

Recibido: 2026-08-21

Aceptado: 2026-09-04

Publicado: 2026-09-17

**Biomímesis como modelo pedagógico interdisciplinario para la
enseñanza de Física y Biología: caso de las ranas del Tena, Ecuador**

**Biomimicry as an Interdisciplinary Pedagogical Model for Teaching
Physics and Biology: The Case of Frogs in Tena, Ecuador**

Autor(s)

Jonnathan Manuel Vicuña Espinoza¹

Educación en Ciencias Experimentales

<https://orcid.org/0009-0008-5710-2768>

jmvicuna@unae.edu.ec

Universidad Nacional de Educación - UNAE

Azogues - Cañar - Ecuador

Universidad Regional Amazónica Ikiam

Tena - Napo - Ecuador.

Resumen

La enseñanza tradicional de las ciencias experimentales, en la que los contenidos se les imparte por asignaturas, situación que limitó que los estudiantes comprendieran de forma clara los fenómenos naturales y establecieran relaciones con situaciones cotidianas. Ante esta problemática, este estudio de revisión tuvo como objetivo: analizar, a partir de la literatura científica, cómo las características de las ranas del Tena pueden articularse con los principios de la física clásica para configurar un procedimiento pedagógico interdisciplinario basado en la biomímesis. En particular, se examinó el aporte teórico de la biomímesis para la enseñanza interdisciplinaria, identificar los conceptos físicos y biológicos que pueden relacionarse a partir del estudio de estas especies (*Hyalinobatrachium iaspidiense* y *Adenomera hylaedactyla*) y plantear una secuencia didáctica sustentada en la literatura revisada. En este sentido, se realizó una revisión bibliográfica sistemática y crítica en las bases de datos: Web of Science, Latindex, Google Scholar y Scopus con descriptores en español e inglés y criterios definidos de inclusión y exclusión, dando prioridad a las publicaciones correspondientes al último quinquenio. Los resultados evidenciaron que, mediante proyectos, construcción de prototipos y salidas de campo fortaleció, según la literatura consultada, el pensamiento crítico, la creatividad y la conciencia ambiental del estudiantado. Se concluyó que esta propuesta puede contribuir a una educación más vinculada con el territorio, al relacionar los conocimientos científicos con los saberes de las comunidades y aportar nuevas formas de desarrollar la enseñanza en la Amazonía ecuatoriana.

Palabras clave: Enfoque interdisciplinario; Biomímesis; Innovación educativa; Biología; Física.

Abstract

Traditional approaches to teaching the experimental sciences, in which content is delivered separately by subject, have limited students' ability to clearly understand natural phenomena and establish connections with everyday situations. In response to this issue, this review study aimed to analyze, based on scientific literature, how the characteristics of frogs found in Tena can be integrated with the principles of classical physics to develop an interdisciplinary pedagogical approach grounded in biomimicry. Specifically, the study examined the theoretical contribution of biomimicry to interdisciplinary teaching, identified physical and biological concepts that can be interconnected through the study of these species (*Hyalinobatrachium iaspidiense* and *Adenomera hylaedactyla*), and proposed a teaching sequence supported by the reviewed literature. To this end, a systematic and critical literature review was conducted using the Web of Science, Latindex, Google Scholar, and Scopus databases, employing descriptors in both Spanish and English and applying defined inclusion and exclusion criteria, with priority given to publications from the previous five years. The findings indicated that, according to the literature reviewed, the use of projects, prototype construction, and field trips strengthened students' critical thinking, creativity, and environmental awareness. It was concluded that this proposal may contribute to a form of education more closely connected to the local territory by linking scientific knowledge with community knowledge and promoting new approaches to teaching in the Ecuadorian Amazon.

Keywords: Interdisciplinary approach; Biomimicry; Educational innovation; Biology; Physics.

Introducción

Comprender como funciona la materia, la energía, el tiempo, entre otros, requiere relacionar conocimientos de distintas áreas de las ciencias, sobre todo cuando estos pueden observarse en situaciones de la vida cotidiana. No obstante, en el campo educativo, estos conocimientos suelen abordarse de manera independiente, lo que puede dificultar que los estudiantes establezcan conexiones entre ellos y construyan una comprensión más amplia de los fenómenos estudiados. En este sentido, la naturaleza representa una fuente de aprendizaje que permite observar cómo diferentes principios científicos actúan de manera conjunta (Benyus, 2002). A partir de esta idea, la biomímesis propone observar y aprender de las soluciones presentes en los organismos vivos para comprender, y luego abordar diferentes situaciones. En este artículo se analiza, a partir de la literatura, el potencial de la biomímesis como enfoque pedagógico para relacionar los conocimientos de física junto con biología en la educación.

La biomímesis, del griego *bios* (vida) y *mimesis* (imitación), es el campo de conocimiento que estudia los sistemas, elementos y modelos de la naturaleza para resolver problemas humanos (Gerola et al., 2023). Su sistematización contemporánea parte de la obra fundacional de Benyus, quien sostiene la idea de que construir un mundo sostenible implica aprender a escuchar los mecanismos que la naturaleza ha perfeccionado durante millones de años. De acuerdo con, Pawlyn (2011) recoge numerosos casos en los que procesos naturales desde la estructura del panal de abeja hasta el sistema de ventilación de los termiteros inspiran soluciones tecnológicas más eficientes que las de la ingeniería convencional. Coban y Costu (2023) muestran que la biomímesis favorece en el aula de clases el desarrollo de habilidades de pensamiento creativo y observación cuando se plantea en un enfoque didáctico específico. Estos antecedentes respaldan la pregunta que orienta este trabajo de investigación: ¿qué ocurre si las aulas empiezan a funcionar con la misma lógica que la naturaleza?

Bajo esta perspectiva, la interdisciplinariedad se entiende como la integración de conocimientos procedentes de diferentes disciplinas con el fin de construir una comprensión más amplia de un fenómeno o analizar problemas que no pueden resolverse de manera pertinente desde una sola área del conocimiento. (Zwanenburg et al., 2022). Asimismo, Edgar Nahoum advierte, en la misma línea, que la hiperespecialización

dificulta ver el conjunto, las relaciones entre las partes, también genera un conocimiento atomizado limitada para comprender la complejidad de la realidad.

Un metaanálisis actual confirma esta tendencia como señalan Wu et al. (2024) una correlación moderada y positiva entre la formación STEM y la capacidad del educador para articular disciplinas en el aula de clases. La interdisciplinariedad es una estrategia metodológica, al igual que una condición para que la escuela pueda formar sujetos capaces de leer la realidad en su complejidad.

Las corrientes de educación popular desarrolladas por Paulo Freire, Alfonso Torres Carrillo y Marco Mejía sostienen en el cual el conocimiento no es neutral, que toda pedagogía es también una política, y que no es posible transformar la sociedad desde escuelas que limitan la participación y autonomía de los estudiantes. La educación para la sostenibilidad constituye una orientación ética y política que atraviesa todo el quehacer pedagógico. Paulo Freire enseña, en esa misma dirección, que la educación no cambia el mundo por sí misma, por el contrario que forma a quienes habrán de cambiarlo. Un modelo pedagógico que articula la física, así como también la biología a partir de las ranas del Tena, es una propuesta epistemológica por una educación que parte del territorio amazónico, de lo concreto y de la vida cotidiana de los pueblos indígenas.

Desde la física, el salto de una rana constituye un caso de movimiento bidimensional, es decir, dos dimensiones: largo y ancho, gobernado por las leyes de Newton que fueron publicadas en 1687, que involucra fuerzas musculares calculables y los principios de la cinemática y la dinámica. Desde la biología, las adaptaciones de los anfibios, la capacidad de saltar distancias que rebasan entre 10 y 20 veces la longitud de su fisonomía, la flexibilidad de sus tejidos musculares y la adherencia de sus almohadillas plantares, son mecanismos que la pedagogía apenas comienzan a explorar con rigor. (Ren y Yu, 2021) Estos diseños biomiméticos atraen a profesionales del ecodiseño, la agricultura regenerativa y la arquitectura sostenible como vía para transformar dentro del marco de la sostenibilidad (Real Academia de Doctores, 2021), pero su potencial educativo en contextos de educación básica y bachillerato en la Amazonía ecuatoriana permanece escasamente explorado. Investigaciones recientes muestran resultados prometedores, conforme a Mejía et al. (2023) documentan que la combinación de biomímesis y resolución creativa de problemas mejora la calidad de las soluciones sostenibles diseñadas por estudiantes universitarios.

Este artículo científico presenta, por consiguiente, un procedimiento pedagógico interdisciplinario que integra conceptos de física (vectores, cinemática, dinámica) y de biología (adaptaciones, comportamiento animal, ecología) a través del estudio biomimético de dos especies de ranas endémicas de la región del Tena. El objetivo general consiste en analizar, a partir de la literatura especializada, cómo las características biológicas y de comportamiento de dichas especies pueden articularse con los principios de la física para configurar dicho procedimiento. Específicamente, el artículo busca: a) caracterizar los fundamentos teóricos de la biomímesis, la interdisciplinariedad y la pedagogía crítica que sustentan la propuesta; b) identificar los conceptos físicos y biológicos que se articulan mediante el estudio biomimético de las ranas del Tena; c) diseñar un procedimiento pedagógico interdisciplinario, fundamentado en la literatura revisada, para la enseñanza de la física y la biología en la educación básica (EGB) y de bachillerato (BGU) de la Amazonía ecuatoriana; y d) discutir los desafíos curriculares, epistemológicas y evaluativas que implica llevar esta propuesta a contextos educativos del Ecuador.

Fundamentación teórica

Biomímesis

La biomímesis representa un enfoque que toma a los sistemas naturales como referente para aprender de sus procesos y desarrollar soluciones compatibles con la sostenibilidad, es decir, la biomímesis estudia la naturaleza para inspirar soluciones sostenibles a problemas humanos. (Berna, 2022). A partir de ello, Tena es un cantón con hermosos paisajes y su riqueza turística. Ante esta realidad, este enfoque puede aplicarse en centros educativos, por la diversidad de flora y fauna que existe en la zona, lo que brinda varias posibilidades para relacionar el conocimiento científico con el entorno natural.

Interdisciplinariedad

La interdisciplinariedad es un proceso de conexión de métodos, perspectivas y conocimientos procedentes de diferentes disciplinas, para analizar un fenómeno o problema desde una visión más amplia. Esta relación permite establecer integración y articulación entre áreas que, al trabajar juntas, permiten comprender de manera más amplia uno o varios temas. (Lenoir, 2023). En Ecuador, las asignaturas de Física y Biología en el BGU se abordan de forma independiente; sin embargo, existen temas que

requieren un tratamiento conjunto para que los alumnos puedan relacionar los conocimientos de ambas disciplinas y alcanzar una comprensión más integral de los contenidos.

Física y Biología

La UNESCO (2026) describe que la física se entiende que es una ciencia natural enfocada al estudio de la energía, la materia, las fuerzas y las interrelaciones que ocurren entre ellas, con el fin de describir los fenómenos que tienen lugar en el entorno natural y el universo. Por su parte, la biología es la ciencia encargada de estudiar la vida y los seres vivos, así como los procesos que intervienen en su funcionamiento, reproducción, evolución y organización, También analiza las relaciones que estos establecen con el entorno en el que se desarrollan. (Arnold, 2022)

En Física, el salto de la rana puede analizarse mediante el movimiento parabólico y sus componentes en los ejes "X" y "Y". Este fenómeno permite relacionar los contenidos físicos con una situación observable de la naturaleza y plantear un problema desde el Aprendizaje Basado en Problemas (ABP). Por otro lado, la Biología permite estudiar aspectos como su hábitat, alimentación, reproducción y comportamiento. De esta manera, ambas disciplinas se relacionan para comprender el fenómeno de forma más general.

Ranas del Tena

Las ranas que habitan en el cantón Tena constituyen parte de la diversidad de anfibios presente en los ambientes acuáticos y boscosos de la Amazonía ecuatoriana. Dentro de este marco, Quilumbaquin et al. (2023) identificaron 33 especies de ranas en la microcuenca del río Tena, dato que permite reconocer la riqueza biológica existente en esta zona. Con base en ello, las ranas representan un recurso de interés para estudiar algunas de sus características biológicas y funcionales. Del mismo modo, estas características pueden relacionarse con principios de la física, particularmente con aspectos como la locomoción, el desplazamiento y la forma en que estos animales interactúan con su entorno natural. En este sentido, las dos especies de ranas, *Hyalinobatrachium iaspidiense* y *Adenomera hylaedactyla*, fueron escogidas por las diferencias que presentan en su forma y coloración, características que llaman la atención y permiten observarlas con mayor facilidad.

Material y métodos

La metodología se entiende como el conjunto de procedimientos que guían el desarrollo de una investigación, desde la selección del enfoque y el diseño hasta la recolección y análisis de los datos (Hernández y Mendoza, 2023). Con base en lo anterior, la metodología de esta investigación correspondió a una revisión bibliográfica y crítica de la literatura, enfocada por la siguiente pregunta: ¿cómo pueden articularse los principios de la física y la biología, a través del estudio biomimético de las ranas del Tena, para diseñar un procedimiento educativo interdisciplinario?

La búsqueda se realizó en las bases de datos Scopus, Web of Science, Latindex y Google Scholar. Se emplearon descriptores en español e inglés, combinados mediante los operadores booleanos AND/OR: biomimicry AND education; interdisciplinary teaching AND science; physics education AND biology; sustainability pedagogy; popular education AND Latin America; frog jump biomechanics. La selección de estos descriptores se justificó por su correspondencia directa con las tres categorías conceptuales del estudio biomímesis, interdisciplinariedad y pedagogía crítica y por su presencia como términos normalizados en los tesauros de Scopus y de ERIC.

Esta revisión tomó como base publicaciones del 2011 al 2026, entre artículos científicos, capítulos y libros. La mayoría de esas fuentes, un 80 % como mínimo, tiene menos de 5 años. Esto se hizo así para que el trabajo se apoyara en datos actuales y no en información desactualizada. Igualmente se tomaron en cuenta publicaciones disponibles en portugués, inglés y español o siempre que fuera posible acceder al texto completo. Con respecto al contenido, se seleccionaron trabajos relacionados con la biomímesis, la interdisciplinariedad y educación. También se priorizaron aquellas fuentes que contaran con revisión por pares o que presentaran un respaldo académico reconocido. Otro aspecto considerado fue que se descartaron las publicaciones cuya autoría no pudiera comprobarse, así como aquellas que abordaran únicamente temas ajenos al ámbito educativo, sin establecer una relación con este. Del mismo modo, no se consideraron fuentes divulgativas sin respaldo académico. Como último aspecto, una vez revisadas las fuentes y eliminados los documentos repetidos, se conformó el conjunto bibliográfico que sirvió como fundamento para el desarrollo del presente artículo.

Cabe señalar, además, que Fuentes et al. (2021) señalan que docentes y estudiantes pueden construir sentidos compartidos en torno a conceptos científicos cuando estos se relacionan con la observación directa de la naturaleza. Para trabajar este enfoque interdisciplinario, también se pueden utilizar diferentes metodologías activas que han sido recomendadas:

- Aprendizaje Basado en Proyectos (ABPr), en el que los alumnados investigan y diseñan soluciones inspiradas en el movimiento de las ranas.
- Aprendizaje colaborativo en equipos heterogéneos para resolver problemas complejos que requieren perspectivas múltiples.
- Salidas de campo propuestas a la región amazónica del Tena para la observación directa y la recolección de datos sobre las especies locales.
- Uso de iNaturalist para registrar, catalogar y analizar observaciones de campo en tiempo real.
- Talleres de construcción de prototipos biomiméticos que integren principios físicos y biológicos, con énfasis en la reflexión sobre el proceso de diseño, propuestos como estrategia pedagógica.

Resultados

Innovación pedagógica desde la biomímesis

La innovación pedagógica no necesariamente estuvo relacionada con el uso de tecnología. Innovar en la enseñanza significa cambiar la forma en que se desarrolla las clases, dar mayor participación a los estudiantes y buscar que los contenidos tuvieran un sentido para ellos (Valverde et al., 2023). Esta idea se relacionó con el aprendizaje significativo, ya que los nuevos conocimientos se comprenden mejor cuando pueden vincularse con lo que el alumno ya conoce y con sus experiencias previas (Bryce y Blown, 2023). A partir de ello, la propuesta biomimética es innovadora porque permite al docente entender los contenidos de una manera diferente. Se trata de buscar situaciones de la vida cotidiana que permitieran relacionarlo con lo que se quiere aprender.

En esta misma línea, imitar elementos de la flora y fauna, y relacionarlos con la educación permite encontrar nuevas formas de explicar y comprender los contenidos. A partir de

esta relación, las explicaciones y las interacciones pueden resultar más cercanas e interesantes para los estudiantes, ya que parten de situaciones que pueden observar en la naturaleza. Sin embargo, para que esta propuesta tenga buenos resultados, es necesario planificar las actividades de acuerdo con los contenidos y los aprendizajes que se espera alcanzar.

Tabla 1

Dimensiones de la innovación pedagógica desde la biomímesis.

Dimensión	Descripción	Autores referentes
Epistemológica	Reconoce a la naturaleza como fuente de conocimiento legítimo y rompe la separación sujeto/objeto.	Janine M. Benyus Edgar Morin
Didáctica	Transforma las estrategias de enseñanza hacia el aprendizaje activo, contextualizado y colaborativo.	David Paul Ausubel John W. Thomas Phyllis C. Blumenfeld
Ética y política	Promueve una relación de cuidado y respeto hacia el territorio y los seres vivos que lo habitan.	Paulo Freire Lucie Sauvé Marco Raúl Mejía

Fuente: Elaborado por el autor.

La maqueta de la ranita impulsada por agua es un material didáctico que permite aprender de una manera más práctica. Para realizarla es necesario conocer cómo funcionan el MRU (Movimiento Rectilíneo Uniforme) y el MRUA (Movimiento Rectilíneo Uniformemente Acelerado), además de comprender las leyes de Newton. También es importante observar cómo se desplazan las ranas y tomar en cuenta estas características para construir la maqueta. Todo esto permite relacionar los conocimientos de física-biología, porque las dos áreas aportan para comprender mejor el fenómeno que se está estudiando. Por lo tanto, el aula se convierte en un espacio donde los estudiantes pueden participar, investigar, observar y aprender de manera conjunta. Esto ayuda a que sean capaces de comprender los contenidos y no solamente de memorizarlos.

Figura 1

Maqueta de ranita impulsada por agua.

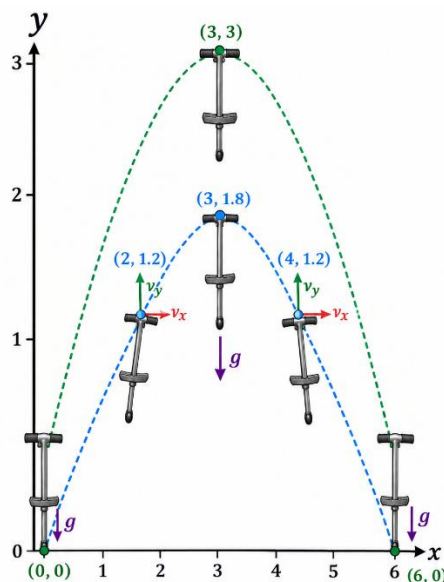


Nota. Prototipo propuesto para comprender MRU, MRUA. La mecánica del chorro de agua simula el mecanismo propulsor de los anfibios. Fuente: Elaborado por el autor.

La maqueta se realizó mediante el uso de materiales reciclados, estrategia que favoreció el aprovechamiento racional de los recursos disponibles en el entorno.

Figura 2

El pogo saltarín funciona mediante un resorte que almacena y libera energía.



Nota. El pogo saltarín simula los saltos de las ranas, almacena energía potencial elástica y la libera para producir el impulso. Fuente: Elaborado por el autor.

Procedimiento pedagógico interdisciplinario

Tabla 2

Procedimiento pedagógico interdisciplinario para la sostenibilidad.

Etapas	Descripción	Actividades clave
1. Diagnóstico y planeación	Evaluar el contexto educativo, las necesidades del alumnado y los recursos del territorio.	Encuesta de saberes previos; reconocimiento del entorno natural; definición participativa de objetivos.
2. Selección de contenidos	Seleccionar temas de física y biología articulables mediante preguntas comunes.	Física: vectores, cinemática, dinámica. Biología: adaptaciones, comportamiento animal, ecología de anfibios.
3. Proyectos de investigación	Integrar contenidos en proyectos que promueven el aprendizaje activo.	Diseño de prototipos biomiméticos; análisis del movimiento de ranas; modelado matemático.
4. Salidas de campo	Observar y documentar especies locales mediante herramientas tecnológicas y etnobiológicas.	Registro con iNaturalist; entrevistas comunitarias; fotografía científica; diarios de campo.
5. Construcción de prototipos	Desarrollar soluciones innovadoras basadas en principios biomiméticos observados.	Maquetas, modelos 3D o representaciones virtuales del movimiento biomimético.
6. Sistematización	Reflexionar colectivamente sobre el proceso y los aprendizajes generados.	Círculos de reflexión; portafolios de aprendizaje; evaluación formativa participativa.

Fuente: Elaborado por el autor.

Conceptos físicos y biológicos articulados mediante el estudio de las ranas

La revisión permitió organizar, en la **Tabla 3**, los conceptos de física que más se relacionan con el movimiento de las ranas. Estos conceptos permitieron responder de manera directa al segundo objetivo específico de este trabajo.

Tabla 3

Conceptos físicos articulados con el movimiento biomimético de las ranas.

Concepto físico	Descripción	Conexión biomimética
Vectores	Magnitudes con módulo, dirección y sentido.	Dirección y sentido del salto; componentes horizontal y vertical del desplazamiento.
MRU	Movimiento con velocidad constante en línea recta.	Deslizamiento de la rana sobre superficie acuática.
MRUA	Movimiento con aceleración constante.	Fase de impulso del salto; aceleración de las patas traseras.
Tiro parabólico	Movimiento bidimensional bajo la acción de la gravedad.	Trayectoria completa del salto desde el despegue hasta el aterrizaje.
Leyes de Newton	Principios que gobiernan el movimiento y la fuerza.	Fuerza muscular de las patas; reacción del suelo; inercia en el vuelo.
Energía y trabajo	Transferencia de energía en sistemas mecánicos.	Energía potencial elástica almacenada en los músculos; conversión a energía cinética.

Fuente: Elaborada por el autor.

En el plano biológico, la revisión permitió conocer que las características de los anfibios de la región del Tena aportaron información importante para el diseño biomimético. Por ejemplo, las ranas tienen la capacidad de realizar saltos que pueden superar entre 10 y 20 veces la longitud de su cuerpo (Xiao et al., 2021). También es importante mencionar la elasticidad de sus tejidos musculares y la capacidad de adherencia de sus almohadillas plantares, ya que estas características pueden ser tomadas como referencia para crear nuevos diseños y mejorar los procesos de enseñanza de la física.

Las ranas del Tena: caracterización biomimética

La región amazónica de Tena, en la provincia de Napo, se caracteriza por su gran biodiversidad. Para este proyecto, se consideraron dos especies de ranas como parte del estudio.

Figura 3

Mapa de la región amazónica del Tena, provincia de Napo.



Nota. La región comprende el cantón Tena, parroquias: Ahuano, Chontapunta (o Chonta Punta), Muyuna (San Juan de Muyuna), Pano, Puerto Misahuallí, Puerto Napo y Tálag.
Fuente: Elaborado por el autor.

Tabla 4

Características comparativas de las dos especies de ranas estudiadas.

Característica	<i>Hyalinobatrachium</i> (rana de cristal)	<i>iaspidiense</i>	<i>Adenomera</i> <i>hylaedactyla</i> (rana terrestre del Napo)
Tamaño	Muy pequeña; aproximadamente 1,9-2,2 cm		Pequeña; aproximadamente 2,2-2,9 cm
Hábitat	Arborícola; asociada a vegetación cercana a riachuelos y ríos; puede ubicarse en la superficie inferior de las hojas		Terrestre; habita en la hojarasca y bajo troncos y rocas
Actividad	Principalmente nocturna		Principalmente nocturna
Característica biomimética	Transparencia corporal; visibilidad del corazón y órganos internos		Coloración críptica; camuflaje con la hojarasca
Aplicación pedagógica (física)	Óptica, transparencia y refracción de la luz		Óptica, percepción visual y camuflaje
Estado de conservación	Casi Amenazada en la Lista Roja de Anfibios del Ecuador		Preocupación Menor; especie no endémica de Ecuador

Fuente: Elaborado por el autor.

Figura 4

Fotografías de referencia de las dos especies estudiadas.



Nota. 1. : *Hyalinobatrachium iaspidiense*. 2. : *Adenomera hylaedactyla*. Elaborado por el autor.

Perspectiva educativa

El aprendizaje en contacto con la naturaleza puede contribuir a una mejor comprensión de los conceptos científicos, y también favorecer una relación más cercana de los estudiantes con su entorno. Por esta razón, el salto parabólico de la rana puede ser relacionado con las ecuaciones del tiro parabólico, lo que permite establecer una conexión entre los conocimientos científicos y situaciones presentes en la vida cotidiana de las comunidades. Kuo et al. (2019) señalan que el aprendizaje en espacios naturales favorece el desarrollo del pensamiento crítico, la creatividad y la resolución de problemas, además promueve actitudes de cuidado del medio ambiente.

Figura 5

Modelado del salto parabólico de la rana.



Nota. El salto puede representarse vectorialmente en dos dimensiones: componente horizontal (x) y vertical (y). Fuente: Elaborado por el autor.

La educación intercultural y educación popular (Dietz, 2023; Quichimbo et al., 2023) sugiere que, en unidades educativas de la región amazónica del Tena, los estudiantes de comunidades indígenas, portadores de un saber ancestral sobre el territorio podrían

encontrar en la propuesta biomimética un puente entre el conocimiento del entorno y el saber científico formal. Esta situación ilustra lo que Quichimbo et al. (2023) denomina el encuentro de saberes, la articulación de conocimientos mediante un diálogo horizontal (forma de comunicación y relación basada en la igualdad) y mutuamente enriquecedor.

Discusión

El análisis bibliográfico realizado permitió confirmar y ampliar lo que diferentes estudios señalaron sobre los beneficios de los enfoques interdisciplinarios en la enseñanza de las ciencias. Sin embargo, la implementación de este tipo de propuestas en contextos educativos reales puede presentar algunas dificultades y desafíos que deben ser considerados, especialmente al relacionarlos con los antecedentes teóricos y empíricos revisados.

El primer aspecto fue curricular

El currículo ecuatoriano se encuentra organizado por asignaturas separadas, con estándares de aprendizaje y evaluaciones que no siempre permiten trabajar de manera interdisciplinaria. Esto se relaciona con lo señalado por Wu et al. (2024), quienes indicaron que la formación STEM puede mejorar la capacidad docente para integrar diferentes disciplinas, aunque esto también depende del contexto de cada institución y del tiempo disponible para coordinar entre docentes de distintas áreas. Por esta razón, relacionar la física y la biología requiere una coordinación entre docentes que no siempre es fácil de realizar dentro del sistema educativo.

En este contexto, los trabajos interdisciplinarios en cada institución se reflejan al momento de desarrollar talleres en los que una asignatura aborda un problema propio de su área y lo combina con los conocimientos de otra asignatura para buscar una solución. Por ejemplo, desde Biología se puede plantear un problema relacionado con su área y, mediante el trabajo conjunto con otra disciplina, integrar diferentes saberes para resolverlo, pero no se trabajan conjuntamente las dos asignaturas, sino que se realiza únicamente el taller como actividad.

El segundo aspecto fue epistemológico

En contextos de educación intercultural, los estudiantes kichwa pueden aportar al aula sus conocimientos sobre las ranas, como sus nombres en kichwa, las historias que conocen de sus abuelos o los usos medicinales que se les atribuyen. A partir de estos conocimientos surge la necesidad de establecer una relación con el conocimiento científico. Sin embargo, existe el riesgo de utilizar el saber indígena solamente como un punto de partida para luego reemplazarlo por el conocimiento científico. Por esta razón, es importante mantener una reflexión constante sobre la manera en que se incorporan estos saberes dentro del proceso educativo, tal como lo han señalado previamente diversos autores. (Quichimbo et al., 2023)

El tercer aspecto fue evaluativo

El aprendizaje que se puede generar mediante este enfoque no siempre resulta fácil de valorar con las formas de evaluación tradicionales. Por esta razón, se pueden considerar otras alternativas, como la evaluación formativa, los portafolios de aprendizaje, las rúbricas de proceso y las autoevaluaciones, ya que permiten conocer los avances de los estudiantes y brindar una retroalimentación durante el proceso de aprendizaje (Montesdeoca et al., 2024)

En este sentido, las pruebas escritas en papel todavía son utilizadas para conocer el nivel de conocimiento de los estudiantes. Este tipo de evaluación puede ser efectivo en algunos casos, aunque no siempre permite conocer todo lo que el estudiante ha aprendido. Por esta razón, también se pueden considerar otras formas de evaluación que permitan valorar de mejor manera sus conocimientos, habilidades y el proceso de aprendizaje.

Conclusiones

La revisión realizada permite señalar que la biomímesis, la interdisciplinariedad y la pedagogía crítica pueden complementarse como fundamentos teóricos de la propuesta. La biomímesis permite tomar a la naturaleza como fuente de aprendizaje; la interdisciplinariedad facilita relacionar diferentes disciplinas a partir de problemas comunes; mientras que la pedagogía crítica permite considerar el contexto, el territorio y los conocimientos de la comunidad dentro del proceso educativo.

Los conceptos de vectores, MRU, MRUA, tiro parabólico, leyes de Newton y energía mecánica pueden relacionarse con el movimiento de las ranas del Tena. Por otra parte, las características biológicas de estas especies, como la transparencia óptica, el camuflaje y la eficiencia energética, permiten establecer relaciones con temas de óptica, procesamiento de imágenes y termodinámica.

El procedimiento pedagógico propuesto en la **Tabla 2**, que incluye el diagnóstico, la selección de contenidos, los proyectos de investigación, las salidas de campo, la construcción de prototipos y la sistematización, plantea una secuencia didáctica que puede ser utilizada para la enseñanza interdisciplinaria de la física y la biología en la Amazonía ecuatoriana. Esta propuesta se encuentra sustentada en la literatura revisada, considerando las características del contexto educativo.

Se pueden reconocer algunos aspectos que deben tenerse en cuenta para la implementación de la propuesta. Entre ellos se encuentran la organización del currículo por asignaturas, la incorporación adecuada de los saberes indígenas en el proceso educativo, además de las dificultades que pueden presentarse al utilizar evaluaciones tradicionales para valorar aprendizajes interdisciplinarios. Estos aspectos muestran que llevar la propuesta al aula requiere considerar las características de cada contexto educativo. Sin embargo, debido a que el estudio corresponde a una revisión bibliográfica, todavía no se cuenta con resultados obtenidos directamente de su aplicación. Por ello, será necesario realizar una implementación posterior en unidades educativas concretas que permita conocer los resultados, recoger las experiencias de los estudiantes, sistematizar el proceso, así como analizar los aportes de la propuesta desde una perspectiva de interculturalidad crítica.

Recomendaciones

Se recomienda a las instituciones educativas de la región amazónica del Tena generar espacios de coordinación entre docentes de física y biología, con el propósito de que la propuesta pedagógica interdisciplinaria pueda ser aplicada posteriormente en el aula. Para ello, también será importante utilizar instrumentos de evaluación formativa que permitan conocer los avances de los estudiantes, así como los resultados que se obtengan durante su implementación.

Además, se sugiere que futuras investigaciones profundicen en el diálogo entre el conocimiento científico y los saberes ancestrales de las comunidades kichwa sobre las especies de la localidad. En este proceso, la participación de la comunidad puede ser considerada en el diseño de las actividades, de manera que sus conocimientos sean incorporados de forma respetuosa, evitando que sean utilizados solamente como un recurso para abordar los contenidos científicos.

Referencias bibliográficas

- Arnold, S. (2022). Biology: A note on forms of life. *Research & Reviews: Research Journal of Biology*, 10(1), 8-11. <https://doi.org/10.4172/2322-0066.10.1.004>
- Benyus, J. M. (2002). *Biomimicry: Innovation inspired by nature* (2nd ed.). Harper Perennial. ISBN 978-0-06-053322-9
- Bernal, H. (2022). Biomímesis: ciencia holística para potenciar la vida en armonía con la naturaleza y la construcción de civilización ecológica. *Arquitecno*, (19), 83-90. <https://doi.org/10.30972/arq.0195963>
- Bryce, T. & Blown, E. (2024). Ausubel's meaningful learning re-visited. *Current Psychology*, 43(5), 4579-4598. <https://doi.org/10.1007/s12144-023-04440-4>
- Coban, M. & Coştu, B. (2023). Integration of biomimicry into science education: biomimicry teaching approach. *Journal of Biological Education*, 57(1), 145-169. <https://doi.org/10.1080/00219266.2021.1877783>
- Dietz, G. (2023). Multiculturalismo, interculturalidad y educación: 30 años de estados de conocimiento del COMIE. *Revista Mexicana de Investigación Educativa*, 28(99), 1221-1231. http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1405-66662023000401221&lng=es&tlng=es.
- Fuentes, A., Umaña, J., Risso, A. & Facal, D. (2021). Ciencias cognitivas y educación: Una propuesta de diálogo. *Sophia, Colección de Filosofía de la Educación*, (30), 43-70. <https://doi.org/10.17163/soph.n30.2021.01>

- Gerola, A., Robaey, Z. & Blok, V. (2023). What Does it Mean to Mimic Nature? A Typology for Biomimetic Design. *Philosophy & Technology*. 36, (65). 1-20. <https://doi.org/10.1007/s13347-023-00665-0>
- Hernández, R. & Mendoza, C. (2023). *Metodología de la investigación: Las rutas cuantitativa, cualitativa y mixta* (2.^a ed.). McGraw-Hill Interamericana. ISBN 978-607-15-2031-9.
- Kuo, M., Barnes, M. & Jordan, C. (2019). Do experiences with nature promote learning? Converging evidence of a cause-and-effect relationship. *Frontiers in Psychology*, 10, 1-9. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2019.00305>
- Lenoir, Y. (2023). Interdisciplinarity in basic education: Interpretations, relevance and principles. En R. J. Tierney, F. Rizvi, & K. Ercikan (Eds.), *International encyclopedia of education* (4th ed., Vol. 7, pp. 267-280). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-818630-5.03050-5>
- Mejía, A., Torres, L., Prieto, V., Cabra, J. & Jaca, C. (2023). Training for sustainability through biomimicry and creative problem-solving processes. *Thinking Skills and Creativity*, 49, 1-17. <https://doi.org/10.1016/j.tsc.2023.101359>
- Montesdeoca, Y., Hernández, M., Palma, N. & Jordán, L. (2024). La evaluación formativa como herramienta para el aprendizaje autorregulado en la educación. *Polo del Conocimiento*, 9(6), 340-360. <https://doi.org/10.23857/pc.v9i6.7319>
- Pawlyn, M. (2011). *Biomimicry in architecture*. RIBA Publishing. ISBN 978-1-85946-375-8.
- Quichimbo, F., Cabrera, T., Arichabala, J. & Verdugo, M. (2023). Proceso metodológico del modelo de educación intercultural bilingüe en el Ecuador: Construcción del diálogo de saberes, la interculturalidad y la diversidad. *Revista Chakiñan de Ciencias Sociales y Humanidades*, (20), 178-195. <https://doi.org/10.37135/chk.002.20.10>
- Quilumbaquin, W., Carrera, A., Heyden, C. & Ortega, H. (2023). Environmental DNA and visual encounter surveys for amphibian biomonitoring in aquatic

environments of the Ecuadorian Amazon. *PeerJ*, 11, 1-25.

<https://doi.org/10.7717/peerj.15455>

Real Academia de Doctores. (2021, 9 de diciembre). *Biomimesis y desarrollo sostenible, un concepto revolucionario*. <https://raed.academy/biomimesis-y-desarrollo-sostenible/>

Ren, K. & Yu, J. (2021). Research status of bionic amphibious robots: A review. *Ocean Engineering*, 227, 1-18. <https://doi.org/10.1016/j.oceaneng.2021.108862>

UNESCO. (2026). *Physics*. UNESCO. <https://www.unesco.org/en/query-list/p/physics>

Valverde, J., Rivas, J., Anguita, R. & Montes, R. (2023). Pedagogical change and innovation culture in secondary education: A Delphi study. *Frontiers in Education*, 8, 1-14. <https://doi.org/10.3389/feduc.2023.1092793>

Wu, X., Yang, Y., Zhou, X., Xia, Y. & Liao, H. (2024). A meta-analysis of interdisciplinary teaching abilities among elementary and secondary school STEM teachers. *International Journal of STEM Education*, 11(38). 1-20. <https://doi.org/10.1186/s40594-024-00500-8>

Xiao, J., Lin, F., Li, Y., Li, B. & Yang, X. (2021). On the kinematics of forelimb landing of frog *Rana rugulosus*. *Journal of Biomechanics*, 121, 110417. <https://doi.org/10.1016/j.jbiomech.2021.110417>

Zwanenburg, S., Nakhoda, M. & Whigham, P. (2022). Toward greater consistency and validity in measuring interdisciplinarity: a systematic and conceptual evaluation. *Scientometrics*, 127, 7769-7788. <https://doi.org/10.1007/s11192-022-04310-z>

Conflicto de intereses:

El autor declara que no existe conflicto de interés