





Artículo de divulgación

## Aulas digitales verdes: tecnología para difundir el conocimiento sobre procesos ecológicos y problemas socioambientales

*Green digital classrooms: technology for disseminating knowledge on ecological processes and socio-environmental issues*

René García-Martínez <sup>1</sup>, Tomás Martínez-Trinidad <sup>2,\*</sup>, Patricia Hernández-de la Rosa <sup>2</sup>, Luis Alberto León-Bañuelos <sup>1</sup>

<sup>1</sup> Tecnológico de Estudios Superiores de Valle de Bravo. Carretera Federal Valle de Bravo Km. 30, Ejido San Antonio Laguna, Valle de Bravo, 51200, Estado de México, México.

<sup>2</sup> Postgrado en Ciencias Forestales, Colegio de Postgraduados. Km. 36.5 Carretera México-Texcoco, Montecillo, Texcoco, 56264, Estado de México, México.

\* Autor para correspondencia: [tomtz@colpos.mx](mailto:tomtz@colpos.mx)

### Recibido:

1/04/2026

### Aceptado:

27/04/2026

### Publicado:

8/05/2026

### RESUMEN

Las aulas digitales verdes surgen como una propuesta educativa innovadora que une lo mejor de dos mundos: el aprendizaje directo en la naturaleza y el potencial de las tecnologías digitales. Funcionan mediante la integración de componentes clave: sistemas de energía limpia y autónomos, bibliotecas digitales con o sin conexión a internet y dispositivos de bajo consumo. Este ecosistema permite que niñas, niños, jóvenes y comunidades exploren fenómenos ambientales en el gradiente urbano-rural, un territorio diverso donde los desafíos y la forma de aprender cambian drásticamente. Ante la crisis climática global, estas aulas actúan como laboratorios de resiliencia: en las ciudades, ayudan a monitorear las islas de calor, calidad del aire, la movilidad y la gestión de residuos; en las zonas periurbanas, permiten gestionar el ordenamiento territorial; y en las zonas rurales, se vuelven vitales para combatir la deforestación y mejorar la producción agrícola. Al utilizar herramientas tecnológicas, los estudiantes dejan de ser espectadores para convertirse en científicos ciudadanos capaces de generar datos locales, fundamentales para entender y mitigar los efectos del calentamiento global en su propia comunidad. A lo largo de este artículo, se muestran ejemplos que ilustran las aulas digitales verdes fomentan el aprendizaje y generan beneficios socioambientales tangibles al adaptar la enseñanza a la emergencia climática de cada territorio. También se reconocen desafíos críticos, como la brecha en infraestructura tecnológica y la urgencia de formación docente. Al final, la propuesta invita a imaginar una educación ambiental más participativa e inclusiva, capaz de motivar acciones locales orientadas a construir territorios más sostenibles.

**Palabras clave:** comunidades rurales y urbanas, disturbios ambientales, educación ambiental; sostenibilidad; tecnologías digitales.

### ABSTRACT

Green digital classrooms emerge as an innovative educational proposal that brings together the best of two worlds: direct learning in nature and the potential of digital technologies.



They operate through the integration of key components: clean and autonomous energy systems, digital libraries available with or without internet access, and low-energy devices. This ecosystem enables children, youth, and communities to explore environmental phenomena across the urban-rural gradient -a diverse territory where challenges and learning methods change significantly-. In the context of the global climate crisis, these classrooms function as laboratories of resilience: in cities, they help monitor urban heat islands, air quality, mobility, and waste management; in peri-urban areas, they support territorial planning and management; and in rural areas, they become essential for combating deforestation and improving agricultural production. By using technological tools, students move from being passive observers to becoming citizen scientists capable of generating local data, which is essential for understanding and mitigating the effects of global warming within their own communities. Throughout this article, examples illustrate that green digital classrooms foster learning and generate tangible socio-environmental benefits by adapting education to the climate emergency of each territory. Critical challenges are also acknowledged, such as gaps in technological infrastructure and the urgent need for teacher training. Ultimately, this proposal invites us to envision a more participatory and inclusive environmental education, capable of motivating local actions aimed at building more sustainable territories.

**Keywords:** digital technologies, environmental education, environmental disturbances, rural and urban communities, sustainability.

## INTRODUCCIÓN

Para el año 2050 se estima que la población mundial alcanzará aproximadamente 9,700 millones de personas, un incremento que intensificará las presiones sobre los sistemas socioecológicos a lo largo del gradiente urbano-rural. En este contexto, la humanidad enfrenta desafíos ambientales de creciente complejidad —como la degradación de ecosistemas, la escasez de recursos y la expansión desordenada de asentamientos— que amenazan su estabilidad y continuidad a mediano y largo plazo. Comprender estas dinámicas territoriales resulta fundamental para anticipar impactos, orientar la planificación y fortalecer la resiliencia de los paisajes que integran ciudades, zonas periurbanas y áreas rurales.

Existe la necesidad de mejorar la comunicación de la investigación científica por medio de la transferencia del conocimiento entre investigadores y la sociedad en general (Sánchez-Esparza, 2022; García-Rodríguez et al., 2022). Aunque se ha generado información científica sobre las causas y consecuencias de los problemas ambientales, el conocimiento aún está restringido a los espacios académicos, lo que limita su apropiación social (Piedrahita-Hoyos y Torres-López, 2023; Sánchez-Esparza, 2022). Una vía para incrementar esto último es la educación ambiental, a través de la cual se haga llegar

la información sobre estas problemáticas, sus implicaciones y consecuencia a la población. Por tanto, es imprescindible que en la formación de los estudiantes de todos los niveles educativos se implementen estrategias de enseñanza aprendizaje bajo este contexto con la finalidad de prevenir y mitigar los impactos de dichos problemas ambientales. La educación ambiental efectiva requiere estrategias que conecten la ciencia con la vida cotidiana, especialmente en contextos rurales y urbanos donde la degradación ambiental impacta directamente el bienestar de las comunidades (UNESCO, 2021). Existe una marcada desigualdad en el acceso a la información y a la infraestructura tecnológica entre zonas rurales, urbanas y periurbanas, lo que limita el aprendizaje digital en contextos marginados. Las aulas digitales verdes ofrecen una oportunidad para reducir esta brecha, ya que en zonas rurales y marginadas facilitan el acceso educativo mediante soluciones sostenibles y adaptadas a entornos con baja conectividad, mientras que en áreas urbanas su principal aporte es la innovación y la eficiencia. Sin embargo, los estudiantes rurales no tienen el mismo acceso a la información que los urbanos, lo que evidencia que la equidad digital sigue siendo un reto territorial y socioeconómico.



Estas herramientas pueden acercar el aprendizaje ambiental a estudiantes de diferente nivel escolar, docentes y ciudadanía a lo largo de todo el gradiente urbano-rural. El uso de la tecnología en la enseñanza promueve el aprendizaje activo, la experimentación y la comprensión de fenómenos complejos mediante experiencias visuales, interactivas y colaborativas (Piedrahita-Hoyos y Torres-López, 2023; Valenzuela-Zambrano y Aranda-Pérez, 2024). A través de recursos como imágenes satelitales, videos, simulaciones o aplicaciones móviles, los estudiantes pueden analizar el cambio de cobertura arbórea, medir temperaturas, o explorar la calidad del aire en su entorno (Valenzuela-Zambrano y Aranda-Pérez, 2024). Así, estas aulas constituyen un puente entre la ciencia, la educación y la sociedad, al facilitar que las personas comprendan cómo sus decisiones cotidianas influyen en la salud del planeta (Environmental Education, 2024). En suma, la convergencia entre la tecnología, educación y el ambiente puede reducir brechas de acceso al conocimiento y contribuir a la construcción de una sociedad más participativa para abordar los desafíos ecológicos que enfrenta el planeta. Este artículo expone el potencial de las aulas digitales verdes como estrategia de educación ambiental, tanto en entornos rurales como urbanos y su papel en la construcción de una sociedad más informada y sostenible.

## **LA CRISIS AMBIENTAL Y LA EDUCACIÓN**

La humanidad enfrenta una crisis ambiental, caracterizada por la contaminación del aire, del agua y del suelo, resultado del uso intensivo de combustibles fósiles, procesos industriales y prácticas agrícolas insostenibles (Fletcher et al., 2024). En el gradiente urbano-rural existen desafíos ambientales distintos pero interconectados: en las ciudades, los problemas principales son la contaminación del aire por el transporte, las islas de calor causadas por el asfalto y la acumulación masiva de residuos sólidos. Las zonas periurbanas, al ser espacios de transición, sufren una presión intensa por el crecimiento inmobiliario desordenado, lo que provoca la pérdida de suelos agrícolas y la contaminación de mantos acuíferos por falta de drenaje adecuado. Finalmente, en las zonas rurales, los mayores riesgos se encuentran en la deforestación, la degradación de los suelos por prácticas agropecuarias intensivas, la escasez de agua debido al

cambio climático y la pérdida de biodiversidad por el avance de la frontera agrícola. De no replantearse las bases del modelo de producción económico predominante, las consecuencias ambientales se intensificarán limitando las posibilidades de bienestar humano y desarrollo futuro (Acheampong y Osei-Opoku, 2023).

Para cambiar el panorama deben integrarse planes de educación ambiental en las escuelas adaptados a las condiciones del entorno, ya que, actualmente en la ciudad, el enfoque educativo suele centrarse en la alfabetización digital avanzada y el acceso a grandes infraestructuras, aunque a menudo desconectado del entorno natural; en las zonas de transición de urbano a rural, la enseñanza actúa como un puente crítico que busca integrar la identidad rural con las demandas tecnológicas de la ciudad, enfrentando retos de movilidad y recursos limitados. Por su parte, en los pueblos, la educación se vuelve una herramienta de resistencia y arraigo, donde el aprendizaje vivencial sobre el territorio y la gestión de recursos naturales son vitales, pero donde la brecha de conectividad exige modelos más autónomos y creativos.

En cualquier caso, la crisis ambiental global exige un cambio de paradigma en la educación. Al respecto, las experiencias educativas basadas en contacto directo con la naturaleza no solo incrementan el conocimiento ambiental de las personas, sino que fortalecen significativamente su conexión emocional con los recursos naturales (Otto y Pensini, 2017). Por ejemplo, observar las características de las plantas en su entorno facilita su identificación (Figura 1). Aunque existe una disminución de la diversidad biológica conforme se avanza hacia el entorno urbano, es posible encontrar áreas de aprendizaje. En zonas rurales los alumnos cuentan con un entorno natural donde es accesible asistir al bosque, ríos o parcelas agrícola y, en los entornos urbanos, existen parques metropolitanos y jardines botánicos para aprender fundamentos de biología.





**Figura 1.** Aprendizaje inmersivo en un bosque templado para la identificación de especies de pino.

## **AULAS DIGITALES VERDES: UNA NUEVA FORMA DE APRENDER**

Las TIC como recursos digitales, han transformado la educación al crear entornos más flexibles y colaborativos que impulsan metodologías activas, fortalecen autoaprendizaje y facilitan la evaluación continua, reduciendo además las barreras de tiempo y distancia en los procesos formativos (Wang et al., 2024). En la educación ambiental, su papel es fundamental para facilitar la observación, análisis y reflexión sobre procesos naturales. Por ejemplo, la FAO (siglas en inglés de la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura) ofrece cursos digitales gratuitos sobre distintos temas de desarrollo sostenible (FAO, 2025), a los cuales se puede acceder de manera gratuita desde cualquier parte del mundo.

Un caso aplicado de vinculación entre tecnología y los recursos naturales con fines educativos, es el monitoreo de la mariposa monarca (*Danaus plexippus*) en el centro de México. En este proyecto ha participado la población aledaña, estudiantes y especialistas que, al interactuar entre sí en un ambiente natural, se apropian del conocimiento y participan activamente en el cuidado y restauración de los bosques donde hiberna la mariposa monarca. La información generada se utiliza para crear contenido digital que es integrada a plataformas de ciencia ciudadana y que se difunde a nivel mundial como herramienta educativa (WWF, 2022). En este caso las TIC ofrecen una oportunidad única para acercar el conocimiento ambiental a la población, combinando lo

ambiental con lo digital (Piedrahita-Hoyos y Torres-López, 2023).

**Tabla 1.** Casos exitosos de esquemas de educación de aulas digitales verdes en México.

Actividad	Participantes	Aplicación de las TIC
Identificación de hongos comestibles	Pobladores, estudiantes y Especialistas	Catálogos digitales de hongos (UNAM, 2021).
Identificación de plantas	Población en general y especialistas	Catálogo digital de plantas (iNaturalist México, 2025).
Descripción de la biodiversidad mexicana	Científicos, Público en general, Instituciones públicas.	Información de la biodiversidad en México (CONABIO, 2020).

Las aulas digitales verdes vinculan la tecnología con la naturaleza, lo cual promueve experiencias significativas de aprendizaje donde el estudiante se reconoce como parte del sistema ecológico. En comunidades rurales, apoyan la comprensión del manejo del agua, conservación de suelos y el conocimiento de la biodiversidad (Otto y Pensini, 2017; UNESCO, 2121). En contextos urbanos, facilitan la reflexión sobre la gestión de residuos, la contaminación del agua y aire, así como el valor del arbolado urbano mediante el uso de herramientas digitales, mapas y simuladores interactivos (Valenzuela-Zambrano y Aranda-Pérez, 2024; Environmental Education, 2024). En ambos casos, la tecnología actúa como puente entre la ciencia y la realidad cotidiana (Piedrahita-Hoyos y Torres-López, 2023).

## **IMPACTOS, BENEFICIOS Y DESAFÍOS**

El impacto de las aulas digitales verdes trasciende la forma tradicional de enseñar. La naturaleza se vuelve un laboratorio vivo y la tecnología se usa para reforzar el

aprendizaje y compartir el conocimiento. Fortalecen la conciencia ambiental al permitir que los estudiantes comprendan los efectos de los fenómenos naturales mediante experiencias inmersivas, lo cual fomenta el pensamiento crítico y la participación social (UNESCO, 2021). Estas iniciativas también promueven la colaboración entre docentes, familias y comunidades, al desarrollar proyectos de ciencia ciudadana sobre la biodiversidad o calidad del agua (Environmental Education, 2024).

Entre los beneficios más destacados se encuentran la integración de la educación ambiental en zonas con limitado acceso a recursos, la motivación estudiantil y la contribución a los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS), en particular el ODS 4 (educación de calidad) y el ODS 13 (acción por el clima). No obstante, los retos siguen siendo significativos. La brecha digital y la falta de conectividad dificultan la implementación de aulas digitales, especialmente al comparar entornos en muchos contextos (Li, 2024). Particularmente, en comunidades marginadas y rurales donde no hay energía eléctrica y menos aún conectividad, o bien esta es escasa o en comparación con las áreas urbanas. Esto impide el cumplimiento del ODS 10 (Reducción de las desigualdades), que plantea la inclusión social, económica y política para todos, garantizando la igualdad de oportunidades y recursos para las personas más vulnerables. En este sentido, para que un aula digital verde funcione en áreas marginadas, lo básico es crear una "isla tecnológica" independiente. Esto se logra con sistemas autónomos de energía (paneles solares) para tener electricidad propia, usando una biblioteca digital portátil y una señal inalámbrica para que los alumnos se conecten a esos contenidos o lo vean a través de una pantalla.

Asimismo, la capacitación docente es clave para garantizar el uso eficiente de las TIC en la enseñanza. Las tecnologías emergentes como la inteligencia artificial y los sensores mejoran los resultados educativos (Zhang et al., 2024), especialmente en aulas digitales verdes. En el entorno urbano, estas tecnologías facilitan el uso de sensores para medir el smog y la isla de calor, usando la inteligencia artificial para proponer rutas de transporte limpias o diseñar corredores biológicos en azoteas. En el entorno rural, el uso de realidad aumentada ayudaría a visualizar la salud de los bosques y el flujo del agua en cuencas, mientras que sensores inteligentes optimizan el

riego y la nutrición de cultivos para evitar el agotamiento del suelo. En ambos escenarios se logra una mejora en la calidad de vida de la población.

## CONCLUSIONES

Las aulas digitales verdes representan una vía innovadora para enseñar y aprender sobre el ambiente en la era digital, convirtiéndose en laboratorios dinámicos donde se analizan y resuelven escenarios críticos del cambio climático. Mediante el uso de tecnología, los estudiantes pueden monitorear y mitigar el impacto de sequías e inundaciones, así como gestionar la presencia de plagas en bosques y agroecosistemas, transformando la teoría en soluciones prácticas para proteger la biodiversidad y la producción agrícola. Su valor en la educación radica en vincular la tecnología con el medio ambiente para inspirar acciones locales que contribuyan a la sostenibilidad. Más allá de incorporar dispositivos electrónicos o plataformas digitales, este enfoque invita a repensar la educación como un proceso participativo, creativo y comprometido con el entorno. Si las TIC se utilizan con equidad y propósito ecológico, pueden convertirse en una herramienta para formar generaciones con conciencia ambiental capaces de construir un futuro más justo y sostenible.

## Agradecimientos

A la Red para la Generación de Conocimiento e Incidencia sobre Socio-ecosistemas en el Gradiente Urbano-Rural (ReGISeGUR) por contribuir en la integración del documento. A las LGAC: Tecnologías para la educación ambiental (TESVB) y Mejoramiento Estructural y Funcional de los Ecosistemas Forestales (COLPOS).

## Literatura citada

- Acheampong, A.O.; Osei-Opoku, E.E.O. (2023) Environmental degradation and economic growth: Investigating linkages and potential pathways. *Energy Economics*, 123, 106734. <https://doi.org/10.1016/j.eneco.2023.106734>
- Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO). (2020) *Biodiversidad Mexicana*. CONABIO, <https://www.biodiversidad.gob.mx/>



- Environmental Education (2024) A systematic review on the use of digital tools for fostering sustainability awareness. *Sustainability*, 16(9), 3733. <https://doi.org/10.3390/su16093733>
- Fletcher, R.; Anderson, W.; Büscher, B.; Brockington, D. (2024) Earth at risk: An urgent call to end the age of destruction and exploitation. *PNAS Nexus*, 3(4), pga106. <https://doi.org/10.1093/pnasnexus/pgae106>
- Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO). (2025) Cursos de autoaprendizaje – FAO Campus. <https://www.fao.org/in-action/fao-campus/training-activities/self-paced-courses/2/es>
- García-Rodríguez, L.C.; Torres-Sanmiguel, A.F.; Guerrero-Gaviria, D.A.; Carreño-Moreno, S.; Chaparro-Díaz, L. (2022) Estrategias de apropiación social del conocimiento en salud: revisión sistemática. *Revista Ciencias de la Salud*, 20(3), 1–20. <https://doi.org/10.12804/revistas.urosario.edu.co/revsalud/a.11587>
- iNaturalist Mexico. (2025) *Plantas Nativas México* [Lista: 927098]. <https://mexico.inaturalist.org/lists/927098-Plantas-Nativas-M-xico>
- Li, M. (2025). Exploring the digital divide in primary education: A comparative study of urban and rural mathematics teachers' TPACK and attitudes towards technology integration in post-pandemic China. *Education and Information Technologies*, 30, 1913–1945. <https://doi.org/10.1007/s10639-024-12890-x>
- Otto, S.; Pensini, P. (2017) Nature-based environmental education of children: Environmental knowledge and connectedness to nature, together, are related to ecological behaviour. *Global Environmental Change*, 47, 88–94. <https://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2017.09.009>
- Piedrahita-Hoyos, K.; Torres-López, A.D.V. (2023) Mediaciones tecnológicas en educación ambiental. *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar*, 7(1), 4634–4647. [https://doi.org/10.37811/cl\\_rcm.v7i1.4787](https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v7i1.4787)
- Sánchez-Esparza, N.C. (2022) Los servicios ambientales. *Revista Digital Universitaria (RDU)*, 23(2). Disponible en: <http://doi.org/10.22201/cuaieed.16076079e.2022.23.2.12>
- Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM). (2021). Hongos comestibles y tóxicos de México. [Online] Disponible en: <https://hongoscomestiblesytotoxicos.ib.unam.mx/>
- The United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization (UNESCO). (2021) Reimagining our futures together: A new social contract for education. Paris: UNESCO.
- Valenzuela-Zambrano, B.; Aranda-Pérez, L. (2024) ¿Las TIC pueden contribuir al aprendizaje de las 3R y el cuidado del medio ambiente? *UTE Revista de Ciències de l'Educació*, 4(2), 42–57. Disponible en: <https://revistes.urv.cat/index.php/ute/article/view/3681>
- Wang, C.; Liu, Y.; Zhang, H.; Chen, L. (2024) Education reform and change driven by digital technology. *Humanities and Social Sciences Communications*, 11(1), 1–12. <https://doi.org/10.1057/s41599-024-02717-y>
- World Wildlife Found (WWF). (2022). La Era del Cambio: la restauración del hábitat de la mariposa Monarca [Video]. YouTube. [https://www.youtube.com/watch?v=Mzft35\\_qg2g](https://www.youtube.com/watch?v=Mzft35_qg2g)
- Zhang, X., Ding, Y., Huang, X., Li, W., Long, L., & Ding, S. (2024) Smart classrooms: How sensors and AI are shaping educational paradigms. *Sensors*, 24(17), 5487. <https://doi.org/10.3390/s24175487>

**Aviso legal/Nota del editor:** Las declaraciones, opiniones y datos contenidos en todas las publicaciones son exclusivamente de los autores y colaboradores, y no de Agraria ni de sus editores. Agraria y sus editores no se responsabilizan de ningún daño a personas o bienes que resulte de las ideas, métodos, instrucciones o productos mencionados en el contenido.

