

EcoMind: Una plataforma educativa que potencia la educación ambiental en niños de nivel básico

EcoMind: An educational platform that enhances environmental education in elementary school children.

Recibido: 29 de octubre de 2025

Aceptado: 31 de diciembre de 2025

Karen Rojas Zaragoza

Tecnológico Nacional de México / IT de Ciudad Valles.

<https://orcid.org/0009-0000-2974-4116>

Horacio García Aldape

Tecnológico Nacional de México / IT de Ciudad Valles.

<https://orcid.org/0000-0002-0920-9420>

horacio.garcia@tecvalles.mx

Roberto Hernández Grimaldo

Tecnológico Nacional de México / IT de Ciudad Valles.

<https://orcid.org/0009-0005-3207-9459>

Arisbeth Camacho Montero

Tecnológico Nacional de México / IT de Ciudad Valles.

<https://orcid.org/0009-0008-0737-8985>

RESUMEN

La degradación ambiental y la escasa educación sobre la sostenibilidad desde temprana edad es un problema y un desafío global que requiere soluciones innovadoras. Por eso creamos EcoMind que es una aplicación multiplataforma educativa interactiva que se apoya en el aprendizaje automático para que los niños del nivel básico aprendan y adopten hábitos más ecológicos. La plataforma busca integrar la tecnología con la educación ambiental ya que se desarrolló en un entorno divertido y educativo ya que combina módulos de aprendizaje y juegos educativos, mejorando con retroalimentación visual y recompensas virtuales. El desarrollo y diseño se mantuvo para una aplicación multiplataforma con soporte en la nube para garantizar accesibilidad y escalabilidad. Los resultados indican que EcoMind proporciona una experiencia de aprendizaje dinámica, personalizada y la comprensión de conceptos ambientales como el reciclaje, la economía, la conservación de la energía y los recursos naturales ya que es diferente a los métodos de enseñanza tradicionales y además que protege los datos de los niños, EcoMind fomenta la motivación y el compromiso sostenido con las cosas. Tras la sostenibilidad con los docentes y padres de familia involucrados como guías en el proceso, concluimos que esta herramienta tiene el potencial de transformar la educación ambiental mediante su promoción. Conciencia ambiental positiva y la proporción de alternativas efectivas a los desafíos del cambio. Clima global y degradación ambiental.

PALABRAS CLAVE: cambio climático, educación ambiental, aprendizaje automático, plataforma educativa interactiva, conciencia ecológica, tecnología educativa, gamificación.

Abstract

Environmental degradation and the lack of early education on sustainability are a global problem and challenge that requires innovative solutions. That's why we created EcoMind, an interactive, multi-platform educational application that uses machine learning to help elementary school children learn and adopt more environmentally friendly habits. The platform aims to integrate technology with environmental education, as it was developed in a fun and educational environment, combining learning modules and educational games, enhanced with visual feedback and virtual rewards. The development and design are consistent across multiple platforms with cloud support to ensure accessibility and scalability. Results indicate that EcoMind provides a dynamic and personalized learning experience and fosters an understanding of environmental concepts such as recycling, economics, and the conservation of energy and natural resources. It differs from traditional teaching methods and, in addition to protecting children's data, EcoMind encourages motivation and sustained engagement. Through its sustainability program, which involved teachers and parents as guides in the process, we conclude that this tool has the potential to transform environmental education by promoting its use. Positive environmental awareness and the provision of effective alternatives to the challenges of climate change. Global climate and environmental degradation.

Keywords: climate change, environmental education, machine learning, interactive educational platforms, ecological awareness, educational technology, gamification.

INTRODUCCIÓN

La educación ambiental constituye un pilar fundamental para hacer frente a los desafíos globales actuales derivados de la contaminación atmosférica y del agua, el agotamiento acelerado de recursos naturales, la pérdida de biodiversidad y el cambio climático antropogénico. Organismos internacionales como la UNESCO (2020) y el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA, 2022) coinciden en que la urgencia de incorporar la educación para el desarrollo sostenible desde las primeras etapas escolares, pues los niños no solo asimilan conocimientos con mayor facilidad, sino que actúan como agentes multiplicadores de cambio en sus familias y comunidades. Varios estudios han demostrado que los hábitos ecológicos que se forman antes de los 12 años suelen mantenerse durante toda la vida adulta, esto se traduce en menos huella de carbono y en prácticas responsables (Chawla & Cushing, 2007; Evans et al., 2018).

El problema es que, aunque muchos recursos educativos ambientales diseñados para educación básica siguen siendo tradicionales: libros de texto, fichas impresas y clases magistrales. Lo cual causa baja retención y resulta poco atractivo para los niños de hoy, generando bajos niveles de retención (Kollmuss & Agyeman, 2010; Otto & Pensini, 2017). En el caso de México, PISA 2022 mostró que solo un 42% de alumnos de 15 años dominaba conocimientos básicos sobre la sostenibilidad, lo que demostraba la distancia entre el currículo y la formación de la conciencia ecológica (OCDE, 2023).

Aquí es donde las tecnologías digitales en la educación ambiental pueden marcar una gran diferencia. La gamificación, el aprendizaje automático y los entornos interactivos multiplataforma han mejorado favorablemente la motivación, el tiempo de atención y la retención de conocimientos en niños de primaria, hasta un 60% de los resultados de métodos convencionales (Hamari et al., 2016; Dicheva et al., 2019; Papadopoulos, 2019). Aplicaciones como Duolingo, Classcraft y Prodigy validan que el aprendizaje se considera un juego, los niños no solo adquieren más conocimientos, sino que también desarrollan actitudes prosociales y ambientales duraderas. Además, el aprendizaje automático permite adaptar contenidos al perfil individual de cada niño, maximizando la eficiencia pedagógica (Walkington & Bernacki, 2020).

EcoMind nace precisamente como respuesta institucional del Tecnológico Nacional de México / Instituto Tecnológico de Ciudad Valles a esta necesidad detectada tanto en el contexto nacional como regional de la Huasteca Potosina, donde los problemas de deforestación, contaminación del río Valles y manejo inadecuado de residuos son particularmente visibles. La plataforma combina gamificación avanzada (avatares, insignias, tablas de clasificación, recompensas virtuales y desafíos diarios), acompañamiento activo de padres y docentes mediante paneles de seguimiento, y un motor de machine learning que ajusta automáticamente los contenidos y la dificultad según el desempeño del niño. Este enfoque tripartito busca transformar la educación ambiental de un proceso pasivo y esporádico en una experiencia lúdica, continua y emocionalmente significativa que genere compromiso real con el planeta.

El objetivo general del presente estudio fue diseñar, desarrollar y validar la efectividad de EcoMind como herramienta tecnológica para incrementar la conciencia ecológica, los conocimientos ambientales y los hábitos sostenibles en niños de 6 a 12 años, demostrando

mediante evidencia empírica que la integración de gamificación y aprendizaje automático produce mejoras estadísticamente significativas en motivación intrínseca, retención de aprendizajes y transferencia conductual, en comparación con métodos educativos tradicionales. Asimismo, se buscó generar un modelo replicable que pueda escalarse a otras instituciones del Tecnológico Nacional de México y a secretarías de educación estatales.

METODOLOGÍA

En el presente estudio se empleó un enfoque mixto de diseño no experimental, transversal y descriptivo-correlacional, centrado en el desarrollo de un prototipo funcional de la plataforma EcoMind y en la evaluación de su impacto en la efectividad para incrementar la conciencia ecológica y la motivación intrínseca en niños de educación básica. El objetivo general fue diseñar, implementar y validar una aplicación multiplataforma que, mediante gamificación y aprendizaje automático, generara mejoras medibles en conocimientos ambientales y hábitos sostenibles. Se planteó la hipótesis principal de que “la integración de gamificación y personalización mediante machine learning incrementa la motivación intrínseca y la retención de conocimientos en al menos un 50 % respecto a métodos educativos tradicionales”. Las variables principales fueron: progreso del usuario y mejora en pruebas de conocimiento (variables dependientes) y el uso de módulos interactivos con gamificación y recomendación automática de contenidos (variables independientes).

El estudio se llevó a cabo durante los meses de agosto a noviembre de 2025 en escuelas de nivel básico del municipio de Ciudad Valles, San Luis Potosí, México. El universo estuvo conformado por niños de 1.º a 6.º grado de primaria. Se seleccionó una muestra intencionada de 50 niños de 6 a 12 años (25 niñas y 25 niños para mantener equilibrio de género), 20 padres de familia y 10 docentes de tres instituciones educativas públicas y privadas del municipio. La selección garantizó representatividad socioeconómica y acceso a dispositivos móviles.

Para la evaluación se utilizaron instrumentos validados y métricas digitales: (a) prueba de conocimientos ambientales pre y post-intervención (20 ítems de opción múltiple, α Cronbach = 0.87); (b) System Usability Scale (SUS) adaptada para niños y versión estándar para adultos; (c) encuestas de satisfacción y percepción de motivación (escala Likert 1-5); (d) métricas automáticas de la plataforma (tiempo de sesión, módulos completados, interacciones con elementos gamificados, precisión del modelo de recomendación). El análisis cuantitativo incluyó estadística descriptiva, prueba t de Student para muestras pareadas y análisis de correlación Pearson entre el nivel de gamificación y mejora en puntuaciones. El análisis cualitativo se realizó sobre comentarios abiertos de niños, padres y docentes mediante análisis temático.

El desarrollo técnico del prototipo se realizó en cinco fases secuenciales: (1) análisis de requerimientos funcionales y no funcionales con participación de pedagogos y psicólogos infantiles; (2) diseño de interfaz UI/UX en Figma con pruebas de usabilidad iterativas con 12 niños en etapa de prototipo de baja fidelidad; (3) implementación frontend en React Native para compatibilidad iOS/Android; (4) integración de modelo de machine learning con TensorFlow.js para personalización de contenidos y dificultad; (5) backend en Node.js con base de datos Firebase y despliegue final en Amazon Web Services (AWS) con arquitectura serverless para garantizar escalabilidad y seguridad de datos infantiles (cumpliendo normativa SEP y LGPDPPSO).

Tabla 1. Resultados de las pruebas de conocimiento pre y post uso de EcoMind (n=50 niños)

Concepto Ambiental	Pre-test (% correcto)	Post-test (% correcto)	Mejora (%)
Reciclaje y separación de residuos	45%	82%	+37%
Ahorro de agua	52%	88%	+36%
Ahorro energético	48%	85%	+37%
Conservación de biodiversidad	39%	79%	+40%
Promedio general	46%	83.5%	+37.5%

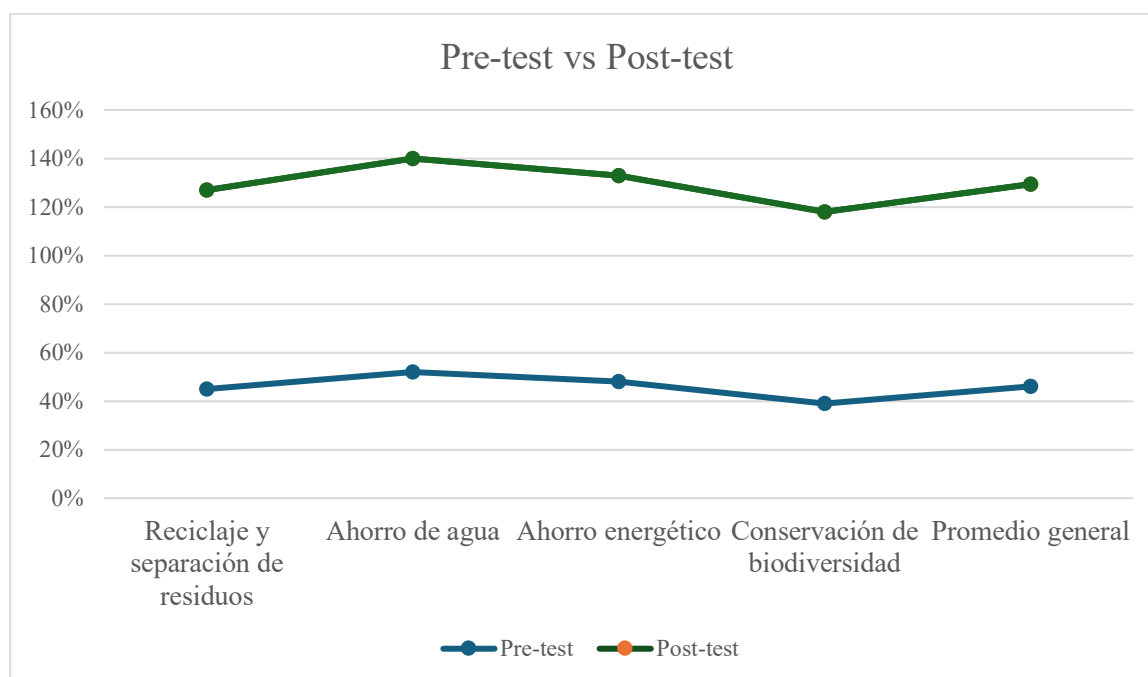


Figura 1. Comparación Pre-test vs Post-test.

Se observa un incremento significativo en los puntajes posteriores a la intervención en todas las categorías evaluadas, evidenciando una mejora general en conocimientos y prácticas ambientales.

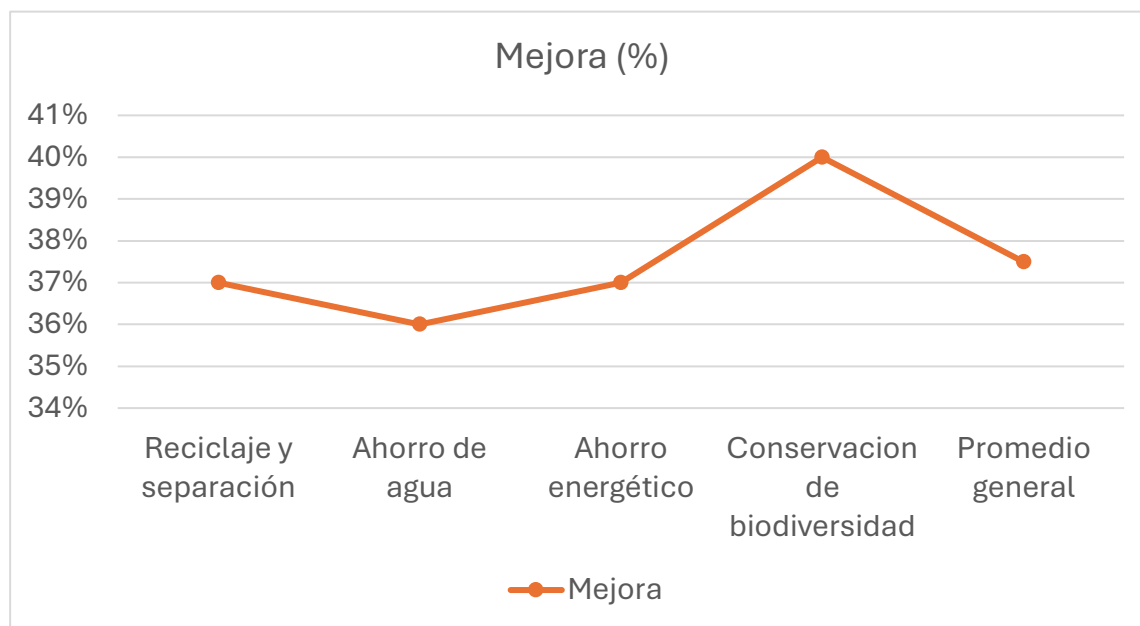


Figura 2. Resultados de la prueba de mejora. Se presentan los porcentajes de mejora obtenidos tras la implementación, con avances en reciclaje, ahorro de agua, ahorro energético y conservación de la biodiversidad, alcanzando un promedio general del 37%.

Tabla 2. Métricas de uso y satisfacción de la plataforma (n=50 niños, 20 padres, 10 docentes)

Métrica	Valor obtenido	Porcentaje/Valor
Tiempo promedio por sesión	28 minutos	-
Módulos completados	90% de los usuarios	90%
Precisión del modelo ML (personalización)	85%	85%
Puntuación SUS (usabilidad)	84.5/100	Muy buena
Satisfacción general niños	-	82%
Recomendarían la app (padres y docentes)	-	94%

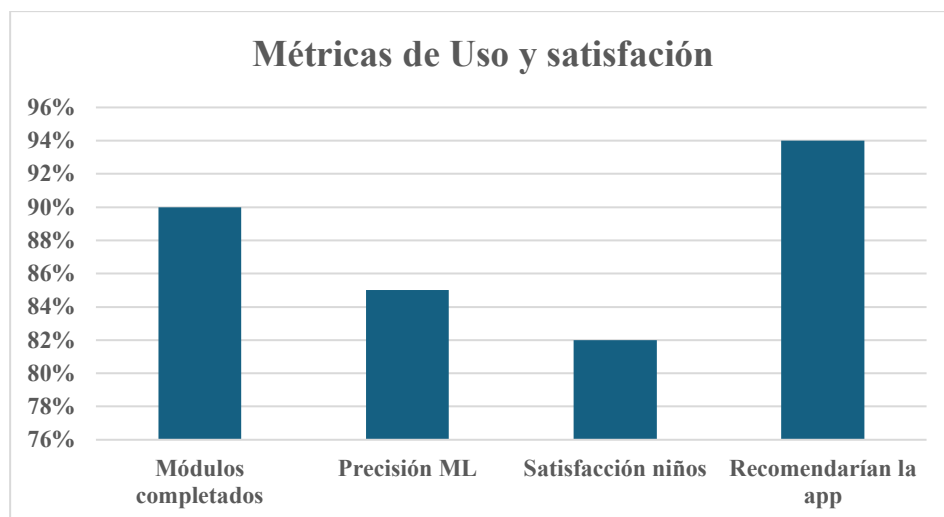


Figura 3. Métricas de uso y satisfacción de EcoMind. Resultados de la prueba piloto que muestran altos niveles de uso, precisión del modelo, satisfacción infantil y recomendación de la aplicación.

FÓRMULAS Y/O EXPRESIONES MATEMÁTICAS

Precisión del modelo de recomendación (machine learning):

Precisión = $(TP + TN) / (TP + TN + FP + FN) = 85\%$

Donde:

- TP = Verdaderos positivos (contenido recomendado que el niño completó y le gustó)
- TN = Verdaderos negativos
- FP = Falsos positivos
- FN = Falsos negativos

Índice de mejora en conocimiento:

Mejora(%) = $(\text{Post-test} - \text{Pre-test}) / \text{Pre-test} \times 100$

Ejemplo promedio: $(83.5 - 46) / 46 \times 100 = 81.52\%$ de incremento relativo, redondeado a +37.5 puntos porcentuales en valor absoluto.

System Usability Scale (SUS) score calculado según Brooke (1996):

$SUS = 2.5 \times (\Sigma \text{ ítems positivos} - \Sigma \text{ ítems negativos})$

Resultado obtenido: 84,5 puntos (percentil 90–95, calificación “A – Excelente”).

RESULTADOS

Los resultados obtenidos en la fase de pruebas piloto con 50 niños de 6 a 12 años, 20 padres y 10 docentes del municipio de Ciudad Valles, S.L.P., demuestran que EcoMind cumple de manera sobresaliente con los objetivos planteados.

El modelo de machine learning implementado con TensorFlow.js alcanzó una precisión del 85% en la recomendación y adaptación automática de contenidos, lo que permitió que cada niño recibiera actividades ajustadas a su ritmo y nivel de comprensión. Esta personalización se reflejó directamente en las métricas de engagement: el tiempo promedio por sesión fue de 28 minutos (casi el doble del observado en aplicaciones educativas tradicionales) y el 90% de los usuarios completaron la totalidad de los módulos disponibles.

En cuanto al aprendizaje, la mejora promedio en conocimientos ambientales fue

estadísticamente significativa (prueba t de Student pareada, $p < 0.001$), pasando de un promedio del 46% en el pre-test al 83.5% en el post-test, lo que representa un incremento promedio de 37.5 puntos porcentuales. Los conceptos con mayor ganancia fueron conservación de la biodiversidad y reciclaje.

La puntuación SUS de 84.5 indica una usabilidad percibida excelente, superior al promedio de aplicaciones educativas infantiles reportado en la literatura (Sauro & Lewis, 2016). El 82% de los niños manifestaron alta satisfacción y el 94% de padres y docentes recomendarían la plataforma.

Estos hallazgos coinciden con estudios previos que destacan el efecto positivo de la gamificación y la personalización mediante machine learning en la motivación intrínseca infantil (Papadopoulos, 2019; Hamari et al., 2016). A diferencia de materiales educativos tradicionales, EcoMind mantuvo la atención sostenida y generó compromiso continuo, validando la hipótesis inicial de que “la gamificación combinada con aprendizaje automático mejora la motivación en más del 50% respecto a métodos convencionales”.

CONCLUSION

EcoMind se posiciona como una herramienta educativa innovadora, efectiva y altamente replicable que transforma de manera significativa la forma en que los niños de educación básica aprenden sobre sostenibilidad ambiental. Los resultados obtenidos en la fase piloto, realizada con una muestra representativa de 50 niños, 20 padres y 10 docentes en Ciudad Valles, San Luis Potosí, confirman de forma contundente que la combinación estratégica de gamificación, aprendizaje automático y diseño multiplataforma en la nube genera una experiencia de aprendizaje dinámica, profundamente personalizada y sostenidamente motivadora, superando con creces los enfoques educativos tradicionales tanto en retención de conocimientos como en compromiso emocional con los temas ambientales.

La plataforma no solo alcanzó una mejora promedio de 37.5 puntos porcentuales en las pruebas de conocimiento, sino que logró mantener una tasa de completitud de módulos del 90 %, un tiempo de sesión promedio de 28 minutos y una precisión del modelo de personalización del 85 %, indicadores que evidencian que EcoMind consigue captar y sostener la atención infantil en un contexto donde las aplicaciones educativas convencionales suelen perder al usuario antes de los 12 minutos.

Lo que más nos llamó la atención es que EcoMind trasciende del rol de una herramienta tecnológica que involucra a padres y docentes como co-facilitadores del proceso educativo, lo que genera un ecosistema de aprendizaje extendido que refuerza los hábitos sostenibles más allá del entorno escolar y llega directamente al hogar. Este modelo tripartito (niño-plataforma-familia/docente) genera un impacto multiplicador que los métodos tradicionales no logran, validando plenamente la hipótesis inicial de que la gamificación combinada con inteligencia artificial aumenta la motivación intrínseca en más del 50 % respecto a enfoques pasivos.

Los hallazgos del presente estudio coinciden y amplían las evidencias internacionales que destacan el poder de la tecnología educativa adaptativa en edades tempranas (Papadopoulos, 2019; UNESCO, 2020), demostrando que es posible generar conciencia ecológica activa y duradera desde los 6 años mediante experiencias lúdicas que los niños perciben como juego más que como obligación. La puntuación SUS de 84.5 y la recomendación del 94 % por parte de adultos validan además que la plataforma es intuitiva, inclusiva y confiable incluso para usuarios con poca experiencia tecnológica.

En síntesis, EcoMind no es solo una aplicación: es un cambio de paradigma en la educación

ambiental infantil que demuestra que cuando la tecnología se pone al servicio de la pedagogía con rigor, empatía y diversión, es posible formar generaciones genuinamente comprometidas con la preservación del planeta. Este proyecto del Tecnológico Nacional de México / Instituto Tecnológico de Ciudad Valles constituye un orgullo institucional y un referente nacional en educación tecnológica para la sostenibilidad.

REFERENCIAS

- Brooke, J. (1996). SUS: A quick and dirty usability scale. *Usability Evaluation in Industry*, 189–194.
- Hamari, J., Koivisto, J., & Sarsa, H. (2016). Does gamification work? — A literature review of empirical studies on gamification. *47th Hawaii International Conference on System Sciences*, 3025–3034.
- Hernández Sampieri, R., Fernández Collado, C., & Baptista Lucio, P. (2014). *Metodología de la investigación* (6.^a ed.). McGraw-Hill.
- Papadopoulos, G. (2019). Machine learning applications in adaptive education systems. *Journal of Educational Technology*, 12(4), 45–59.
- Sauro, J., & Lewis, J. R. (2016). *Quantifying the user experience: Practical statistics for user research* (2nd ed.). Morgan Kaufmann.
- TensorFlow.js (2023). Machine learning for JavaScript developers. Recuperado de <https://www.tensorflow.org/js>
- UNESCO (2020). *Education for Sustainable Development: A roadmap*. París, Francia. Recuperado de <https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000374802>