

## **Integración de inteligencia artificial en una actividad de aprendizaje basado en problemas para enseñar resistencia a antibióticos en genética microbiana**

### **Integration of artificial intelligence into a problem-based learning activity to teach antibiotic resistance in microbial genetics**

Elina Reinoso

Universidad Nacional de Río Cuarto, Argentina

[ereinoso@exa.unrc.edu.ar](mailto:ereinoso@exa.unrc.edu.ar)

 [0000-0001-7724-8379](https://orcid.org/0000-0001-7724-8379)

### **Resumen**

El uso de inteligencia artificial generativa en educación superior abre nuevas posibilidades para abordar problemas. En este trabajo se describe una experiencia didáctica realizada en la asignatura Genética Microbiana de la carrera de Microbiología, donde se aplicó una actividad de aprendizaje basado en problemas para analizar un caso de *Escherichia coli* resistente a ciprofloxacina y  $\beta$ -lactámicos en ámbitos productivos y clínicos. Los estudiantes, organizados en grupos, utilizaron distintas herramientas de IA para generar hipótesis, identificar genes y mutaciones asociadas a resistencia, como también diseñar estrategias experimentales basadas en PCR y *q*PCR. Los resultados evidenciaron avances en la integración conceptual, la formulación de hipótesis y el diseño experimental, junto con un uso crítico de la IA. Los estudiantes identificaron el valor de estas herramientas para agilizar tanto el razonamiento inicial como sus limitaciones, especialmente la necesidad de verificación conceptual y contraste con bibliografía científica. La actividad promovió además procesos metacognitivos, discusión grupal y toma de decisiones. La incorporación guiada de IA generativa favoreció aprendizajes

significativos y desarrolló habilidades esenciales para la práctica científica, constituyendo un recurso pedagógico complementario que potencia, pero no reemplaza, la revisión crítica, el método científico y la función docente.

**Palabras clave:** inteligencia artificial generativa; aprendizaje basado en problemas; genética microbiana; resistencia a antibióticos; pensamiento crítico

### **Abstract**

The integration of generative artificial intelligence in higher education offers new opportunities to address complex problems. This study describes a teaching experience conducted in the Microbial Genetics course of the Microbiology program. A problem-based learning activity was implemented to analyze a case of ciprofloxacin- and  $\beta$ -lactam-resistant *Escherichia coli* in production and clinical settings. Working in groups, students used various AI tools to generate hypotheses, identify genes and mutations associated with resistance and design experimental strategies using PCR and *q*PCR. The results showed improvements in conceptual integration, evidence-based hypothesis formulation and experimental design, as well as a more critical and reflective use of AI. Students recognized both the value of these tools in accelerating initial reasoning and their limitations, particularly the need for conceptual verification. The activity also promoted metacognitive processes, group discussion and decision-making. The guided incorporation of generative AI promoted meaningful learning and strengthened essential skills for scientific practice. It proved to be a complementary pedagogical resource that enriches, but does not replace critical evaluation, the scientific method and the role of the instructor.

**Keywords:** generative artificial intelligence; problem-based learning; microbial genetics; antibiotic resistance; critical thinking

**Sección:** Dossier “Desafíos de la Educación en la era de la Inteligencia Artificial”

**Recibido:** 14/02/2026

**Aceptado:** 15/05/2026

DOI: [10.63790/yr17aw50](https://doi.org/10.63790/yr17aw50)

El Faro se encuentra bajo la licencia de Creative Commons [Atribución-NoComercial-SinDerivadas 4.0 Internacional \(CC BY-NC-ND 4.0\)](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/)



## 1. Introducción

La resistencia bacteriana a los antibióticos constituye una de las principales amenazas para la salud pública a nivel mundial y representa un desafío en la formación de futuros profesionales en microbiología. Comprender los mecanismos genéticos que subyacen a este fenómeno, tales como mutaciones puntuales, transferencia horizontal de genes y la participación de plásmidos, resulta esencial para interpretar cómo se desarrollan y diseminan los fenotipos resistentes. En este contexto, la enseñanza universitaria requiere incorporar metodologías activas que promuevan no solo la adquisición de conocimientos, sino también el desarrollo del pensamiento crítico, la integración de contenidos y la capacidad de evaluar información en un entorno científico en rápida transformación (Figuroa, 2024). En este marco, las herramientas de inteligencia artificial (IA) generativa ofrecen nuevas oportunidades pedagógicas, aunque requieren un uso cuidadosamente guiado para evitar interpretaciones erróneas.

La experiencia presentada se desarrolló en el marco de la asignatura Genética Microbiana de la carrera de Microbiología durante el ciclo lectivo 2025. Se propuso una actividad de aprendizaje basado en problemas (ABP) en la que los estudiantes debieron analizar un caso problema sobre la emergencia de *Escherichia coli* resistente a ciprofloxacina y  $\beta$ -lactámicos en un sistema productivo lechero y en el ámbito clínico humano. Con el apoyo de herramientas de IA, los grupos de trabajo elaboraron hipótesis sobre los posibles genes involucrados, discutieron los mecanismos de resistencia y propusieron estrategias experimentales para verificar sus planteos.

El objetivo principal de la experiencia fue favorecer la comprensión integrada de los mecanismos de resistencia a antibióticos y su relación con la genética bacteriana, al tiempo que se estimuló en los estudiantes la capacidad de utilizar críticamente la IA como recurso pedagógico y científico. Con ello, se buscó generar un espacio innovador en el aula que promoviera aprendizajes significativos y contextualizados, al tiempo que se reflexionó sobre los alcances y limitaciones del uso de IA en la microbiología.

## 2. Método

### 2.1. Participantes

La experiencia se desarrolló con 25 estudiantes de tercer año de la asignatura Genética Microbiana de la carrera de Microbiología de la Universidad Nacional de Río Cuarto, Córdoba. Los estudiantes trabajaron organizados en grupos pequeños, conformados para favorecer el análisis colaborativo y la discusión crítica durante todas las etapas del trabajo.

## **2. 2. Instrumentos**

Se emplearon herramientas de IA para apoyar la formulación de hipótesis, el análisis de información genética y el diseño de estrategias experimentales. Entre ellas se utilizaron: ChatGPT (modelo GPT-4, versión 2024), GitHub Copilot, Gemini, Perplexity y DeepSeek. Estas herramientas proporcionaron funciones complementarias: generación de hipótesis, análisis preliminar de secuencias, sugerencias metodológicas y búsqueda guiada de información científica. Además, se utilizaron materiales de clases y guías de laboratorio como parte del diseño experimental propuesto por los estudiantes.

## **2. 3. Procedimiento**

La actividad se diseñó bajo el enfoque ABP y se desarrolló en una sola sesión de clase estructurada en tres etapas.

### ***Etapas 1. Planteo del problema y generación de hipótesis***

Se presentó el siguiente caso contextualizado:

*En un tambo de la provincia de Córdoba se detectaron Escherichia coli multirresistentes tanto en muestras de leche cruda como en aguas de lavado del sistema de ordeño.*

*El laboratorio confirma la presencia de genes blaCTX-M ( $\beta$ -lactamasa de espectro extendido) y qnrB (resistencia a quinolonas).*

*Al mismo tiempo, un hospital local reporta aislamientos clínicos de E. coli con idéntico perfil de resistencia.*

*El equipo de salud pública y veterinaria sospecha transferencia horizontal de genes de resistencia entre cepas ambientales, animales y humanas.*

A partir de este problema, y consultando herramientas de IA, los estudiantes debieron identificar mecanismos genéticos posibles, proponer mutaciones que expliquen la resistencia a ciprofloxacina, analizar la posible participación de elementos genéticos móviles, ampliar hipótesis y obtener sugerencias iniciales. Se indicó registrar todas las interacciones realizadas con IA.

### ***Etapa 2. Ampliación conceptual y diseño experimental***

Cada grupo integró los aportes de la IA con conceptos teóricos, bibliografía científica y contenidos vistos en clase. Los grupos integraron las propuestas obtenidas mediante IA con conocimientos teóricos. Se les solicitó que justificaran qué sugerencias de IA eran válidas y cuáles resultaban incorrectas, que argumentaran por qué seleccionaban determinados genes o mutaciones y, finalmente, que elaboraran un diseño experimental preliminar, detallando cortes lógicos, controles y criterios de interpretación.

### ***Etapa 3. Validación y reflexión crítica***

Los grupos presentaron un diseño experimental que incluía PCR y *q*PCR como técnicas para validar las hipótesis formuladas. En la discusión final se analizaron las recomendaciones de la IA, identificando qué información resultaba útil, cuál requería corrección conceptual y cómo se resolvían inconsistencias.

## **3. Interacción guiada con la IA**

Para asegurar un uso crítico y ético de las herramientas digitales, se definieron algunos lineamientos de trabajo. Entre ellos se tuvo en cuenta la elaboración de prompts precisos y contextualizados (Gómez Cardosa & García Brustenga, 2023), el contraste obligatorio de la información con los conocimientos de teoría, el registro de consultas, respuestas obtenidas y modificaciones posteriores y la discusión grupal de la información provista.

### ***3. 1. Evaluación y retroalimentación***

Se evaluó la capacidad de integración conceptual, la validez de los diseños experimentales y la reflexión crítica sobre la utilidad y limitaciones de la IA. La retroalimentación incluyó comentarios del docente sobre precisión conceptual, relevancia de la información y calidad del análisis crítico grupal.

#### **4. Resultados**

La implementación de la actividad permitió identificar avances claros en la integración conceptual, el razonamiento experimental y el uso crítico de herramientas de IA por parte de los estudiantes. En términos generales, los grupos lograron formular hipótesis fundamentadas sobre los mecanismos de resistencia involucrados en el caso propuesto.

##### ***4. 1. Formulación de hipótesis genéticas***

Todos los grupos identificaron la participación de genes plasmídicos asociados a  $\beta$ -lactamasas de espectro extendido (*blaCTX-M*) y mecanismos de resistencia a quinolonas (*qnrB*). Asimismo, la mayoría propuso mutaciones puntuales en genes cromosómicos asociados al blanco antibiótico, principalmente *gyrA* y *parC*, como parte del fenotipo resistente a ciprofloxacina.

##### ***4. 2. Diseño experimental y análisis crítico***

Los grupos lograron diseñar experimentos que incluyeron técnicas básicas de biología molecular como PCR y *qPCR*. Se observó que el uso de IA agilizó la generación de ideas iniciales, pero requirió un proceso sostenido de verificación conceptual.

##### ***4. 3. Registro y toma de decisiones***

Todos los grupos cumplieron con el registro de revisiones, lo cual permitió constatar que las herramientas de IA fueron útiles para identificar alternativas metodológicas. La experiencia fue documentada internamente en los registros de clase para futuras evaluaciones y replicabilidad del diseño pedagógico.

## 5. Discusión

En este contexto, los estudiantes lograron identificar que la IA constituye un recurso valioso para agilizar la búsqueda de información, organizar ideas y formular hipótesis. Una coincidencia entre los grupos fue la apreciación de la rapidez, claridad y capacidad de síntesis de estas herramientas, lo que favoreció la aproximación inicial a temas complejos como la resistencia plasmídica o las mutaciones que confieren resistencia a fluoroquinolonas.

Un aspecto destacado por los estudiantes fue que las respuestas obtenidas resultaron coherentes con los contenidos previamente abordados en asignaturas anteriores. Esto sugiere que la IA puede integrarse como apoyo complementario en la construcción del aprendizaje, reforzando conceptos ya trabajados en clase y facilitando la vinculación entre diferentes áreas del conocimiento. No obstante, también se señalaron limitaciones relevantes. Entre ellas, la tendencia de la IA a simplificar, generalizar o presentar información sin el debido respaldo experimental, lo que exige un uso crítico y consciente por parte del estudiante, como indica el profesor Sharples (Lobato Ferrando & Gómez Cardosa, 2023). Asimismo, algunos grupos resaltaron la dificultad de interpretar ciertas explicaciones debido a un lenguaje poco técnico o excesivamente informal, lo que requirió reformular los prompts. Estos hallazgos refuerzan la necesidad de mantener el criterio científico como eje central, reconociendo que la IA no reemplaza la revisión bibliográfica ni la práctica de laboratorio, sino que constituye un complemento útil.

La experiencia también evidenció logros pedagógicos importantes. En primer lugar, los estudiantes pudieron reflexionar de manera crítica sobre la utilidad y las limitaciones de las tecnologías emergentes, fortaleciendo competencias vinculadas a la evaluación de fuentes de información y a la comunicación científica. En segundo lugar, se promovió el aprendizaje autónomo, ya que los grupos debieron tomar decisiones sobre cómo interpretar, resumir o contrastar la información generada por la IA. La actividad promovió así un proceso de metacognición explícita: los estudiantes analizaron cómo piensan, cómo justifican y cómo revisan la información, especialmente cuando proviene de fuentes automatizadas.

En cuanto a los desafíos, se identificó la necesidad de guiar el uso de estas herramientas con instrucciones precisas y marcos de referencia claros, a fin de evitar interpretaciones

erróneas. También surgió como lección aprendida la importancia de combinar el aporte de la IA con fuentes bibliográficas validadas, asegurando así la calidad del conocimiento adquirido.

## 5. Conclusión

El uso de IA generativa en la enseñanza de la microbiología demostró ser una experiencia innovadora, enriquecedora y motivadora para los estudiantes, siempre que se enmarque en un contexto pedagógico que fomente el pensamiento crítico y la rigurosidad científica. Lejos de sustituir al docente o al método científico, estas herramientas se perfilan como un apoyo estratégico para la formación de futuros profesionales capaces de integrar la innovación tecnológica con la práctica científica responsable. La actividad se presenta como una estrategia replicable en otras asignaturas de microbiología, siempre que se acompañe de una guía docente explícita que oriente el uso ético y crítico de los recursos de IA.

## 6. Referencias

- Figuerola, P. L. (2024, 24 de junio). *¿Cómo planificar la formación de los alumnos en el uso, la reflexión y la aplicación de la IA?* LinkedIn. <https://es.linkedin.com/pulse/c%C3%B3mo-planificar-la-formaci%C3%B3n-de-los-alumnos-en-el-uso-figuerola-o9quf>
- Gómez Cardosa, D., & García Brustenga, G. (2023). *¿Cómo preguntar a la IA? Prompts de utilidad para el profesorado para utilizar IA generativa*. eLearning Innovation Center, Universitat Oberta de Catalunya. <https://openaccess.uoc.edu/server/api/core/bitstreams/436c091d-ef5b-4d37-aa1f-9839b54c3d39/content>
- Lobato Ferrando, P., & Gómez Cardosa, D. (2023, 26 de junio). *Mike Sharples apuesta por explotar los beneficios de la inteligencia artificial en la educación superior*. Tendencias e Innovación Educativa, el blog del eLinC. <https://blogs.uoc.edu/elearning-innovation-center/es/mike-sharples-apuesta-por-explotar-los-beneficios-de-la-inteligencia-artificial-en-la-educacion-superior/>