

Aplicación de la innovación educativa en la enseñanza de la biología: estrategias didácticas de investigación en estudiantes del programa de Ecología de la UNA Puno

Application of Educational Innovation in Biology Teaching: Research Didactic Strategies for Ecology Students at UNA Puno

Alvaro Sarmiento-Mena¹, Franco Ancco Laque², Edwin Hualpa-Cutipa³

Fecha de recepción: 15/11/2024

Fecha de aceptación: 16/05/2025

Fecha de publicación en línea: 16/06/2025

Sección: **Artículo original**

Cómo citar este artículo: Sarmiento-Mena, A., Ancco Laque, F. ., & Hualpa-Cutipa, E. . (2025). Aplicación de la innovación educativa en la enseñanza de la biología: estrategias didácticas de investigación en estudiantes del programa de Ecología de la UNA Puno. *Journal of Humanities Titicaca*, 4(1). <https://doi.org/10.70123/jht.95>

RESUMEN

La enseñanza de la biología en el nivel superior enfrenta el desafío de modernizar sus metodologías ante la persistencia de enfoques tradicionales que limitan la participación activa del estudiante y el desarrollo de competencias investigativas. En el programa de Ecología de la Universidad Nacional del Altiplano (UNA) Puno, se identificó una escasa incorporación de estrategias formativas centradas en la indagación científica y en metodologías activas. El presente estudio tuvo como objetivo implementar y analizar estrategias didácticas innovadoras como el Aprendizaje Basado en la Indagación (ABI) y dinámicas grupales—

¹ Universidad Nacional del Altiplano/Puno Perú. Correo electrónico: asarmiento@unap.edu.pe ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9525-5791>

² Universidad Nacional del Altiplano/Puno Perú:

³ Universidad Nacional Mayor de San Marcos/ Lima Perú. <https://orcid.org/0000-0002-7999-6917>

dentro del curso de Biología, para fortalecer el pensamiento crítico, las competencias prácticas y la cultura científica del estudiantado. Se adoptó un enfoque cualitativo de tipo exploratorio, con una intervención pedagógica desarrollada durante el segundo semestre de 2024, aplicando actividades experimentales y colaborativas en los laboratorios de biología y embriología con una muestra de 25 estudiantes. Los resultados muestran que el uso de simulaciones científicas, prácticas de laboratorio y proyectos contextualizados —como el estudio simulado del efecto de la penca de tuna en adultos mayores con diabetes tipo 2, el análisis del desarrollo embrionario en aves, y el estudio de la acción de antibióticos sobre *E. coli* favoreció la formulación autónoma de propuestas investigativas y una mejor comprensión de conceptos biológicos complejos. Asimismo, las disecciones anatómicas y la tinción de tejidos vegetales fortalecieron competencias procedimentales, cognitivas y colaborativas. Se concluye que estas estrategias promueven un aprendizaje significativo, estimulan el razonamiento científico y transforman la experiencia educativa en biología universitaria.

PALABRAS CLAVE: Innovación educativa; Aprendizaje basado en la indagación (ABI); Didáctica de la biología; Cultura científica; Metodologías activas

ABSTRACT

The teaching of biology in higher education faces the challenge of modernizing its methodologies in light of the persistence of traditional approaches that limit active student engagement and the development of investigative competencies. In the Ecology program at the Universidad Nacional del Altiplano (UNA) Puno, a limited incorporation of formative strategies focused on scientific inquiry and active methodologies was identified. This study aimed to implement and analyze innovative didactic strategies—such as Inquiry-Based Learning (IBL) and group dynamics within the Biology course to strengthen students' critical thinking, practical skills, and scientific culture. A qualitative exploratory approach was adopted, with a pedagogical intervention carried out during the second semester of 2024, involving experimental and collaborative activities in biology and embryology laboratories with a sample of 25 students. The results show that the use of scientific simulations, laboratory practices, and contextualized projects—such as the simulated study of the effect of prickly pear cactus on older adults with type 2 diabetes, the analysis of avian embryonic development, and the investigation of antibiotic effects on *E. coli* encouraged the autonomous formulation of research proposals and improved understanding of complex biological concepts. Additionally, anatomical dissections and plant tissue staining enhanced procedural, cognitive, and collaborative competencies. It is concluded that these strategies promote meaningful learning, stimulate scientific reasoning, and transform the university educational experience in biology.

KEYWORD: Educational innovation; Inquiry-based learning (IBL); Biology didactics; Scientific culture; Active methodologies

I. INTRODUCCIÓN

La didáctica de las ciencias biológicas en entornos superiores y/o universitarios requiere un esfuerzo mayor por parte de los educadores (docentes) quienes deben emplear y diseñar diferentes estrategias didácticas los cuales se adapten a los estudiantes y permitan enseñar y resolver los paradigmas actuales. Varias instituciones superiores enmarcan la enseñanza de las ciencias biológicas en diferentes programas. En el programa de Ecología, se ha identificado una necesidad importante de innovar

nuevas metodologías de enseñanza que fomenten un aprendizaje más profundo y contextualizado. El problema bajo estudio en esta investigación está asociada a la escasez de estrategias y componentes sobre investigación formativa en la enseñanza educativa. Estas estrategias deben ser integradas en la enseñanza de la biología en Ecología, buscando potenciar el pensamiento crítico en los estudiantes de la asignatura, así como también.

El abordaje didáctico de la enseñanza de la biología en el área de Ecología, esta relacionada a la necesidad de promover la educación y formación de profesionales y/o capital humano con las habilidades necesarias. Los estudiantes formados deben tener la capacidad de integrar la aplicación de los principios biológicos en la práctica lo cual les permita, a su vez, dar respuestas y soluciones a problemas ecológicos que aquejan a la población. La enseñanza de la biología debe enfocarse en el desarrollo de competencias que permitan la comprensión y la acción frente a los problemas ambientales actuales, buscando promover una ciudadanía científica crítica y responsable (Bahamonde, 2023).

La importancia de la presente investigación se enfoca en la mejora de la educación incorporando estrategias pedagógicas fundamentadas en la investigación que garantice experiencias educativas de mayor impacto y protagonismo en el alumnado. Un ejemplo importante puede ser la metodología del aprendizaje basado en problemas, la cual ha demostrado ser eficiente en la promoción del aprendizaje significativo en biología, dado que involucra a los estudiantes en la resolución de situaciones reales que requieren la aplicación de conocimientos científicos (Pantoja Castro & Covarrubias Papahiu, 2013). A pesar de ello, todavía hay limitaciones, como la resistencia a la transformación y la incorporación de la investigación en la enseñanza de la biología. Esta resistencia puede estar asociada con una falta de formación en nuevas metodologías y la prevalencia de metodologías tradicionales. La literatura incluso pone de manifiesto que la utilización de estrategias didácticas innovadoras, como la gamificación escolar, puede facilitar el rendimiento académico y la motivación de los estudiantes, incidiendo en la actualización que debe haber en las prácticas docentes (Pinagorte et al., 2023).

Varias investigaciones han estudiado la interacción que existe entre la innovación pedagógica y el rendimiento académico de los estudiantes en el campo de las ciencias biológicas. En este trabajo se verifica la efectividad de las metodologías de aprendizaje experimental basadas en la investigación, por lo tanto, estas permiten a los estudiantes mejorar el uso de conceptos biológicos complejos (García-Carmona, 2023). Se ha verificado que las metodologías de aprendizaje activo que involucran la participación de los estudiantes en unas dinámicas de aula colaborativas favorecen la construcción de conocimientos relevantes y la retentiva de la información durante el largo plazo (Goodwin et al., 2024; Cooper et al., 2019). Otras investigaciones recientes han informado que la combinación de estrategias de enseñanza tradicionales con métodos

innovadores tiene el potencial de facilitar un contexto educativo más colaborativo o interactivo en el aula (Ovid et al., 2021).

Las indagaciones en el campo de la pedagogía especializada hacen mención del uso de diferentes estrategias pedagógicas haciendo hincapié en la activación del alumnado como elemento central en la comprensión de los procesos biológicos. La teoría constructivista sostiene que la adquisición del conocimiento se va construyendo a partir de las experiencias, y de la interacción de las personas con el entorno donde están inmersas, lo cual nos da un marco teórico convincente para la adopción de metodologías que tengan en cuenta la investigación empírica (Amerstorfer y Frein, 2021; Hmelo-Silver, 2004). Por otro lado, la aportación de las pedagogías activas como el aprendizaje basado en proyectos o la investigación guiada han reportado buenos resultados en la motivación y el rendimiento académico del alumnado (Hartikainen et al., 2019; Michael, 2006).

El enfoque de esta investigación se enmarca en un paradigma cualitativo, con el objetivo de analizar y aplicar los métodos innovadores en la enseñanza de la biología para ayudar a la comprensión de los paradigmas biológicos, potenciar las competencias cognitivas y psicomotoras para generar un espíritu científico en los estudiantes a través del aprendizaje basado en la investigación (ABI) y las interacciones grupales colaborativas.

II. METODOLOGÍA

2.1. Método

La experiencia educativa fue desarrollada en los laboratorios de Biología y Embriología, empleando diferentes materiales y medios didácticos los cuales facilitaron la ejecución de las actividades experimentales y teóricas. Adicionalmente se utilizaron microscopios y materiales de vidrio para la observación detallada de muestras biológicas, reactivos como cloroformo y alcohol empleados para la preparación de muestras de tejidos vegetales. Otros materiales empleados fueron proyectores para facilitar la presentación de contenidos, fichas de trabajo como guías de aprendizaje, cuadernos de apuntes para el registro de observaciones, bibliografía digital obtenida a través de Google, papelotes para talleres grupales y papel milimétrico semilogarítmico para representar gráficamente los resultados.

El estudio se enmarca en una investigación cualitativa de tipo exploratorio-descriptivo. La muestra estuvo compuesta por 25 estudiantes del primer ciclo, seleccionados de forma no probabilística por conveniencia. Se recolectaron datos mediante observación participante y análisis de productos de aprendizaje. La validación del sílabo y la planificación pedagógica fueron instrumentos claves para estructurar la intervención.

2.2. Experiencia Pedagógica e Innovadora

La implementación del proyecto educativo experimental en el curso de Biología se realizó tras la validación y/o aprobación del sílabo donde se incluyó a los estudiantes. Posteriormente, se planificaron las actividades del curso aplicando dos estrategias pedagógicas clave: i) técnica de dinámica grupal y ii) metodología de Aprendizaje Basado en la Indagación (ABI).

Para operativizar los objetivos del proyecto, los procedimientos metodológicos se estructuraron en dos fases:

a) Aprendizaje basado en la indagación (ABI):

Los estudiantes fueron organizados en cuatro grupos de investigación, cada uno desarrollando un plan de investigación centrado en un tema de interés, tales como:

- El efecto de la penca de tuna en adultos mayores con diabetes.
- Desarrollo embrionario comparativo de los vertebrados.
- Cultivo de isaño y su acción biológica en la salud humana.
- Simulación del descubrimiento de la penicilina.

b) Técnica de dinámica grupal:

Se desarrollaron los contenidos temáticos del curso mediante actividades experimentales en laboratorio, complementadas con sesiones teóricas. Los temas clave fueron:

- Estudio de la célula y tejidos vegetales, con la preparación de muestras de diferentes tipos de células.
- Anatomía comparada de los vertebrados.
- Crecimiento poblacional como modelo de estudio.
- Estudio de la evolución a través de figuras y láminas.

III. RESULTADOS

3.1. Efecto de la penca de tuna en adultos mayores con diabetes.

Los estudiantes participantes desarrollaron la lectura crítica de artículos científicos y a partir de ello realizaron un planteamiento e interpretación de los potenciales resultados sobre los estudios planteados relacionados a dos propuestas para el estudio potencial del efecto de la penca de tuna sobre la diabetes en adultos mayores.

Propuesta 1: Se realizó el planteamiento simulado de un estudio acerca de un ensayo clínico aleatorizado y controlado que permita evaluar el efecto de la suplementación con penca de tuna (*Opuntia ficus-indica*) (Figura 1) sobre el control glucémico y el perfil metabólico en adultos mayores con diabetes tipo 2. En el estudio puede considerarse la participación de 100 participantes, asignados aleatoriamente a un grupo intervención, los cuales hipotéticamente consumirán 300 g diarios de penca de tuna durante 12 semanas, y a un grupo control, que deberá seguir su dieta habitual sin la suplementación. El estudio simulado buscaría evaluar los niveles de glucosa en ayunas, hemoglobina glicosilada (HbA1c), perfil lipídico, índice de masa corporal y calidad de vida, utilizando análisis bioquímicos y cuestionarios estandarizados. Basado en los resultados esperados se espera una mejora significativa en el control glucémico y metabólico con buena tolerabilidad del producto. El estudio planteado deberá seguir las normativas éticas internacionales y sus hallazgos podrían contribuir al desarrollo de estrategias nutricionales complementarias para el manejo de la diabetes en una población.

Propuesta 2: Se plantea de manera simulada un estudio cuasiexperimental y longitudinal con la finalidad de evaluar los efectos del consumo de cactus (*Opuntia ficus-indica*) en personas de edad avanzada bajo una condición de diabetes tipo 2: para este fin, se buscaría aplicar técnicas de muestreo intencional que considere un total de 80 participantes distribuidos en dos grupos diferentes: el grupo de intervención y el grupo de control. El estudio planteado duraría un total de 16 semanas, el grupo de intervención consumirá 250 ml de extracto de nopal en su alimentación, por su parte, el grupo control estará bajo condiciones dietéticas convencionales. Para la evaluación, se buscaría medir parámetros metabólicos como glucosa capilar pre y postprandial, resistencia a la insulina mediante el índice HOMA-IR, marcadores inflamatorios (PCR, IL-6) y variaciones en la presión arterial. La evaluación simulada incluiría análisis bioquímicos, monitoreo continuo de glucosa y encuestas de adherencia. Se prevé que la penca de tuna contribuya a la reducción de la resistencia a la insulina y la inflamación, con potenciales beneficios en la regulación de la glucemia y el estado cardiovascular.

Figura 1
Muestra vegetal de tuna silvestre.



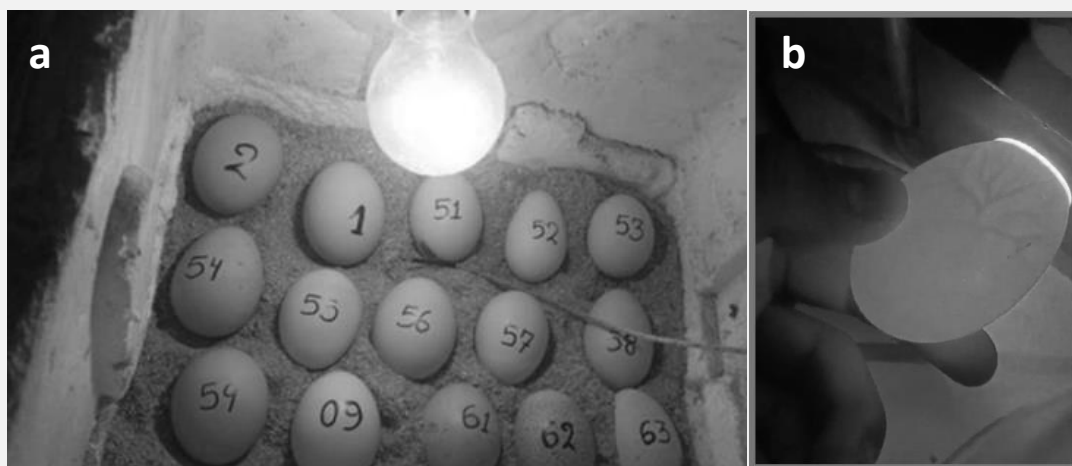
Fuente: procedencia y año.

3.2. Desarrollo embrionario comparativo de los vertebrados

Para el desarrollo de esta experiencia se simularon las condiciones de incubación (37.7 °C) para el desarrollo embrionario de huevos de gallina (Fig. 2a), así también, después de un periodo de incubación de (5 días) se realizaron las observaciones del desarrollo del embrión bajo una lámpara artificial (Fig. 2b).

Figura 2

Ensayos de incubación. a. Muestras de huevos incubados en una estufa reacondicionada. b. Observación de un huevo bajo lampara artificial.

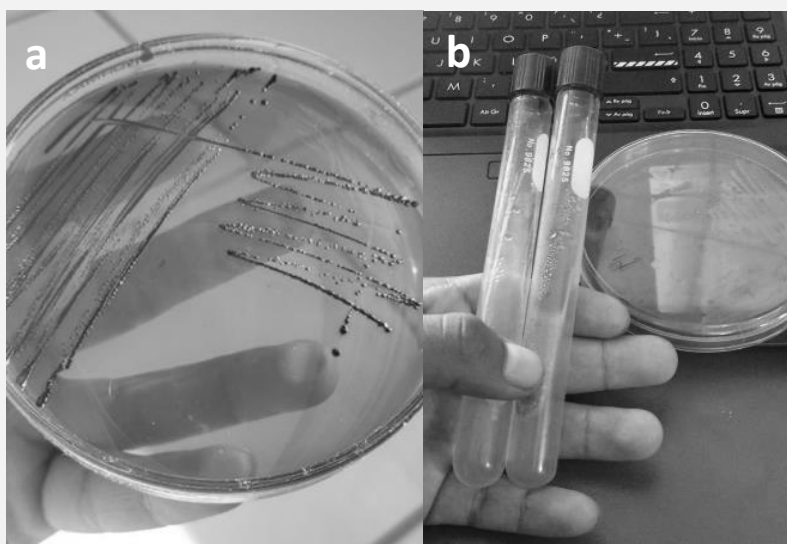


3.3. Simulación del descubrimiento de la penicilina

Los ensayos desarrollados permitieron el crecimiento de *Escherichia coli* en medio de cultivo selectivo (agar MacConkey) (Fig. 3a), así también se cultivo en medio liquido LB (Fig. 3b).

Figura 3

Bacteria gramnegativa en estudio. a. Cepa de *Escherichia coli* crecida en placa. b. Muestra de *E. coli* crecida en caldo de cultivo



3.4. Técnica de dinámica grupal

a) Estudio de la célula y tejidos vegetales (Preparación de muestras vegetales de diferentes tipos de células.)

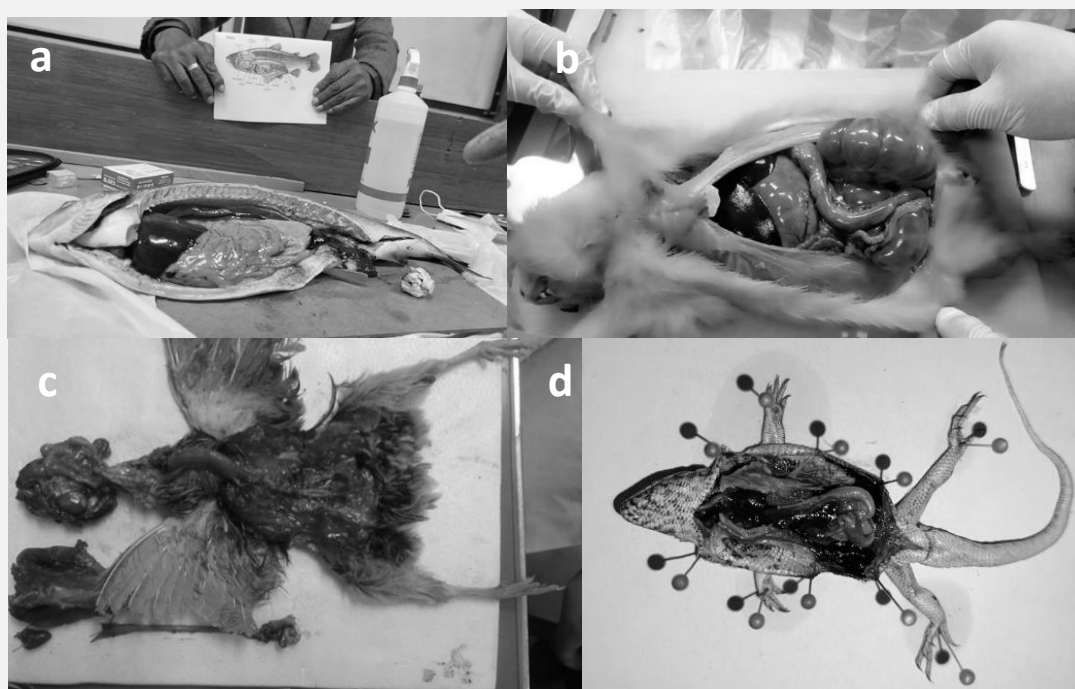
Para este ensayo se realizaron varios procesos como: la selección de diferentes órganos vegetales (hojas, tallos y raíces), buscando asegurar la diversidad celular. Las muestras fueron diseccionadas en cortes delgados utilizando una cuchilla o bisturí, luego colocados en portaobjetos limpios. Posteriormente, cada muestra pasó por una tinción con colorantes específicos (azul de metileno o safranina), para resaltar estructuras celulares como la pared celular, núcleo y cloroplastos. Tras la tinción, cada muestra fue cubierta con un cubreobjetos y se observó al microscopio óptico (Fig 4a) bajo diferentes aumentos, registrando las características morfológicas (fig. 4b, 4c, y 4d) y funcionales de las células observadas.

Figura 4

Muestras vegetales. a. Microscopio optico. b. Muestra de célula vegetal de cebolla (*Allium cepa*). c. Muestra de tejido vegetal tratado con azul de metileno (se aprecian estomas y cloroplastos). d. Corte transversal de un tallo vegetal mostrando tejidos como xilema, floema y la epidermis en una disposición concéntrica típica de estructuras vasculares.

b) Anatomía comparada de los vertebrados

Para esta actividad se realizaron disecciones de distintos animales pertenecientes a grupos diversos (mamíferos, reptiles, aves y peces). Se identificaron variaciones significativas en la disposición anatómica de los órganos en las distintas especies estudiadas. Además los estudiantes lograron trabajar en equipo y realizar las disecciones de manera exitosa (Figura 5).



IV. DISCUSIÓN

La experiencia educativa aplicada permitió que los estudiantes cultiven una actitud científica (cultura científica) a través de la implementación de los métodos y técnicas de aprendizajes activos como el aprendizaje basado en la (ABI) y proyecto de investigación formativos (PIF). Las propuestas simuladas de los estudiantes para investigar el efecto de la penca de tuna (*Opuntia ficus-indica*) en adultos mayores con diabetes tipo 2 se alinean con estudios previos que han evaluado las propiedades hipoglucemiantes de esta planta. Por ejemplo, una investigación desarrollada por Cota-Sánchez et al (2014), demostraron que el consumo de nopal puede reducir los picos de glucosa e insulina posprandiales, así como aumentar la actividad antioxidante en pacientes con diabetes tipo 2. Estos hallazgos sugieren que la suplementación con penca de tuna podría mejorar el control glucémico en la población objetivo de las propuestas estudiantiles. Adicionalmente, estudios realizados por Fernández & Lin (2017), evaluaron los efectos antidiabéticos del extracto acuoso de nopal en ratas diabéticas inducidas por una dieta alta en grasas y dosis bajas de estreptozotocina. Los estudios revisados potencialmente demuestran que el extracto de nopal podría tener

la capacidad de disminuir las concentraciones de glucosa en sangre y mejorar la tolerancia a la glucosa.

Una revisión sistemática realizada por Gouws et al (2019), reportan los efectos del consumo de diferentes componentes del nopal, incluyendo cladodios y frutos, y su acción sobre los niveles de glucosa e insulina en humanos. La revisión reporta que los cladodios de *Opuntia* spp. mostraron una reducción significativa en los niveles de glucosa e insulina séricas, indicando su potencial como alimento funcional para el manejo de la diabetes tipo 2. Estos antecedentes científicos refuerzan la pertinencia de las propuestas estudiantiles y sugieren que la investigación sobre la penca de tuna podría contribuir al desarrollo de estrategias nutricionales complementarias para el control de la diabetes en adultos mayores.

En comparación con lo reportado por Goodwin et al. (2024), los resultados de nuestra experiencia educativa muestran coincidencias relevantes en cuanto al impacto positivo del aprendizaje activo en estudiantes de carreras biológicas. Dichos autores documentaron que la participación en experiencias de investigación auténtica dentro de entornos de aprendizaje colaborativo incrementa el sentido de apropiación del conocimiento, mejora la retención conceptual y fortalece el compromiso con la carrera científica. En el caso del presente estudio, las simulaciones científicas y las propuestas investigativas contextualizadas permitieron a los estudiantes construir conocimiento de manera significativa, evidenciando no solo una comprensión más profunda de los contenidos, sino también un desarrollo sostenido de competencias investigativas. Esta convergencia teórica y empírica con estudios internacionales refuerza la pertinencia de implementar metodologías activas como el ABI en la enseñanza de la biología universitaria.

Referente a las condiciones de simulación de incubación. las observaciones realizadas durante la incubación de huevos de gallina a 37.7 °C durante cinco días proporcionaron una visión valiosa del desarrollo embrionario temprano en aves, y han permitido realizar comparaciones con otros vertebrados. Teóricamente se sabe que, tras la gastrulación, los embriones de diferentes vertebrados presentan similitudes notables, compartiendo estructuras como arcos branquiales, notocordio y médula espinal en etapas iniciales (Gilbert, 2000). Dichas similitudes reflejan los patrones evolutivos conservados y destacan la utilidad del embrión de pollo como un modelo para estudiar el desarrollo de los vertebrados.

La temperatura es un factor crítico en la incubación, que influye en la tasa de desarrollo embrionario y en la morfología de las aves. Varios estudios han demostrado que temperaturas de incubación muy altas que las óptimas pueden afectar de manera negativa al desarrollo embrionario, sin embargo, temperaturas más bajas poseen la capacidad de prolongar el período de incubación e incrementar los riesgos asociados al desarrollo (Yalcin et al., 2022; DuRant et al., 2011). Por lo tanto, mantener una

temperatura constante cercana a 37.7 °C, como se programó en esta experiencia, es esencial para asegurar un desarrollo embrionario adecuado en los pollos.

Además de la temperatura, otros factores como la humedad, la concentración de gases y la iluminación también pueden influir en el desarrollo embrionario. La iluminación durante la incubación puede afectar el ritmo circadiano y el desarrollo de los órganos sensoriales en las aves (Drozdova et al., 2019). Este ensayo desarrollado permitió la observación de los embriones bajo una lámpara artificial proporcionando información sobre el desarrollo sin perturbar el entorno de incubación, esta es una herramienta útil para visualizar el desarrollo embrionario y aplicar comparativos en el desarrollo embrionario.

Los ensayos enfocados al descubrimiento de la penicilina mediante un estudio microbiológico se basaron en el cultivo de cepas de *Escherichia coli* en medios selectivos lo cual permitió desarrollar un entendimiento práctico de la acción de los antibióticos y las características de resistencia bacteriana. Estudios realizados por Zhao et al (2025) emplearon modelos de simulación para explorar las interacciones entre los antibióticos betalactámicos y las proteínas de unión a la penicilina (PBP) en *E. coli*. Este estudio brinda información sobre diversos mecanismos de inhibición y resistencia. El uso y aplicación de este tipo de simulaciones facilitan la visualización de los procesos que interrumpen la síntesis de la pared celular bacteriana, lo que proporciona información fundamental para la formulación de nuevos agentes antimicrobianos.

La creación de modelos celulares basados en colonias de *E. coli* facilita la evaluación de respuestas bacterianas a diferentes antibióticos. Adicionalmente proporciona información sobre los cambios ocasionados por los antibióticos, induciendo alteración en la expresión de genes y proteínas, lo que lleva a una mayor vulnerabilidad a estos agentes farmacológicos (O'Brien et al., 2023). Las metodologías previamente comentadas permiten realizar una combinación de datos experimentales y modelos *in silico*, lo cual permite desarrollar pronósticos sobre la eficacia de las terapias con antibióticos y predecir los posibles cambios en los mecanismos de resistencia.

En la actualidad un incremento acelerado de la resistencia a los antimicrobianos en diferentes microorganismos patogénicos incluidos cepas de *E. coli* ha tomado relevancia y genera una gran preocupación mundial. Una iniciativa de investigación llevada a cabo en Irlanda reveló niveles sustanciales de resistencia en las bacterias ambientales, lo que estaría relacionado con el uso indebido de antibióticos y la eliminación inadecuada de residuos farmacológicos en los ecosistemas acuáticos (Singer et al., 2016). Estos datos sugieren la necesidad de adecuar estrategias innovadoras con un contenido simulado que integre los mecanismos de acción de antibióticos como la penicilina, para mejorar la comprensión de la resistencia bacteriana y conducir prácticas de uso responsable de los antibióticos.

Las técnicas para la tinción de tejidos vegetales son metodologías importantes para la comprensión de la histología vegetal, estas metodologías facilitan la observación de estructuras celulares a nivel microscópico. Existen una variedad de colorantes empleados para la tinción vegetal: azul de metileno y safranina son los más empleados para la coloración de la pared celular, núcleo y cloroplastos. El azul de metileno es un colorante catiónico, y esta naturaleza permite una fuerte afinidad por el ADN y polisacáridos. Todo ello permite la visualización de núcleos y estructuras celulares adicionales. Análogamente, la safranina es un colorante básico (aniónico) con una afinidad selectiva por sustancias que componen la pared celular (lignina y otros componentes). La aplicación de estas técnicas de tinción es indispensable para la investigación vegetal histológica y morfológica, y así comprender la organización de las células vegetales (Javaeed et al., 2021).

Para la observación de los tejidos vegetales bajo el microscopio es importante considerar una adecuada preparación de los tejidos y su tinción con colorantes apropiados permitirá observar detalles de la morfología y estructura microscópica. Adicionalmente procedimientos como la fijación, la deshidratación, la incrustación son procedimientos que suman una adecuada estrategia de observación de los detalles microscópicos de las células vegetales. El proceso de fijación que emplea formaldehído es esencial para preservar la arquitectura celular. Además, la deshidratación con etanol y la incrustación en parafina facilitan la creación de secciones delgadas mediante el uso de un micrótopo. La tinción final con tintes específicos permite diferenciar las estructuras celulares e identificar componentes particulares, como la lignina o la celulosa, dentro de las paredes celulares (Gurina y Simms, 2023).

Las metodologías de tinción convencionales si bien son de mucha utilidad, actualmente han surgido técnicas avanzadas que permiten visualizaciones más precisas y profundas: la microscopía de fluorescencia y la histoquímica permiten rastrear y observar los componentes metabólicos de las paredes celulares vegetales. Mediante, la aplicación de fluorocromos específicos es posible visualizar compuestos como la lignina, la celulosa y los fenoles bajo iluminación ultravioleta, lo que proporciona información compleja sobre la composición y la arquitectura de la pared celular. Estas técnicas actualizadas mejoran las prácticas tradicionales de tinción y brindan una perspectiva más completa de la anatomía y fisiología de las plantas (Falcioni et al., 2022).

Ensayos de disección de vertebrados fomento en los estudiantes habilidades para el reconocimiento de diferencias en la configuración anatómica de los órganos entre mamíferos, reptiles, aves y especies acuáticas. Esta metodología de naturaleza práctica es importante para el desarrollo de la pedagogía anatómica. Además, incrementa la comprensión y entendimiento de la morfología animal comparada y, al mismo tiempo, permite el fortalecimiento de las habilidades de colaboración. Estudios actualizados demuestran que la participación de los estudiantes en la disección de tejidos aumenta

significativamente su comprensión de las características anatómicas, lo que potencia su confianza y competencia para reconocer e identificar las características anatómicas (Youngblood et al., 2022).

La superposición de características anatómicas entre las diversas clases de vertebrados genera y permite comprender una visión de la evolución en los animales. En el caso de los animales acuáticos, la transición evolutiva hacia los tetrápodos terrestres requirió alteraciones considerables en la musculatura pectoral y de las extremidades anteriores, lo que indica adaptaciones funcionales a nuevos hábitats. Adicionalmente, cambios en el patrón molecular de ciertos genes son los responsables de dichas adaptaciones (Diogo y Abdala, 2007). Estos estudios comparativos promueven y profundizan la comprensión de la evolución de los sistemas biológicos y resaltan la importancia de la anatomía comparada en la educación de estudiantes en la biológica.

Incorporar metodologías actualizadas, como la microtomografía computarizada con contraste de yodo (DiCeCT), ha facilitado un enfoque más matizado de la disección digital detallada de la anatomía muscular en una variedad de especies. Una investigación contemporánea empleó la técnica DiCeCT para analizar la musculatura pélvica y las extremidades posteriores en 30 especies de anuros, lo que arrojó datos complejos sobre la variación muscular y sus ramificaciones funcionales (Leavey et al., 2024). Estas herramientas innovadoras complementan las prácticas tradicionales de disección y crean vías para un análisis exhaustivo sin necesidad de intervenciones invasivas.

V. CONCLUSIONES

Se concluye que la implementación de metodologías activas, como el Aprendizaje Basado en la Indagación (ABI) y las dinámicas grupales, fortalece significativamente el aprendizaje significativo, el desarrollo del pensamiento crítico y la participación activa del estudiantado en el proceso educativo. La experiencia pedagógica aplicada en el curso de Biología del programa de Ecología permitió a los estudiantes diseñar propuestas de investigación contextualizadas y fundamentadas, lo cual refleja una apropiación real de los contenidos científicos y el fortalecimiento de competencias investigativas.

La simulación de prácticas científicas reales —como el estudio del efecto de la penca de tuna en adultos mayores con diabetes tipo 2, el desarrollo embrionario en aves o el análisis de resistencia bacteriana mediante el cultivo de *E. coli*— contribuyó a una mejor comprensión de procesos biológicos complejos, tales como la evolución, la fisiología y los mecanismos de acción de antibióticos. Estas actividades también promovieron la colaboración entre pares y el desarrollo de habilidades procedimentales propias del trabajo en laboratorio.

Por tanto, se valida que la integración de estas estrategias didácticas en contextos universitarios de formación científica no solo mejora el rendimiento académico, sino que también impulsa la construcción de una cultura científica crítica y responsable. Este enfoque constituye una vía pertinente y transformadora para renovar la enseñanza de las ciencias biológicas en la educación superior.

VI. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Amerstorfer, C. M., & Freiin, C. (2021). Student Perceptions of Academic Engagement and Student-Teacher Relationships in Problem-Based Learning. *Frontiers in Psychology*, 12. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2021.713057>
2. Bahamonde, N. (2023). Pensar la educación en biología en los nuevos escenarios. *Bio-grafía*, 16(30), 1-15. <https://revistas.upn.edu.co/index.php/bio-grafia/article/view/2995RevistasUPN>
4. Cooper, K. M., Blattman, J. N., Hendrix, T., & Brownell, S. E. (2019). The Impact of Broadly Relevant Novel Discoveries on Student Project Ownership in a Traditional Lab Course Turned CURE. *CBE—Life Sciences Education*, 18(4), ar57–ar57. <https://doi.org/10.1187/cbe.19-06-0113>
5. Cota-Sánchez, J. H., Remarchuk, K., & Ulanowski, T. (2014). Nutritional composition of nopal (*Opuntia ficus-indica*) and its potential health benefits. *Journal of Ethnopharmacology*, 155(1), 1-8. <https://doi.org/10.1016/j.jep.2014.05.001>
6. Diogo, R., & Abdala, V. (2007). Comparative anatomy, homologies and evolution of the pectoral muscles of bony fish and tetrapods: a new insight. *Journal of Morphology*, 268(6), 504–517. <https://doi.org/10.1002/jmor.10531>
7. Drozdova, M. Okuliarova, & Zeman, M. (2019). The effect of different wavelengths of light during incubation on the development of rhythmic pineal melatonin biosynthesis in chick embryos. *Animal*, 13(8), 1635–1640. <https://doi.org/10.1017/s1751731118003695>
8. Falcioni, R., Moriwaki, T., Furlanetto, R. H., Nanni, M. R., & Antunes, W. C. (2022). Simple, Fast and Efficient Methods for Analysing the Structural, Ultrastructural and Cellular Components of the Cell Wall. *Plants*, 11(7), 995. <https://doi.org/10.3390/plants11070995>
9. Fernández, M. L., & Lin, E. C. (2017). *Opuntia ficus-indica* (Nopal) as a dietary supplement for diabetes management: Evidence from animal studies. *Journal of Medicinal Food*, 20(2), 109–117. <https://doi.org/10.1089/jmf.2016.3863>
10. García-Carmona, A. (2023). Scientific Thinking and Critical Thinking in Science Education. *Science & Education*. <https://doi.org/10.1007/s11191-023-00460-5>
11. Gilbert, S. F. (2000). Comparative Embryology. En *Developmental Biology* (6a ed.). Sinauer Associates. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK9974/>
12. Goodwin, E. C., Cooper, K. M., Gin, L. E., & Brownell, S. E. (2024). Addressing the need to facilitate undergraduate research experiences for community college

- transfer students in science. *Journal of Microbiology and Biology Education*, 25(3). <https://doi.org/10.1128/jmbe.00090-24>
13. Gouws, C. A., Georgousopoulou, E. N., Mellor, D. D., McKune, A., & Naumovski, N. (2019). Effects of the Consumption of Prickly Pear Cacti (*Opuntia* spp.) and its Products on Blood Glucose Levels and Insulin: A Systematic Review. *Medicina*, 55(5), 138. <https://doi.org/10.3390/medicina55050138>
14. Gurina, T. S., & Simms, L. (2023). *Histology, Staining*. StatPearls Publishing. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK557663/>
15. Hartikainen, S., Rintala, H., Pylväs, L., & Petri Nokelainen. (2019). The Concept of Active Learning and the Measurement of Learning Outcomes: A Review of Research in Engineering Higher Education. *Education Sciences*, 9(4), 276–276. <https://doi.org/10.3390/educsci9040276>
16. Hmelo-Silver, C. E. (2004). Problem-based learning: What and how do students learn? *Educational Psychology Review*, 16(3), 235–266. <https://doi.org/10.1023/B:EDPR.0000034022.16470.f3>
17. Javaeed, A., Qamar, S., Ali, S., Mustafa, M. A. T., Nusrat, A., & Ghauri, S. K. (2021). Histological Stains in the Past, Present, and Future. *Cureus*, 13(10), e18486. <https://doi.org/10.7759/cureus.18486>
18. Leavey, A., Richards, C. T., & Porro, L. B. (2024). Comparative muscle anatomy of the anuran pelvis and hindlimb in relation to locomotor mode. *Journal of Anatomy*, 245(5), 751-774. <https://doi.org/10.1111/joa.14122>
19. Michael J. (2006). Where's the evidence that active learning works?. *Advances in physiology education*, 30(4), 159–167. <https://doi.org/10.1152/advan.00053.2006>
20. O'Brien, E. J., Lerman, J. A., Chang, R. L., Hyduke, D. R., & Palsson, B. O. (2023). Genome-scale models of metabolism and gene expression extend and refine growth phenotype prediction. *Molecular Systems Biology*, 9(1), 693. <https://doi.org/10.1038/msb.2013.52>
21. Ovid, D., Rice, M. M., Luna, J. V., Tabayoyong, K., Lajevardi, P., & Tanner, K. D. (2021). Investigating Student Perceptions of Instructor Talk: Alignment with Researchers' Categorizations and Analysis of Remembered Language. *CBE—Life Sciences Education*, 20(4). <https://doi.org/10.1187/cbe.21-06-0153>
22. Pantoja Castro, J. C., & Covarrubias Papahiu, P. (2013). La enseñanza de la biología en el bachillerato a partir del aprendizaje basado en problemas (ABP). *Perfiles Educativos*, 35(139), 93-109. [https://doi.org/10.1016/S0185-2698\(13\)71811-7www.elsevier.com](https://doi.org/10.1016/S0185-2698(13)71811-7www.elsevier.com)
23. Pinagorte, J., et al. (2023). Estrategias lúdicas para una enseñanza efectiva de la biología en el bachillerato. *Minerva Journal*, 4(11), 9-19. <https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/9046162.pdf>
24. Singer, A. C., Shaw, H., Rhodes, V., & Hart, A. (2016). Review of Antimicrobial Resistance in the Environment and Its Relevance to Environmental Regulators. *Frontiers in microbiology*, 7, 1728. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2016.01728>
25. Yalcin, S., Özkan, S., & Shah, T. (2022). Incubation Temperature and Lighting: Effect on Embryonic Development, Post-Hatch Growth, and Adaptive Response. *Frontiers in physiology*, 13, 899977. <https://doi.org/10.3389/fphys.2022.899977>

26. Youngblood, J. P., Webb, E. A., Gin, L. E., van Leusen, P., Henry, J. R., VandenBrooks, J. M., & Brownell, S. E. (2022). Anatomical self-efficacy of undergraduate students improves during a fully online biology course with at-home dissections. *Advances in physiology education*, 46(1), 125–139. <https://doi.org/10.1152/advan.00139.2021>
27. Zhao, Y., Zhang, J., Gui, Y., Ji, G., Huang, X., Xie, F., & Shen, H. (2025). Probing the interaction mechanisms between three β -lactam antibiotics and penicillin-binding proteins of *Escherichia coli* by molecular dynamics simulations. *Comparative Biochemistry and Physiology Part C: Toxicology & Pharmacology*, 287, 110057. <https://doi.org/10.1016/j.cbpc.2024.110057>

ACERCA DEL AUTOR

Profesional con 72 años de experiencia en formación Académica, investigación en Biología Molecular y biotecnología (Biotecnología vegetal y ambiental). Maestría en Ciencias, mención Biotecnología Vegetal; doctorado en ciencias y tecnologías Medio Ambientales de la Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa, doctorado en Biología Molecular y Biotecnología de la Universidad Nacional San Agustín de Arequipa. Con experiencia en la enseñanza de la Biología y Ecología.

Conflicto de intereses:

El autor declara que no incurre en conflictos de intereses.

Contribución de los autores

El autor y sus coautores declaran haber desarrollado en su totalidad el presente estudio.

Fuentes de financiamiento

El autor declara que no recibió un fondo específico para esta investigación.

Aspectos éticos y legales

El autor declara no haber incurrido en aspectos antiéticos, ni haber omitido aspectos legales en la realización de la investigación.

Agradecimientos

A vice rectorado académico de la UNA PUNO