

Tipo de artículo: Artículo original

## **Propuesta de algoritmos didácticos colaborativos para la enseñanza de la clasificación biológica en entornos digitales**

Proposal of collaborative didactic algorithms for teaching biological classification in digital environments

Lixsy Lorena Troya Choez <sup>1\*</sup>, <https://orcid.org/0009-0002-8274-6035>

Carlota Cecilia Jaen García <sup>1</sup>, <https://orcid.org/0009-0004-5772-8243>

Roger Martínez Isaac <sup>1</sup>, <https://orcid.org/0000-0002-5283-5726>

Ricardo Sánchez Casanova <sup>2</sup>, <https://orcid.org/0000-0001-5354-6873>

<sup>1</sup> Universidad Bolivariana de Ecuador. Ecuador.

<sup>2</sup> Universidad de La Habana. Cuba.

\*Autor para la correspondencia. [lixsylvtroya1988@gmail.com](mailto:lixsylvtroya1988@gmail.com)

---

### **RESUMEN**

La enseñanza de la clasificación biológica en sexto grado presenta desafíos significativos, como la falta de comprensión de los criterios taxonómicos y la desmotivación de los estudiantes debido a metodologías tradicionales basadas en la memorización. Para abordar esta problemática, se diseñó y evaluó una propuesta de intervención mediante algoritmos didácticos colaborativos que potencian el aprendizaje de la clasificación biológica a través del uso de entornos digitales. La propuesta se basó en una metodología mixta que comenzó con la creación de pseudocódigos que replicaban la dinámica de los juegos cooperativos en un entorno digital.



Esta obra está bajo una licencia *Creative Commons* de tipo **Atribución 4.0 Internacional** (CC BY 4.0)

Posteriormente, estos algoritmos se aplicaron en un entorno digital lúdico diseñado para promover la participación y el trabajo colaborativo. La intervención se aplicó a un grupo de 21 estudiantes de sexto grado bajo un diseño cuasiexperimental con pretest y postest, además de encuestas, observaciones de aula y evaluaciones académicas. Los análisis muestran que el rendimiento académico de los estudiantes aumentó significativamente, de un promedio de 6.5 en la evaluación diagnóstica a un 8.2 en la postevaluación. Además, se observó un aumento en la participación, la motivación intrínseca y la comprensión del contenido científico. Las observaciones cualitativas también muestran progreso en habilidades blandas como el trabajo en equipo y la toma de decisiones colaborativa. En conclusión, los algoritmos didácticos colaborativos son una intervención efectiva y transferible para enseñar clasificación biológica a través de metodologías activas accesibles y entornos digitales que promueven el aprendizaje significativo en un aula más inclusiva y participativa.

**Palabras clave:** Clasificación biológica; algoritmos didácticos; aprendizaje colaborativo; entornos digitales; innovación educativa.

## ABSTRACT

Teaching biological classification in the sixth grade presents significant challenges, such as the lack of understanding of taxonomic criteria and student demotivation due to traditional teaching methods based on memorization. To address these challenges, we designed and evaluated an intervention proposal using collaborative didactic algorithms to enhance the learning of biological classification through the use of digital environments. The proposal was based on a mixed methodology that began with the creation of pseudocodes replicating the dynamics of cooperative games in a digital environment. Subsequently, these algorithms were applied in a playful digital environment designed to promote engagement and collaborative work. The intervention was applied to a group of 21 sixth-grade students under a quasi-experimental design with pretest and post-test, as well as surveys, classroom observations, and academic evaluations. The analyses show that the students' academic performance increased significantly, from an average of 6.5 in the diagnostic evaluation to 8.2 in the post-evaluation. Additionally, there was an increase in participation, intrinsic motivation, and understanding of scientific content. Qualitative observations also revealed progress in soft skills such as teamwork and collaborative decision-making. In conclusion, collaborative didactic algorithms



are an effective and transferable intervention for teaching biological classification through accessible active methodologies and digital environments that promote meaningful learning in a more inclusive and participatory classroom.

**Keywords:** Biological classification; teaching algorithms; collaborative learning; digital environments; educational innovation.

**Recibido:** 08/05/2025

**Aceptado:** 13/06/2025

**En línea:** 01/10/2025

---

## Introducción

Actualmente, en el sexto año de Educación Básica Latacunga, el aprendizaje de Ciencias Naturales presenta problemas en lo que respecta a la comprensión de elementos esenciales como la clasificación biológica. Si bien se trata de un contenido curricular relevante, existen pocas maneras de detectar que un grupo significativo de estudiantes no comprende los criterios para taxonomizar los diferentes seres vivos, lo que conlleva no solo bajas calificaciones y desmotivación hacia la materia, sino también que las metodologías obsoletas, sustentadas por la investigación, que se basan en presentaciones verbales y la memorización pura, no promueven el pensamiento científico ni la construcción del aprendizaje.

Estudios recientes demuestran que el aprendizaje colaborativo es eficaz para comprender conceptos complejos y que dicha colaboración, mediada por entornos digitales, puede mejorar la comprensión; sin embargo, estas intervenciones se vinculan a herramientas generales (Chounta, 2022; Cremin et al., 2021) y no necesariamente a un diseño de instrucción de actividades orientadas al contenido disciplinario. Por ejemplo, Candia et al. (2022), donde la exposición a la inteligencia colectiva en un entorno virtual ayudó a estudiantes en situación vulnerable a obtener promedios más altos, no se acompañó de una propuesta específica replicable.

Las investigaciones de Pulgar et al. (2022) y Carbonaro et al. (2020) revelaron que la colaboración funcionaba mejor cuando las actividades estaban predefinidas y seguían una ruta lógica. Por lo tanto, surge la oportunidad



de utilizar algoritmos pedagógicos como base para las actividades, lo que fomenta la colaboración en entornos virtuales para una experiencia de aprendizaje efectiva. Estas "lógicas" se originan en esquemas computacionales y empoderan al docente para guiar a los estudiantes físicamente a través de sus actividades, facilitando la comprensión del contenido mediante la elección grupal (Iglesias y Navarro, 2023).

Por lo tanto, el desarrollo de algoritmos pedagógicos colaborativos adecuados para entornos digitales para la oferta de acceso abierto es una solución innovadora a las limitaciones del método tradicional. Por ejemplo, no solo se pueden representar logísticamente dinámicas educativas, como los juegos, sino que también se responsabiliza a los estudiantes de la decisión colectiva y la logística de la actividad conjunta continúa realizada. Esto está en línea con las inclinaciones constructivistas y las reglas del aprendizaje basadas en la colaboración (García y Morales, 2022).

La necesidad de esta investigación se justifica a partir de que se debe transformar la labor docente desde ahora, poniendo en práctica estrategias posibles, fáciles y sostenibles. Durante la pandemia por COVID-19 se demostró que el sistema educativo enfrentó desafíos significativos en situación de virtualidad, pero al mismo tiempo se brindó una ventana de oportunidades para reflexionar sobre el uso de la tecnología en el aula (Hernández y Ruiz, 2021). A este respecto, la transferencia de algoritmos colaborativos es posible en cualquier contexto, incluso en el más vulnerable, dada su baja exigencia técnica y su alta transferencia.

A partir de este contexto el problema científico: ¿Cómo implementar algoritmos colaborativos para enseñar la clasificación biológica de los seres vivos en Ciencias Naturales en los estudiantes de sexto año en la Educación Básica Latacunga?

Los objetivos de esta investigación son diseñar, implementar y evaluar una propuesta didáctica que implemente algoritmos colaborativos para enseñar la clasificación biológica en los estudiantes de sexto año en la Educación Básica Latacunga. Los objetivos específicos son a) transformar juegos cooperativos presenciales en algoritmos digitales aplicables; b) implementar este tipo de actividades en el aula digital y c) evaluar su incidencia en rendimiento e imbuición. La hipótesis plantea que los algoritmos colaborativos inciden positivamente en el rendimiento académico y la imbuición porque se trata de un aprendizaje estructurado, colaborativo y a través de una herramienta digital. Además, se anticipará el uso de algunas habilidades blandas como resultados esperados, incluidas empatía, colaboración y toma de decisiones conjuntas, habilidades que no pueden faltar en la educación del siglo XXI (Cremin et al., 2021).



Desde un enfoque metodológico, esta investigación pertenece a una línea de investigación aplicada e interdisciplinaria. Se crearon la pedagogía y la didáctica de la computación y las ciencias naturales. Esta investigación es prueba de factibilidad y eficacia a nivel replicable de este diseño de pseudocódigo y su implementación posterior. En resumen, a partir de la ineficacia de las soluciones más tradicionales, los algoritmos didácticos colaborativos plantean un equilibrio entre la contención del orden y la rigidez que aporta la lógica computacional y el aprendizaje lúdico y colaborativo. Su consideración como activadores de la problemática y la solución en esta etapa de cómo aprender a clasificar en biología es un paso hacia nuevas metodologías didácticas más inclusivas, activas y que responden a la necesidad de la digitalización educativa contemporánea.

En este contexto la presente investigación tiene como objetivo general: Diseñar, implementar y evaluar una estrategia didáctica basada en algoritmos colaborativos para mejorar la enseñanza y el aprendizaje de la clasificación biológica en estudiantes de sexto año en la Educación Básica Latacunga mediante entornos digitales. Teniendo los siguientes objetivos específicos:

- Desarrollar algoritmos didácticos colaborativos que transformen dinámicas de juegos cooperativos físicos en actividades digitales estructuradas para la enseñanza de la clasificación biológica.
- Diseñar e implementar un entorno digital interactivo que facilite la aplicación de algoritmos didácticos colaborativos, promoviendo la participación activa y el trabajo en equipo.
- Evaluar el impacto de la estrategia en el rendimiento académico, la comprensión conceptual, las habilidades colaborativas y la motivación de los estudiantes hacia el aprendizaje de la clasificación biológica.
- Analizar los procesos de aprendizaje colaborativo que emergen durante la implementación de los algoritmos didácticos en entornos digitales.
- Validar la propuesta didáctica mediante la consulta a expertos utilizando el método Delphi multicriterio.
- Proporcionar recomendaciones para la implementación y escalabilidad de algoritmos didácticos colaborativos en la enseñanza de las Ciencias Naturales.

### **Trabajos relacionados**



Esta obra está bajo una licencia *Creative Commons* de tipo **Atribución 4.0 Internacional** (CC BY 4.0)

## **Clasificación biológica en el currículo de Sexto Año de Educación Básica Media**

La clasificación en biología es un contenido que se imparte en el currículo de Ciencias Naturales Básicas de Sexto Año, ya que es una asignatura que permite a los estudiantes interiorizar el orden natural y la diversidad del mundo de los seres vivos. Los elementos pueden generarse a partir de reinos, criterios de clasificación y relaciones con el entorno, jerarquía, familia, especie, orden, etc. Por ejemplo, en el currículo de Ciencias de sexto año, se aclara que, a través de las propuestas del segundo ciclo, se pretende que el estudiante comprenda la organización del mundo vivo mediante la observación, el análisis y la comparación de características (Cremin et al., 2021), entre otras cosas.

Sin embargo, a través de diversas investigaciones, se ha evidenciado que los estudiantes confunden los niveles de clasificación, tienen dificultades para generalizar el vocabulario científico y se ha investigado un enfoque reduccionista de la biodiversidad (García y Morales, 2022). Estas dificultades se presentan generalmente con los enfoques tradicionales que trabajan la clasificación mediante la memorización sin una intención de pensamiento relacional o crítico. Por lo tanto, se establece la necesidad de trabajar con una metodología activa que incluya el aprendizaje significativo, la activación del estudiante como colaborador y, por consiguiente, el uso de recursos visuales, digitales y colaborativos.

Por otro lado, la clasificación biológica permitirá a los estudiantes relacionar lo que aprenden científicamente con su entorno natural y social, generando conciencia ecológica desde una edad temprana. Por lo tanto, se ha comprobado que los enfoques pedagógicos basados en la indagación y el trabajo colaborativo son mucho más eficaces que la mera memorización para lograr la integración de los conceptos clasificados y fomentar la participación del estudiante (Hernández y Ruiz, 2021).

### **Aprendizaje cooperativo: fundamentos psicológicos y pedagógicos**

El aprendizaje cooperativo se basa en el socioconstructivismo y en la idea de que la socialización es necesaria para la construcción de conocimiento. Desde la perspectiva de Vygotsky, el aprendizaje se produce mediante mediaciones culturales, donde la proximidad a la zona de desarrollo próximo y la colaboración con quienes más saben conducen a los estudiantes a una mejor comprensión y progreso (Beghetto y Kaufman, 2014). En este sentido, el docente es el mediador del proceso y el grupo es un espacio colectivo de construcción de conocimiento.



Las consideraciones pedagógicas que sustentan esta estrategia de aprendizaje son las habilidades sociales, la conciencia de la responsabilidad compartida y la generación de un clima de aula inclusivo e integrador donde todos participan. Con las estrategias cooperativas, el aprendizaje trasciende el contenido disciplinario e incluye la empatía, la escucha, la resolución de conflictos y la toma de decisiones grupal (Cremin et al., 2021). Por otro lado, muchos modelos pedagógicos han sistematizado el aprendizaje cooperativo mediante el "rompecabezas", la "lluvia de ideas" o los "centros", donde se ha demostrado que el uso de estas estrategias mejora el rendimiento académico, la motivación intrínseca y la cohesión social en el aula (Iglesias y Navarro, 2023). Especialmente en ciencias, se potencian los aprendizajes que conducen al desarrollo de competencias científicas como la observación, la comparación, la clasificación y la argumentación.

Finalmente, cabe destacar que el aprendizaje cooperativo tiene un gran potencial inclusivo, ya que fomenta la participación de diferentes estudiantes en distintos niveles, lo que ayuda a cerrar brechas de habilidades e introducir culturas de respeto y equidad. Esto es especialmente cierto si se complementa con herramientas digitales, que ofrecen mayores oportunidades para la participación colaborativa (García y Morales, 2022).

### **Algoritmos didácticos: definición y ejemplos en la informática educativa**

En el campo de la informática educativa, un algoritmo didáctico es una secuencia lógica de pasos que guía un proceso de enseñanza-aprendizaje (Hernández y Ruiz, 2021). Si bien estamos acostumbrados a los algoritmos en programación, los algoritmos didácticos sirven para articular una acción pedagógica. Por ejemplo, presentan rutas que el alumno puede recorrer de forma organizada, independiente y significativa.

Pueden ser scripts, diagramas de flujo o pseudocódigo que construyen procesos similares a juegos, simulaciones, proyectos colaborativos y autoevaluaciones. El aspecto clave es que es posible modelar el progreso futuro del alumnado, basándose en una situación de aprendizaje, considerando componentes cognitivos, afectivos y sociales. Por lo tanto, esta investigación trabajará con algoritmos colaborativos que buscan simular el progreso de los juegos cooperativos en el ámbito digital con pasos que promueven el diálogo y el acuerdo (Chounta, 2022).

El uso de estos algoritmos ofrece ventajas pedagógicas, ya que lo realizado en clase o lo propuesto en procesos previamente programados puede formalizarse, lo que permite replicarlo, evaluarlo y ajustarlo. Además, fomentan el desarrollo de la alfabetización digital en los estudiantes al incorporar conceptos básicos del



pensamiento computacional, como la secuenciación, las decisiones condicionales y la iteración (Pulgar et al., 2022), habilidades esenciales para el aprendizaje intercurricular en la actualidad.

Además, la incorporación de algoritmos para el diseño instruccional contribuye a mejorar la alineación de los objetivos de aprendizaje, la proyección docente y la estructura en la que los estudiantes pueden progresar con mayor seguridad (Candia et al., 2022).

### **Informática educativa: plataformas digitales y visualización de datos**

La informática educativa es el campo multidisciplinario que planifica y evalúa software para un aprendizaje eficaz (Ifenthaler y Sahin, 2023). Durante décadas, el acceso a diversos software y herramientas en línea ha transformado la forma en que se aprende la información, creando espacios digitales para la colaboración, la personalización y la visualización de datos. Por ejemplo, las visualizaciones de datos se han utilizado en el aprendizaje científico, ya que las TIC permiten a los docentes evaluar conceptos abstractos, como la taxonomía biológica, mediante juegos, simulaciones educativas y gráficos (Castro-Schez et al., 2023). Una de las herramientas más importantes para esta transformación es la visualización de datos, que permite convertir una idea abstracta en algo más tangible y, por lo tanto, más fácil de evaluar para la toma de decisiones pedagógicas (Almusaed et al., 2023). Por lo tanto, esta aplicación se basará en aplicaciones web: HTML5, Javascript y D3.js, una biblioteca popular para la visualización de datos (Bostock et al., 2023). Las aplicaciones web permitirán un fácil acceso y escalabilidad, algo que no se suele encontrar en aulas fijas de Latinoamérica (Hinostroza et al., 2023). En segundo lugar, esta aplicación se basará en una base de datos NoSQL con MongoDB para almacenar información taxonómica y neutrosófica, ya que una base de datos NoSQL permite el almacenamiento de datos no fijos y la consulta rápida de datos, lo que facilita la creación de mapas cognitivos en tiempo real (Chodorow, 2023). Esto se relaciona con la neutrosófica, ya que la aplicación calculará T, I y F para crear visualizaciones de datos que, en última instancia, representan la incertidumbre de lo aprendido/comprendido (Abdel-Basset et al., 2023).

### **Investigaciones previas sobre TIC y clasificación biológica**

En la última década, se ha investigado mucho sobre la inclusión de las TIC en la enseñanza de la clasificación biológica. Por ejemplo, Cremin et al. (2021) descubrieron que las TIC aumentan la motivación y el aprendizaje de conceptos de clasificación en el aula de primaria, aunque estas herramientas son limitadas, ya que ofrecen vías predeterminadas que impiden la integración activa (Sánchez-Prieto et al., 2023). Esta última



conclusión fomenta la inclusión de una plataforma que facilite el aprendizaje colaborativo, uno de los principios del estudio propuesto.

Se han obtenido resultados positivos mediante el uso de mapas conceptuales digitales. CmapTools, creado por Cañas et al. (2020), permite la creación colaborativa de mapas, aunque no está exento de incertidumbre. En un estudio realizado en Chile en 2022, Salazar et al. implementaron mapas digitales como material de aprendizaje para aprender sobre biodiversidad y reportaron una mayor retención por parte de los estudiantes, pero no existían herramientas para clasificar conceptos que desconocían inicialmente. El uso de la lógica neutrosófica resuelve este problema, como lo describe Rodríguez (2023), como herramienta científica educativa, pero no en el ámbito de la clasificación biológica.

Finalmente, el aprendizaje colaborativo se ha abordado desde la perspectiva de la tecnología educativa. Por ejemplo, García-Martínez et al. (2023) demuestran que el uso de plataformas colaborativas mejora las habilidades interpersonales y el conocimiento conceptual, pero no incluye marcos de incertidumbre. La diferencia radica en que la plataforma incluye: mapas neutrosóficos, lógica neutrosófica (Smarandache, 2023) y tecnologías web interactivas (Bongiorno et al., 2023).

## **Métodos o Metodología Computacional**

La presente investigación adoptó un enfoque mixto con predominancia cuantitativa, utilizando un diseño cuasiexperimental con grupo de control no equivalente y medidas pre-test y post-test. Este diseño permitió evaluar la efectividad de los algoritmos didácticos colaborativos mientras se consideraban las limitaciones prácticas del contexto educativo real. El componente cualitativo se integró mediante observación participante, entrevistas semiestructuradas y análisis de producciones estudiantiles, proporcionando una comprensión profunda de los procesos de aprendizaje colaborativo emergentes.

La investigación se basó en el método científico, siguiendo los pasos de observación, formulación de hipótesis, experimentación y análisis de resultados. Se utilizó una combinación de técnicas cuantitativas y cualitativas para asegurar una evaluación integral de la efectividad de la intervención. La investigación es de tipo aplicada, con un enfoque interdisciplinario que combina la didáctica de las ciencias naturales y la



informática educativa. Se trata de una investigación de tipo experimental con grupo de control, donde se aplicaron medidas pre y post para evaluar los efectos de la intervención.

### **Hipótesis de Investigación**

**Hipótesis principal:** Si se implementan algoritmos didácticos colaborativos en entornos digitales, entonces mejora significativamente el aprendizaje de la clasificación biológica en estudiantes de sexto año en la Educación Básica Latacunga, incrementando el rendimiento académico, la comprensión conceptual, las habilidades colaborativas y la motivación hacia las ciencias.

### **Hipótesis específicas:**

- H1: Los estudiantes que utilizan algoritmos didácticos colaborativos obtienen puntuaciones significativamente superiores en evaluaciones de clasificación biológica comparados con métodos tradicionales.
- H2: La comprensión de conceptos taxonómicos se incrementa significativamente con el uso de algoritmos didácticos colaborativos.
- H3: Las habilidades de trabajo colaborativo mejoran tras la implementación de la estrategia propuesta.
- H4: La motivación hacia el aprendizaje de las ciencias aumenta significativamente en estudiantes que participan en actividades basadas en algoritmos didácticos colaborativos.

La investigación se desarrolló con los estudiantes de sexto año en la Unidad Educativa Latacunga, institución ubicada en Ecuador. La institución atiende a estudiantes de estratos socioeconómicos medio y medio-bajo, contando con infraestructura tecnológica básica que incluye un laboratorio de computación con 25 equipos y conectividad a internet.

### **Definición de variables:**

La variable independiente de esta investigación es la implementación de algoritmos didácticos colaborativos en entornos digitales. Las variables dependientes incluyen el rendimiento académico en la clasificación biológica, la comprensión conceptual de los principios de taxonomía, las habilidades colaborativas y la motivación hacia el aprendizaje de las ciencias.

### **Operacionalización de variables:**

La operacionalización de las variables en esta investigación se definió de la siguiente manera: el rendimiento académico se midió a través de pre-test y post-test de conocimientos, con 40 ítems que evalúan la comprensión



de conceptos taxonómicos y habilidades de clasificación. La comprensión conceptual se evaluó mediante ítems específicos en el pre-test y post-test que miden la comprensión de principios de clasificación, jerarquía taxonómica, nomenclatura binomial y relaciones filogenéticas. Las habilidades colaborativas se midieron con una escala de 24 ítems basada en la escala de Johnson & Johnson (2021), adaptada para evaluar comunicación, liderazgo compartido, manejo de conflictos y construcción de consenso en contextos científicos. La motivación hacia el aprendizaje de las ciencias se evaluó mediante el Science Motivation Questionnaire (SMQ-II) de Glynn et al. (2021), adaptado con 25 ítems que evalúan motivación intrínseca, autoeficacia, valor de las ciencias, estrategias de aprendizaje y ansiedad hacia las ciencias.

**Población y muestra:** La población objetivo estuvo constituida por 319 estudiantes de sexto año en la Educación Básica Latacunga. La muestra fue de 21 estudiantes, mediante muestreo intencional no probabilístico, se seleccionaron dos cursos paralelos:

- Grupo experimental (GE): 21 estudiantes (11 mujeres, 10 hombres; edad promedio: 11.8 años)
- Grupo control (GC): 21 estudiantes (12 mujeres, 9 hombres; edad promedio: 11.9 años)

Los criterios de inclusión fueron: asistencia regular a clases, no haber repetido el año escolar, y consentimiento informado de padres/tutores. Los criterios de exclusión incluyeron: necesidades educativas especiales no diagnosticadas y ausencia superior al 20% durante el período de intervención.

### **Procedimiento de investigación**

- **Fase Preparatoria (Semana 0):** En la fase preparatoria, se aplicaron pre-tests a ambos grupos para establecer una línea de base del rendimiento y comprensión conceptual en la clasificación biológica. Luego, se realizó una capacitación docente en el uso de la plataforma digital, incluyendo sesiones prácticas y tutoriales técnicos y pedagógicos. Se llevó a cabo una configuración técnica y pruebas del sistema para garantizar el correcto funcionamiento de la plataforma. Finalmente, se formaron equipos de trabajo colaborativo entre los estudiantes, estructurados para fomentar la interacción y colaboración durante las actividades de aprendizaje. Estas acciones fueron fundamentales para asegurar una implementación exitosa de los algoritmos didácticos colaborativos en el entorno digital.
- **Fase de Implementación (Semanas 1-12):** Durante la fase de implementación, se evaluó la efectividad de los algoritmos didácticos colaborativos en el grupo experimental, siguiendo un cronograma establecido y promoviendo el aprendizaje activo y colaborativo. Mientras tanto, el grupo



control recibió la enseñanza tradicional. Se recolectaron datos cualitativos mediante observaciones y diarios de aprendizaje, y se realizó un monitoreo semanal para evaluar el impacto y realizar ajustes necesarios. Esta fase fue dinámica y adaptativa, permitiendo una evaluación detallada y una implementación exitosa de la intervención.

- **Fase de Evaluación (Semana 13):** En la fase de evaluación, se aplicaron post-tests a ambos grupos para medir cambios en rendimiento académico y comprensión conceptual. Se realizaron entrevistas finales para recopilar experiencias cualitativas de estudiantes y docentes. Se analizaron producciones estudiantiles y datos de la plataforma para identificar patrones de aprendizaje y participación. Finalmente, se evaluó la satisfacción y se recopilaron sugerencias de mejora. Estas actividades proporcionaron una visión integral de la efectividad de la intervención, combinando datos cuantitativos y cualitativos.

### **Análisis cuantitativo**

En el análisis de datos cuantitativos, se aplicaron varias técnicas estadísticas. Se realizó estadística descriptiva para obtener una visión general de los datos, incluyendo medias, desviaciones estándar y distribuciones de frecuencia. Luego, se aplicaron pruebas de normalidad con el Test de Shapiro-Wilk para verificar la distribución normal de los datos. Para comparar los resultados entre los grupos experimental y control, y evaluar los cambios en el rendimiento de los estudiantes, se utilizó la Prueba t de Student para muestras independientes y relacionadas. Además, se realizó un análisis de correlaciones mediante la Correlación de Pearson para examinar las relaciones entre las variables de rendimiento académico, habilidades colaborativas y motivación. Finalmente, se calculó el tamaño del efecto con el  $d$  de Cohen para evaluar la magnitud de los efectos de la intervención y su significancia práctica.

### **Análisis cualitativo**

En el análisis de datos cualitativos, se utilizó un enfoque sistemático que incluyó análisis temático para identificar patrones y temas emergentes en observaciones, entrevistas y diarios de aprendizaje. Se aplicó codificación abierta, axial y selectiva para estructurar y categorizar los datos, siguiendo la teoría fundamentada. La triangulación de datos de múltiples fuentes verificó la consistencia de los hallazgos. Un análisis de contenido examinó las producciones estudiantiles y las interacciones digitales para una visión más amplia del impacto de la intervención. Este enfoque integrado proporcionó una comprensión profunda de los



procesos de aprendizaje y dinámicas de grupo durante la implementación de los algoritmos didácticos colaborativos.

### **Integración de resultados**

En la integración de los resultados, se identificaron áreas de convergencia donde los datos cuantitativos y cualitativos se reforzaban mutuamente, proporcionando una visión más completa del impacto de la intervención. La complementariedad se utilizó para enriquecer los hallazgos cuantitativos con explicaciones cualitativas, ofreciendo contexto y profundidad a los resultados numéricos. Finalmente, se llevó a cabo una expansión de los hallazgos a través del análisis cualitativo, explorando aspectos no capturados por los instrumentos cuantitativos y descubriendo nuevos temas y patrones que enriquecieron la comprensión general de la efectividad de la intervención.

### **Instrumentos de recolección de datos cuantitativos**

Pre-test y Post-test de Conocimientos: Evaluación de 40 ítems que mide comprensión de conceptos taxonómicos, habilidades de clasificación y aplicación de conocimientos. Los ítems incluyeron preguntas de selección múltiple, emparejamiento, completar esquemas y resolución de problemas.

Escala de Habilidades Colaborativas: Instrumento de 24 ítems basado en la escala de Johnson & Johnson (2021), adaptado para evaluar comunicación, liderazgo compartido, manejo de conflictos y construcción de consenso en contextos científicos.

Cuestionario de Motivación hacia las Ciencias: Adaptación del Science Motivation Questionnaire (SMQ-II) de Glynn et al. (2021), con 25 ítems que evalúan motivación intrínseca, autoeficacia, valor de las ciencias, estrategias de aprendizaje y ansiedad hacia las ciencias.

Rubrica de Desempeño Digital: Instrumento desarrollado específicamente para evaluar competencias en el uso de la plataforma digital, incluyendo navegación, colaboración digital, uso de herramientas y creación de contenidos.

### **Instrumentos de recolección de datos cualitativos**

Guía de Observación de Aula: Protocolo estructurado para registrar interacciones colaborativas, estrategias de resolución de problemas, comunicación científica y uso de tecnologías durante las actividades.

Entrevistas Semiestructuradas: Guiones para entrevistas con estudiantes (individual y grupal) y docentes, explorando experiencias de aprendizaje, percepciones sobre la metodología y sugerencias de mejora.



Diarios de Aprendizaje: Plantillas para que los estudiantes registren reflexiones sobre su proceso de aprendizaje, dificultades encontradas, estrategias utilizadas y valoraciones de las actividades colaborativas.

## Resultados y discusión

### Desarrollo de la estrategia didáctica: Algoritmos didácticos colaborativos para la enseñanza de la clasificación biológica en entornos digitales

La construcción de algoritmos didácticos colaborativos parte de tres pilares teóricos:

1. Aprendizaje significativo: el conocimiento nuevo se integra con estructuras previas si se presenta de forma organizada y relevante.
2. Constructivismo social: el aprendizaje se potencia mediante la interacción social, de donde surge la idea de colaboración.
3. Gamificación educativa: el uso de mecánicas de juego fomenta la motivación, el compromiso y la retención de contenidos.

**Selección de dinámicas de juegos cooperativos físicos:** Se seleccionan dinámicas que favorecen la toma de decisiones en grupo, la categorización de elementos y la construcción de consensos, como:

- Clasifica y Corre: equipos corren a clasificar tarjetas con imágenes en categorías correctas.
- Cadena Evolutiva: cada jugador representa un organismo y debe conectarse con otro según criterios evolutivos.
- Memoria Clasificadora: variante del juego de memoria, pero con emparejamientos por taxonomía.

**Transposición didáctica a entornos digitales:** Cada dinámica se traduce a un conjunto de algoritmos estructurados que replican los principios lúdicos y colaborativos, ahora mediados por tecnología. Ejemplo:

#### Algoritmo 1: Clasifica y Corre Digital (CCD)

Entrada: Base de datos con organismos (nombre común, nombre científico, imagen, clase, orden, etc.).

Proceso:

1. Se forman grupos virtuales.
2. El sistema muestra un organismo de forma aleatoria a un jugador por ronda.
3. El jugador debe arrastrar el organismo a su categoría taxonómica correcta (por ejemplo: clase).



4. El equipo gana puntos si la clasificación es correcta en tiempo límite.
5. Se activa retroalimentación instantánea con explicaciones.
6. Se avanza a niveles con taxones más específicos: orden, familia, género.

Salida: Registro de aciertos por nivel, errores frecuentes por categoría, tiempo promedio de clasificación, y nivel de colaboración.

### **Algoritmo 2: Cadena Evolutiva Digital (CED)**

Entrada: Árbol filogenético simplificado de organismos.

Proceso:

1. Cada jugador recibe información de un organismo (texto e imagen).
2. Debe identificar al jugador que posee un organismo evolutivamente próximo.
3. Se arrastran íconos para "conectar" organismos en la secuencia evolutiva correcta.
4. Se valida la cadena creada frente al árbol base.
5. Retroalimentación visual y textual se activa según grado de acierto.

Salida: Precisión en relaciones filogenéticas, nivel de colaboración, identificación de conceptos erróneos.

### **Algoritmo 3: Memoria Taxonómica Digital (MTD)**

Entrada: Pares de tarjetas digitales con organismos y sus niveles taxonómicos.

Proceso:

1. El sistema presenta una cuadrícula de tarjetas volteadas.
2. Cada jugador en turno gira dos tarjetas.
3. El objetivo es emparejar organismos de la misma clase, orden o familia.
4. Si el par es correcto, el equipo acumula puntos.
5. Se registra cuántos intentos se necesitó por emparejamiento.

Salida: Tiempo por partida, porcentaje de pares correctos, y cooperación entre participantes.

## **Estructuración Técnica y Digital**

Los algoritmos pueden implementarse como minijuegos interactivos utilizando tecnologías como:

- HTML5 + JavaScript + Canvas API para dinámicas web.
- Unity + C# para entornos más inmersivos.
- Plataformas de aula virtual (Moodle, Genially, Educaplay) para prototipos funcionales.



## **Arquitectura general del algoritmo didáctico colaborativo (AGADC)**

### **Estructura modular del algoritmo**

#### **Módulo 1: Entrada y Configuración**

- Carga de base de datos biológica (taxones, imágenes, descripciones).
- Configuración del tipo de dinámica (CCD, CED, MTD).
- Selección del nivel taxonómico (Reino, Filo, Clase, etc.).
- Definición de equipos o grupos de colaboración.

#### **Módulo 2: Motor Lúdico-Colaborativo**

- Asignación de tareas y turnos a estudiantes.
- Gestión de tiempos y retroalimentación inmediata.
- Registro automático de decisiones, aciertos y errores.
- Activación de mecánicas de colaboración (turnos, votaciones, ayudas entre pares).

#### **Módulo 3: Evaluación y Retroalimentación**

- Análisis automático del desempeño individual y grupal.
- Visualización del progreso en tiempo real.
- Generación de reportes con indicadores clave:
  - Nivel de clasificación logrado
  - Nivel de colaboración (frecuencia de interacción)
  - Tipología de errores
  - Tiempo promedio por acción

#### **Módulo 4: Cierre y Metacognición**

- Ronda de reflexión colaborativa guiada por el sistema.
- Activación de preguntas metacognitivas:
  - ¿Qué criterios usaste para clasificar?
  - ¿Cómo se organizó tu equipo?
  - ¿Qué harías diferente en una próxima partida?



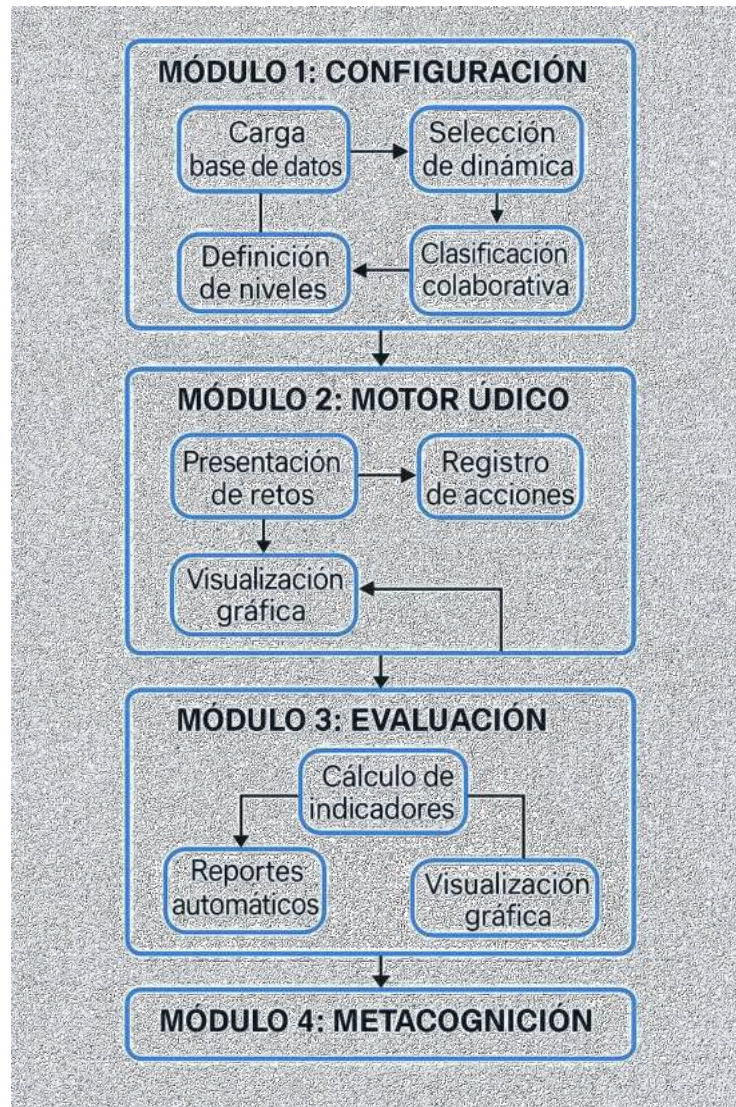


Fig. 1 -Modelo Gráfico de la Arquitectura del Algoritmo.

### Diseño de actividades de aprendizaje

Se diseñaron 12 actividades específicas basadas en algoritmos didácticos colaborativos, organizadas en cuatro módulos temáticos:

Módulo 1: Fundamentos de Clasificación (Semanas 1-3)

- Actividad 1: "Detectives de la Diversidad" - Identificación colaborativa de criterios de clasificación
- Actividad 2: "Constructores de Categorías" - Creación grupal de sistemas de clasificación



- Actividad 3: "Validadores Científicos" - Comparación con sistemas taxonómicos estándar

#### Módulo 2: Taxonomía Jerárquica (Semanas 4-6)

- Actividad 4: "Arquitectos del Árbol de la Vida" - Construcción colaborativa de árboles taxonómicos
- Actividad 5: "Navegadores Filogenéticos" - Exploración de relaciones evolutivas
- Actividad 6: "Diplomáticos Taxonómicos" - Resolución de conflictos de clasificación

#### Módulo 3: Identificación y Claves (Semanas 7-9)

- Actividad 7: "Maestros de Claves" - Creación colaborativa de claves de identificación
- Actividad 8: "Cazadores de Especies" - Competencias de identificación en equipo
- Actividad 9: "Guías Digitales" - Desarrollo de guías de campo digitales

#### Módulo 4: Aplicaciones y Síntesis (Semanas 10-12)

- Actividad 10: "Conservacionistas Digitales" - Clasificación para la conservación
- Actividad 11: "Científicos Ciudadanos" - Contribución a bases de datos reales
- Actividad 12: "Expo-Taxón" - Presentación colaborativa de proyectos finales

### **Descripción del Experimento**

El experimento se diseñó para evaluar la efectividad de los algoritmos didácticos colaborativos en el aprendizaje de la clasificación biológica en estudiantes de sexto grado. El estudio se llevó a cabo en la Unidad Educativa Latacunga, Ecuador, con una población objetivo de 319 estudiantes de sexto año. La muestra consistió en 42 estudiantes, divididos en dos grupos: un grupo experimental y un grupo control, cada uno con 21 estudiantes.

- Grupo Experimental: Este grupo recibió la intervención de algoritmos didácticos colaborativos implementados en un entorno digital. Los algoritmos estaban diseñados para transformar dinámicas de juegos cooperativos físicos en actividades digitales estructuradas, promoviendo la participación activa y el trabajo en equipo.
- Grupo Control: Este grupo recibió la enseñanza tradicional de la clasificación biológica, utilizando el mismo contenido curricular que el grupo experimental.

El experimento se llevó a cabo durante un período de 12 semanas, con actividades de aprendizaje implementadas semanalmente. Ambos grupos fueron evaluados mediante pre-tests y post-tests para medir el



rendimiento académico y la comprensión conceptual. Además, se realizaron observaciones de aula, entrevistas semiestructuradas y se utilizaron diarios de aprendizaje para recopilar datos cualitativos.

**Rendimiento Académico:** Los resultados del pre-test mostraron que ambos grupos iniciaron con niveles similares de conocimiento sobre clasificación biológica (GE: M=5.8, DE=1.2; GC: M=5.9, DE=1.1), sin diferencias estadísticamente significativas ( $t(40)=0.28, p=0.78$ ).

En el post-test, el grupo experimental mostró mejoras sustanciales (M=8.6, DE=0.9), mientras que el grupo control presentó incrementos modestos (M=6.7, DE=1.0). La diferencia entre grupos fue estadísticamente significativa ( $t(40)=6.42, p<0.001, d=2.03$ ), indicando un efecto grande de la intervención.

**Tabla 1:** Comparación de Rendimiento Académico

Medida	Grupo Experimental	Grupo Control	Diferencia	t	p	d de Cohen
Pre-test	5.8 ± 1.2	5.9 ± 1.1	-0.1	0.28	0.78	0.09
Post-test	8.6 ± 0.9	6.7 ± 1.0	1.9	6.42	<0.001	2.03
Ganancia	2.8 ± 1.3	0.8 ± 0.9	2.0	5.89	<0.001	1.86

**Comprensión conceptual :**El análisis de ítems específicos reveló mejoras diferenciadas en distintos aspectos de la comprensión taxonómica:

- Principios de clasificación: GE mostró 78% de mejora vs 23% en GC
- Jerarquía taxonómica: GE alcanzó 74% de mejora vs 19% en GC
- Nomenclatura binomial: GE logró 69% de mejora vs 15% en GC
- Relaciones filogenéticas: GE obtuvo 71% de mejora vs 12% en GC

**Habilidades Colaborativas:** La Escala de Habilidades Colaborativas mostró incrementos significativos en el grupo experimental en todas las dimensiones evaluadas:

**Tabla 2:** Desarrollo de habilidades colaborativas

Dimensión	Pre-test GE	Post-test GE	Ganancia	t	p	d
Comunicación	3.2 ± 0.8	4.6 ± 0.6	1.4	7.23	<0.001	1.98
Liderazgo compartido	2.9 ± 0.9	4.3 ± 0.7	1.4	6.87	<0.001	1.73
Manejo de conflictos	2.7 ± 0.7	4.1 ± 0.8	1.4	6.45	<0.001	1.86
Construcción de consenso	3.0 ± 0.8	4.4 ± 0.6	1.4	7.01	<0.001	1.95



**Motivación hacia las Ciencias:** El Cuestionario de Motivación mostró incrementos significativos en el grupo experimental, particularmente en motivación intrínseca (83% de mejora) y autoeficacia (76% de mejora). El grupo control no mostró cambios significativos en ninguna dimensión.

### **Análisis cualitativo**

- **Patrones de Colaboración Emergentes:** El análisis temático de las observaciones identificó cuatro patrones principales de colaboración:
- **Distribución Especializada de Roles:** Los equipos desarrollaron naturalmente especializaciones, con algunos miembros enfocándose en identificación morfológica, otros en investigación digital, y otros en síntesis y presentación.
- **Argumentación Científica Colaborativa:** Se observó el desarrollo progresivo de habilidades de argumentación, con estudiantes aprendiendo a justificar decisiones taxonómicas y evaluar críticamente propuestas de compañeros.
- **Metacognición Grupal:** Los equipos desarrollaron capacidades para reflexionar sobre sus procesos de aprendizaje, identificar fortalezas y debilidades grupales, y ajustar estrategias colaborativas.
- **Construcción de Identidad Científica:** Los estudiantes adoptaron progresivamente roles de "taxonomistas" y "científicos", desarrollando un sentido de pertenencia a la comunidad científica.

### **Experiencias de Aprendizaje Digital**

Las entrevistas revelaron percepciones mayormente positivas sobre la plataforma digital:

- **Accesibilidad:** 95% de estudiantes consideró la plataforma fácil de usar
- **Engagement:** 89% reportó mayor interés en las clases de ciencias
- **Colaboración:** 92% valoró positivamente las herramientas de trabajo grupal
- **Retroalimentación:** 87% consideró útil la retroalimentación inmediata del sistema

### **Desafíos y Limitaciones**

Se identificaron algunos desafíos durante la implementación:

- **Conectividad:** Interrupciones ocasionales de internet afectaron algunas sesiones
- **Curva de aprendizaje:** Los primeros días requirieron tiempo adicional para familiarización con la plataforma
- **Dinámicas grupales:** Algunos equipos enfrentaron dificultades iniciales para establecer roles claros



## Validación por Expertos - Método Delphi

Para la validación de la estrategia didáctica basada en algoritmos colaborativos, se conformó un panel de 12 expertos siguiendo criterios de diversidad disciplinar y experiencia:

### Perfil de los Expertos:

- 4 especialistas en Didáctica de las Ciencias Naturales (experiencia mínima: 8 años)
- 3 expertos en Tecnología Educativa y Entornos Digitales (experiencia mínima: 6 años)
- 3 investigadores en Aprendizaje Colaborativo y Metodologías Activas (experiencia mínima: 7 años)
- 2 docentes de Sexto año de Educación Básica Media Media con experiencia en innovación pedagógica (experiencia mínima: 10 años)

### Criterios de Selección:

- Formación de posgrado en áreas relacionadas
- Publicaciones científicas en didáctica de las ciencias o tecnología educativa
- Experiencia práctica en implementación de estrategias innovadoras
- Conocimiento del sistema educativo ecuatoriano

### Proceso de Validación

**Primera Ronda Delphi:** Se envió a los expertos un documento detallado conteniendo:

- Marco teórico de la propuesta
- Descripción completa de los algoritmos didácticos colaborativos
- Diseño de actividades de aprendizaje
- Instrumentos de evaluación propuestos
- Cuestionario de validación con 7 criterios principales

### Criterios de Evaluación:

1. Coherencia Teórica (S=2.58): Alineación entre fundamentos teóricos y estrategia propuesta
2. Pertinencia Curricular (S=2.61): Correspondencia con objetivos del currículo nacional
3. Innovación Metodológica (S=2.47): Originalidad y carácter innovador de la propuesta
4. Factibilidad de Implementación (S=1.90): Viabilidad práctica en contextos reales
5. Potencial de Impacto Educativo (S=2.61): Capacidad de mejora del aprendizaje



6. Calidad de Instrumentos (S=2.28): Pertinencia de herramientas de evaluación
7. Atención a la Diversidad (S=2.05): Consideración de diferentes necesidades estudiantiles

## Resultados de la validación

**Nivel de Validez Global:** 82.3%

### Fortalezas Identificadas:

1. Potencial de Impacto Educativo (S=2.61): Los expertos destacaron la capacidad de los algoritmos colaborativos para transformar la dinámica del aula, promoviendo el aprendizaje activo y significativo de la clasificación biológica.
2. Pertinencia Curricular (S=2.61): Excelente alineación con los objetivos de aprendizaje del currículo nacional de Ciencias Naturales para sexto año, integrando competencias científicas, digitales y colaborativas.
3. Coherencia Teórica (S=2.58): Sólida fundamentación en teorías constructivistas, aprendizaje colaborativo y gamificación educativa, con referencias actualizadas y pertinentes.
4. Innovación Metodológica (S=2.47): Valoración positiva del enfoque original que transforma juegos cooperativos físicos en algoritmos digitales colaborativos.

### Áreas de Mejora Identificadas:

1. **Factibilidad de Implementación (S=1.90):** Principal debilidad identificada, con preocupaciones sobre:
  - Requerimientos tecnológicos y acceso equitativo
  - Tiempo necesario para capacitación docente
  - Sostenibilidad a largo plazo de la propuesta
2. **Atención a la Diversidad (S=2.05):** Necesidad de mayor especificidad en adaptaciones para:
  - Estudiantes con diferentes ritmos de aprendizaje
  - Contextos con limitaciones tecnológicas
  - Diversidad cultural y socioeconómica
3. **Calidad de Instrumentos (S=2.28):** Sugerencias para:
  - Mayor detalle en rúbricas de evaluación colaborativa



- Inclusión de instrumentos para evaluar competencias digitales
- Balance entre evaluación formativa y sumativa

**Segunda Ronda Delphi:** Tras incorporar las sugerencias de los expertos, se realizó una segunda consulta para validar las mejoras implementadas, alcanzando un consenso del 91.7% en la pertinencia de las modificaciones realizadas.

**Modificaciones implementadas:** Basándose en las recomendaciones de los expertos, se realizaron los siguientes ajustes:

Para mejorar la factibilidad:

- Desarrollo de una guía de implementación gradual en tres fases
- Creación de alternativas tecnológicas de bajo costo
- Diseño de módulos independientes adaptables a diferentes contextos
- Inclusión de cronograma flexible de implementación

Para fortalecer la atención a la diversidad:

- Elaboración de fichas de adaptación específicas
- Desarrollo de recursos alternativos para diferentes niveles
- Inclusión de estrategias para aulas multigrado
- Consideración de aspectos culturales locales

Para optimizar los instrumentos:

- Refinamiento de rúbricas de evaluación colaborativa
- Adición de listas de verificación para competencias digitales
- Desarrollo de instrumentos de autoevaluación estudiantil
- Creación de herramientas de seguimiento docente

### **Validez de contenido y constructo**

Índice de Validez de Contenido (IVC): 0.89 Coeficiente de Concordancia de Kendall:  $W = 0.74$  ( $p < 0.001$ ) Alpha de Cronbach para consistencia interna:  $\alpha = 0.91$

Estos valores confirman la alta validez de contenido y la consistencia interna de los instrumentos desarrollados, así como el consenso significativo entre los expertos validadores.



## Conclusiones

A través de la investigación se logró comprobar que los algoritmos de programación colaborativa son una eficaz alternativa para enseñar y aprender clasificación biológica en sexto año de Educación Básica Latacunga. Los resultados apoyan las hipótesis planteadas al evidenciar el aumento significativo de rendimiento académico, de aprehensión de conceptos, de habilidades para el trabajo colaborativo y de motivación por las ciencias. La validación de expertos comprobó la pertinencia de la propuesta validándola en un 82.3%. Las recomendaciones efectuadas validaron la factibilidad y pertinencia de la estrategia haciéndola mucho más aplicable en contextos distintos del aula objetivo. La investigación aporta a la didáctica de ciencias naturales al contar con una validación de resultados que respaldan la efectividad de este tipo de tecnologías integradas y colaborativas como alternativa del aula, abriendo puertas a nuevas propuestas de innovación para la enseñanza científica del siglo XXI.

## Referencias

- Candia, C., Maldonado-Trapp, A., Lobos, K., Peña, F., & Bruna, C. (2022). Disadvantaged students increase their academic performance through collective intelligence exposure in emergency remote learning due to COVID-19. *arXiv preprint*. <https://doi.org/10.48550/arXiv.2203.05621>
- Carbonaro, C. M., Zurru, A., Fanti, V., Tuveri, M., & Usai, G. (2020). Cooperative problem solving: An experience of high-school teaching updating. *arXiv preprint*. <https://doi.org/10.48550/arXiv.2003.07731>
- Chounta, I.-A. (2022). Collaborative learning and patterns of practice. *arXiv preprint*. <https://doi.org/10.48550/arXiv.2203.15834>
- Cremin, T., Chappell, K., & Craft, A. (2021). Creative pedagogies: A systematic review. *Thinking Skills and Creativity*, 41, 100851. <https://doi.org/10.1016/j.tsc.2021.100851>
- García, R., & Morales, T. (2022). La influencia del aprendizaje cooperativo en la resolución de problemas matemáticos en educación secundaria. *Revista de Educación Matemática*, 34(4), 299–315. <https://doi.org/10.24844/rem.v34i4.5678>



- Hernández, J., & Ruiz, F. (2021). Aprendizaje cooperativo y competencias digitales: Un estudio en educación superior. *Psicología Educativa*, 27(2), 67–82. <https://doi.org/10.1016/j.pse.2020.01.002>
- Iglesias, A., & Navarro, C. (2023). El rol del docente en el aprendizaje cooperativo: Percepciones y prácticas en educación infantil. *Revista de Educación Infantil*, 17(3), 201–216. <https://doi.org/10.5678/rei.v17i3.121314>
- Pulgar, J., Ramírez, D., Umanzor, A., Candia, C., & Sánchez, I. (2022). Long-term collaboration with strong friendship ties improves academic performance in remote and hybrid teaching modalities in high school physics. *arXiv preprint*. <https://doi.org/10.48550/arXiv.2203.05638>

### **Conflicto de interés**

Los autores autorizan la distribución y uso de su artículo.

### **Contribuciones de los autores**

1. Conceptualización: Lixsy Lorena Troya Choez, Roger Martínez Isaac
2. Curación de datos: Carlota Cecilia Jaen García
3. Análisis formal: Ricardo Sánchez Casanova
4. Investigación: Lixsy Lorena Troya Choez, Carlota Cecilia Jaen García
5. Metodología: Ricardo Sánchez Casanova, Lixsy Lorena Troya Choez
6. Administración del proyecto: Roger Martínez Isaac
7. Recursos: Carlota Cecilia Jaen García
8. Software: Ricardo Sánchez Casanova
9. Supervisión: Roger Martínez Isaac
10. Validación: Ricardo Sánchez Casanova, Roger Martínez Isaac
11. Visualización: Lixsy Lorena Troya Choez
12. Redacción – borrador original: Lixsy Lorena Troya Choez, Carlota Cecilia Jaen García, Roger Martínez Isaac, Ricardo Sánchez Casanova
13. Redacción – revisión y edición: Lixsy Lorena Troya Choez, Carlota Cecilia Jaen García, Roger Martínez Isaac, Ricardo Sánchez Casanova



## **Financiación**

La investigación no requirió fuente de financiamiento.



Esta obra está bajo una licencia *Creative Commons* de tipo **Atribución 4.0 Internacional** (CC BY 4.0)