y los resultados de aprendizaje R3 y R4.

Resultado de aprendizaje	Conocimiento C5 Número de estudiantes con distintas calificaciones			
		Bien	Mal	NS/NC
R3 (test previo)	No apto	64	21	42
	Apto	204	35	53
	Total	268	56	95
R3 (test posterior)	No apto	97	6	24

	Apto	252	10	15	277
	Total	349	16	39	404
R4 (test previo)	No apto	78	22	51	151
	Apto	190	34	44	268
	Total	268	56	95	419
R4 (test posterior)	No apto	81	8	22	111
	Apto	268	8	17	293
	Total	349	16	39	404

Nota: Test previo: 419 encuestas totales; test posterior: 404 encuestas; C5: ¿Puedes describir en qué consiste el método científico?; R3: ¿Cómo se llama a la etapa del método científico que establecen?; R4: ¿Sabrías detallar los pasos necesarios para evaluar si una playa está contaminada por microorganismos? Fuente: Elaboración propia

Nuestros resultados confirman que el alumnado llega con una base sólida y que la experiencia se desarrolla sobre un conocimiento previo bien asentado. Tras la intervención, los porcentajes de aptitud en el cuestionario posterior se mantienen estables, lo que es esperable en situaciones donde el margen de mejora cuantitativa es reducido. Sin embargo, el análisis cualitativo de las categorías de logro revela un aspecto muy positivo: aumenta el número de estudiantes que alcanzan niveles superiores, especialmente “Bien” y “Muy bien”. Esto sugiere que la experiencia ha contribuido a afinar el razonamiento y a profundizar en la comprensión.

En relación con el método científico (C5), los resultados aportan una información especialmente valiosa (Tabla 8). En primer lugar, los contenidos adquiridos se valoran mediante preguntas de respuesta abierta, un formato especialmente útil para obtener información en profundidad, estimular la creatividad y promover discusiones con sentido (National Research Council, 2001). El nivel de adquisición de los resultados de aprendizaje se evalúa mediante una prueba de opción múltiple. Este formato tiende a guiar la respuesta del alumnado, ya que se basa principalmente en el reconocimiento de información factual y limita la demostración de procesos cognitivos de mayor complejidad (Haladyna & Downing, 1989). Ello ayuda a entender por qué los resultados de la prueba previa y posterior son elevados y relativamente similares. En contraste, los formatos de respuesta construida demandan con frecuencia un pensamiento de orden superior, lo que justifica el rendimiento más bajo en la prueba previo sobre contenidos (Butler, 2018). Además, el alumnado suele preferir la opción múltiple por percibirla como un formato más accesible (Nassar et al., 2011).

En relación con los resultados de aprendizaje, el estudiantado muestra una notable estabilidad en la identificación de las etapas del método científico (R3). Aunque no se observan avances marcados, esta estabilidad indica que los conocimientos previos se mantienen y que la intervención no los debilita. El progreso más significativo aparece en R4, donde se solicita aplicar el método científico a un caso real —la contaminación de una playa—. Aquí se evidencia un incremento del número de estudiantes capaces de plantear de forma adecuada las fases del proceso, lo que demuestra que la experiencia didáctica facilita la transferencia del conocimiento a situaciones auténticas, uno de los desafíos más complejos en la enseñanza de las ciencias. Asimismo, disminuye el número de respuestas con dificultades severas o en blanco, señal de que cada vez más estudiantes participan de manera activa y comprenden mejor cómo estructurar un problema desde la lógica investigadora.

Nuestros resultados están de acuerdo con los publicados por Chengere et al. (2025), que demostraron que los experimentos de laboratorio basados en la indagación guiada con enriquecimiento instruccional mejoran significativamente las habilidades de proceso científico en estudiantes de Educación Secundaria, particularmente en temas de biología.

4.2. Exposición pública de los resultados

Cada grupo (entre 3 y 5 estudiantes) expuso las fases desarrolladas de acuerdo con el método científico, los ensayos realizados, la división de tareas, localizó la zona de toma de muestras sobre mapas, etc. En general, los estudiantes se mostraron muy satisfechos con el trabajo realizado, indicando: “*he tenido la posibilidad de ser un científico/a que pone en marcha un trabajo de investigación*”; “*hemos tenido bastante libertad para trabajar*”, “*podemos analizar los problemas*”,

“hemos sido conscientes de nuestra responsabilidad porque el trabajo final del curso dependía de los resultados de cada grupo”.

De las presentaciones se deduce que se ha producido aprendizaje autónomo, responsabilidad, trabajo en equipo, habilidades para organizar y planificar las actividades, realización de ensayos y trabajo experimental, capacidad de análisis y de gestionar la información, capacidad de divulgación del trabajo realizado con un uso correcto del lenguaje científico a través de la comunicación oral.

Los profesores de centros de Educación Secundaria y Bachillerato participantes en el proyecto destacaron esta nueva metodología de aprendizaje, que potencia el trabajo en equipo, y confiere al alumnado mayor responsabilidad en su propio aprendizaje. Alumnos y docentes coincidieron en que repetirían la experiencia. Los estudios de casos aplicables, relevantes y de la vida real apoyan eficazmente el compromiso y el aprendizaje.

Conclusiones

La experiencia formativa ha puesto de manifiesto su capacidad para acercar la ciencia a distintos niveles educativos, suscitar interés por las vocaciones científicas y fortalecer la conciencia ambiental orientada al cuidado de los océanos. Los resultados evidencian que el uso de estudios de caso es una herramienta eficaz para impulsar el aprendizaje activo, reflejándose en una mejora sustancial del desempeño en las evaluaciones posteriores. Este enfoque metodológico favorece que el alumnado se implique en investigaciones relacionadas con su propio entorno y aprenda de manera significativa, acompañado por educadores que orientan y potencian este proceso mediante el uso adecuado de casos. En conjunto, los resultados señalan oportunidades consistentes para reforzar el compromiso del alumnado y favorecer aprendizajes duraderos.

Referencias

- Benoit Ríos, C. G. (2020). La formulación de preguntas como estrategia didáctica para motivar la reflexión en el aula. *Cuadernos de Investigación Educativa*, 11(2), 95–115. <https://doi.org/10.18861/cied.2020.11.2.2994>
- Bhardwaj, V., Shuwei, Z., Yan Qin, Y., & Vijay, P. (2025). Redefining learning: student-centered strategies for academic and personal growth. *Frontiers in Education*, 10. <https://doi.org/10.3389/feduc.2025.1518602>
- Butler, A. C. (2018). Multiple-Choice Testing in Education: Are the Best Practices for Assessment Also Good for Learning? *Journal of Applied Research in Memory and Cognition*, 7(3), 323–331. <https://doi.org/10.1016/j.jarmac.2018.07.002>
- Çelik, F., & Baturay, M. H. (2024). Technology and innovation in shaping the future of education. *Smart Learning Environment*, 11, 54. <https://doi.org/10.1186/s40561-024-00339-0>
- Chengere, A. M., Bono, B. D., Zinabu, S. A., & Jilo, K. W. (2025). Enhancing secondary school students' science process skills through guided inquiry-based laboratory activities in biology. *PLoS ONE*, 20(4), e0320692. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0320692>
- Delgado Rodríguez, S., García Fandiño, R., & González García, R. (2023). Estilos de Aprendizaje y Estilos de Enseñanza. Innovación educativa a través de los espacios y metodologías de enseñanza y aprendizaje en entornos STEAM: Inovação educacional por meio de espaços e metodologias de ensino e aprendizagem em ambientes STEAM. *Revista de Estilos de Aprendizaje*, 16(32), 1–4. <https://doi.org/10.55777/rea.v16i32.6314>
- Durán-Aponte, E., & Durán-García, M. (2013). Aprendizaje cooperativo en la enseñanza de termodinámica: estilos de aprendizaje y atribuciones causales. *Revista de Estilos de Aprendizaje*, 6(11). <https://doi.org/10.55777/rea.v6i11.982>
- Haladyna, T. M., & Downing, S. M. (1989). A taxonomy of multiple-choice item-writing rules. *Applied measurement in education*, 2(1), 37–50. https://doi.org/10.1207/s15324818ame0201_3
- Hoffman, E. A. (2001). Successful application of active learning techniques to introductory microbiology. *Microbiology Education*, 2(1), 5–11. <https://doi.org/10.1128/me.2.1.5-11.2001>
- Hung, L.-Y., Wang, S.-M., & Yeh, T.-K. (2023). Kolb's experiential learning theory and marine debris education: Effects of different stages on learning. *Marine Pollution Bulletin*, 191, 114933. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2023.114933>

- Kolb, D. A. (1984). *Experiential learning: Experience as the source of learning and development*. Prentice Hall.
- Long, E. M., & Gummelt, G. (2020). Experiential Service Learning: Building skills and sensitivity with Kolb's learning theory. *Gerontology and Geriatrics Education*, 41(2), 219–232. <https://doi.org/10.1080/02701960.2019.1673386>
- Mehta, M., & Mehta, N. (2023). Impact of Experiential Learning on Learning Outcomes Among Engineering Students Based on Kolb's Model: A Netnography Study. *Journal of Engineering Education Transformations*, 37(2), 51–59. <https://doi.org/10.16920/jeet/2023/v37i2/23149>
- Nassar, Y. H. B., Qaraeen, K., & Abu Naba'h, A. (2011). Secondary School Students' Perceptions of Essay and Multiple-Choice Type Exams. *Dirasat, Educational Sciences*, 38(1). <https://api.semanticscholar.org/CorpusID:37308414>
- National Research Council. (2001). *Knowing what students know: The science and design of educational assessment*. National Academy Press.
- Pamungkas, S. F., & Widiastuti, I. (2019). Kolb's experiential learning for vocational education in mechanical engineering: A review. *AIP Conference Proceedings*, 2114(1), 030023. <https://doi.org/10.1063/1.5112427>
- Rubio, C. A., López, D., Delgado, A., García, A., Domínguez, D., & Gonzalo, J. (2023). Radio navigation aids learning, from virtual to real with the kolb's experiential learning cycle. *Education and New Developments*, 2. <https://doi.org/10.36315/2023v2end045>
- Satrústegui Moreno, A., & Mateo González, E. (2023). Mejora del Pensamiento Crítico en alumnos de ESO a través del Aprendizaje Basado en Problemas en un entorno STEAM. *Revista de Estilos de Aprendizaje*, 16(32), 19–32. <https://doi.org/10.55777/rea.v16i32.5990>
- Simard, C. (2023). Microorganism education: misconceptions and obstacles. *Journal of Biological Education*, 57(2), 308–316. <https://doi.org/10.1080/00219266.2021.1909636>
- Toogood, C. (2023). Supporting students to engage with case studies: a model of engagement principles. *Educational Review*, 77(4), 1125–1139. <https://doi.org/10.1080/00131911.2023.2281227>
- Van Akkeren, J. K., & Tarr, J. A. (2021). The application of experiential learning for forensic accounting students: The Mock Trial. *Accounting Education*, 31(1), 39–66. <https://doi.org/10.1080/09639284.2021.1960573>

Financiación

EL proyecto Mar con-Ciencia contó con la financiación de la Fundación Española de Ciencia y Tecnología (FECYT, FCT-21-16776), la Fundación DISA y la Universidad de Las Palmas de Gran Canaria a través del Instituto de Investigación de Estudios Ambientales y Recursos Naturales y las líneas de investigación de Microbiología Marina y Fisiología y Biotecnología Vegetal Marina.

Agradecimientos

Nuestro sincero agradecimiento a la Consejería de Educación, Universidades, Cultura y Deportes del Gobierno de Canarias. Además, deseamos agradecer y reconocer el esfuerzo y la implicación de la profesora Stephanie García Senín, y de todos los docentes que participaron en el proyecto y, en especial, de todos los estudiantes.

Conflicto de intereses

Los autores declaran que no existen conflictos de interés.

Contribución de autores

Los autores han contribuido en la misma proporción al desarrollo del artículo/investigación.



© 2026 by the authors. Submitted for open access publication under the terms and conditions of the Creative Commons