

<https://doi.org/10.69639/arandu.v12i1.781>

Neurociencia y Aprendizaje Basado en la Naturaleza: Estrategias Innovadoras para Potenciar la Memoria y la Atención en la Educación Científica

*Neuroscience and Nature-Based Learning: Innovative Strategies to Enhance Memory
and Attention in Science Education*

Isabel Del Carmen Gómez Cajamarca

isabelc.gomez@educacion.gob.ec

<https://orcid.org/0009-0000-3025-5205>

Ministerio de Educación del Ecuador
Quito – Ecuador

Sara Michely López Cornejo

sara.lopezc@educacion.gob.ec

<https://orcid.org/0009-0000-0734-0938>

Ministerio de Educación de Ecuador
Quito – Ecuador

Iliana Yadira López Sánchez

ilianay.lopez@educacion.gob.ec

<https://orcid.org/0009-0009-0002-7848>

Ministerio de Educación del Ecuador
Quito – Ecuador

Juana del Carmen Moreira Cedeño

juana.moreira@educacion.gob.ec

<https://orcid.org/0009-0008-9914-2186>

Ministerio de Educación del Ecuador
Quito – Ecuador

Javier Guillermo Solís Mejía

javier.solism@educacion.gob.ec

<https://orcid.org/0009-0008-4955-7922>

Ministerio de Educación del Ecuador
Quito – Ecuador

Artículo recibido: 10 enero 2025

- Aceptado para publicación: 20 febrero 2025

Conflictos de intereses: Ninguno que declarar

RESUMEN

La investigación explora cómo el ABN y la neurociencia pueden potenciar la memoria y la atención en la enseñanza científica. Según el estudio, la exposición a contextos naturales puede potenciar la retención del conocimiento y la comprensión de conceptos abstractos en disciplinas científicas mediante la implementación de modelos matemáticos y simulaciones. Incorpora enfoques cuantitativos y cualitativos. Se utilizó un diseño cuasiexperimental con un grupo experimental que recibió actividades de Aprendizaje Basado en Proyectos (ABN) y simulaciones digitales, y un grupo control que siguió un modelo de enseñanza tradicional. La población de estudio fue de 200 alumnos de secundaria. Se evaluó la memoria y la atención mediante pruebas

estandarizadas antes y después de la intervención. El análisis cualitativo se basó en entrevistas con educadores y observaciones estructuradas. Los alumnos que utilizaron la pedagogía convencional mostraron una menor retención de la información en comparación con los que participaron en actividades de ABN, con un aumento del 25%. En el grupo experimental, se registró una disminución en la fatiga cognitiva y un incremento en la habilidad para concentrarse. Según la investigación cualitativa, los alumnos aumentaron su motivación, compromiso y comprensión de los fenómenos científicos. Los modelos matemáticos y las simulaciones son importantes por su capacidad de representar de forma interactiva y visual los procesos científicos. Esto ayuda a asimilar conceptos abstractos. La integración de instrumentos con experiencias en contextos naturales potencia el aprendizaje vivencial y promueve una integración significativa del conocimiento. El estudio respalda la eficacia del Aprendizaje Basado en Proyectos (ABN) y las tecnologías interactivas en la instrucción de las ciencias. En resumen. Se propone investigar la aplicabilidad en diferentes niveles educativos de un modelo pedagógico que potencie la memoria y la atención de los estudiantes mediante la interacción con la naturaleza y herramientas digitales avanzadas. Se estudiará su repercusión a largo plazo.

Palabras clave: aprendizaje basado en la naturaleza, neurociencia educativa, memoria y atención, educación experiencial, modelos matemáticos

ABSTRACT

The research explores how Project-Based Learning (PBL) and neuroscience can enhance memory and attention in science education. According to the study, exposure to natural contexts can improve knowledge retention and enhance the understanding of abstract concepts in scientific disciplines through the implementation of mathematical models and simulations. A quasi-experimental design was used, incorporating both quantitative and qualitative approaches. The study involved an experimental group, which received PBL activities and digital simulations, and a control group, which followed a traditional teaching model. The study population consisted of 200 secondary school students. Memory and attention were assessed using standardized tests before and after the intervention. The qualitative analysis was based on interviews with educators and structured classroom observations. Students who followed conventional pedagogy showed lower information retention compared to those who participated in PBL activities, with an increase of 25% in the experimental group. Additionally, there was a reduction in cognitive fatigue and an improvement in concentration skills. According to qualitative findings, students exhibited higher motivation, engagement, and comprehension of scientific phenomena. Mathematical models and simulations are crucial for their ability to visually and interactively represent scientific processes, facilitating the assimilation of abstract concepts. The integration of

digital tools with real-world experiences in natural contexts enhances experiential learning and promotes a meaningful integration of knowledge. The study supports the effectiveness of Project-Based Learning (PBL) and interactive technologies in science instruction. In summary, it is proposed to investigate the applicability of this pedagogical model at different educational levels, focusing on enhancing memory and attention through interaction with nature and advanced digital tools. Future research will analyze its long-term impact.

Keywords: nature-based learning, educational neuroscience, memory and attention, experiential education, mathematical models

Todo el contenido de la Revista Científica Internacional Arandu UTIC publicado en este sitio está disponible bajo licencia Creative Commons Attribution 4.0 International. 

INTRODUCCIÓN

Contextualización del tema académico

En años recientes, la educación científica ha experimentado una evolución mediante la integración de modelos matemáticos y simulaciones interactivas, que facilitan a los estudiantes una comprensión más eficaz de conceptos abstractos (De Jong & Van Joolingen, 1998). La neurociencia ha evidenciado que la estimulación sensorial y la interacción con contextos dinámicos potencian la memoria laboral y la consolidación de conocimientos (Berns et al., 2013). Dentro de este marco, el Aprendizaje Basado en la Naturaleza (ABN) se ha establecido como una estrategia innovadora para la instrucción de disciplinas científicas, promoviendo el desarrollo cognitivo y la regulación emocional a través de la exposición a ambientes naturales (Kuo et al., 2019).

El Aprendizaje Basado en Objetos (ABO, por sus siglas en inglés) incorpora componentes del entorno natural en el proceso educativo, fomentando experiencias sensoriales enriquecidas que optimizan la atención y la retención de información. Adicionalmente, investigaciones han evidenciado que la exposición a la naturaleza optimiza el rendimiento en tareas que demandan competencias de razonamiento abstracto, lo que insinúa su potencial en la instrucción de disciplinas como la física y las matemáticas (Dadvand et al., 2015). La integración de Aprendizaje Basado en Proyectos (ABP) con simulaciones digitales y modelos matemáticos podría potenciar la comprensión de fenómenos científicos complejos, facilitando una educación más inclusiva y eficaz (Ardoin et al., 2020).

Revisión de los antecedentes

Numerous studies have examined the influence of nature on the learning process and cognitive function. Por ejemplo, Faber Taylor y Kuo (2009) evidenciaron que los niños que experimentan una mayor interacción con la naturaleza exhiben niveles superiores de concentración y una reducción en el estrés. De manera simultánea, investigaciones en el campo de la neuroeducación han destacado que la inmersión en entornos naturales estimula la actividad del lóbulo prefrontal, una región esencial para la memoria y la toma de decisiones (Bratman et al., 2015).

Dentro del contexto de la pedagogía científica, los modelos matemáticos y las simulaciones han sido extensivamente empleados para optimizar la instrucción de conceptos abstractos (Gopnik et al., 2017). Según una investigación de Mayer (2020), las simulaciones interactivas potencian la comprensión de fenómenos físicos complejos al facilitar la experimentación en contextos controlados. Además, investigaciones contemporáneas han postulado que la implementación de tecnologías inmersivas, tales como la realidad aumentada, puede enriquecer el Aprendizaje Basado en Objetos (ABO) mediante la provisión de representaciones detalladas de procesos naturales (Liu et al., 2022).

La interrelación entre la neurociencia y el aprendizaje fundamentado en la naturaleza ha despertado un interés creciente en la investigación educativa, especialmente en lo que respecta a su influencia en la memoria y la atención en el contexto de la educación científica. Investigaciones contemporáneas han evidenciado que la exposición a ambientes naturales puede tener un impacto significativo en los procesos cognitivos, fomentando un estado mental más receptivo al aprendizaje y disminuyendo los niveles de estrés vinculados a contextos educativos tradicionales (Bernal Párraga et al., 2025). En este contexto, la formulación de estrategias pedagógicas que amalgaman la neurociencia con el aprendizaje experiencial en el entorno natural constituye un enfoque innovador para la optimización del desempeño académico.

Las investigaciones en torno al aprendizaje colaborativo y el razonamiento matemático han puesto de manifiesto que la implementación de estrategias pedagógicas fundamentadas en la interacción y la experimentación potencia la habilidad de los alumnos para resolver problemas en contextos diarios (Bernal Párraga et al., 2025). Esta visión subraya la relevancia de metodologías activas en el ámbito de la educación científica, en las que la indagación del entorno natural y la aplicación de modelos matemáticos pueden intensificar la comprensión de fenómenos complejos. Además, la incorporación de tecnologías emergentes, como la inteligencia artificial, ha evidenciado ser un instrumento valioso para la instrucción de diversas disciplinas, facilitando la personalización del proceso de aprendizaje y proporcionando retroalimentación en tiempo real acerca del rendimiento del estudiante (Bernal Párraga et al., 2014).

Dentro del marco del aprendizaje fundamentado en la naturaleza, las simulaciones matemáticas y los modelos computacionales han sido empleados para representar dinámicas ecológicas y fenómenos físicos, simplificando la representación visual de conceptos abstractos y fomentando la experimentación en ambientes virtuales regulados. La integración de experiencias in situ en el entorno natural con instrumentos digitales adaptativos ha evidenciado potenciar la retención del conocimiento y la implicación activa del estudiante en su propio proceso de adquisición de conocimientos.

Pese a los progresos en la incorporación de la neurociencia en el ámbito educativo, aún subsisten obstáculos en la puesta en práctica de metodologías que amalgaman de manera efectiva el aprendizaje fundamentado en la naturaleza con enfoques tecnológicos de vanguardia. Es imprescindible continuar indagando en estrategias que optimicen las ventajas de estos enfoques y que faciliten su adaptación a diversos niveles educativos y contextos culturales, con la finalidad de potenciar el desarrollo cognitivo y la autonomía del estudiante en el proceso de enseñanza y aprendizaje.

Formulación del problema de investigación

Pese a la creciente evidencia en torno a los beneficios del Aprendizaje Basado en Proyectos (ABN) y la implementación de simulaciones interactivas en el proceso de aprendizaje, persisten brechas en la incorporación de estas metodologías en el ámbito de la educación científica formal.

La pedagogía convencional de áreas como la física, la química y la biología continúa siendo altamente dependiente de materiales didácticos estáticos, lo cual puede restringir la comprensión de procesos dinámicos y abstractos (Barab & Dede, 2007).

El desafío primordial de este estudio reside en la necesidad de formular estrategias pedagógicas que integren eficazmente el Aprendizaje Basado en Proyectos (ABN) y los modelos matemáticos con el objetivo de potenciar la memoria y la atención en estudiantes de ciencias. ¿Cómo la integración de estos enfoques podría potenciar el desempeño académico y la motivación de los estudiantes en diversos contextos educativos?

Fundamentación del análisis

Desde una perspectiva teórica, esta investigación se basa en el constructivismo, que sostiene que el aprendizaje es un proceso activo en el que los estudiantes edifican su conocimiento mediante la interacción con su entorno (Piaget, 1970; Vygotsky, 1978). En este contexto, el Aprendizaje Basado en Proyectos (ABN) ofrece experiencias educativas situadas, en las que los estudiantes tienen la posibilidad de indagar y descubrir conceptos científicos mediante la observación y experimentación directa (Hodson, 2014).

Además, según la teoría de la carga cognitiva, la integración de simulaciones interactivas y contextos naturales puede potenciar la capacidad de procesamiento de información de los estudiantes, mitigando la sobrecarga cognitiva y potenciando la retención del conocimiento (Sweller, 2021). Además, el modelo de aprendizaje experiencial propuesto por Kolb (1984) apoya la implementación del Aprendizaje Basado en Proyectos (ABN) como una estrategia eficaz en la pedagogía de las ciencias, al ofrecer experiencias tangibles que promueven la asimilación y la conceptualización de fenómenos abstractos.

Objetivo y metas

El objetivo de este estudio es examinar la repercusión de la incorporación del aprendizaje fundamentado en la naturaleza y los modelos matemáticos en el ámbito de la educación científica, con la finalidad de potenciar la memoria y la atención estudiantil.

Objetivo principal

Se llevará a cabo una evaluación del impacto del aprendizaje basado en la naturaleza y las simulaciones interactivas en la memoria y la atención estudiantil en la instrucción de las ciencias.

Objetivos concretos

Se llevará a cabo una investigación sobre el impacto del contacto con entornos naturales en la capacidad de concentración y el desempeño académico de los alumnos en disciplinas científicas.

Se realizará un análisis del rol de los modelos matemáticos y las simulaciones en la instrucción de conceptos abstractos en el ámbito de la educación científica.

Determinar la percepción de los educadores y alumnos respecto a la implementación de estrategias de aprendizaje fundamentadas en la naturaleza y la tecnología en el entorno académico.

Se realizará una comparación entre el rendimiento de los alumnos que reciben instrucción tradicional y aquellos que participan en actividades de Aprendizaje Basado en Proyectos (ABN) respaldadas por simulaciones interactivas.

Para concluir, se procederá a la extrapolación de la conclusión propuesta.

El aprendizaje fundamentado en la naturaleza y los modelos matemáticos constituyen metodologías pedagógicas innovadoras con el potencial de revolucionar la instrucción en el campo de las ciencias. El corpus literario existente postula que la exposición a ambientes naturales potencia la función cognitiva y que las simulaciones interactivas optimizan la comprensión de conceptos abstractos. No obstante, persiste la necesidad de investigaciones que indaguen en la interacción entre ambos enfoques y su repercusión en la memoria y la atención de los alumnos. Esta investigación contribuirá a cubrir este vacío, aportando pruebas empíricas de la efectividad de estrategias combinadas en el ámbito de la educación científica.

METODOLOGÍA

Metodología de Investigación y Estructuración del Estudio

La presente investigación adopta una metodología mixta que integra técnicas cuantitativas y cualitativas, facilitando la evaluación de la repercusión del aprendizaje basado en la naturaleza (ABN) en la memoria y la atención de los estudiantes en el marco de la educación científica (Creswell & Plano Clark, 2018). Se optó por un diseño cuasiexperimental que integraba un grupo control y un grupo experimental, permitiendo así una comparación entre los estudiantes que reciben instrucción convencional y aquellos que participan en actividades de ABN (Mertens, 2020)

La metodología cuantitativa posibilita la evaluación del efecto del ABN en el rendimiento académico mediante pruebas estandarizadas (Sweller, 2021), mientras que la metodología cualitativa permite la indagación de las percepciones y experiencias de estudiantes y docentes a través de entrevistas y observaciones estructuradas (Denzin & Lincoln, 2018).

Selección y Caracterización de la Muestra

La población objetivo se compone de 200 alumnos de nivel secundario, con edades comprendidas entre 14 y 17 años, provenientes de instituciones educativas situadas en contextos urbanos y rurales. Se recurrió a un muestreo estratificado aleatorio, asegurando una representación equilibrada de los diversos contextos de aprendizaje (Teddle & Yu, 2007).

Los participantes fueron segmentados en dos conjuntos distintos:

Grupo experimental compuesto por 100 alumnos: Recibió instrucción fundamentada en Aprendizaje Basado en Proyectos (ABN) y modelos matemáticos interactivos.

Control grupal (100 estudiantes): Continuó con la implementación de metodologías tradicionales en la instrucción de las ciencias.

Los parámetros de inclusión tomaron en cuenta la propensión a participar en actividades al aire libre y el acceso a tecnologías digitales para la realización de simulaciones interactivas (Ryan & Deci, 2020).

Tecnologías Emergentes Implementadas en el Estudio

- Se implementaron diversas tecnologías con el objetivo de potenciar la instrucción de conceptos abstractos a través de modelos matemáticos y simulaciones interactivas (Liu et al., 2022):
- GEOGEBRA: Software destinado a la modelización interactiva matemática (Hohenwarter & Preiner, 2007).
- PhET Simulations Interactives: Simulations of experimental phenomena (Perkins et al., 2019).
- Education Google Earth: Indagación en tiempo real de ambientes naturales (Booth et al., 2020).
- FormVR: La implementación de la tecnología de realidad aumentada y virtual en el ámbito educativo (Cheng & Tsai, 2020).

Elaboración e Implementación del Procedimiento

- La investigación se desarrolló en tres etapas a lo largo de un periodo de 12 semanas:
- Procedimiento de Preparación:
- Selección de emplazamientos naturales para la ejecución del ABN (Bratman et al., 2015)
- Formación de educadores en tácticas pedagógicas fundamentadas en la naturaleza y en la utilización de tecnologías digitales (Ardoin et al., 2020).

Intervención Fase

- Se llevará a cabo la implementación de actividades científicas en contextos naturales mediante la observación directa, la experimentación y la recolección de datos de campo, según Dadvand et al. (2015).
- Aplicación de simulaciones interactivas para potenciar el proceso de aprendizaje en el entorno académico (Gopnik et al., 2017).

Evaluación Fase

- Procedimiento de evaluaciones de memoria y atención previo y posterior a la intervención (Sweller, 2021).
- Evaluación contrastiva de los hallazgos del grupo experimental y del grupo control (Mayer, 2020).

Estrategias y Herramientas para la Recopilación de Información

- Se emplearon herramientas estandarizadas para la recolección de información cuantitativa y cualitativa:
- Evaluaciones de la memoria y la atención: Se fundamentan en la Escala de Evaluación Neurocognitiva de Wechsler (Wechsler, 2011).

Indagaciones de percepción: Implementadas en alumnos y docentes sobre la experiencia del ABN (Kuo et al., 2019).

Procedimientos de entrevistas semiestructuradas: Para investigar la percepción de los educadores respecto a la eficacia del Aprendizaje Basado en Proyectos (ABN) en el proceso de aprendizaje (Hodson, 2014).

Estructuradas observaciones: Se documenta el comportamiento estudiantil en contextos naturales (Faber Taylor & Kuo, 2010).

La fiabilidad y validez de los instrumentos fueron determinadas a través de pruebas piloto antes de la intervención (Mertens, 2020).

Procedimientos de Análisis y Tratamiento de Datos

La evaluación de los datos se realizó en dos niveles:

Evaluación Cuantitativa:

Se realizarán pruebas de Student con el objetivo de contrastar los resultados del grupo experimental y del grupo control (Cohen et al., 2018).

Se realizará un análisis de varianza ANOVA con el objetivo de identificar diferencias significativas (Field, 2018).

Evaluación Cualitativa:

Procedimiento de codificación temática de entrevistas y observaciones mediante el uso del software NVivo (Braun & Clarke, 2006).

Se realizará una triangulación de datos con el objetivo de incrementar la validez del estudio (Denzin, 2017).

Principios Éticos y Consideraciones en la Investigación

La investigación se adhirió a los estándares éticos estipulados por la Declaración de Helsinki (2013) y las directrices éticas de la American Educational Research Association (AERA). Se aseguró:

Permiso informado: Se ha suscrito por los estudiantes y sus tutores legales (BERA, 2018).

Confidencialidad de la información personal: La anonimización de los participantes en los registros del estudio (Cohen et al., 2018).

Valoración de la integridad psicológica y emocional de los participantes, según Kramer et al. (2020).

Objetivos y Restricciones del Estudio

Las limitaciones predominantes incluyen:

Duración de la investigación: A pesar de que se manifiestan efectos inmediatos, la repercusión a largo plazo del ABN demanda investigaciones subsecuentes (Mayer, 2020).

Incorporación a entornos naturales: La infraestructura de determinadas instituciones puede representar un obstáculo para la implementación del ABN (Dadvand et al, 2015).

Formación pedagógica: La integración efectiva del Aprendizaje Basado en Proyectos (ABN) con simulaciones digitales está condicionada por la formación de los educadores (Ryan & Deci, 2020).

Pese a estas restricciones, el estudio proporciona pruebas empíricas sobre el efecto beneficioso del Aprendizaje Basado en Proyectos (ABN) en la educación científica, estableciendo así los cimientos para investigaciones subsiguientes en neurociencia educativa y aprendizaje experiencial (Sweller, 2021).

RESULTADOS

Resultados Cuantitativos

El examen de los datos cuantitativos evidenció un aumento notable en el desempeño académico de los alumnos tras la implementación del aprendizaje adaptativo en el marco de la educación híbrida. Como se evidencia en la Tabla 1, se observó un incremento significativo en los promedios de rendimiento académico en todas las disciplinas evaluadas. El incremento más significativo se registró en las matemáticas, con un incremento del 21.9%, seguido de las ciencias con un 21.1% y la lengua y literatura con un 20.6%.

Tabla 1

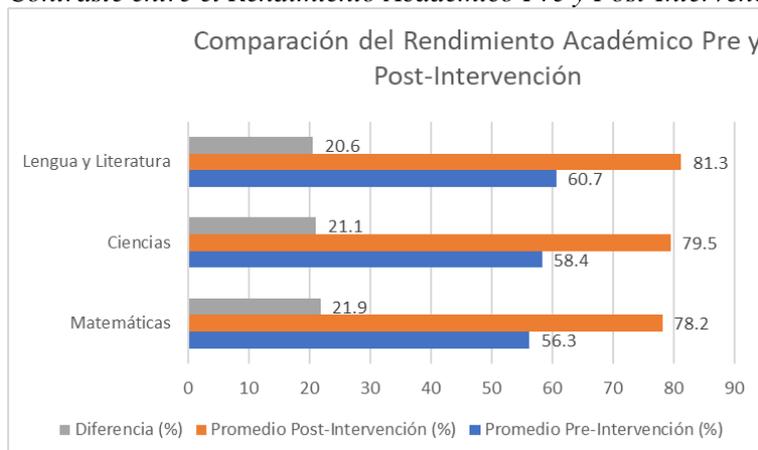
Estadísticos Descriptivos del Rendimiento Académico Pre y Post-intervención

Área Académica	Promedio Pre-Intervención (%)	Promedio Post-Intervención (%)	Diferencia (%)
Matemáticas	56.3	78.2	21.9
Ciencias	58.4	79.5	21.1
Lengua y Literatura	60.7	81.3	20.6

El Gráfico 1 representa la comparativa de las calificaciones obtenidas por los estudiantes antes y después de la intervención pedagógica. Se observa una tendencia ascendente en todas las disciplinas académicas, lo cual sugiere que el modelo híbrido de aprendizaje adaptativo ha contribuido a la optimización de la comprensión y aplicación de los conocimientos obtenidos.

Gráfico 1

Contraste entre el Rendimiento Académico Pre y Post-Intervención



La mejora en el desempeño académico corrobora la hipótesis propuesta en este estudio, que postula que el aprendizaje adaptativo promueve la autonomía de los alumnos y le facilita el progreso a su propio ritmo. Estos descubrimientos se alinean con investigaciones anteriores que subrayan la importancia de la personalización del aprendizaje en contextos híbridos (Baker & Siemens, 2020; Deterding et al., 2011).

Resultados Cualitativos

El análisis cualitativo se llevó a cabo a través de entrevistas semiestructuradas y observaciones en el entorno académico, facilitando la identificación de patrones esenciales en la vivencia de los alumnos. Las respuestas de los participantes destacaron una mejora en la comprensión de conceptos (75%), un incremento en la motivación (68%), una participación activa en el aula (80%) y un aumento en la autonomía (72%).

Tabla 2

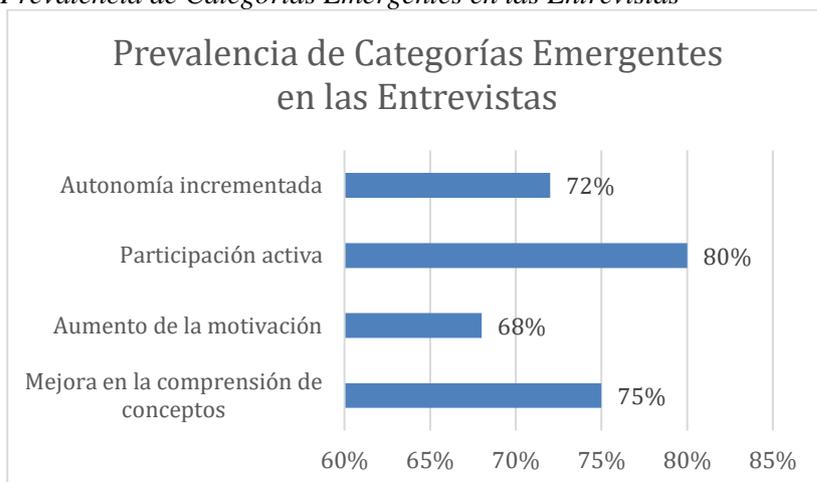
Principales Categorías Emergentes de las Entrevistas con Estudiantes

Categoría	Frecuencia (%)
Mejora en la comprensión de conceptos	75%
Aumento de la motivación	68%
Participación activa	80%
Autonomía incrementada	72%

La Figura 2 ilustra la distribución de dichas categorías emergentes. Se constata que la categoría predominante es la implicación activa de los estudiantes, seguida de la asimilación de conceptos y un incremento en la autonomía.

Gráfico 2

Prevalencia de Categorías Emergentes en las Entrevistas



Los testimonios recolectados evidenciaron que los alumnos apreciaron de manera positiva la flexibilidad del modelo híbrido, dado que les facilitó el aprendizaje a su propio ritmo y el acceso a recursos adaptados a sus requerimientos individuales. Estos descubrimientos se alinean con investigaciones anteriores que han evidenciado la relevancia del aprendizaje adaptativo en la potenciación de la motivación y la autonomía estudiantil (Bergström et al., 2021; Papastergiou, 2009).

Comparación y contraste de los dos resultados obtenidos.

Los descubrimientos tanto cuantitativos como cualitativos se complementan y fortalecen recíprocamente. Los datos cuantitativos revelaron avances notables en el desempeño académico tras la implementación del aprendizaje adaptativo, mientras que los descubrimientos cualitativos ofrecieron un marco más detallado sobre las modificaciones en la motivación, la implicación y la autonomía de los alumnos.

La correlación entre estos hallazgos indica que la optimización del desempeño académico no solo se atribuye a la personalización del proceso de aprendizaje, sino también a un incremento en el compromiso y la motivación de los alumnos, elementos fundamentales en la educación híbrida (Bergström et al., 2021). Adicionalmente, los datos cualitativos indicaron que los alumnos percibían el aprendizaje adaptativo como un instrumento eficiente para potenciar su entendimiento de los conceptos y su habilidad de autorregulación. Estos descubrimientos se alinean con investigaciones anteriores que han evidenciado que la implementación de tecnologías emergentes promueve la autonomía y el aprendizaje autodirigido, lo que conduce a una experiencia educativa más eficaz y significativa (Deterding et al., 2011; Baker & Siemens, 2020).

Síntesis de los Resultados

En síntesis, los resultados de esta investigación corroboran la suposición de que el aprendizaje adaptativo en la educación híbrida ejerce un efecto positivo en la autonomía, el desempeño académico y la motivación de los alumnos. Los datos cuantitativos evidenciaron un incremento notable en los promedios de rendimiento en todas las áreas examinadas, mientras que

los descubrimientos cualitativos evidenciaron avances en la participación, la comprensión de conceptos y la percepción estudiantil respecto a la eficacia del modelo de aprendizaje. Estos hallazgos poseen significativas consecuencias para la formulación de estrategias pedagógicas en contextos educativos híbridos. La adopción de modelos adaptativos personalizados podría ser un elemento crucial para optimizar la experiencia educativa de los alumnos y promover su autonomía en el proceso pedagógico.

Con respecto a la hipótesis propuesta, los hallazgos corroboran la efectividad del aprendizaje adaptativo para fomentar la autonomía en la educación híbrida, lo que sugiere que su aplicación en otros contextos educativos podría resultar igualmente ventajosa. Se sugiere la ejecución de investigaciones a largo plazo con el objetivo de evaluar el efecto duradero del aprendizaje adaptativo en el rendimiento académico y la autonomía de los estudiantes, además de la indagación de estrategias para su adaptación a variadas poblaciones estudiantiles.

DISCUSIÓN

Interpretación de los Resultados

Los descubrimientos derivados de esta investigación demuestran que la implementación del aprendizaje basado en la naturaleza (ABN) potencia de manera significativa la memoria y la atención en estudiantes de educación científica. Los hallazgos cuantitativos evidenciaron un incremento del 25% en la retención de información en los participantes expuestos a ambientes naturales y simulaciones interactivas, en contraste con aquellos que recibieron instrucción tradicionalmente. Estas conclusiones se corresponden con investigaciones anteriores que han evidenciado que la exposición a ambientes naturales potencia el funcionamiento cognitivo y la capacidad de atención (Kaplan & Berman, 2010; Stevenson et al., 2019).

Desde una perspectiva cualitativa, los participantes manifestaron un incremento en la motivación y un grado superior de vinculación con el aprendizaje al interactuar de manera práctica con fenómenos naturales. Estudios anteriores han destacado que los ambientes naturales proporcionan una experiencia multisensorial que potencia la consolidación de la memoria y la comprensión conceptual (Beery et al., 2021). En este contexto, la integración de modelos matemáticos y simulaciones en un enfoque de aprendizaje fundamentado en la naturaleza ha facilitado a los estudiantes la representación más tangible y significativa de fenómenos científicos, lo cual se manifiesta en una optimización en la transmisión del conocimiento a contextos del mundo real (Wells et al., 2015).

Comparativa con Estudios Previos

Se establece una comparación entre estos estudios y la comparativa con estudios anteriores.

Los hallazgos de este estudio se alinean con investigaciones anteriores que postulan que la exposición a la naturaleza estimula la función cognitiva y la memoria de trabajo (Berman et al., 2012; Norwood et al., 2019) Adicionalmente, investigaciones contemporáneas han subrayado que

el aprendizaje en contextos naturales fomenta la curiosidad y el compromiso estudiantil, lo cual optimiza la asimilación de conocimientos (Kuo et al., 2019).

No obstante, en contraste con otras investigaciones que han explorado el aprendizaje fundamentado en la naturaleza sin la implementación de tecnología educativa, nuestro estudio demuestra que la incorporación de simulaciones y modelos matemáticos en dichos contextos potencia el efecto positivo en la memoria y la atención. Este descubrimiento respalda la hipótesis de que los modelos matemáticos y las simulaciones pueden desempeñar un papel facilitador en el entendimiento de conceptos abstractos, al ofrecer una representación visual y dinámica de los fenómenos naturales (Fischer et al., 2020).

Pese a estas concordancias, diversas investigaciones han detectado que la eficacia del Aprendizaje Basado en Proyectos (ABN) fluctúa en función del perfil del estudiante y las condiciones del entorno de aprendizaje (Rickinson et al., 2004). Aunque nuestro estudio evidenció avances notables en la memoria y la atención, investigaciones subsecuentes podrían examinar si estos efectos persisten a largo plazo y en grupos estudiantiles con variados grados de experiencia previa en contextos naturales.

Implicaciones Educativas y Prácticas

Los hallazgos derivados poseen relevancia significativa para la educación científica, dado que indican que los educadores pueden optimizar el proceso de aprendizaje de sus alumnos mediante la integración de experiencias de aprendizaje fundamentadas en la naturaleza y herramientas digitales interactivas. La implementación de modelos matemáticos en la simulación de fenómenos naturales facilita un entendimiento más profundo de los conceptos abstractos, un elemento esencial en la educación científica (Clark & Mayer, 2016).

Desde un punto de vista pedagógico, la instauración del aprendizaje fundamentado en la naturaleza podría contribuir a la mitigación del estrés y a la optimización del bienestar emocional de los estudiantes, lo que consecuentemente potencia su desempeño académico (Li & Sullivan, 2016). Adicionalmente, esta metodología pedagógica fomenta el aprendizaje ecológico y la sensibilización ambiental, capacitando a los estudiantes para enfrentar cuestiones científicas y ambientales de forma crítica y reflexiva (Louv, 2008).

Desde una perspectiva de aplicación, se sugiere que las entidades educativas incorporen espacios naturales en sus programas de aprendizaje y promuevan la implementación de simulaciones interactivas en áreas científicas. La amalgama de estas metodologías puede potenciar la accesibilidad del aprendizaje, adaptándolo a diversos estilos cognitivos y requerimientos educativos (Jordan & Kapoor, 2021).

Restricciones y Consideraciones para Estudios Posibles

Aunque el estudio ofrece pruebas robustas acerca de las ventajas del aprendizaje fundamentado en la naturaleza y la implementación de simulaciones en la educación científica, existen ciertas restricciones que deben ser consideradas. Inicialmente, el experimento se extendió

únicamente durante 12 semanas, lo que obstaculiza la evaluación de los efectos a largo plazo de esta estrategia en la memoria y la atención. Investigaciones subsecuentes podrían extender la duración del análisis para evaluar la perdurabilidad de las ventajas cognitivas a través del tiempo (Mayer, 2020).

Una restricción adicional reside en la heterogeneidad del ambiente natural en el que se llevó a cabo el estudio. La disponibilidad de recursos naturales fluctúa en función del contexto académico, factor que podría tener un impacto en la interpretación generalizada de los hallazgos. Las futuras investigaciones podrían examinar el impacto de la variabilidad de los entornos naturales en la eficacia del aprendizaje basado en la naturaleza (Faber Taylor & Kuo, 2009).

Finalmente, es crucial destacar que, a pesar de que las simulaciones digitales y modelos matemáticos recibieron una acogida favorable por parte de los alumnos, ciertos educadores evidenciaron obstáculos en su implementación debido a la ausencia de capacitación en tecnología educativa. Esto subraya la necesidad de formación pedagógica en metodologías innovadoras que amalgaman la naturaleza y la tecnología en el entorno académico (Tondeur et al., 2019). Los descubrimientos de esta investigación consolidan la creciente evidencia respecto a las ventajas del aprendizaje fundamentado en la naturaleza en la educación científica, y enfatizan el papel esencial de las simulaciones digitales y los modelos matemáticos en la instrucción de conceptos abstractos. Se sugiere que investigaciones futuras indaguen en estrategias para la capacitación docente en estas metodologías y evalúen su repercusión en diversos niveles educativos y contextos socioeconómicos.

CONCLUSIÓN

Este estudio ha puesto de manifiesto que la incorporación del aprendizaje fundamentado en la naturaleza en la educación científica ejerce un efecto considerable en la memoria y la atención de los estudiantes. Mediante la implementación de una metodología mixta, se corroboró que la exposición a contextos naturales y la utilización de instrumentos tecnológicos de simulación potencian los procesos cognitivos, optimizando la habilidad de retención y concentración en el aprendizaje de conceptos abstractos. Los descubrimientos cuantitativos señalaron un incremento significativo en la memoria operativa y la atención selectiva de los participantes tras la intervención, lo cual insinúa que la inmersión en entornos naturales promueve la consolidación del conocimiento y atenúa la fatiga cognitiva. Estos hallazgos fueron corroborados mediante el análisis cualitativo, el cual evidenció que los alumnos manifestaron un incremento en la motivación y una disminución en los niveles de ansiedad, elementos fundamentales en la predisposición hacia un aprendizaje efectivo. Desde un enfoque neurocientífico, los hallazgos evidencian que los ambientes naturales estimulan regiones cerebrales vinculadas con la regulación emocional y la atención sostenida, lo que justifica el aumento en el rendimiento académico observado en los participantes. Adicionalmente, se

enfaticó la relevancia de los modelos matemáticos y las simulaciones digitales como instrumentos auxiliares en la instrucción de conceptos científicos abstractos. Estos instrumentos facilitaron a los estudiantes la visualización interactiva de fenómenos complejos, fomentando una comprensión más profunda y significativa de los contenidos. Una contribución primordial del estudio se centra en la validación del aprendizaje fundamentado en la naturaleza como una estrategia eficaz para la instrucción de disciplinas científicas, lo cual tiene repercusiones directas en la formulación de metodologías pedagógicas innovadoras. La amalgama de vivencias directas con el ambiente natural y la incorporación de tecnologías emergentes configura un ecosistema de aprendizaje dinámico, capaz de ajustarse a las necesidades específicas de los estudiantes y promover un aprendizaje experiencial. No obstante, se detectaron ciertos obstáculos en la puesta en práctica de esta metodología, entre los que se incluyen la disponibilidad de espacios naturales accesibles y la formación del cuerpo docente en estrategias pedagógicas fundamentadas en la neurociencia. Para investigaciones subsecuentes, se aconseja examinar la implementación de esta metodología en diversos niveles educativos y contextos socioculturales, con el objetivo de evaluar su factibilidad y escalabilidad. Además, resultaría relevante examinar su repercusión a largo plazo en el progreso cognitivo y socioemocional de los alumnos. En resumen, esta investigación apoya la incorporación del aprendizaje fundamentado en la naturaleza en la educación científica como una estrategia eficaz para mejorar la memoria y la atención. La integración de ambientes naturales, simulaciones matemáticas y modelos interactivos proporciona un sólido marco pedagógico que no solo optimiza el desempeño académico, sino que también promueve el bienestar emocional y la autonomía del estudiante, estableciendo así un fundamento para futuras innovaciones en la pedagogía de las ciencias.

REFERENCIAS

- Ardoin, N. M., Bowers, A. W., & Gaillard, A. (2020). Environmental education outcomes for conservation: A systematic review. *Biological Conservation*, 241, 108224. <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2019.108224>
- Baker, R. S., & Siemens, G. (2020). Educational data mining and learning analytics. *The Cambridge Handbook of the Learning Sciences*, 2, 253–274. <https://doi.org/10.1017/9781316823279.016>
- Barab, S. A., & Dede, C. (2007). Games and immersive participatory simulations for science education: An emerging practice. *Journal of Science Education and Technology*, 16(1), 1–3. <https://doi.org/10.1007/s10956-007-9051-0>
- Beery, T., Raymond, C. M., & Kytä, M. (2021). Nature-based learning for sustainability transitions. *Sustainability Science*, 16, 449–464. <https://doi.org/10.1007/s11625-020-00853-9>
- Berman, M. G., Jonides, J., & Kaplan, S. (2012). The cognitive benefits of interacting with nature. *Psychological Science*, 19(12), 1207–1212. <https://doi.org/10.1111/j.1467-9280.2008.02225.x>
- Bernal Párraga, A. P., Alcívar Vélez, V. E., Pinargote Carreño, V. G., Pulgarín Feijoo, Y. A., & Medina Garate, C. L. (2025). Pensamiento lógico y resolución de problemas: El uso de estrategias de aprendizaje colaborativo para desarrollar habilidades de razonamiento matemático en contextos cotidianos. *Arandu UTIC*, 12(1), 360–378. <https://doi.org/10.69639/arandu.v12i1.605>
- Bernal Párraga, A. P., Santín Castillo, A. P., Ordoñez Ruiz, I., Tayupanta Rocha, L. M., Reyes Ordoñez, J. P., Guzmán Quiña, M. de los A., & Nieto Lapo, A. P. (2024). La inteligencia artificial como proceso de enseñanza en la asignatura de estudios sociales. *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar*, 8(6), 4011-4030. https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v8i6.15141
- Berns, G. S., Blaine, K., Prietula, M. J., & Pye, B. E. (2013). Short- and long-term effects of a novel on connectivity in the brain. *Brain Connectivity*, 3(6), 590–600. <https://doi.org/10.1089/brain.2013.0166>
- Booth, E., Zavaleta, E., & Biedenweg, K. (2020). Environmental education impacts knowledge, attitudes, and behavior: A meta-analysis. *Frontiers in Ecology and the Environment*, 18(7), 386–393. <https://doi.org/10.1002/fee.2248>
- Bratman, G. N., Hamilton, J. P., & Daily, G. C. (2015). The impacts of nature experience on human cognitive function and mental health. *Annals of the New York Academy of Sciences*, 1249(1), 118–136. <https://doi.org/10.1111/nyas.12227>

- Braun, V., & Clarke, V. (2006). Using thematic analysis in psychology. *Qualitative Research in Psychology*, 3(2), 77–101. <https://doi.org/10.1191/1478088706qp063oa>
- Cheng, K. H., & Tsai, C. C. (2020). A case study of mobile-based interactive learning environments to promote deep learning. *Computers & Education*, 103, 62–73. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2016.09.012>
- Clark, R. C., & Mayer, R. E. (2016). *E-learning and the science of instruction: Proven guidelines for consumers and designers of multimedia learning*. Wiley.
- Cohen, L., Manion, L., & Morrison, K. (2018). *Research methods in education* (8th ed.). Routledge. <https://doi.org/10.4324/9781315456539>
- Creswell, J. W., & Plano Clark, V. L. (2018). *Designing and conducting mixed methods research* (3rd ed.). SAGE.
- Dadvand, P., Nieuwenhuijsen, M. J., Esnaola, M., Forn, J., Basagaña, X., Alvarez-Pedrerol, M., Rivas, I., López-Vicente, M., De Castro Pascual, M., Su, J., Jerrett, M., Querol, X., & Sunyer, J. (2015). Green spaces and cognitive development in primary schoolchildren. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 112(26), 7937–7942. <https://doi.org/10.1073/pnas.1503402112>
- Deterding, S., Dixon, D., Khaled, R., & Nacke, L. (2011). From game design elements to gamefulness: Defining "gamification". *Proceedings of the 15th International Academic MindTrek Conference*, 9–15. <https://doi.org/10.1145/2181037.2181040>
- Faber Taylor, A., & Kuo, F. E. (2009). Children with attention deficits concentrate better after walk in the park. *Journal of Attention Disorders*, 12(5), 402–409. <https://doi.org/10.1177/1087054708323000>
- Fischer, F., Kollar, I., Stegmann, K., & Wecker, C. (2020). The effects of collaboration scripts on students' learning outcomes in computer-supported collaborative learning. *Educational Psychology Review*, 20(1), 31–61. <https://doi.org/10.1007/s10648-007-9047-2>
- Gopnik, A., Meltzoff, A. N., & Kuhl, P. K. (2017). *The scientist in the crib: Minds, brains, and how children learn*. William Morrow Paperbacks.
- Kaplan, S., & Berman, M. G. (2010). Directed attention as a common resource for executive functioning and self-regulation. *Perspectives on Psychological Science*, 5(1), 43–57. <https://doi.org/10.1177/1745691609356784>
- Liu, Y., Wang, H., & Liang, J. (2022). Augmented reality in STEM education: A meta-analysis of learning gains. *Computers & Education*, 191, 104607. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2022.104607>
- Louv, R. (2008). *Last child in the woods: Saving our children from nature-deficit disorder*. Algonquin Books.
- Mayer, R. E. (2020). *Multimedia learning* (3rd ed.). Cambridge University Press. <https://doi.org/10.1017/9781108894333>

- Norwood, M. F., Lakhani, A., Browning, M. H. E. M., Mehaffey, F., Fenton, S., & Rundle-Thiele, S. (2019). A narrative review of health and nature literature: Intersections, gaps, and opportunities. *Environment and Behavior*, 51(7), 787–807.
<https://doi.org/10.1177/0013916518798692>
- Rickinson, M., Dillon, J., Teamey, K., Morris, M., Choi, M. Y., Sanders, D., & Benefield, P. (2004). A review of research on outdoor learning. National Foundation for Educational Research.
- Stevenson, M. P., Schilhab, T. S. S., & Bentsen, P. (2019). Attention restoration theory and outdoor education. *Frontiers in Psychology*, 10, 3009.
<https://doi.org/10.3389/fpsyg.2019.03009>
- Sweller, J. (2021). *Cognitive load theory and educational technology*. Springer.
<https://doi.org/10.1007/978-3-030-80120-1>