

## Proceso de enseñanza-aprendizaje en la Biología de los Microorganismos

### *Teaching–Learning Process in the Biology of Microorganisms*

**Sandra Verónica Mera Ponce\***  
Universidad Nacional de Chimborazo  
Riobamba - Ecuador  
sandra.mera@unach.edu.ec  
https://orcid.org/0000-0002-6247-6616

**Karen Elizabeth Macías Erazo**  
Universidad Nacional de Chimborazo  
Riobamba - Ecuador  
karen.macias@unach.edu.ec  
https://orcid.org/0009-0005-1543-9467

**Alisson Yamile Velastegui Ortega**  
Universidad Nacional de Chimborazo  
Riobamba - Ecuador  
alisson.velastegui@unach.edu.ec  
https://orcid.org/0009-0007-6431-9802

\*Correspondencia:  
sandra.mera@unach.edu.ec

**Cómo citar este artículo:**  
Mera, S., Macías, K., & Velastegui, A. (2025).  
Proceso de enseñanza-aprendizaje en la  
Biología de los Microorganismos. *Esprint*  
*Investigación*, 4(3), 26-34.  
https://doi.org/10.61347/ei.v4i3.174

**Recibido:** 18 de septiembre de 2025

**Aceptado:** 27 de octubre de 2025

**Publicado:** 31 de octubre de 2025

**Copyright:** Derechos de autor 2025 Sandra Verónica Mera Ponce, Karen Elizabeth Macías Erazo, Alisson Yamile Velastegui Ortega.



Esta obra está bajo una licencia internacional Creative Commons Atribución- NoComercial 4.0.

**Resumen:** El proceso de enseñanza-aprendizaje de la Biología de los Microorganismos es fundamental porque permite comprender su estructura, funciones, interacción con el medio ambiente y su impacto en la salud, la industria y la sociedad, formando profesionales capaces de aplicar conocimientos científicos, desarrollar pensamiento crítico y proponer innovación en procesos de enseñanza-aprendizaje aplicados a soluciones en ámbitos educativos. Para el desarrollo de la investigación, se plantearon las siguientes preguntas de investigación: (1) ¿Qué métodos, técnicas y procedimientos son más utilizados en el proceso de enseñanza-aprendizaje de la Biología de los Microorganismos? (2) ¿Cuáles son las temáticas más importantes abordadas para la enseñanza de la Biología de los Microorganismos? El estudio se realizó con un enfoque cualitativo y diseño documental, revisando la literatura reciente de bases académicas confiables para sistematizar y comparar información sobre el proceso de enseñanza-aprendizaje de la Biología de los Microorganismos. En la enseñanza de la Biología de los Microorganismos se emplean métodos tradicionales, activos y tecnológicos que favorecen la participación, el pensamiento crítico y la aplicación práctica. Las temáticas centrales abarcan la estructura, funciones ecológicas, salud humana, identificación, resistencia a antibióticos, aplicaciones industriales y biotecnológicas, impacto ambiental y problemas socio-científicos. La combinación de métodos diversos y el abordaje de temáticas integrales permiten un aprendizaje más completo, que conecta la teoría con la práctica y desarrolla competencias críticas y analíticas en los estudiantes.

**Palabras clave:** Biología, enseñanza-aprendizaje, microorganismos, temáticas.

**Abstract:** *The teaching–learning process of the biology of microorganisms is fundamental because it enables the understanding of their structure, functions, interactions with the environment, and their impact on health, industry, and society. It also helps train professionals capable of applying scientific knowledge, developing critical thinking, and fostering innovation in teaching–learning processes applied to educational solutions. To guide the development of this research, the following research questions were proposed: (1) What methods, techniques, and procedures are most frequently used in the teaching–learning process of the biology of microorganisms? (2) What are the most important topics addressed in the teaching of the biology of microorganisms? The study employed a qualitative approach and a documentary design, reviewing recent literature from reliable academic databases to systematize and compare information about the teaching–learning process of the biology of microorganisms. In this field, traditional, active, and technological methods are used to encourage participation, critical thinking, and practical application. The main topics include structure, ecological functions, human health, identification, antibiotic resistance, industrial and biotechnological applications, environmental impact, and socio-scientific issues. The combination of diverse methods and the inclusion of comprehensive topics enable more complete learning, connecting theory with practice and fostering critical and analytical competencies in students.*

**Keywords:** *Biology, microorganisms, teaching and learning, topics.*

## 1. Introducción

La Biología de los Microorganismos es la disciplina que estudia a los seres vivos de tamaño microscópico, que no pueden ser observados a simple vista. Su análisis abarca las características celulares, estructuras, ciclos de vida, reproducción, metabolismo y la interacción de estos organismos con el medio ambiente y otros seres vivos (Cifuentes, 2022).

Esta disciplina es fundamental para comprender el papel de los microorganismos en los procesos naturales, así como sus beneficios y su capacidad para causar enfermedades. Además, proporciona la base científica que sustenta áreas aplicadas como la salud, la medicina, la producción de medicamentos y la biotecnología, siendo clave para la formulación de estrategias de prevención y tratamiento médico (Ramírez, 2022).

La enseñanza y el aprendizaje de la Biología de los Microorganismos son fundamentales porque permiten comprender su papel crucial en los procesos biogeoquímicos, la salud humana, la producción de alimentos y la ecología, facilitando el desarrollo de estrategias para controlar enfermedades, promover innovaciones biotecnológicas y responder a emergencias sanitarias. Además, contribuyen a formar profesionales con conocimientos integrados en genética, bioquímica y ecología, fomentando el pensamiento crítico y la investigación, lo que resulta esencial para mejorar la calidad de vida y afrontar desafíos relacionados con los microorganismos y su estudio (Orellana et al., 2021).

Diversos estudios han explorado cómo se aborda la enseñanza de la Biología de los Microorganismos en los programas académicos, como es el caso de Ferragutti et al. (2022), en el estudio se analizaron los programas de asignaturas directamente relacionadas con la Biología de los Microorganismos dentro de las carreras de Ciencias Biológicas. Se recopilaron y clasificaron los programas curriculares disponibles, incluyendo guías y bibliografía, lo que evidenció que los contenidos se limitaban mayormente a explicaciones teóricas y componentes específicos, orientados principalmente hacia la comprensión de características específicas y taxonómicas, manteniendo un enfoque tradicional dentro del currículo revisado.

En el mismo sentido, Vargas (2023) desarrolló proyectos de aula para el proceso de enseñanza y aprendizaje de la Biología de los Microorganismos, las mismas que permitieron que los estudiantes desarrollaran conocimientos, habilidades y actitudes positivas, evidenciándose una ampliación en su comprensión sobre las funciones y aplicaciones de estos organismos, así como una transformación en sus percepciones, pasando de asociarlos solo con aspectos negativos a reconocer su importancia en la agricultura, salud y el medio ambiente. Durante las actividades, participaron activamente, investigaron, analizaron información, trabajaron en equipo y expresaron sus ideas en lenguaje científico, experimentando interés, curiosidad y motivación, a la vez que enfrentaban y superaban dificultades en la comunicación y coordinación grupal, con el acompañamiento docente.

En la misma línea, enfocándose en la Biología de los Microorganismos, la práctica realizada por Calle (2022) consistió en cultivar y observar hongos, que son microorganismos eucariontes, en un entorno controlado con recursos caseros. Los resultados evidenciaron el crecimiento y desarrollo de los hongos, permitiendo identificar aspectos relevantes como su estructura, tipos de hifas y esporas, además de observar la forma en que estos organismos se multiplican y se adaptan a las condiciones de su medio. Estos hallazgos contribuyeron a profundizar en el entendimiento de la organización y la fisiología de los microorganismos, específicamente los hongos, evidenciando su reproducción, características morfológicas y su papel en los ecosistemas.

A pesar de los resultados positivos obtenidos en estudios previos sobre la enseñanza de la Biología de los Microorganismos, aún persisten desafíos importantes, particularmente relacionados con la

utilización de métodos tradicionales, basados en la exposición pasiva de contenidos y en la fragmentación del conocimiento, lo que limita el desarrollo de habilidades críticas, analíticas y creativas en los estudiantes. Esto reduce su capacidad para comprender procesos biológicos complejos, como la estructura, reproducción y adaptación de los microorganismos, así como su papel en los ecosistemas (Amaguaya, 2023).

En la práctica, se observa que los estudiantes tienen pocas oportunidades de relacionar la teoría con la experimentación directa. La falta de estrategias pedagógicas activas que fomenten la observación, el análisis y la manipulación de los organismos dificulta la construcción de aprendizajes sólidos y la apropiación de conocimientos científicos. Esta situación evidencia la necesidad de implementar metodologías que promuevan la participación, la experimentación y la reflexión durante el proceso de enseñanza-aprendizaje. Asimismo, la resistencia al cambio en las metodologías tradicionales y la limitada experiencia docente en la aplicación de estrategias innovadoras representan obstáculos para mejorar la comprensión de los contenidos (Amaguaya, 2023).

Se ha establecido como objetivo general, determinar la enseñanza-aprendizaje de la Biología de los Microorganismos, para lograrlo se plantearon las siguientes preguntas de investigación: (1) ¿Qué métodos, técnicas y procedimientos son más utilizados en el proceso de enseñanza-aprendizaje de la Biología de los Microorganismos? (2) ¿Cuáles son las temáticas más importantes abordadas para la enseñanza de la Biología de los Microorganismos?

## 2. Metodología

La investigación se desarrolló bajo un enfoque cualitativo, mediante la revisión de literatura en bases académicas confiables, como Google Académico, PubMed y SciELO, con el objetivo de recolectar información actualizada sobre el proceso de enseñanza-aprendizaje de la Biología de los Microorganismos.

El estudio adoptó un diseño documental, seleccionando documentos publicados en los últimos cinco años, incluyendo artículos revisados por pares y tesis académicas, en español o inglés, y directamente relacionados con el tema. La información recopilada se organizó en una matriz de análisis, categorizada según métodos, técnicas y procedimientos, lo que permitió sistematizar y comparar los hallazgos de manera estructurada.

## 3. Resultados

En el proceso de enseñanza-aprendizaje de la Biología de los Microorganismos, se utilizan diversos métodos, técnicas y procedimientos que buscan mejorar la comprensión y participación de los estudiantes, tales como los que evidencia en la tabla 1:

**Tabla 1**

*Métodos, técnicas y procedimientos de la enseñanza-aprendizaje de la Biología de los Microorganismos*

Métodos	Técnicas	Procedimientos
Metodologías tradicionales (Amaguaya, 2023)	Clases magistrales y exposiciones orales.	Transmisión secuencial de contenidos teóricos centrada en el docente, con limitada participación activa del estudiante.

Métodos constructivistas y de aprendizaje activo (Donner & Imhoff, 2022)	Trabajo colaborativo, resolución de problemas, análisis de casos, simulaciones y laboratorios virtuales.	Diseño e implementación de actividades donde los estudiantes investigan, analizan información, aplican conceptos y reflexionan sobre los contenidos para fortalecer el pensamiento crítico.
Métodos mediados por tecnologías (OVA y TIC) (Ramírez, 2022)	Uso de recursos digitales interactivos (videos, infografías, esquemas, actividades dinámicas, autoevaluación en plataformas como Wix).	Elaboración y aplicación del OVA (Objeto Virtual de Aprendizaje), por ejemplo: “Los microorganismos en la medicina”, integración al plan de estudios y participación activa del estudiante mediante actividades interactivas y autoevaluativas.
Métodos de evaluación participativa (Vera, 2025)	Aplicación de rúbricas, cuestionarios y encuestas.	Recolección y análisis de datos sobre participación, comprensión y resultados de aprendizaje, para validar la efectividad de las estrategias implementadas y realizar ajustes pedagógicos.
Métodos experimentales y prácticos (Bull et al., 2020)	Cultivo de microorganismos, observación de hongos y bacterias, uso de microscopios y experimentos controlados en laboratorio.	Planificación y ejecución de prácticas de laboratorio, donde los estudiantes aplican conocimientos teóricos, registran resultados y analizan la relación entre variables y procesos biológicos.
Métodos basados en proyectos (Calderón, 2024)	Desarrollo de proyectos de aula, investigaciones guiadas y resolución de problemas reales.	Los estudiantes identifican problemas, plantean hipótesis, diseñan experimentos o investigaciones y presentan resultados, fomentando autonomía, colaboración y pensamiento crítico.
Métodos de aprendizaje cooperativo (Amaguaya, 2023)	Discusiones grupales, mapas conceptuales colaborativos, debates y tutorías entre pares.	Organización de los estudiantes en equipos para explorar conceptos, resolver dudas y construir conocimiento conjuntamente, promoviendo la comunicación, negociación y aprendizaje mutuo.
Métodos de gamificación (Rengifo, 2020)	Juegos educativos, cuestionarios interactivos, retos y simulaciones lúdicas.	Integración de dinámicas de juego y recompensas para motivar la participación activa, reforzar contenidos y evaluar la comprensión de los estudiantes de manera interactiva y atractiva.

### Temáticas más importantes abordadas para la enseñanza de la Biología de los Microorganismos

La enseñanza de la Biología de los Microorganismos abarca diversas áreas temáticas que permiten comprender en profundidad estos organismos y su relevancia en distintos contextos (Guiñez & Soto, 2024). A continuación, se describen las principales materias, considerando enfoques educativos, contenido científico y problemas socio-científicos:

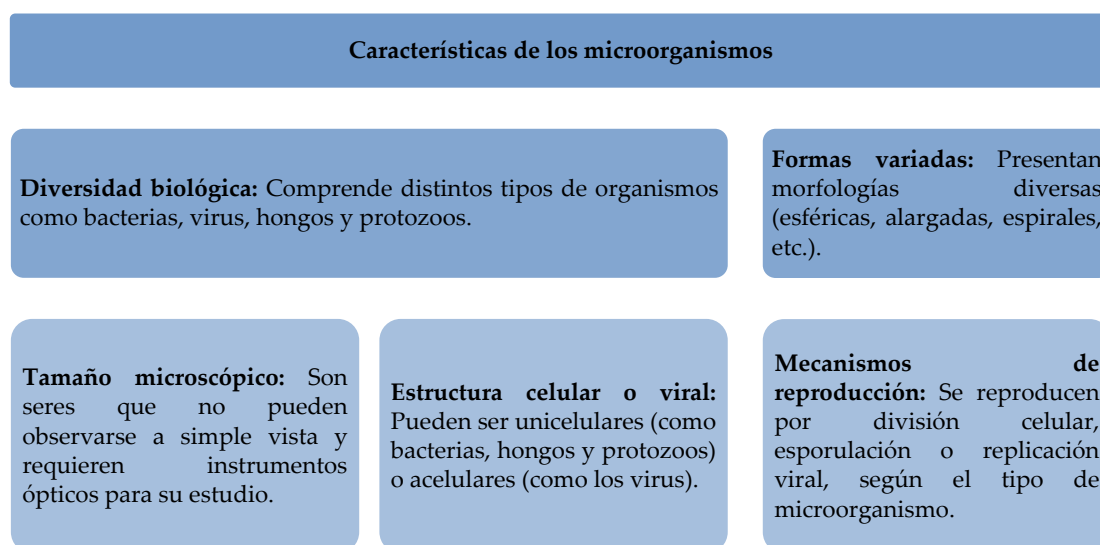
- Características y estructura de los microorganismos: Incluye el estudio de bacterias, virus, hongos y protozoos, sus formas, tamaño, estructuras celulares o virales y mecanismos de

reproducción, con el objetivo de comprender qué los define y cómo se diferencian unos de otros. Esta área también aborda el análisis de sus rasgos fundamentales como contenido central de la enseñanza (ver figura 1) (Sanhueza, 2021).

- **Funciones ecológicas y roles ambientales:** Analiza cómo los microorganismos participan en los ciclos biogeoquímicos, contribuyen a la descomposición y a la salud de suelos, agua y otros ecosistemas, y su influencia en la biodiversidad. Se consideran estos aspectos como contenidos esenciales para entender su papel ecológico (Gálvez-Iriqui et al., 2020; De la Cruz et al., 2020).
- **Importancia para la salud humana:** Abarca el estudio de microorganismos patógenos, enfermedades infecciosas que provocan, mecanismos de transmisión, prevención y control, así como la microbiota normal y su impacto en la salud. Esta área refleja la relevancia de los contenidos fundamentales en la relación de los microorganismos con la salud (Camacuari-Cárdenas, 2021).
- **Procesos de identificación y clasificación:** Incluye técnicas microbiológicas y moleculares para identificar microorganismos, como cultivos, tinciones, análisis genéticos y su clasificación taxonómica, elementos esenciales para la comprensión científica de los microorganismos (Páramo, 2021).
- **Resistencia antimicrobiana y uso de antibióticos:** Se enfoca en cómo los microorganismos desarrollan resistencia a medicamentos, las implicaciones para la medicina y la salud pública, y estrategias para su manejo, siendo este un contenido clave en la formación integral de los estudiantes (Giono-Cerezo et al., 2020).
- **Aplicaciones industriales y biotecnológicas:** Estudia el uso de microorganismos en procesos de fermentación (pan, vino, queso), producción de antibióticos, vacunas, detergentes y bioremediación, mostrando la utilidad práctica y los aportes a diversas industrias (Martínez et al., 2024).
- **Problemas socio-científicos vinculados:** Se centra en cuestiones sociales, éticas y de bioética relacionadas con el uso, control y manipulación de microorganismos, incluyendo la biotecnología, la salud pública y la producción de vacunas. Esta área promueve una enseñanza crítica (Sanhueza, 2021; Montanez et al., 2021).

## Figura 1

### Características de los microorganismos



## 4. Discusión

Los resultados obtenidos en este estudio evidencian que la enseñanza-aprendizaje de la Biología de los Microorganismos se apoya en una variedad de métodos, cada uno con implicaciones específicas sobre la comprensión, participación y desarrollo de habilidades en los estudiantes. Al comparar estos hallazgos con la literatura, se observan coincidencias y contrastes que permiten un análisis más detallado.

En relación con los métodos tradicionales, se confirma lo señalado por Amaguaya (2023), quien indica que la enseñanza centrada en la exposición de contenidos limita el desarrollo de habilidades críticas, analíticas y creativas. De manera complementaria, los estudios sobre programas académicos en ciencias biológicas muestran que los contenidos teóricos y taxonómicos predominan en el currículo, evidenciando un enfoque tradicional que coincide con los resultados del presente estudio, donde las clases magistrales aún predominan en algunas asignaturas.

Los métodos constructivistas y de aprendizaje activo presentan una convergencia notable con los resultados obtenidos. Vargas (2023) destaca que proyectos de aula y actividades colaborativas transforman la percepción de los estudiantes, ampliando su comprensión sobre las funciones ecológicas, sanitarias y biotecnológicas de los microorganismos. De manera complementaria, Donner y Imhoff (2022) resaltan que la resolución de problemas, el trabajo en equipo y los laboratorios virtuales fortalecen el pensamiento crítico y la autonomía.

La comparación evidencia que los resultados del estudio confirman ambos efectos: los estudiantes no solo desarrollan habilidades cognitivas, sino que también modifican su percepción sobre la relevancia de los microorganismos, mostrando una coincidencia con la literatura y reforzando la utilidad de estas metodologías activas.

Respecto a los métodos mediados por tecnologías, los hallazgos se alinean con lo reportado por Ramírez (2022), quien sugiere que los objetos virtuales de aprendizaje (OVA) y recursos digitales interactivos incrementan la participación y facilitan la autoevaluación. Sin embargo, al contrastar con Rengifo (2020), quien enfatiza la gamificación como estrategia motivacional, se evidencia que el enfoque tecnológico puede centrarse en la interacción con contenidos o en la motivación mediante dinámicas lúdicas. Los resultados del presente estudio muestran que la combinación de ambos enfoques potencia la comprensión y la participación, aunque la implementación parcial de estas estrategias limita su efectividad, generando una discrepancia respecto a las recomendaciones de la literatura.

Los métodos experimentales y prácticos también muestran coincidencias y contrastes relevantes. Calle (2022) evidencia que la observación y cultivo de hongos permite a los estudiantes comprender la estructura, reproducción y adaptación de los microorganismos en entornos controlados con recursos simples. Bull et al. (2020), por su parte, recomiendan laboratorios más estructurados y sistemáticos para obtener resultados confiables.

En cuanto a los métodos de evaluación participativa, Vera (2025) sostiene que rúbricas, cuestionarios y encuestas permiten retroalimentar de manera efectiva los aprendizajes. Calderón (2024) complementa esta visión al resaltar la evaluación basada en proyectos como una forma de medir competencias integrales. La comparación evidencia que, aunque se aplican evaluaciones participativas, su integración con proyectos y actividades prácticas aún es limitada, generando una discrepancia entre la evaluación ideal propuesta por los autores y la práctica real observada en los estudiantes.

Al analizar las temáticas abordadas en el estudio, como características y estructura de los microorganismos, funciones ecológicas, importancia para la salud humana, procesos de identificación, resistencia antimicrobiana, aplicaciones biotecnológicas, impacto ambiental y problemas socio-científicos (Guiñez & Soto, 2024; Sanhueza, 2021; Gálvez-Iriqui et al., 2020; Camacuari-Cárdenas, 2021; Páramo, 2021; Martínez et al., 2024; De la Cruz et al., 2020; Montanez et al., 2021), se observan coincidencias generales con lo reportado en la literatura.

No obstante, existen diferencias en el énfasis: algunos autores priorizan los contenidos técnicos y ecológicos, mientras que otros destacan la vinculación con problemas socio-científicos y la bioética. Los estudiantes que participan en metodologías activas, prácticas y tecnológicas logran integrar los distintos enfoques, alcanzando un aprendizaje más completo que aquellos expuestos solo a métodos tradicionales.

## 5. Conclusiones

Los métodos más utilizados en la enseñanza de la Biología de los Microorganismos combinan estrategias tradicionales, activas y tecnológicas. Las clases magistrales siguen siendo frecuentes, pero los enfoques constructivistas, los proyectos de aula, los laboratorios prácticos y el uso de recursos digitales fomentan la participación, el pensamiento crítico y la aplicación práctica de los conocimientos.

Las temáticas más importantes en la enseñanza de la Biología de los Microorganismos incluyen la estructura y características de los microorganismos, sus funciones ecológicas, su relación con la salud humana, los procesos de identificación y clasificación, la resistencia a antibióticos, las aplicaciones biotecnológicas e industriales, y los problemas socio-científicos. Estas áreas permiten un aprendizaje integral que combina teoría, práctica y análisis crítico de problemas reales.

## Referencias

- Amaguaya, E. (2023). *Recursos interactivos web a través de la plataforma Wix, para la enseñanza-aprendizaje de Biología de los Microorganismos, con estudiantes de quinto semestre de Carrera de Pedagogía de las Ciencias Experimentales Química y Biología* [Tesis de grado, Universidad Nacional de Chimborazo]. <https://acortar.link/2cgVpf>
- Bull, H., Premkumar, K., & Acharibasam, J. W. (2020). Using an innovative intervention to promote active learning in an introductory microbiology course. *Canadian Journal for the Scholarship of Teaching and Learning*, 11(2), 33. <https://eric.ed.gov/?id=EJ1276544>
- Calderón, N. (2024). Aprendizaje basado en proyectos, una herramienta para trabajar preconcepciones en microbiología. *Revista Chilena De Educación Científica*, 25(2), 49–52. <https://revistas.umce.cl/index.php/RChEC/article/view/2947>
- Camacuari-Cárdenas, F. (2021). Factores de Riesgo Laboral y Enfermedades Ocupacionales en el Profesional de Enfermería del Centro Quirúrgico Hospital Nacional Dos de Mayo, 2019. *Revista médica panacea*, 10(2), 89-93. <https://doi.org/10.35563/rmp.v10i2.431>
- Cifuentes, P. (2022). *Conociendo la diversidad microscópica y sus utilidades: folleto educativo para la divulgación y el reconocimiento de los seres microscópicos* [Tesis de maestría, Universidad Nacional de Colombia]. <https://acortar.link/JeOVcK>
- De la Cruz, A. (2020). Bioestabilización de excretas avícolas mediante microorganismos eficientes para el control de la contaminación ambiental. *Revista de la Facultad de Ciencias Agrarias*, 52(2), 1–15. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=8232835>

- Donner, L., & Imhoff, M. (2022). Development of online clinical microbiology laboratory unknowns: Active learning for online, hybrid, and in-person courses. *Journal of Microbiology & Biology Education*, 23(3), e00071-22. <https://doi.org/10.1128/jmbe.00071-22>
- Ferragutti, S., Astudillo, C., & Bermudez, G. (2022). Enseñanza-aprendizaje de la Biología de los Microorganismos: análisis de programas curriculares en Ciencias Biológicas. *Bio-grafía*, 15(2), 123–135. Universidad Pedagógica Nacional. <https://revistas.upn.edu.co/index.php/biografia/article/view/18161/>
- Gálvez-Iriqui, A. C., Plascencia-Jatomea, M., & Bautista-Baños, S. (2020). Lisoenzimas: características, mecanismo de acción y aplicaciones tecnológicas en el control de microorganismos patógenos. *Revista mexicana de fitopatología*, 38(3), 360-383. [https://scielo.org.mx/scielo.php?pid=S0185-33092020000300103&script=sci\\_arttext&tlng=es](https://scielo.org.mx/scielo.php?pid=S0185-33092020000300103&script=sci_arttext&tlng=es)
- Giono-Cerezo, S., Santos-Preciado, J., Morfín-Otero, M., Torres-López, F., & Alcántar-Curiel, M. (2020). Resistencia antimicrobiana. Importancia y esfuerzos por contenerla. *Gaceta médica de México*, 156(2), 172-180. <https://acortar.link/i1Qu1E>
- Guíñez, E., & Soto, B. (2024). *Impacto del taller teórico-práctico de microbiología para estudiantes de Educación General Básica y Pedagogía en Ciencias Naturales y Biología en el aprendizaje y percepción de los microorganismos* [Tesis de doctoral, Universidad de Concepción]. <https://acortar.link/vuEBIO>
- Martínez, L., Yáñez, R., & Villalobos, E. (2024). Los microorganismos y sus beneficios. *Revista SPAUACH Academia Vitalis*, 8(9), 45–53. <https://acortar.link/j4BrT1>
- Montanez, A., Trasante, T., Silva, C., & Imbert, D. (2021). Aprendizaje por indagación en la enseñanza de la Microbiología de suelos: diseño participativo de herramientas para la experimentación. *Revista De Educación En Biología*, 24(1), 102-118. <https://doi.org/10.59524/2344-9225.v24.n1.28074>
- Orellana, O., Amster-Choder, O., Banerjee, R., & Ling, J. (2021). Editorial: RNA biology of microorganisms. *Frontiers in Microbiology*, 12, 754109. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2021.754109>
- Páramo, L. (2021). Identificación molecular de microorganismos aislados en plantales mineros artesanales de Nicaragua. *I+D Tecnológico*, 17(1), 54-64. <https://doi.org/10.33412/idt.v17.1.2921>
- Ramírez, D. (2022). *Elaboración de un Objeto Virtual de Aprendizaje para la Enseñanza de la Biología de los Microorganismos y su Importancia Médica en relación con antibióticos y vacunas dirigida a estudiantes de la Asignatura Sistemas Microbianos-UPN* [Tesis de grado, Universidad Pedagógica Nacional]. <https://acortar.link/HAZZo6>
- Rengifo, F. (2020). *Estrategia Didáctica Mediada por "exelearning" para el Fortalecimiento de los Niveles de Comprensión Lectora, a Partir del Aprendizaje de los Microorganismos, con los Estudiantes de Grado Octavo* [Tesis de maestría, Universidad de Santander UDES]. <https://acortar.link/GT048p>
- Sanhueza, C. (2021). Ciclo de indagación a todo terreno. *Revista de Educación en Biología*, 3(Extraordinario), 81–83. <https://congresos.adbia.org.ar/index.php/congresos/article/view/877>
- Vargas, L. (2023). *Análisis de las implicaciones del proceso de enseñanza - aprendizaje que emergen del diseño de proyectos de aula con microorganismos para estudiantes de grado once del Colegio La Floresta Sur IED* [Tesis de maestría, Universidad Pedagógica Nacional]. <https://acortar.link/hLycDQ>
- Vera, M. (2025, 21 de abril). *Rúbrica analítica para la evaluación de microorganismos en biología*. EdutekaLab. <https://edtk.co/rbk/484716>

---

## Transparencia

### Conflicto de interés

Los autores declaran que no existen conflictos de interés de naturaleza alguna como parte de la presente investigación.

### Fuente de financiamiento

Los autores financiaron completamente la investigación.

### Contribución de autoría

Sandra Verónica Mera Ponce: Conceptualización, metodología, software, validación, análisis formal, investigación, visualización, redacción - preparación del borrador original, redacción - revisión y edición, financiamiento, administración del proyecto, recursos, supervisión.

Karen Elizabeth Macías Erazo: Conceptualización, metodología, validación, análisis formal, investigación, gestión de datos, visualización, redacción - preparación del borrador original, redacción - revisión y edición, financiamiento, recursos, supervisión.

Alisson Yamile Velastegui Ortega: Conceptualización, metodología, análisis formal, investigación, gestión de datos, visualización, redacción - preparación del borrador original, redacción - revisión y edición, financiamiento.

Los autores contribuyeron activamente en el análisis de los resultados, revisión y aprobación del manuscrito final.