10.47519/risi.v2i00.15

CC BY NC SA

Revista Ibero-Americana de Saúde Integrativa
Ibero-American Journal of Integrative Health

CONECTA#ADOTE: COMBINACIÓN DE METODOLOGÍAS ACTIVAS E INTELIGENCIA ARTIFICIAL PARA POTENCIAR LA ENSEÑANZA DE LA MICROBIOLOGÍA Y LA GESTIÓN DE CONTENIDOS ACADÉMICOS

CONECTA#ADOTE: COMBINAÇÃO DE METODOLOGIAS ATIVAS E INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL PARA POTENCIALIZAR O ENSINO DE MICROBIOLOGIA E A GESTÃO DE CONTEÚDOS ACADÊMICOS

CONECTA#ADOTE: COMBINING ACTIVE METHODOLOGIES AND ARTIFICIAL INTELLIGENCE TO ENHANCE MICROBIOLOGY TEACHING AND ACADEMIC CONTENT MANAGEMENT

Daffiny de Oliveira SUMAN [1]
daffinysuman@gmail.com
Felipe de Oliveira PAPALÉO [2]
sisteen@omnic.me
Bruna Rodrigues CORRÊA [3]
bruh_rcorrea@usp.br
Rita de Cássia Café FERREIRA [4]
ritacafe@usp.br
Ana Carolina Ramos MORENO [5]
ana.moreno@butantan.gov.br

[1] Universidad de São Paulo (USP), São Paulo – SP – Brasil. Científica Biomédica, MSc, Instituto de Ciencias Biomédicas.

[2] Omni AI, São Paulo – São Paulo (SP) – Brasil..

[3] Universidad de São Paulo (USP), São Paulo – SP – Brasil. Científica Biomédica, Maestría en Ciencias, Instituto de Ciencias Biomédicas.

[4] Universidad de São Paulo (USP), São Paulo – SP – Brasil. Profesora, Departamento de Microbiología, Instituto de Ciencias Biomédicas.

[5] Instituto Butantan – São Paulo – SP – Brasil. Investigadora, Laboratorio de Desarrollo de Vacunas.

Cómo citar este artículo:

Suman, D. O., Papaléo, F. O., Corrêa, B. R., Ferreira, R. C. C., & Moreno, A. C. R. (2025). Conecta#adote: combinación de metodologías activas e inteligencia artificial para potenciar la enseñanza de la microbiología y la gestión de contenidos académicos. *Revista Ibero-Americana de Saúde Integrativa (RISI)*, *2*(00), e025002. https://doi.org/10.47519/risi.v2i00.15

Enviado el: 05/01/2025
Revisiones solicitadas el: 07/01/2025
Aprobado el: 11/01/2025
Publicado el: 02/12/2025

RESUMEN: En este estudio se buscó desarrollar y validar la plataforma Conecta#Adote, que integra inteligencia artificial (IA) al proyecto #Adote para centralizar, organizar y analizar contenidos producidos por estudiantes en redes sociales. La plataforma, de arquitectura modular, incorpora herramientas de IA y funciona como repositorio y entorno de análisis automáticos. Para la validación, utilizamos como piloto publicaciones del grupo Neisseria de la actividad "Adopta una Bacteria" de la asignatura de Bacteriología (curso de Ciencias Biomédicas – USP). Las publicaciones fueron importadas a la plataforma, que ejecutó análisis de contenido, conteo de términos, identificación de vocabulario biológico y generación de nubes de palabras. Los resultados evidenciaron la viabilidad técnica de la integración entre IA y metodología activa, y el potencial de Conecta#Adote para mejorar la gestión de datos educativos. Se concluye que Conecta#Adote moderniza la enseñanza de microbiología al combinar IA y metodologías activas, constituyéndose en una herramienta innovadora para la enseñanza híbrida.

PALABRAS CLAVE: Proyecto #Adote. Inteligencia artificial. Microbiología. Educación.

RESUMO: *Neste estudo, objetivou-se desenvolver e validar a plataforma Conecta#Adote, que integra inteligência artificial (IA) ao projeto #Adote para centralizar, organizar e analisar conteúdos produzidos por estudantes em redes sociais. A plataforma, em arquitetura modular, incorpora ferramentas de IA funcionando como repositório e ambiente de análises automáticas. Para a validação, utilizamos como piloto postagens do grupo Neisseria da atividade "Adote uma Bactéria" da disciplina de Bacteriologia (curso de Ciências Biomédicas – USP). As postagens foram importadas para a plataforma, que executou análises de conteúdo, incluindo contagem de termos, identificação de vocabulário biológico e geração de nuvem de palavras. Os resultados evidenciaram a viabilidade técnica da integração entre IA e metodologia ativa, bem como o potencial do Conecta#Adote para ampliar a eficiência da gestão de dados educacionais. Conclui-se que o Conecta#Adote contribui para modernizar o ensino de microbiologia ao unir IA e metodologias ativas, configurando-se como ferramenta inovadora para o ensino híbrido.*

PALAVRAS-CHAVE: *Projeto #Adote. Inteligência artificial. Microbiologia. Educação.*

ABSTRACT: *Here, we aimed to develop and validate the Conecta#Adote platform, which integrates artificial intelligence (AI) into the #Adote project to centralize, organize, and analyze content produced by students on social media. The platform, designed with a modular architecture, incorporates AI tools and function as a repository and environment for automated analyses. For validation, we used as a pilot the posts from the Neisseria group of the "Adopt a Bacterium" activity in the Bacteriology course (Biomedical Sciences program – USP). The posts were imported into the platform, which performed content analyses including term counting, identification of biological vocabulary, and word cloud generation. The results demonstrated the technical feasibility of integrating AI and active methodology, as well as the potential of Conecta#Adote to enhance the efficiency of educational data management. We conclude that Conecta#Adote modernize microbiology teaching by combining AI and active learning methodologies, establishing itself as an innovative tool for hybrid education.*

KEYWORDS: *#Adote Project. Artificial intelligence. Microbiology. Education.*

Artículo sometido al sistema de comparación por similitud

iThenticate

Editor en jefe: Prof. Dr. José Anderson Santos Cruz

INTRODUCCIÓN

La transformación digital ha modificado la producción, el intercambio y la difusión del conocimiento. En este contexto, las Tecnologías Digitales de la Información y la Comunicación (TDIC) han impactado directamente los procesos de enseñanza y aprendizaje, consolidándose como valiosos recursos didáctico-pedagógicos, especialmente para las generaciones Z y Alfa (Lima et al., 2021; Coutinho et al., 2024). Al asociarse con metodologías activas de enseñanza, las TIC promueven un mayor compromiso, autonomía e inclusión, favoreciendo un aprendizaje dinámico y significativo, en el que el estudiante ocupa una posición central en la construcción del conocimiento (Yannier et al., 2021).

En el campo de la microbiología, un ejemplo bien establecido es la metodología activa "Adopta una Bacteria", vertiente educativa del Proyecto #Adote (Piantola et al., 2018; Taschner et al., 2020; Armellini et al., 2021; Corrêa et al., 2023; Santos et al., 2024; Baroni et al., 2024; Gozzi et al., 2025; Picinin et al., 2025). En esta propuesta, estudiantes universitarios producen colaborativamente publicaciones temáticas sobre microorganismos en un entorno interactivo que fomenta el intercambio entre estudiantes, mediadores y profesores en redes sociales (Facebook® e Instagram®). Esta experiencia ha demostrado eficacia tanto en la promoción del aprendizaje científico como en el fortalecimento del lenguaje académico de los estudiantes, así como en la ampliación del alcance de las prácticas pedagógicas mediante la colaboración en entornos digitales.

La integración de la microbiología con la inteligencia artificial (IA) se ha consolidado como un enfoque estratégico para el avance científico y educativo (Gordon et al., 2024; Mohseni & Ghorbani, 2024; Rajan et al., 2024). El uso de algoritmos de aprendizaje automático (ML – *Machine Learning*) y aprendizaje profundo (DL – *Deep Learning*) ha permitido el análisis de grandes volúmenes de datos microbiológicos con mayor precisión y velocidad, contribuyendo a la identificación de patógenos, la predicción de la resistencia a los antimicrobianos (Mahmood et al., 2024) y la clasificación taxonómica en estudios metagenómicos (Kouchaki et al., 2023).

En el contexto educativo, la incorporación de herramientas basadas en IA tiene el potencial de promover el aprendizaje personalizado, ofrecer retroalimentación adaptativa y fomentar el desarrollo de habilidades analíticas y críticas (Popenici & Kerr, 2017; Bernardino et al., 2024; Khalid et al., 2024; Toma et al., 2024). Sin embargo, su uso requiere enfoques éticos y pedagógicos bien estructurados (Park et al., 2024; Marcotte et al., 2024; Akhter et al., 2025), que garanticen la transparencia, la fiabilidad y la correcta interpretación de los resultados.

Con base en este potencial, el presente estudio presenta Conecta#Adote, una plataforma digital que integra la metodología activa "Adopta una Bacteria" con recursos de IA, configurando un entorno virtual centrado en la centralización, preservación y análisis automatizado

del contenido producido por estudiantes y docentes. Esta integración amplía la accesibilidad, la eficiencia y la innovación en el proceso de enseñanza-aprendizaje, a la vez que consolida un repositorio estructurado de información científica y pedagógica. El sistema fue diseñado para operar de forma multifuncional, combinando una base de datos, la generación automatizada de informes y herramientas analíticas.

Por lo tanto, este estudio tuvo como objetivo general desarrollar y validar la plataforma Conecta#Adote, integrando recursos de inteligencia artificial con la metodología activa "Adopta una Bacteria" para apoyar la enseñanza de la microbiología y la gestión de contenidos académicos. Específicamente, se buscó: (i) describir el proceso de diseño y la arquitectura técnico-pedagógica de la plataforma; (ii) probar las funcionalidades de organización y análisis automáticos de contenidos utilizando publicaciones de un grupo de la actividad "Adopta una Bacteria"; y (iii) discutir el potencial de integrar IA, metodologías activas e analítica de aprendizaje no contexto de la educación superior en microbiología.

MÉTODOS

Desarrollo de la plataforma Conecta#Adote

El desarrollo de la plataforma Conecta#Adote se llevó a cabo em etapas sucesivas, que incluyeron la planificación conceptual, la estructuración técnica (*frontend y backend*) e integración de herramientas de IA. Inicialmente, la planificación y la arquitectura de la plataforma se describieron de forma manual y esquemática (Tabla 1) para definir las secciones y funcionalidades principales. Esta etapa correspondió al frontend (interfaz visual), que incluye el diseño de las pantallas, menús y pestañas que organizan las diferentes funciones de la plataforma (Figura 1). Posteriormente, se planificó a estructura digital da plataforma, o backend (procesamiento computacional de datos), responsable de las rutas de comunicación y la integración con herramientas de IA. Para cada función planificada, se determinaron las IAs más adecuadas (Tabla 2). Esta estructura permitió el procesamiento automatizado de los análisis y la comunicación entre las interfaces de usuario y la base de datos.

El entorno de desarrollo y programación fue Replit, que permite editar y ejecutar código en la nube. Parte de la programación se realizó mediante *Vibe Coding*, una función de Replit que utiliza *prompts* de comando fragmentados, minimizando los errores de compilación. También se implementaron módulos programados manualmente: HTML para el frontend, Python para el backend e scripts de configuración de bases de datos em PostgreSQL. Para la implementación de las herramientas de análisis automatizado, se integró el algoritmo OCR (*Optical Character Recognition*), utilizado para extraer texto de imágenes. La información extraída se procesó y visualizó utilizando Chart.js, responsable de generar la nube de palabras, que iden-

tifica los términos más frecuentes y relevantes. La estructura general de Conecta#Adote se puede apreciar en la Figura 1.

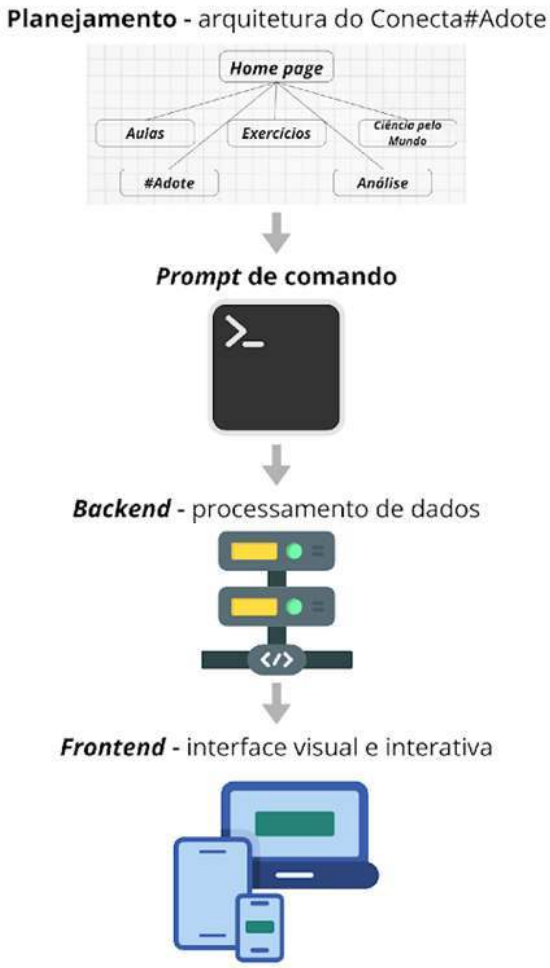
Tabla 1
Estructura organizativa del frontend y funcionalidad de las pestañas de la plataforma

Estructura	Función
Pantalla de inicio (*Login*)	Interfaz inicial donde el usuario ingresa sus credenciales (nombre, e-mail, grupo y perfil: profesor/mediador o estudiante). La autenticación define el nivel de acceso y redirige automáticamente al usuario a la página de inicio.
Página de inicio (*Home page*)	El panel principal centraliza todas las funcionalidades de la plataforma, distribuidas en pestañas interactivas. En esta área, el usuario accede a los módulos Clases, Ejercicios, Ciencia por el Mundo, #Adote e Informe, y es posible navegar entre ellos dinámicamente.
Clases	Espacio dedicado a la provisión de contenidos teóricos, videos, guías prácticas y materiales complementarios, organizados por el docente o facilitador.
Ejercicios	Área diseñada para la práctica y consolidación del aprendizaje. Incluye actividades interactivas que evalúan la comprensión del contenido y permiten supervisar el desempeño de cada estudiante.
Ciencia por el Mundo	Sección dedicada al intercambio de noticias científicas recientes y descubrimientos en microbiología y campos relacionados, fomentando la lectura crítica y la actualización constante.
#Adote	Módulo interactivo que alberga las publicaciones del proyecto #Adote, incluyendo contenidos de divulgación científica, materiales visuales e historias producidas por los estudiantes. Permite la interacción entre alumnos, mediadores y docentes mediante comentarios y *retroalimentación*.
Análisis (Informe)	Este módulo se centra en la evaluación cuantitativa y cualitativa de las publicaciones. Permite filtrar el contenido por título y genera automáticamente representaciones gráficas, como nubes de palabras, gráficos de frecuencia y métricas de compromiso basadas en interacciones (*likes* y comentarios).

Nota. Elaborada por los autores (2026).

10.47519/risi.v2i00.15

Figura 1
Arquitectura general y flujo de trabajo de la plataforma Conecta#Adote.



Nota. Elaborada por los autores (2026). La imagen representa la planificación y la estructura modular del sistema, compuesta por diferentes secciones a las que se accede desde la página principal (Clases, Ejercicios, Ciencia por el Mundo, #Adote e Informe). El proceso operativo se divide en tres capas principales: o prompt de comando, que activa las solicitudes de los usuarios; o backend, responsable del procesamiento e integración de datos con recursos de inteligencia artificial; e o frontend, que presenta la interfaz visual e interactiva utilizada por estudiantes y profesores.

Tabla 2
Estructura del backend e integración de herramientas de IA de la plataforma Conecta#Adote

Inteligência Artificial / Ferramenta	Función
Replit	Entorno de desarrollo y ejecución basado en la nube.
ChatGPT	Programación a través de Vibe Coding.
OCR	Extraer texto de imágenes.
PostgreSQL	Base de datos relacional de la plataforma.
Chart.js	Generación de gráficos y visualizaciones de datos.

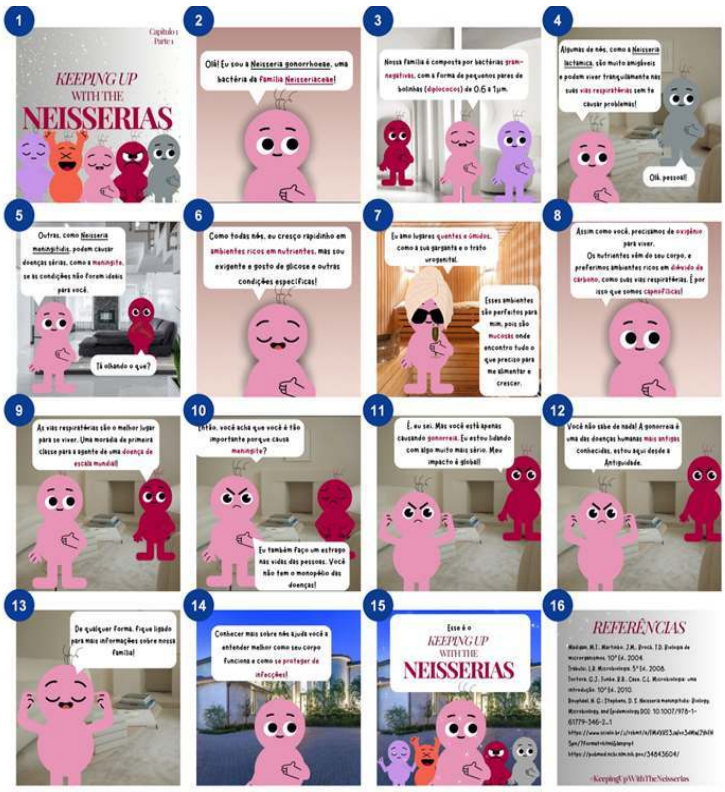
Nota. Elaborado por los autores (2026).

Adopta una Bacteria para la validación de la plataforma

En este estudio, se utilizaron publicaciones producidas en 2024 durante la actividad "Adopta una Bacteria" —aprobada por el Comité de Ética en Investigación con Seres Humanos (CEPSH ICB-USP, bajo el número de protocolo CAAE 51764021.0.0000.5467)—, desarrollada en la asignatura de Bacteriología de la carrera de Ciencias Biomédicas de la Universidad de São Paulo.

Para la validación de la plataforma Conecta#Adote, se seleccionaron únicamente las publicaciones del grupo Neisseria, compuesto por nueve estudiantes de grado, de los cinco grupos participantes en la actividad. Las publicaciones se recopilaron manualmente del perfil oficial de Instagram® de la actividad (Figura 2), utilizando el acceso institucional (usuario y contraseña). Cada publicación se guardó individualmente como una imagen y luego se transfirió al entorno de la plataforma, simulando el proceso de publicación original. Este enfoque buscó reproducir fielmente la dinámica de uso del sistema, asegurando condiciones reales para la interacción y el análisis. El conjunto de datos resultante se utilizó como base para probar las funcionalidades de organización, almacenamiento y análisis automatizado de datos académicos, permitiendo validar el desempeño y la aplicabilidad de la plataforma en el contexto educativo.

Figura 2
Ejemplos de publicaciones del grupo Adopta una Bacteria 2024, Neisseria.



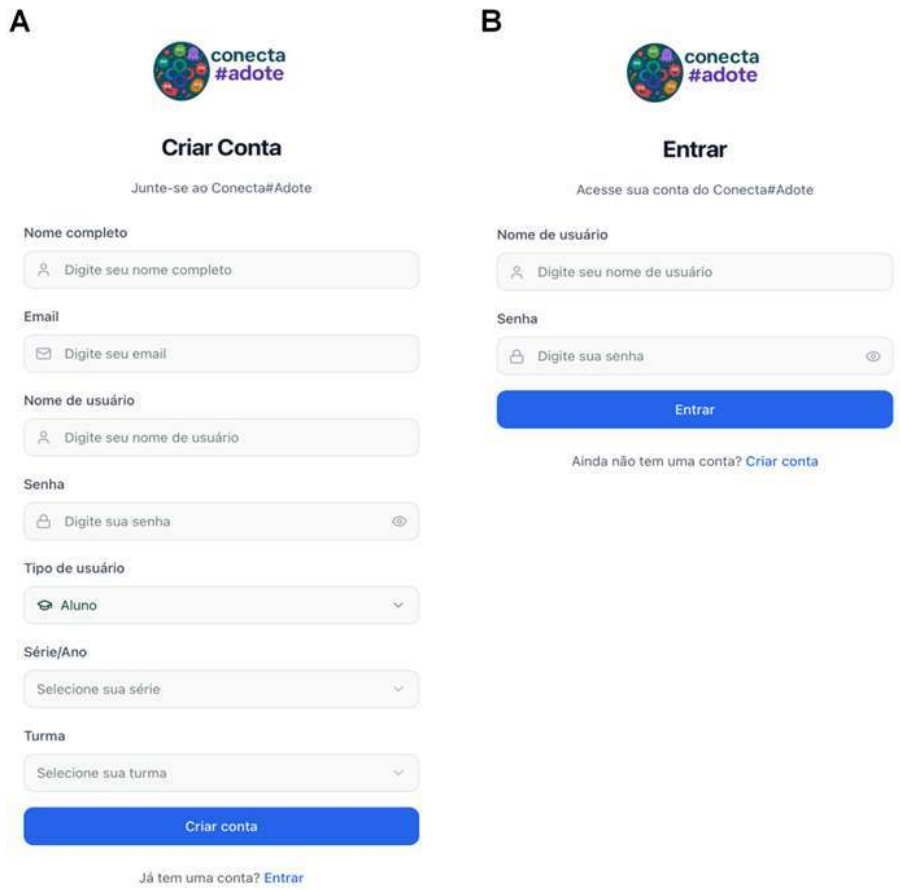
Nota. Elaborado por los autores (2026).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Interfaces visuales e interactivas de Conecta#Adote

La plataforma en desarrollo ya cuenta con una estructura funcional que permite la integración de recursos de IA en la metodología "Adopta una Bacteria". Al acceder a la plataforma, la primera interfaz visual del usuario es la página de registro, que debe completarse ingresando el nombre, correo electrónico, contraseña e identificación como estudiante o profesor —que, en este caso, también corresponde al perfil del mediador— (Figura 3A). Esta identificación es esencial para el posterior refinamiento del análisis. Tras este procedimiento, es posible iniciar sesión para acceder al sistema (Figura 3B).

Figura 3
Pantalla de registro e inicio de sesión en la plataforma, identificando al usuario como alumno o docente.

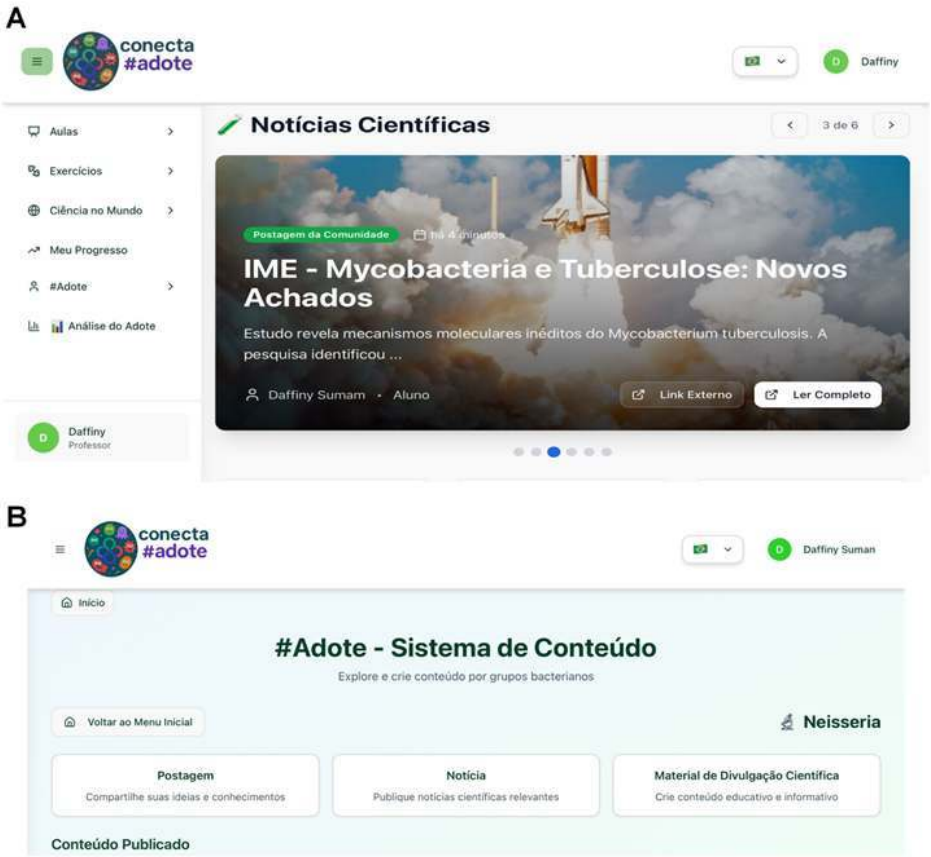


Nota. Elaborado por los autores (2026). [A] Interfaz visual de usuario para registro. [B] Interfaz visual de usuario para inicio de sesión.

Tras acceder a Conecta#Adote, el usuario es recibido por una interfaz intuitiva. En la barra lateral izquierda se encuentra el menú principal, compuesto por las secciones: Clases,

Ejercicios, Ciencia por el Mundo, Mi Progreso, #Adote e Informe (Análisis) (Figura 4A). Esta organización facilita la navegación y proporciona una experiencia de aprendizaje inmersiva y personalizada. La pantalla de inicio destaca el módulo "Ciencia por el Mundo", presentado en un carrusel dinámico que muestra noticias científicas actualizadas, producidas o seleccionadas por los propios estudiantes. Esta función estimula la participación, la curiosidad y el desarrollo de la alfabetización científica al acercar a los estudiantes a descubrimientos reales y al vocabulario científico contemporáneo. La pestaña #Adote constituye el núcleo de la actividad dentro de la plataforma, donde los alumnos pueden acceder a los grupos de bacterias adoptadas y realizar las publicaciones que actualmente se efectúan en Instagram® (Figura 4B).

Figura 4
Interfaces de la plataforma Conecta#Adote



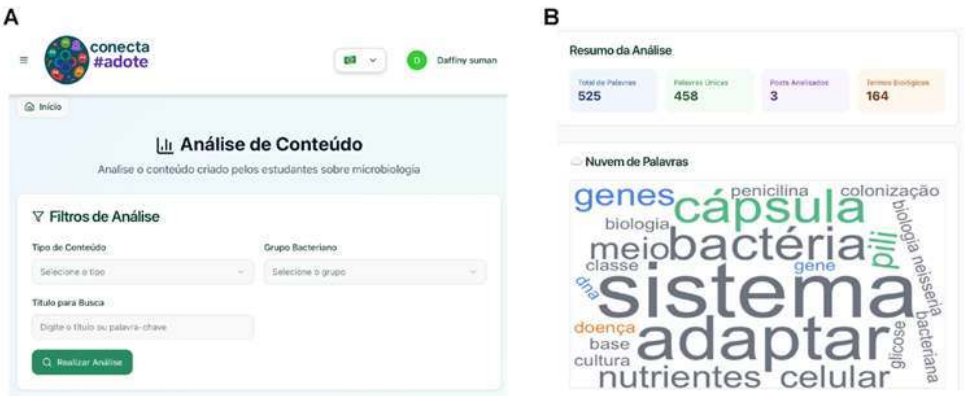
Nota. Elaborado por los autores (2026). [A] Pantalla principal de la plataforma, que destaca el carrusel de noticias científicas en el centro y el menú lateral con los módulos disponibles: Lecciones, Ejercicios, Ciencia en el Mundo, Mi Progreso, #Adoptar y Análisis de la Adopción. [B] Interfaz de la pestaña #Adoptar, que organiza el sistema de contenido por grupos bacterianos. En esta sección, los estudiantes pueden crear publicaciones relacionadas con la actividad "Adopta una Bacteria", insertar noticias científicas y publicar materiales de divulgación.

Validación de herramientas de análisis automatizado

Para realizar un análisis, el usuario —específicamente con perfil de docente— selecciona el tipo de contenido (publicación, noticia o material de divulgación científica) y proporciona el título utilizado en las publicaciones para una selección precisa de las entradas del grupo bacteriano adoptado (Figura 5A). Como ejemplo de validación de las funcionalidades de Conecta#Adote, se realizó un análisis de contenido de las publicaciones del grupo Neisseria, seleccionadas a partir del título "keepingupwiththeneisseria#Adote2024".

El sistema procesó automáticamente tres publicaciones, resultando en un total de 525 palabras, de las cuales 458 fueron únicas y 164 se identificaron como términos biológicos (Figura 5B). Estos datos demuestran la capacidad de la herramienta para reconocer y clasificar la terminología científica, así como para cuantificar la diversidad léxica presente en las producciones estudiantiles. La nube de palabras generada resalta los conceptos más recurrentes, enfatizando términos como "sistema", "adaptar", "bacteria", "cápsula" y "nutrientes", lo que refleja el enfoque microbiológico de las publicaciones.

Figura 5
Interfaz del área de análisis de la plataforma Conecta#Adote.



Nota. Elaborado por los autores (2026). [A] Módulo de Análisis de Contenido, donde el usuario selecciona el tipo de publicación, el grupo bacteriano adoptado y el título deseado para iniciar el procesamiento automático. [B] Ejemplo de análisis aplicado a publicaciones de la actividad "Adopta una Bacteria" en la plataforma. Se evaluaron tres publicaciones del grupo *Neisseria*, con un total de 525 palabras, de las cuales 458 fueron únicas y 164 términos biológicos identificados. La nube de palabras resalta los conceptos más recurrentes presentes en las publicaciones.

DISCUSIÓN

La creación de la plataforma Conecta#Adote surge como una iniciativa que combina metodologías de enseñanza activa y herramientas de inteligencia artificial (IA) en respuesta

a las demandas actuales de innovación y modernización en la enseñanza de la microbiología (Tiwade et al., 2024). La propuesta constituye una expansión del proyecto #Adote, donde la vertente "Adopta una Bacteria" se ha consolidado como una estrategia de aprendizaje activa y colaborativa, promoviendo el compromiso estudiantil y la comunicación científica a través de las redes sociales (Piantola et al., 2018; Taschner et al., 2020; Armellini et al., 2021; Corrêa et al., 2023; Santos et al., 2024; Baroni et al., 2024; Gozzi et al., 2025; Picinin et al., 2025).

En este contexto, Conecta#Adote amplía el alcance y la sostenibilidad del proyecto al incorporar un repositorio digital propio, que centraliza, organiza y preserva los contenidos producidos por estudiantes, mediadores y profesores. Además de actuar como un banco de memoria académica, el repositorio garantiza la continuidad, trazabilidad y comparabilidad entre las diferentes ediciones de la actividad, permitiendo análisis longitudinales y la valorización de la producción estudiantil como fuente de datos educativos. Esta configuración refleja las tendencias contemporáneas de la enseñanza híbrida (Armellini et al., 2021) y centrada en el estudiante, promoviendo la autonomía, la colaboración y la innovación educativa alineadas con las demandas de la era digital (Weller et al., 2024; Tiwade et al., 2025).

La incorporación de la IA en la educación para la salud está creciendo y ya muestra utilidad en la personalización del aprendizaje (Bernardino et al., 2024), la retroalimentación automatizada y el apoyo a la evaluación (Kim, 2023; Nagi et al., 2023; Gordon et al., 2024; Khalid et al., 2024). En estudios aplicados, la IA y los LLM (*Large Language Models*) han mejorado los resultados formativos en escenarios controlados (Çiçek et al., 2025) y los enfoques de PBL asistidos por ChatGPT han reportado mejoras en el conocimiento y en las habilidades clínicas (Hui et al., 2024). Recientemente, un metaanálisis sugirió una ventaja global de las metodologías apoyadas por IA frente a las estrategias de enseñanza tradicionales (Li et al., 2025), aunque las revisiones bibliográficas resaltan que la calidad metodológica aún es heterogénea y exige un mayor rigor en la medición de los resultados (Feigerlova et al., 2025).

En paralelo, el uso pedagógico de las redes sociales favorece el compromiso estudiantil y la difusión de contenido, pero plantea desafíos de curaduría, estandarización de la evaluación de datos generados por los estudiantes y trazabilidad (Katz et al., 2021), lo que subraya la necesidad de plataformas más apropiadas para el área pedagógica. La literatura en educación médica apunta en esta dirección (Chan et al., 2019), pero también alerta sobre las brechas de estandarización de los datos, la ética y la privacidad que las plataformas dedicadas a este propósito deben ofrecer (Marcotte et al., 2024; Park et al., 2024).

Es exactamente esa brecha la que Conecta#Adote busca cubrir al integrar repositorio, IA y análisis de datos en un mismo ambiente. Desde un punto de vista innovador, la expansión de la actividad "Adopta una Bacteria" a la plataforma Conecta#Adote amplía significati-

10.47519/risi.v2i00.15

vamente las posibilidades de aplicación de esta metodología activa. La plataforma centraliza las interacciones entre estudiantes, mediadores y docentes en un entorno único, además de constituir un repositorio permanente de contenidos académicos y de divulgación científica. Esta estructura contribuye a la preservación de la memoria institucional y al registro de la evolución longitudinal del proyecto, superando el carácter transitorio de las redes sociales.

Considerando el escenario contemporáneo de la Microbiología en la era de la IA (Mohseni & Ghorbani, 2024; Rajan et al., 2024), Conecta#Adote demuestra cómo la IA puede ser utilizada para potencializar metodologías activas ya consolidadas, transformando la forma de enseñar y aprender al promover una educación activa, adaptativa y orientada por datos. Además, Conecta#Adote puede ser considerado tanto una IA predictiva, al estandarizar y analizar los datos generados por los alumnos, como generativa, ya que posee el potencial de crear informes que agilizan la interpretación de la información. De esta forma, Conecta#Adote moderniza la enseñanza de la microbiología y se presenta como una solución tecnológica e innovadora que mantiene el aprendizaje colaborativo, según lo propuesto por el proyecto #Adote.

Desde el punto de vista conceptual, Conecta#Adote se sitúa en la intersección entre metodologías activas, inteligencia artificial educativa y *learning analytics*. Experiencias previas con el proyecto #Adote ya han demostrado que estrategias como "Adopta una Bacteria" favorecen el protagonismo discente y la retención de conceptos de microbiología (Piantola et al., 2018; Armellini et al., 2021). Estos hallazgos están alineados con la literatura en STEM, que indica que los enfoques activos reducen las tasas de reprobación y mejoran el desempeño en comparación con la enseñanza expositiva tradicional (Freeman et al., 2014). Al incorporar IA, Conecta#Adote acompaña las tendencias actuales en la educación para la salud y la medicina, donde la IA sirve tanto como recurso curricular como tecnología de soporte a la enseñanza, personalizando trayectorias formativas y ampliando la capacidad docente de monitorear el compromiso de los estudiantes (Masters, 2019; Lee et al., 2021).

En este contexto, las funcionalidades de análisis de Conecta#Adote se aproximan al campo del *learning analytics*, que se refiere a la recolección y el análisis sistemático de datos educativos para optimizar el aprendizaje. Al generar indicadores como la frecuencia de publicaciones, conteo de términos e identificación de vocabulario, la plataforma se alinea con las evidencias de que el uso de recursos digitales puede asociarse al desempeño académico y apoyar intervenciones pedagógicas dirigidas (Chan et al., 2019; Scott et al., 2026). Los estudios indican que los formatos híbridos de colaboración —en línea y presencial— ofrecen beneficios de aprendizaje, destacando la importancia de comprender los patrones de interacción en entornos mediados por tecnología (Ran et al., 2025). Además, las revisiones en STEM muestran que las herramientas de IA pueden apoyar la metacognición y el monitoreo del aprendizaje,

permitiendo que los estudiantes planifiquen y evalúen sus propias acciones (Tsakeni et al., 2025).

Como conclusión, Conecta#Adote ejemplifica cómo la combinación entre metodologías activas e IA puede potencializar la enseñanza de la microbiología y perfeccionar la gestión de contenidos académicos. Al integrar prácticas pedagógicas consolidadas de la actividad "Adopta una Bacteria" a un entorno digital propio, la plataforma centraliza y preserva la producción científica y educativa, reduciendo la dispersión típica de las redes sociales. Esta estructura favorece el análisis automatizado y la personalización del aprendizaje, permitiendo acompañar el progreso discente y transformar datos educativos en información significativa para la práctica docente. Así, Conecta#Adote se consolida como un modelo innovador, colaborativo y escalable de enseñanza-aprendizaje, contribuyendo a una educación científica más integrada, orientada por datos e impulsada por la innovación.

Es importante destacar que, como estudio piloto, este trabajo presenta limitaciones que deben ser consideradas. La validación de la plataforma se realizó con un número restringido de publicaciones —provenientes de un único grupo de la actividad "Adopta una Bacteria" en una asignatura e institución específicas—, lo que limita la generalización de los hallazgos. Además, los resultados presentados se refieren principalmente a la viabilidad técnica y funcional de Conecta#Adote, no incluyendo, en esta etapa, medidas directas de impacto sobre el aprendizaje de los estudiantes o sobre indicadores objetivos de desempeño académico. Se suma a esto el hecho de que la plataforma aún se encuentra en desarrollo continuo, con módulos y funcionalidades adicionales en fase de perfeccionamiento.

En estudios futuros, se pretende ampliar el número de grupos, clases, ediciones y cursos involucrados, así como incluir diferentes instituciones de enseñanza, de forma que se pruebe la robustez de la herramienta en contextos variados y se realice una validación externa más amplia. También planeamos integrar métricas de aprendizaje —como calificaciones, desempeño en evaluaciones específicas e indicadores de compromiso— a los análisis generados por la plataforma, posibilitando evaluar de forma más directa el impacto de Conecta#Adote sobre la formación de los estudiantes. Por último, la incorporación de nuevos paneles de *learning analytics* y de análisis cualitativos podrá fortalecer el uso de la plataforma como apoyo a la toma de decisión pedagógica, consolidándola como una herramienta escalable para la enseñanza de la microbiología mediada por IA.

10.47519/risi.v2i00.15

REFERENCIAS

Akhter, S. (2025). Integrating artificial intelligence into medical education: A narrative systematic review of current applications, challenges, and future directions. *BMC Medical Education*, *25*(1), 1187.

Armellini, B. R. C., La Luna, A., Bueris, V., Almeida, A. P., Tamais, A. M., Krzyzanowski, F., Reiter, V. S. H., Lellis-Santos, C., & Ferreira, R. D. C. (2021). Comparison of hybrid learning and remote education in the implementation of the "Adopt a Microorganism" methodology. *PLOS ONE*, *16*(11), e0248906.

Baroni, L. N., Canjani, R. B., Brito, S. C. M., Armellini, B. R. C., Ogusku, B. S. C., Souza, R. F. D., Moreno, A. C. R., & Ferreira, R. D. C. C. (2024). Escherichia coli como modelo de avaliação do progresso de aprendizagem dos estudantes de graduação em microbiologia. *Revista Online de Política e Gestão Educacional*, *28*(00), e023022.

Bernardino, L. M., Camiran, R. S., Silva, F. S., Silva, J. M., & Rabêlo, O. S. (2024). Inteligência artificial: Uma alternativa à educação personalizada e inclusiva. *Revista Eletrônica de Educação*, *18*(1), 1–16.

Boury, N., Siegesmund, A., Kushner, D. B., Smyth, D. S., Allen, M. E., Frazier, A., Gillette-Ferguson, I., Markum, M., Patriquin, G., Reynolds, S. E., Rosario, S., Steel, J. J., & Horak, R. (2024). Updated ASM curriculum guidelines describe core microbiology content to modernize the framework for microbiology education. *Journal of Microbiology & Biology Education*, *25*(3), e0012624.

Chan, A. K. M., Botelho, M. G., & Lam, O. L. T. (2019). Use of learning analytics data in health care-related educational disciplines: Systematic review. *Journal of Medical Internet Research*, *21*(2), e11241.

Çiçek, F. E., Ülker, M., Özer, M., & Kıyak, Y. S. (2025). ChatGPT versus expert feedback on clinical reasoning questions and their effect on learning: A randomized controlled trial. *Postgraduate Medical Journal*, *101*(1195), 458–463.

Corrêa, B. R., Nastaro, C. D., Inoue, M. G. S., Lopes, R. M. C., & Ferreira, R. C. C. (2023). Respingo letal: Uma ferramenta lúdica e eficaz no ensino de microbiologia. *Revista Online de Política e Gestão Educacional*, *27*, e023040.

Coutinho, A. I., & Azevedo, M. L. N. (2024). Metodologias ativas: As tecnologias digitais da informação e comunicação (TDICs) como aliadas na educação inclusiva. *Revista JRG de Estudos Acadêmicos*, *7*(15), e151380.

Feigerlova, E., Hani, H., & Hothersall-Davies, E. (2025). A systematic review of the impact of artificial intelligence on educational outcomes in health professions education. *BMC Medical Education*, *25*(1), 129.

Freeman, S., Eddy, S. L., McDonough, M., Smith, M. K., Okoroafor, N., Jordt, H., & Wenderoth, M. P. (2014). Active learning increases student performance in science, engineering, and mathematics. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, *111*(23), 8410–8415.

Freitas, C. (2025). Como a inteligência artificial pode potencializar a aprendizagem em ambientes educacionais de ensino. *Revista Tópicos*, *3*(24).

Gordon, M., Daniel, M., Ajiboye, A., Uraiby, H., Xu, N. Y., Bartlett, R., Hanson, J., Haas, M., Spadafore, M., Grafton-Clarke, C., Gasiea, R. Y., Michie, C., Corral, J., Kwan, B., Dolmans, D., & Thammasitboon, S. (2024). A scoping review of artificial intelligence in medical education: BEME guide no. 84. *Medical Teacher*, *46*(4), 446–470.

Gozzi, I. C. C., Rosa, B. G., Medeiros, I., Silva, B. D. L., Rodrigues, G. M., Yoshihara, F. A. N., Custódio, G. T., de Lucena, J. R. F., Baroni, L. N., Moreno, A. C. R., & Ferreira, R. D. C. C. (2025). The adoption of a superhero bacteria: Escherichia coli and its adventures in microbiology education. *FEMS Microbiology Letters*, *372*, fnaf042.

Hui, Z., Zewu, Z., Jiao, H., & Yu, C. (2025). Application of ChatGPT-assisted problem-based learning teaching method in clinical medical education. *BMC Medical Education*, *25*(1), 50.

Katz, M., & Nandi, N. (2021). Social media and medical education in the context of the COVID-19 pandemic: Scoping review. *JMIR Medical Education*, *7*(2), e25892.

Khalid, F. (2024). Artificial intelligence in medical and biological education: Opportunities and challenges. *Medical Education Online*, *29*(1), 2349156.

Kim, T. W. (2023). Application of artificial intelligence chatbots, including ChatGPT, in education, scholarly work, programming, and content generation and its prospects: A narrative review. *Journal of Educational Evaluation for Health Professions*, *20*, 38.

Kouchaki, S. (2023). Applications of deep learning in metagenomic analysis. *Frontiers in Microbiology*, *14*, 1178052.

Lee, J., Wu, A. S., Li, D., & Kulasegaram, K. M. (2021). Artificial intelligence in undergraduate medical education: A scoping review. *Academic Medicine*, *96*(11S), S62–S70.

Li, J. (2025). Generative AI-based teaching vs. conventional pedagogy in medical students: Systematic review and meta-analysis of RCTs. *Medical Education*, *59*(4).

Lima, M. F., & Araújo, J. F. S. (2021). A utilização das tecnologias de informação e comunicação como recurso didático-pedagógico no processo de ensino e aprendizagem. *Revista Educação Pública*, *21*(23).

Mahmood, T. (2024). Machine learning for antimicrobial resistance prediction in clinical microbiology. *Journal of Clinical Microbiology*, *62*(2), e01423-23.

10.47519/risi.v2i00.15

Marcotte, K., Panayi, A., & Balmer, D. (2024). Ethical considerations of using learning analytics in medical education: A critical review. *Advances in Health Sciences Education*, *29*(5), 1429–1451.

Masters, K. (2019). Artificial intelligence in medical education. *Medical Teacher*, *41*(9), 976–998.

Mohseni, P., & Ghorbani, A. (2024). Exploring the synergy of artificial intelligence in microbiology: Advancements, challenges, and future prospects. *Computational and Structural Biotechnology Reports*, *1*, 100005.

Nagi, F., Salih, R., Alzubaidi, M., Shah, H., Alam, T., Shah, Z., & Househ, M. (2023). Applications of artificial intelligence (AI) in medical education: A scoping review. *Studies in Health Technology and Informatics*, *305*, 648–651.

Park, J., Kim, S. J., & Choi, H. (2024). Ethical frameworks for the integration of AI in biomedical education. *BMC Medical Ethics*, *25*(1), 64.

Piantola, M. A. F., Moreno, A. C. R., Matielo, H. A., Taschner, N. P., Cavalcante, R. C. M., Khan, S., & Ferreira, R. D. C. C. (2018). Adopt a bacterium—An active and collaborative learning experience in microbiology based on social media. *Brazilian Journal of Microbiology*, *49*(4), 942–948.

Picinin, N. G., Baroni, L. N., Almeida, L. G. de, & Ferreira, R. D. C. C. (2025). Análise de conteúdo sobre o gênero Streptococcus no projeto "Adote uma Bactéria". *Caderno Pedagógico*, *22*(10), e18906.

Popenici, S. A. D., & Kerr, S. (2017). Exploring the impact of artificial intelligence on teaching and learning in higher education. *Research and Practice in Technology Enhanced Learning*, *12*(1), 22.

Rajan, D. (2024). Artificial intelligence in microbiology: Current trends and future directions. *Nature Reviews Microbiology*, *22*(5), 315–329.

Ran, H., Li, Q., Li, Y., Deng, F., & Pan, Y. (2025). Online and in-person collaborative writing have similar benefits but different costs. *NeuroImage*, *324*, 121629.

Santos, H. C. D. A. S., Armellini, B. R. C., Naves, G. L., Bueris, V., Moreno, A. C. R., & Ferreira, R. D. C. C. (2024). Using "Adopt a Bacterium" as an e-learning tool for simultaneously teaching microbiology to different health-related university courses. *FEMS Microbiology Letters*, *371*, fnae033.

Scott, K. M., Rattan, M., O'Mara, D., & Gunasekera, H. (2026). Association of technology enhanced learning resource usage with assessment results. *The Clinical Teacher*, *23*(1), e70281.

Taschner, N. P., de Almeida, L. G., Pose, R. A., & Ferreira, R. C. C. (2020). Adopt a bacterium: A

professional development opportunity for teacher assistants. *FEMS Microbiology Letters*, *367*(16), fnaa131.

Tiwade, Y. R., Peshattiwar, P., Poddar, A., & Khekade, A. P. (2025). Artificial intelligence in microbiology education: A tool for the future or a replacement for traditional teaching. *Reviews in Research Medical Microbiology*, *36*.

Toma, C., Dima, G., & Iliescu, O. (2024). Integrating AI tools in microbiology teaching: Toward adaptive and experiential learning. *Journal of Microbiology & Biology Education*, *25*(2), e00312-23.

Tsakeni, M., Nwafor, S. C., Mosia, M., & Egara, F. O. (2025). Mapping the scaffolding of metacognition and learning by AI tools in STEM classrooms: A bibliometric-systematic review approach (2005–2025). *Journal of Intelligence*, *13*(11), 148.

Yannier, N., Hudson, S. E., Koedinger, K. R., Hirsh-Pasek, K., Golinkoff, R. M., Munakata, Y., Doebel, S., Schwartz, D. L., Deslauriers, L., McCarty, L., Callaghan, K., Theobald, E. J., Freeman, S., Cooper, K. M., & Brownell, S. E. (2021). Active learning: "Hands-on" meets "minds-on". *Science*, *374*(6563), 26–30.

CRediT Author Statement

Agradecimientos: Agradecemos al Laboratorio de Desarrollo de Vacunas del Instituto Butantan y al Laboratorio de Desarrollo de Vacunas del Instituto de Ciencias Biomédicas de la Universidad de São Paulo (ICB–USP) por el apoyo institucional y científico brindado a lo largo de la ejecución de este estudio. Agradecemos igualmente a la empresa Omni AI (São Paulo, Brasil) por el soporte técnico y las orientaciones proporcionadas durante el desarrollo de la plataforma digital.

Financiamiento: Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), beca proceso n.º 141107/2025-1. CNPq, proyecto proceso 404044/2021-2. FAPESP (Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo), CEPID B3, proyecto proceso 2021/10577-0. Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES).

Conflictos de interés: Declaramos que no existen conflictos de interés relacionados con la realización de esta investigación.

Aprobación ética: Estudio aprobado por el Comité de Ética en Investigación con Seres Humanos (CEPSH ICB-USP) bajo el número de protocolo CAAE 51764021.0.0000.5467. Todos los participantes fueron informados sobre los objetivos y los procedimientos de la investigación, y su anonimato y confidencialidad fueron preservados durante todo el estudio.

Disponibilidad de datos y materiales: Los datos y materiales utilizados en este estudio están disponibles previa solicitud formal. La plataforma digital desarrollada aún se encuentra en fase de finalización, con previsión de disponibilidad pública a partir de enero de 2026.

Contribuciones de los autores: DSO: concepción y diseño del estudio; desarrollo e implementación técnica de la plataforma digital; organización estructural del proyecto y redacción del manuscrito. FBPO: desarrollo técnico y soporte tecnológico, con énfasis en recursos de inteligencia artificial aplicados a la plataforma. BRC: provisión de material científico-pedagógico del proyecto Adopta una Bacteria y redacción del manuscrito. RCCF: orientación científica, supervisión general de la investigación y revisión científica. ACRM: orientación científica, supervisión general de la investigación, sistematización metodológica, revisión científica y redacción del manuscrito.

Processamento e edição: Editora Ibero-Americana de Educação
Revisão, formatação, normalização e tradução.