REDIT
Red de Investigadores de la Transcomplejidad

FEREDIT
Fondo editorial

REDIT Verde Revista de Ambiente y Sostenibilidad

Vol. 1 · Núm. 1 · Enero – Junio 2026
Depósito Legal: AR2026000209
ISSN: 3137-1000

RED DE INVESTIGADORES DE LA TRANSCOMPLEJIDAD

JUNTA DIRECTIVA

Red de Investigadores de la Transcomplejidad

Presidente
Dra. Crisálida Villegas

Vicepresidenta
Dra. Nancy Schavino

Tesorera
Dra. Mary Stella

Secretaria
Dra. Alicia Uzcátegui de Lugo

Relaciones Institucionales
Dra. Waleska Perdomo

Relaciones Internacionales
Dr. José Zaá

Vocal
Dra. Nohelia Alfonzo
Dra. Miozotis Silva
Dr. Francisco Pacheco

Dirección: Calle López Aveledo, Edificio Torre del centro, Piso 7, Oficina 701.
Maracay, Edo. Aragua, Venezuela. Teléfonos:

© 2026 REDIT - FEREDIT · Venezuela

REDIT VERDE

Revista de Ambiente y Sostenibilidad

Red de Investigadores de la Transcomplejidad (REDIT)
Fondo Editorial FEREDIT

Vol. 1, Núm. 1 · Enero–Junio 2026 · ISSN: 3137-1000

REDIT Verde es una revista científica internacional, arbitrada, electrónica, semestral y de acceso abierto, orientada a la difusión de investigaciones, revisiones, ensayos y reseñas en el campo de las ciencias ambientales, la sostenibilidad y la transcomplejidad. Todos los artículos publicados han sido sometidos a evaluación editorial y arbitraje académico conforme a las políticas de integridad científica de la revista.

DIAMOND OPEN ACCESS
Acceso abierto sin fines de lucro.

LICENCIA CC BY 4.0
Atribución 4.0 Internacional.

SIN APC
Publicar no tiene costo para autores.

PERIODICIDAD
Semestral
Enero–Junio / Julio–Diciembre

PLATAFORMA
OJS — Open Journal Systems

LICENCIA
Creative Commons Atribución 4.0
Internacional (CC BY 4.0)

EVALUACIÓN
Arbitraje doble ciego
por pares académicos

ACCESO ABIERTO
Todos los contenidos se ponen a disposición de manera libre, gratuita e inmediata, sin barreras económicas para lectores ni autores.

RESPONSABILIDAD DE CONTENIDO
Las opiniones, datos, análisis y conclusiones expresadas en los artículos son responsabilidad exclusiva de sus autores.

INTEGRIDAD CIENTÍFICA
La revista promueve la originalidad, la transparencia, la evaluación por pares y el respeto estricto de las normas éticas de publicación científica.

© 2026 REDIT · FEREDIT · Venezuela

EQUIPO EDITORIAL

REDIT VERDE
Revista de Ambiente y Sostenibilidad

Cuerpo Directivo y Comités de la Revista

REDIT Verde cuenta con un equipo editorial de reconocida trayectoria académica e investigadora, integrado por especialistas nacionales e internacionales en el ámbito de las ciencias ambientales, la transcomplejidad y la sostenibilidad. Su diversidad institucional y geográfica contribuye a garantizar la pluralidad de perspectivas, el rigor científico y la calidad del proceso editorial.

CUERPO DIRECTIVO

Directora
Dra. María Teresa Hernández Guerrero (REDIT)

Coordinadora General
Dra. Crisálida Villegas (REDIT)

Editor
Car-Emıyr Suescum Coelho
(UNIMET / UCV / REDIT)

COMITÉ ASESOR

- Dra. Nancy Schavino (UNESR)
- Dra. Nohelia Alfonzo (UBA)
- Dr. Rubén Ochoa (UNELLEZ)
- Dra. Arelis Hernández (UNEG)

COMITÉ EDITORIAL NACIONAL

- Dr. Carluys Suescum Coelho (CEGA)
- Dra. María Gabriela Gutiérrez (ULA)
- Dra. Mirtha Montilla (UNESR)
- Dr. Juan Elías Rivero (UNESR)
- Dra. María Nela Vera (UNET)
- Dra. Carlota Pulgar Terán (UDJGH)
- Dra. Marysela Morillo (ULA)

COMITÉ EDITORIAL INTERNACIONAL

- Dr. Mario Chibás
(Universidad de Guantánamo, Cuba)
- Dr. Carlos Lopez (UBA, Argentina)
- M.Sc. Bárbara De Sola
(Estados Unidos)
- Dr. Emmanuel Romero Santana
(Aden University / UNIR, República Dominicana)

DIAGRAMACIÓN Y MONTAJE

Dr. Carluys Suescum Coelho (CEGA)

CONTACTO EDITORIAL

reditverde@gmail.com

© 2026 REDIT - FEREDIT - Venezuela

ÍNDICE

	pp.
EDITORIAL	6
Artículos de investigación	
Taxonomías de finanzas sostenibles en América Latina y el Caribe: interoperabilidad 2020–2025 Alba Yaseni Mata Millán	9
Emprendimiento productivo desde la agricultura familiar agroecológica como praxis emergente de los saberes comunitarios ancestrales Ana Carolina Torreyes y Diana Carolina I Ascanio Torreyes	25
Ingeniería inversa para interoperabilidad de dispositivos legados y sostenibilidad industrial Yairol González Bermúdez	42
Artículos de revisión y ensayos	
Neuropedagogía y formación ambiental del profesorado de Biología: revisión exploratoria con implicaciones para Guantánamo, Cuba Mario Chibás Creagh	56
Visión ambiental transcompleja en la construcción de una ecotopía de negocios sostenibles Mirtha Yudith Montilla Rondón	72

REDIT VERDE
Revista de Ambiente y Sostenibilidad
Red de Investigadores de la Transcomplejidad (REDIT)
Vol. 1 (1). Enero-Junio 2026

EDITORIAL

Con la publicación del volumen 1, número 1 (enero-junio de 2026), REDIT VERDE: Revista de Ambiente y Sostenibilidad inicia formalmente su trayectoria. La revista nace como un espacio científico, crítico y plural para examinar los problemas ambientales contemporáneos. Este número inaugural constituye, a un tiempo, un punto de partida institucional y una declaración de propósito: contribuir, mediante la investigación, la reflexión y el diálogo de saberes, a una comprensión rigurosa de la sostenibilidad como desafío civilizatorio, epistemológico y ético.

Adscrita a la Red de Investigadores de la Transcomplejidad (REDIT) y editada por FEREDIT, REDIT VERDE asume una vocación latinoamericana, caribeña e internacional. Su carácter de revista científica arbitrada, electrónica, semestral y de acceso abierto responde a una convicción esencial: el conocimiento ambiental no debe permanecer recluido en circuitos cerrados de circulación académica, sino democratizarse, someterse al contraste y ponerse al servicio de las comunidades científicas, educativas, profesionales y sociales comprometidas con la vida. La revista se concibe, por ello, como un foro de difusión, debate y construcción colectiva del saber, abierto a investigaciones, revisiones, ensayos y reflexiones que amplíen, desde diversos campos del conocimiento, el horizonte de las ciencias ambientales, la sostenibilidad y la transcomplejidad.

La identidad editorial de REDIT VERDE se sustenta en una comprensión amplia de lo ambiental. Aunque los indicadores, las emisiones, las normas técnicas y la eficiencia productiva constituyen dimensiones ineludibles, la crisis ecológica contemporánea no se agota en ellas. Es, en un plano más profundo, una crisis de relaciones: entre el ser humano y la naturaleza; entre los sistemas económicos y los límites ecológicos; entre la ciencia y los saberes situados; entre la educación y la conciencia planetaria; y entre las organizaciones y su responsabilidad histórica. Ante esta complejidad, la transcomplejidad ofrece un horizonte fecundo para superar la fragmentación disciplinaria y articular ciencia, ética, territorio, tecnología, economía, comunidad y espiritualidad.

El número inaugural materializa esta amplitud. Más que una afinidad temática superficial, los trabajos comparten una interrogante decisiva: cómo transformar nuestros modos de financiar, producir, innovar, educar, gestionar y habitar el mundo. La investigación

sobre taxonomías de finanzas sostenibles en América Latina y el Caribe destaca la necesidad de infraestructuras institucionales capaces de orientar el capital hacia actividades ambientalmente responsables, a la vez que identifica brechas de interoperabilidad, verificación y coherencia regional. El estudio muestra que la sostenibilidad financiera demanda algo más que voluntad declarativa: requiere criterios científicos, gobernanza efectiva, credibilidad transfronteriza y articulación entre los marcos nacionales y regionales.

En diálogo con esa escala institucional, el artículo dedicado al emprendimiento productivo desde la agricultura familiar agroecológica dirige la mirada hacia el territorio, la comunidad y los saberes ancestrales. La sostenibilidad deja allí de ser una categoría abstracta para expresarse como praxis cotidiana en la regeneración del suelo, la biodiversidad, los bioinsumos, el policultivo, la lombricultura, la autonomía familiar y la ética del trabajo comunitario. El trabajo pone de relieve que la transición sostenible no se decreta solo mediante normas, taxonomías o políticas públicas: también se cultiva en las unidades productivas familiares, las memorias agrícolas, la cooperación comunitaria y la resistencia a reducir la naturaleza a un mero recurso económico.

La dimensión tecnológica está representada por la investigación sobre ingeniería inversa aplicada a dispositivos legados y sostenibilidad industrial. Innovar de manera sostenible no siempre supone acelerar la sustitución, adquirir nuevos equipos o adoptar sin examen soluciones propietarias. También puede consistir en recuperar dispositivos, asegurar su interoperabilidad, prolongar su vida útil, fortalecer la soberanía tecnológica y reducir los residuos electrónicos. Al proponer una metodología para integrar hardware legado en arquitecturas modernas de control, el artículo sitúa la economía circular en el núcleo de la modernización industrial y recuerda que la eficiencia técnica es inseparable de la responsabilidad ambiental.

La revisión exploratoria sobre neuropedagogía y formación ambiental del profesorado de Biología, con implicaciones para Guantánamo, Cuba, aporta otra dimensión al número: la educativa. El artículo examina un campo emergente en el que formar docentes no se limita a transmitir contenidos ecológicos, sino que supone movilizar la atención, la emoción, la memoria, la motivación y el vínculo afectivo con la naturaleza. Su aporte central radica en mostrar que la conciencia ambiental se construye pedagógicamente y que los currículos requieren intervenciones contextualizadas, metodológicamente sólidas y sensibles a las realidades ecológicas locales.

El ensayo sobre la visión ambiental transcompleja en la construcción de una ecotopía de negocios sostenibles aporta, por último, una clave epistémica que recorre el conjunto del número. Frente a las concepciones instrumentalistas de la gestión ambiental, propone comprender los negocios sostenibles como ecotopías viables: sistemas situados, dialógicos, recursivos y auto-eco-organizados que integran naturaleza, cultura, economía, gerencia y espiritualidad. Esta perspectiva invita a desplazar el énfasis desde la mitigación mínima del daño hacia la regeneración activa de la vida, mediante dimensiones ontológicas, epistemológicas, axiológicas y praxiológicas que enriquecen el debate sobre la responsabilidad de las organizaciones.

Considerados en conjunto, los cinco trabajos trazan una agenda inaugural coherente con la misión de REDIT VERDE. En ella convergen las finanzas sostenibles, la agricultura familiar agroecológica, la economía circular industrial, la formación ambiental docente y el pensamiento transcomplejo aplicado a los negocios. Lejos de constituir una dispersión, esta diversidad refleja la complejidad propia del campo ambiental. América Latina y el Caribe aparecen no solo como espacios de vulnerabilidad socioecológica, sino también como territorios de producción conceptual, innovación situada, resistencia comunitaria y diálogo transdisciplinario con proyección internacional.

Este primer número sostiene que la sostenibilidad no puede reducirse a un lenguaje de cumplimiento ni a una etiqueta de legitimación. Reclama responsabilidad científica, justicia ambiental, ética editorial, rigor metodológico y un compromiso genuino con la transformación social. REDIT VERDE asume ese desafío mediante una práctica editorial seria, transparente y exigente: receptiva a la pluralidad de enfoques y, al mismo tiempo, firme en la defensa de la calidad académica, la originalidad, la integridad intelectual y la pertinencia de cada contribución.

Con esta edición inaugural, convocamos a investigadores, docentes, profesionales, estudiantes de posgrado, posdoctorandos, gestores, comunidades académicas y redes de conocimiento a participar activamente en este espacio. REDIT VERDE se ofrece como plataforma para quienes piensan el ambiente desde la ciencia y desde la vida; para quienes comprenden que la sostenibilidad exige datos, teorías, métodos y tecnologías, pero también conciencia, sensibilidad, cooperación y horizonte ético. La revista emprende su andadura con una certeza: publicar conocimiento ambiental riguroso constituye también una forma de cuidar, interpelar y transformar el mundo que compartimos.

Car-Emyr Suescum Coelho

REDIT VERDE
Revista de Ambiente y Sostenibilidad
Red de Investigadores de la Transcomplejidad (REDIT)
Vol. 1 (1). Enero-Junio 2026

Artículo de investigación

Taxonomías de finanzas sostenibles en América Latina y el Caribe: interoperabilidad 2020–2025

Alba Yaseni Mata Millán
Universidad de los Andes
Mérida, Venezuela
mataalba21@gmail.com
https://orcid.org/0009-0009-4788-5575

RECIBIDO: *30-04-2026* / **ACEPTADO:** *01-06-2026* / **PUBLICADO:** *15-07-2026*

Cómo citar: Mata Millán, A. Y. (2026). Taxonomías de finanzas sostenibles en América Latina y el Caribe: interoperabilidad 2020–2025. *REDIT VERDE. Revista de Ambiente y Sostenibilidad*, 1 (1), 09-24.

Resumen

El artículo presenta un análisis comparativo de las taxonomías de finanzas sostenibles implementadas en Colombia, México, Panamá, Costa Rica, República Dominicana, Chile y Brasil durante el quinquenio 2020–2025. Su objetivo es evaluar la cohesión de sus marcos conceptuales, la profundidad de los criterios ambientales, sociales y de gobernanza (ASG) y su grado de convergencia con el Marco Común de Taxonomías para América Latina y el Caribe (ALC) de 2023. La investigación que dio origen al artículo adopto un paradigma cualitativo con diseño documental-comparativo, fundamentado en un muestreo intencional de 21 fuentes de autoridad institucional. El análisis se estructuró mediante una matriz comparativa de seis dimensiones que evalúa desde la gobernanza legal hasta la alineación con estándares internacionales como ISSB. Los hallazgos revelan la presencia de un anacronismo de vanguardia, donde la robustez de los marcos pioneros contrariamente dificulta su alineación formal con el estándar regional posterior. Asimismo, se caracteriza la huella digital taxonómica de cada jurisdicción como una respuesta a vulnerabilidades productivas específicas, articulando simultáneamente cuatro brechas sistémicas: asimetría temporal, fragmentación social, voluntariedad normativa y carencia de verificación, que condicionan la interoperabilidad regional. Se concluye que, si bien la región ha consolidado una infraestructura institucional destacable dentro del Sur Global, el éxito de esta arquitectura depende de una integración retroactiva que transforme la voluntad política en una herramienta de mercado con fuerza vinculante y credibilidad transfronteriza.

Palabras clave: criterios ASG; finanzas sostenibles; interoperabilidad regional; política financiera; taxonomías verdes.

Taxonomies of sustainable finance in Latin America and the Caribbean: interoperability 2020–2025

Abstract

This article presents a comparative analysis of sustainable finance taxonomies implemented in Colombia, Mexico, Panama, Costa Rica, the Dominican Republic, Chile, and Brazil during the five-year period 2020–2025. Its objective is to evaluate the cohesion of their conceptual

frameworks, the depth of their environmental, social, and governance (ESG) criteria, and their degree of convergence with the 2023 Common Framework of Taxonomies for Latin America and the Caribbean (LAC). The research that gave rise to this article adopts a qualitative paradigm with a documentary-comparative design, based on a purposive sample of 21 authoritative institutional sources. The analysis was structured using a comparative matrix of six dimensions that evaluates aspects ranging from legal governance to alignment with international standards such as the ISSB. The findings reveal a kind of anachronism of cutting-edge design, where the robustness of the pioneering frameworks, conversely, hinders their formal alignment with the subsequent regional standard. Furthermore, the taxonomic digital footprint of each jurisdiction is characterized as a response to specific productive vulnerabilities, simultaneously articulating four systemic gaps: temporal asymmetry, social fragmentation, regulatory voluntariness, and lack of verification, which condition regional interoperability. It is concluded that, while the region has consolidated a remarkable institutional infrastructure within the Global South, the success of this architecture depends on retroactive integration that transforms political will into a market tool with binding force and cross-border credibility.
Keywords: green taxonomies; sustainable finance; regional interoperability; ESG criterio; financial policy.

Introducción

La transición hacia economías bajas en carbono representa uno de los desafíos más complejos del siglo XXI. Los bonos verdes, sociales y sostenibles crecieron del 9,3% de las emisiones de bonos en ALC en 2020 a casi el 35% en 2023 (Organisation for Economic Co-operation and Development [OCDE], 2024), consolidándose como el instrumento financiero de mayor dinamismo en la región. Sin embargo, ningún país de América Latina y el Caribe (ALC) alcanzó un nivel "muy alto" en el Índice de Finanzas Sostenibles 2024 (Grupo de Financiamiento Climático para Latinoamérica y el Caribe, GFLAC, 2024) y los ingresos por actividades intensivas en carbono superan en 19 veces al financiamiento climático regional.

En este contexto, las taxonomías de finanzas sostenibles constituyen instrumentos de clasificación que establecen, con base científica, qué actividades económicas son ambientalmente sostenibles. Su proliferación en ALC impulsada por el Marco Común Regional de julio de 2023 (Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente, PNUMA, 2023) y marcos nacionales de Colombia (2022), México (2023), Panamá, Costa Rica y República Dominicana (2024), han consolidado un ecosistema institucional destacable dentro del Sur Global.

El volumen de publicaciones sobre finanzas sostenibles muestra un crecimiento sostenido desde 1990, con un coeficiente de determinación R^2=0,85 que confirma la aceleración reciente del campo (Muñoz-Muñoz et al., 2025), aunque la producción arbitrada sobre taxonomías en ALC permanece escasa. El antecedente más directo es Vega et al (2024) que analiza comparativamente los marcos de la UE, Colombia, México, Panamá y

República Dominicana, pero su alcance temporal se detiene en la fase de lanzamiento, sin evaluar la evolución ni la alineación con el Marco Común de 2023. Esa brecha define la contribución del presente artículo.

Las finanzas sostenibles integran criterios ambientales, sociales y de gobernanza (ASG) en las decisiones financieras. Los firmantes de los Principios para la Inversión Responsable alcanzan los 5.261 signatarios en 2025, gestionando USD 139,6 billones en activos y representando más de la mitad de los activos institucionales a nivel mundial (Principles for Responsible Investment, PRI, 2025). Sin embargo, esta expansión coexiste con una debilidad estructural: la correlación promedio entre las principales calificadoras ASG oscila entre el 38% y el 71%, lo que introduce incertidumbre en las decisiones de inversión y evidencia la necesidad de sistemas de clasificación robustos como las taxonomías (Berg et al., 2022). El referente fundacional es el Reglamento (UE) 2020/852 (Comisión Europea, 2020), cuyo principio de No Daño Significativo (DNSH) fue adoptado por los marcos latinoamericanos.

El Marco Común de Taxonomías para ALC, lanzado el 03 de julio de 2023 en Ciudad de Panamá (PNUMA, 2023; Comisión Económica para América Latina y el Caribe, CEPAL, 2023) establece seis principios rectores: interoperabilidad global, contribución material con enfoque DNSH, definiciones de base científica, facilitación de transiciones creíbles en sectores de altas emisiones, dinamismo en la revisión y gobernanza transparente. Está focalizado en objetivos climáticos, postergando para fases futuras los objetivos sociales más amplios. De ahí que el objetivo del artículo es analizar comparativamente las taxonomías de finanzas sostenibles adoptadas en ALC entre 2020 y 2025, evaluando su coherencia conceptual, integración de criterios ASG y alineación con el Marco Común Regional.

Metodología

La investigación que dio origen al artículo se ubica en el paradigma cualitativo, con diseño documental comparativo. El objeto de estudio (marcos de política pública financiera de alta densidad técnica) determina la estrategia: no se resumen estudios primarios, sino que se analiza un conjunto acotado y autorizado de instrumentos regulatorios. La metodología se articula en tres niveles: descriptivo (caracterización de cada marco), analítico (interpretación de la arquitectura ASG) y comparativo (identificación de convergencias y brechas respecto al Marco Común de 2023). La unidad de análisis son los marcos oficiales de Colombia, México, Panamá, Costa Rica, República Dominicana, Chile

y Brasil, examinados en el período enero 2020 – diciembre 2025. Sin embargo, la búsqueda y verificación documental cerró definitivamente el 31 de marzo de 2026; por tanto, el análisis comparativo subsecuente no incorpora estructuras técnicas, decretos sectoriales ni hojas de ruta publicados con posterioridad a esa fecha.

La selección documental sigue un muestreo intencional por criterios (purposive sampling), modalidad validada cuando el objetivo es la profundidad analítica antes que la representatividad estadística (Martínez-Salgado, 2012; Patton, 2002). Se aplicaron tres criterios articulados. Criterio 1. Autoridad institucional: documentos de reguladores nacionales (Ministerios de Hacienda, Superintendencias), organismos multilaterales del sistema ONU con mandato regional verificable (PNUD, UNEP-FI, CEPAL, BID, CAF), o artículos arbitrados con DOI verificado en Scopus, WoS, Redalyc, Scielo o Dialnet. Criterio 2. Vigencia temporal: enero 2020 – diciembre 2025, con excepción de antecedentes normativos directos anteriores a 2020. Criterio 3. Pertinencia ASG: documentos que aborden explícitamente al menos una dimensión de la matriz analítica con umbrales técnicos o criterios de interoperabilidad verificables.

La aplicación secuencial de estos criterios produjo un corpus documental final de 21 fuentes: 4 artículos arbitrados con DOI verificado; 1 libro metodológico; 7 documentos institucionales multilaterales; 7 documentos oficiales nacionales de los siete países y 2 informes de organismos financieros regionales. Se consolidó un corpus documental mediante el muestreo intencional por criterios que se desglosa en la Tabla 1, a continuación. Esta selección deliberada no busca la representatividad estadística, sino garantizar una saturación teórica basada en documentos oficiales y literatura arbitrada con alta trazabilidad normativa.

Tabla 1

Composición del corpus documental

Tipo de fuente	N°	Fuentes representativas	Uso analítico en el estudio
Taxonomías nacionales (documentos oficiales)	7	Min. Hacienda Colombia; SHCP México; SMV Panamá; MINAE-SUGEF Costa Rica; SIMV-MMARN Rep. Dom (Superintendencia del Mercado de Valores [SIMV] y Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales [MMARN], 2024); Min. Hacienda Chile; Min. de Fazenda Brasil.	Unidad principal de análisis. Evaluadas en las seis dimensiones de la matriz comparativa.

Documentos institucionales multilaterales	7	PNUMA; CEPAL; IFC; OCDE; SEGIB; PRI; Comisión Europea.	Marco de referencia regional e internacional. Base para los criterios DNSH e interoperabilidad (D4 y D6).
Artículos arbitrados	4	Vega et al.; Muñoz-Muñoz et al.; Berg, Kölbel y Rigobon; Martínez-Salgado.	Soporte científico del estado del arte y la fundamentación metodológica.
Informes de organismos financieros regionales	2	GFLAC, KPMG.	Contexto cuantitativo del mercado de finanzas sostenibles y riesgo de greenwashing.
Libro metodológico de referencia	1	Patton.	Justificación del muestreo intencional por criterios como estrategia de selección documental.

Nota. Elaboración propia (2026).

El instrumento central es una matriz comparativa de seis dimensiones construida ad hoc: (D1) Gobernanza y marco legal; (D2) Alcance ambiental y social; (D3) Sectores económicos con umbrales técnicos; (D4) Criterios de salvaguarda DNSH; (D5) Métricas y verificación y (D6) Interoperabilidad con el marco común ALC, Taxonomía UE e ISSB (International Sustainability Standards Board). En la Tabla 2 , seguidamente, se describen las especificaciones de diseño, los indicadores operativos y los parámetros de ponderación aplicados para la codificación documental.

Tabla 2

Matriz metodológica de indicadores por dimensión

Dimensión analítica	Indicador operacional	Evidencia documental evaluada	Criterio de valoración y escala
D1.Gobernanza y marco legal	Acto normativo, autoridad responsable, carácter voluntario/obligatorio	Decretos ejecutivos, resoluciones de ministerios de hacienda, minutas de bancos centrales u hojas de ruta de superintendencias de valores	Alta Media Baja
D2. Alcance ambiental y social	Objetivos ambientales, objetivos sociales, cobertura sectorial nacional	Secciones metodológicas principales, anexos de derechos fundamentales y capítulos de objetivos sociales de la taxonomía nacional	Alta Media Baja
D3.Sectores económicos con umbrales técnicos	Sectores con umbrales técnicos, uso de clasificación por actividades económicas	Fichas técnicas sectoriales, tablas de límites de emisiones y listados de actividades elegibles del manual taxonómico	Alta Media Baja

D4. Criterios de salvaguarda DNSH	Rigor e integración del principio DNSH en el diseño taxonómico	Protocolos de exclusión por salvaguardas operacionales, guías de cumplimiento ambiental y capítulos DNSH del marco nacional	Alta Media Baja
D5. Métricas y verificación	Sistema MRV operativo, auditorías, KPIs trazables	Manuales de divulgación para emisores, plataformas gubernamentales de reporte financiero y guías de auditoría del regulador	Alta Media Baja
D6.Interoperabilidad	Alineación Marco Común ALC, coherencia Taxonomía UE, alineación ISSB	Matrices oficiales de correspondencia, estudios de equivalencia regional y secciones de alineación del documento técnico nacional	Alta Media Baja

Nota. Elaboración propia (2026)

El análisis por dimensión se realizó mediante análisis de contenido cualitativo con registro de evidencia textual directa. La validez interna descansa en triangulación de fuentes (mínimo tres fuentes independientes por hallazgo), trazabilidad documental vía Zotero con DOI o URL verificada, y control de sesgo mediante consulta en español, inglés y portugués.

Resultados

Colombia presenta la mayor densidad institucional acumulada. Integra siete sectores con énfasis en Agricultura, Silvicultura y Otros Usos de la Tierra (AFOLU por sus siglas en inglés, Agriculture, Forestry and Other Land Uses), responsable del 59% de las emisiones nacionales, como objetivo ambiental autónomo, con criterio DNSH anclado en la contribuciones determinadas a nivel nacional (NDC por sus siglas en inglés, Nationally Determined Contributions) con una meta de 51% de reducción para 2030 (Ministerio de Hacienda y Crédito Público de Colombia, 2022).

La dimensión social es limitada en la fase 1. México introduce la innovación más significativa a nivel global en el Índice de Igualdad de Género (IIG) mide la contribución organizacional a trabajo digno, bienestar e inclusión social en escala numérica, posicionándolo como el único país con objetivo social cuantificable (Secretaría de Hacienda y Crédito Público, SHCP, 2023). Panamá construyó su arquitectura sobre los fundamentos del Marco Común (Superintendencia del Mercado de Valores,SMV, 2024), siendo el caso de mayor coherencia metodológica con el estándar regional.

Costa Rica eleva el capital natural y los servicios ecosistémicos a categorías de elegibilidad directa, conectando sus pagos por servicios ecosistémicos con los instrumentos de finanzas modernas (Ministerio de Ambiente y Energía, MINAE y Superintendencia General de Entidades Financieras, SUGEF, 2024). República Dominicana adapta los

criterios ASG a una economía insular de servicios, priorizando gestión costera y resiliencia climática (Superintendencia del Mercado de Valores, SIMV y Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales, MMARN, 2024).

Chile destaca como la pionera global al incluir el sector minero por la construcción de instrumentos de implementación y divulgación, aunque su uso mantiene carácter voluntario en la fase inicial. (Ministerio de Hacienda de Chile, 2025). Brasil publicó en noviembre de 2025 el Decreto n.º 12.705 que instituye la TSB como instrumento del Plan de Transformación Ecológica, con carácter voluntario y ocho cuadernos técnicos sectoriales que priorizan mitigación y adaptación climática, junto a reducción de desigualdades socioeconómicas con enfoque de género y raza (Ministério da Fazenda, 2025).

La consolidación de estas taxonomías nacionales opera como una condición habilitante fundamental para el desarrollo de mercados de capitales más profundos, facilitando la transparencia mediante sistemas de Monitoreo, Reporte y Verificación (MRV) que estandarizan la información climática en la región (Secretaría General Iberoamericana SEGIB, 2025).

Estas estructuras permiten que los criterios ASG se integren en la gestión de riesgos financieros con base científica, superando su carácter históricamente voluntario.

El análisis del periodo 2020–2025 permite identificar tres fases críticas en la evolución taxonómica de la región: fase de gestación (2020–2021), fase de expansión (2022–2023) y fase de consolidación (2024–2025). La Tabla 3 sintetiza este cronograma operativo.

Tabla 3

Cronología del desarrollo taxonómico en América Latina y el Caribe (2020–2025)

Fase	Periodo	Hitos y acciones clave
Gestación	2020–2021	Inicio de hoja de ruta T-MAS (Chile); actualización del Protocolo Verde (Colombia); consolidación de agenda ASG (México).
Expansión	2022–2023	Lanzamiento de la primera taxonomía del hemisferio (Colombia); publicación del IIG (México); lanzamiento del Marco Común Regional.
Consolidación	2024–2025	Publicación de marcos en Panamá, Costa Rica y Rep. Dominicana; conclusión de la T-MAS (Chile); avance de la TSB (Brasil).

Nota. Elaboración propia (2026).

La evaluación específica de la convergencia regional exige una ruptura con los sesgos interpretativos tradicionales. La jerarquización de los marcos nacionales no opera

como un listado estático de verificación formal, sino como una herramienta de transparencia metodológica. Bajo esta premisa, la Tabla 4 explicita los umbrales de cada nivel, eliminando la subjetividad del proceso clasificatorio y garantizando la replicabilidad del análisis.

Tabla 4

Rúbrica de criterios para la asignación de niveles de alineación con el Marco Común de ALC (2023)

Nivel	Definición operacional	Criterios de asignación
Alta - orgánica	El marco fue diseñado explícitamente sobre los seis principios rectores del Marco Común como arquitectura base	(1) Publicado después de julio 2023; (2) Referencia explícita al Marco Común; (3) Cobertura de los 6 principios rectores
Alta - iterativa	El marco fue desarrollado en paralelo al Marco Común, incorporando sus principios durante la fase técnica final	(1) Proceso de desarrollo iniciado antes de 2023 y concluido después; (2) Evidencia textual de incorporación de principios del Marco Común; (3) Coherencia en al menos 5 de 6 principios rectores
Media - alta	El marco respeta los lineamientos generales, pero presenta adaptaciones contextuales que tensionan algunos límites técnicos	(1) Publicado después de julio 2023; (2) Referencia al Marco Común como orientación, no como arquitectura base; (3) Coherencia en 3–4 de 6 principios rectores
Media - anacronismo de vanguardia	El marco es técnicamente robusto, pero fue publicado antes del Marco Común, lo que genera discrepancias formales por razones cronológicas, no de diseño	(1) Publicado antes de julio 2023; (2) Sin referencia al Marco Común (inexistente al momento de publicación); (3) Coherencia implícita con principios del Marco Común verificable retroactivamente

Nota. Elaboración propia (2026).

Al filtrar los marcos nacionales por los seis principios rectores del Marco Común, emerge una jerarquía de alineación determinada principalmente por el momento de desarrollo. Panamá y Costa Rica exhiben alineación alta y orgánica: sus marcos fueron diseñados con el Marco Común como referencia primaria. República Dominicana muestra alineación media-alta con adaptaciones insulares que tensionan algunos umbrales técnicos.

México y Colombia exhiben lo que este estudio denomina anacronismo de vanguardia: publicados 4 y 15 meses antes del Marco Común respectivamente, sus divergencias formales reflejan precedencia temporal y no debilidad de diseño. Además, la innovación social de México (el IIG) carece de correlato en un Marco Común estrictamente enfocado en objetivos climáticos (PNUMA, 2023).

Chile presenta alineación alta por diseño iterativo: su proceso 2020–2025 incorporó en tiempo real los principios del Marco Común. Brasil es la variable más determinante: su decisión sobre la TSB definirá la viabilidad de la interoperabilidad regional. La aplicación de la matriz de seis dimensiones permitió caracterizar la "huella digital" de cada jurisdicción. En la Tabla 5 se presenta el análisis comparativo del enfoque ASG y el nivel de alineación técnica respecto al estándar regional de 2023.

Tabla 5

Análisis comparativo de dimensiones ASG y alineación con el Marco Común

País	Enfoque sectorial y ambiental	Innovación / dimensión social	Nivel de alineación
Colombia	Énfasis en Biodiversidad y Uso del Suelo.	Limitada en fase inicial.	Media (Anacronismo de vanguardia)
México	Agenda ASG consolidada en 6 sectores.	IIG: Objetivo social cuantificable (Trabajo digno/Género).	Media (Anacronismo de vanguardia)
Panamá	Arquitectura basada en principios regionales.	Pionera en Finanzas Azules (Océanos).	Alta (Orgánica)
Costa Rica	Capital natural y servicios ecosistémicos.	Alineación con su Plan Nacional de Descarbonización.	Alta (Orgánica)
Rep. Dom.	Resiliencia costera y economía de servicios.	Adaptación climática para Estados Insulares.	Media-Alta
Chile	Pionera global con sector minería incluido	Primera en ALC con hoja de ruta normativa explícita	Alta (Iterativa)
Brasil	Tensión agroindustrial vs. Protección amazónica	Primera taxonomía con objetivo explícito de reducción de desigualdades raciales y de género	Media-alta

Nota. Elaboración propia (2026).

Como se observa en los datos presentados, emerge una jerarquía de alineación determinada por la cronología de lanzamiento. Los marcos de Panamá y Costa Rica exhiben una alineación alta al utilizar el Marco Común como referencia primaria. En contraste, Colombia y México presentan un anacronismo de vanguardia, donde la robustez de sus diseños pioneros (anteriores al consenso regional) genera divergencias formales que no comprometen su calidad técnica, pero sí plantean desafíos para la interoperabilidad regional inmediata.

La alineación de los activos con las definiciones taxonómicas no solo reduce el riesgo de greenwashing, sino que sustenta el crecimiento del mercado de bonos verdes en la región. Para las instituciones financieras de ALC, contar con marcos técnicos robustos resulta crítico para la estructuración y ejecución de emisiones con integridad ambiental verificable (International Finance Corporation, IFC, 2024).

Discusión

El análisis comparativo revela que la región no carece de voluntad técnica, sino que enfrenta cuatro brechas sistémicas interconectadas. La brecha de asimetría temporal es la más singular: los marcos más robustos (Colombia y México) son los de menor alineación formal con el Marco Común de 2023 por razones estrictamente cronológicas. Esto no indica debilidad de diseño (su arquitectura está más desarrollada que la de marcos posteriores) sino la contradicción de que la innovación nacional precede al consenso multilateral. La solución no es desmantelar, sino construir protocolos de equivalencia y reconocimiento mutuo.

Con la publicación del Decreto n.º 12.705 (noviembre 2025), Brasil superó la fase de omisión normativa que representaba el mayor riesgo latente para la interoperabilidad del bloque (Ministério da Fazenda, 2025). Sin embargo, la TSB da cabida a una nueva incertidumbre: su carácter voluntario, la pendiente validación de sus ocho cuadernos técnicos sectoriales frente a los principios del Marco Común de ALC y la innovación social que introduce (la primera taxonomía con objetivos raciales y de género) la posicionan como un marco regional de vanguardia.

La fragmentación de la dimensión social compromete la credibilidad del sistema ASG regional: México cuantifica el género, Chile lo trata como salvaguarda y otros países lo incluyen como criterio mínimo. Sin una base mínima comparable, la ‘S’ de ASG puede ser percibida como agregado decorativo por los mercados internacionales (Vega et al., 2024). El vacío de vinculación jurídica es la brecha más peligrosa para la integridad del sistema: todos los marcos son voluntarios.

El número de acusaciones de greenwashing aumentó un 21,1% a nivel global entre 2022 y 2023 (KPMG, 2024), evidenciando que la voluntariedad sin verificación crea condiciones para prácticas que desacreditan el mercado sostenible. La ausencia de verificación independiente cierra el cuadro: ninguna región cuenta con auditoría técnica plenamente operativa; las taxonomías funcionan bajo autoasignación de etiquetas.

Frente a estas brechas, los hallazgos también revelan una fortaleza subestimada: la huella digital taxonómica de cada jurisdicción no es fragmentación, es diversidad soberana. El AFOLU colombiano, el IIG mexicano, el capital natural costarricense, la resiliencia insular dominicana y la minería sostenible chilena son respuestas contextualizadas a vulnerabilidades climáticas específicas. Un sistema regional que gestione esta diversidad con inteligencia política será más resiliente que uno que imponga homogeneidad.

El uso del Marco Común de Taxonomías ALC busca mitigar esta dispersión mediante la armonización de criterios mínimos, condición esencial para que los emisores locales accedan a mercados internacionales bajo estándares de certificación reconocidos (IFC, 2024). La integración efectiva de las dimensiones ASG bajo una lógica regional permitiría escalar el impacto de estas herramientas, transformándolas en motores reales de la transición energética y la resiliencia climática en la región (SEGIB, 2025).

Las implicaciones de política son directas. Primero, el Marco Común de ALC requiere una estrategia de integración retroactiva que valide los marcos pre-2023 mediante protocolos de equivalencia. Segundo, es urgente establecer un piso mínimo comparable de criterios sociales que otorgue certidumbre transfronteriza a los inversionistas. Tercero, un sistema de verificación independiente (análogo a la Directiva de Informes de Sostenibilidad Corporativa (CSRD) europea) es la condición sine qua non para la credibilidad del mercado sostenible latinoamericano. A continuación, se presentan la Tabla 6 la cual detalla las implicaciones diferenciadas para actores cuya acción coordinada determina la viabilidad del ecosistema taxonómico en ALC.

Tabla 6

Implicaciones diferenciadas para actores del sistema financiero regional

Bloque funcional	Actores clave	Implicación central y brecha asociada	Acción propuesta
Gobernanza y Regulación	Reguladores y Organismos multilaterales	La asimetría temporal entre los marcos pioneros (Colombia/México) y el Marco Común de ALC de 2023 genera inseguridad transfronteriza (Brecha 1)	Diseñar protocolos de equivalencia retroactiva y mecanismos de reconocimiento mutuo sin exigir el rediseño estructural de las normas vigentes
Mercado y Arquitectura Financiera	Emisores, Bancos y Bolsas de valores	La fragmentación social, la falta de interoperabilidad (Brecha 2) y la naturaleza voluntaria de los marcos impiden mitigar eficazmente el riesgo climático (Brecha 3)	Adoptar el Marco Común ALC en bonos GSSS; replicar pilotos de monitoreo en carteras comerciales y exigir

			alineación como condición de cotización
Garantía y Gestión de Demanda	Aseguradoras, Verificadores e Inversionistas	La ausencia de sistemas de verificación independiente y esquemas MRV operativos limita la comparabilidad homogénea de los activos (Brecha 4)	Validar cuadernos técnicos sectoriales, estructurar estándares de auditoría basados en el criterio DNSH y condicionar los mandatos de inversión institucional

Nota. Elaboración propia (2026).

Bajo esta perspectiva holística, la efectividad del sistema taxonómico regional depende de la acción articulada de todos los actores identificados. El verdadero avance radica en la capacidad de consolidar incentivos donde las salvaguardas ambientales y las metas de descarbonización dejen de ser opciones corporativas aisladas para transformarse en el estándar de legitimidad del mercado. Así, las taxonomías adquieren su verdadera dimensión institucional, consolidándose no un documento técnico sino un contrato implícito entre el Estado, el mercado y la sociedad civil para salvaguardar el porvenir productivo regional.

Conclusiones

El análisis comparativo de los siete marcos taxonómicos permite concluir que existe analogía en las narrativas de sostenibilidad, pero discrepancia estructural en los criterios ASG y en la interoperabilidad efectiva con el Marco Común de 2023. Los tres principales hallazgos dan cuenta de ello. Primero, el anacronismo de vanguardia; los marcos pioneros presentan menor alineación formal precisamente por su carácter precursor, contraste que demanda protocolos de equivalencia antes que rediseño.

Segundo, la huella digital taxonómica; cada jurisdicción construyó un marco que refleja sus debilidades específicas y que, bien gestionado, constituye una ventaja comparativa regional. Tercero, la articulación de cuatro brechas críticas: asimetría temporal, fragmentación social, voluntariedad sin vínculo jurídico y ausencia de verificación, configura la hoja de ruta para que las taxonomías se conviertan en instrumentos de transformación económica real.

Para fortalecer la arquitectura regional resulta imperativo: (a) que el Marco Común de ALC diseñe una estrategia de integración retroactiva para marcos pre-2023; (b)

establecer un piso mínimo comparable de criterios sociales; y (c) crear un sistema regional de verificación análogo a la CSRD europea.

Se reconoce limitaciones estructurales que acotan su alcance y abren líneas de investigación futura. La primera es el recorte temporal y geográfico; el análisis cubre el período 2020–2025 y siete jurisdicciones. Paraguay, Perú y Ecuador se encuentran en fases iniciales de desarrollo taxonómico, dejando para futuros estudios la integración de estos mercados a medida que maduren sus arquitecturas normativas.

Por otra parte, la focalización en fuentes de carácter estrictamente oficial asegura el rigor del diseño cualitativo comparativo adoptado, asumiendo de manera deliberada la brecha existente entre el diseño regulatorio declarado y la dinámica operativa real que solo una aproximación empírica mediante entrevistas con reguladores y actores financieros podría aclarar.

Esta misma naturaleza documental explica la imposibilidad de medir empíricamente los flujos de capital alineados, una restricción vinculada al carácter mayoritariamente voluntario de los marcos regionales. La ausencia de sistemas de Monitoreo, Reporte y Verificación (MRV) plenamente funcionales impide establecer vínculos causales sobre el financiamiento verde movilizado, vacío que comenzará a cerrarse cuando los mercados adopten de forma gradual y obligatoria indicadores estandarizados como el Índice de Activos Verdes (GAR), la proporción de CapEx corporativo alineado o los registros en la Plataforma de Transparencia de Bonos Verdes (GBTP).

Finalmente, la aplicación cualitativa de la matriz de seis dimensiones asume con reflexividad metodológica que toda categorización conceptual conlleva un componente interpretativo; sin embargo, la replicabilidad del ejercicio descansa en la transparencia del protocolo y la trazabilidad del corpus documental.

El mapeo comparativo ejecutado trasciende el diagnóstico estático para constituirse en el andamiaje de una agenda investigativa en pleno desarrollo. Lejos de representar un catálogo de asignaturas pendientes, las brechas detectadas configuran futuras líneas de investigación que habilitan la generación de estudios empíricos y cualitativos sobre la arquitectura financiera regional.

Una primera línea de investigación se orienta al examen empírico del mercado de deuda etiquetada, donde la progresiva activación de las plataformas MRV permitirá medir el impacto real sobre los bonos GSSS. Esta línea facilitará la tasación de un greenium (prima verde) verificable y la atracción de fondos internacionales mediante el rastreo de

métricas como el GAR en los balances bancarios, la evolución del CapEx corporativo alineado y el comportamiento de las emisiones registradas en la Plataforma de Transparencia de Bonos Verdes (GBTP).

Además, una línea de investigación sobre la comparación sistemática de criterios DNSH por sector económico podría analizar, por ejemplo, si los umbrales de emisiones de CO_2 para el sector transporte en Colombia son comparables con los de México o Chile, y en qué medida las divergencias generan arbitraje regulatorio entre economías de la región.

Resulta igualmente necesario desplazar la mirada regulatoria estatal hacia las dinámicas de la banca de desarrollo, las entidades comerciales y las aseguradoras, descifrando cómo estos intermediarios asimilan las estructuras taxonómicas en sus políticas de gestión de riesgos climáticos y en el codiseño de portafolios verdes. Esta aproximación se conecta directamente con el examen de los esquemas de aseguramiento de información, tomando como espejo las lecciones europeas vinculadas al reglamento CSRD y a firmas acreditadas como Iniciativa de Bonos Climáticos (CBI) o Det Norske Veritas (DNV), con el propósito de perfilar un modelo de auditoría independiente adaptado a la realidad institucional latinoamericana.

Una línea de investigación estratégica sobre el análisis de interoperabilidad de las arquitecturas nacionales con las Normas Internacionales de Información de Sostenibilidad (NIIF S1/S2) y la Norma Internacional de Encargos de Aseguramiento 5000 (ISSA 5000), esta brecha es especialmente relevante para los emisores que buscan acceder a mercados internacionales de capital, donde la alineación con NIIF S1/S2 e ISSA 5000 se perfila como condición de admisión en los próximos años. Estructurar rutas de equivalencia entre las taxonomías nacionales de ALC y estos pilares globales definirá la viabilidad de la integración regional en los mercados transfronterizos.

En cinco años, ALC edificó un ecosistema taxonómico, que ha tenido una rápida adopción de marcos regionales y por la existencia de un Marco Común articulador. El desafío inmediato no radica en expandir la construcción, sino en tejer las conexiones que doten de sentido sistémico a lo ya existente bajo la urgencia de la crisis climática.

Declaración ética y uso de Inteligencia Artificial

En la elaboración de este manuscrito se emplearon herramientas de inteligencia artificial (Google Gemini y Claude AI de Anthropic) para generar resúmenes preliminares, apoyar la revisión de redacción, ortografía y traducción. La autora ha verificado todos los datos, fuentes y hallazgos, y asume plena responsabilidad por el contenido del manuscrito.

Conflicto de Intereses

La autora declara que no existen conflictos de intereses relacionados con el artículo y que todos los procedimientos seguidos cumplen con los estándares éticos establecidos por REDIT Verde. Asimismo, confirma que este trabajo es original e inédito y no ha sido publicado, ni parcial ni totalmente, en ninguna otra publicación.

Referencias

Berg, F., Kölbel, J. F., & Rigobon, R. (2022). Aggregate Confusion: The Divergence of ESG Ratings. *Review of Finance*, 26(6), 1315-1344. https://doi.org/10.1093/rof/rfac033

Comisión Económica para América Latina y el Caribe. (2023). *Evento de lanzamiento del Grupo de Taxonomías y Finanzas Sostenibles de LAC*. https://www.cepal.org/es/eventos/evento-lanzamiento-grupo-taxonomias-finanzas-sostenibles-lac

Comisión Europea. (2020). *Reglamento (UE) 2020/852 del Parlamento Europeo y del Consejo*, de 18 de junio de 2020, relativo al establecimiento de un marco para facilitar las inversiones sostenibles. https://eur-lex.europa.eu/legal-content/ES/TXT/?uri=CELEX:32020R0852

Grupo de Financiamiento Climático para Latinoamérica y el Caribe. (2024). *Índice de Finanzas Sostenibles 2024*. https://www.sustainablefinance4future.org/_files/ugd/32948d_b321b456ac084d58889cdf45b19ffc46.pdf.

International Finance Corporation. (2024). *Preparing for green bond issuances: A manual for financial institutions in Latin America and the Caribbean. IFC Green Bond Technical Assistance Program*. https://www.ifc.org/content/dam/ifc/doc/2024/preparing-for-green-bond-issuances-manual-for-fis-in-lac-es.pdf

KPMG. (2024). *Greenwashing: análisis regulatorio internacional*. https://www.tendencias.kpmg.es/2024/12/greenwashing-panorama-regulatorio-internacional/

Martínez-Salgado, C. (2012). El muestreo en investigación cualitativa: principios básicos y algunas controversias. *Ciência & Saúde Coletiva*, 17(3), 613–619. https://doi.org/10.1590/S1413-81232012000300006

Ministerio de Ambiente y Energía y Superintendencia General de Entidades Financieras. (2024). *Taxonomía de Finanzas Sostenibles de Costa Rica (1.ª ed*.). UNEP FI; Gobierno de Costa Rica. https://www.unepfi.org/publications/taxonomia-de-finanzas-sostenibles-de-costa-rica/

Ministério da Fazenda. (2025). *Taxonomia Sustentável Brasileira. Governo Federal do Brasil.* https://www.gov.br/fazenda/pt-br/orgaos/spe/taxonomia-sustentavel-brasileira

Ministerio de Hacienda de Chile. (2025). *Sistema de Clasificación o Taxonomía de Actividades Económicas Medioambientalmente Sostenibles de Chile (T-MAS). Oficina de Finanzas Internacionales*. https://www.hacienda.cl/areas-de-trabajo/finanzas-internacionales/finanzas-sostenibles/taxonomia-para-actividades-economicas-medioambientalmente-sostenibles/documentos/sistema-de-clasificacion-o-taxonomia-de-actividades-economicas

Ministerio de Hacienda y Crédito Público de Colombia. (2022). *Taxonomía Verde de Colombia (1.ª ed*). https://www.taxonomiaverde.gov.co

Muñoz-Muñoz, E., Crespo-Cebada, E., Corchado, J. C., & Díaz-Caro, C. (2025). Behavior and sustainable finance: A bibliometric approach. *Administrative Sciences*, 15(7), 270. https://doi.org/10.3390/admsci15070270

Organisation for Economic Co-operation and Development. (2024). *The surge of Green, Social, Sustainability and Sustainability-linked (GSSS) bonds in Latin America and the Caribbean: Facts and policy implications*. OECD Development Policy Papers, No. 56. https://doi.org/10.1787/f1c893a3-en

Patton, M. Q. (2002). Qualitative research and evaluation methods (3.ª ed.). *SAGE Publications*.

Principles for Responsible Investment. (2025). *Annual report 2025*. https://www.unpri.org/about-PRI/annual-report

Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente [PNUMA]. (2023). *Marco Común de Taxonomías de Finanzas Sostenibles para América Latina y el Caribe*. UNEP Finance Initiative. https://www.unepfi.org/publications/common-framework-for-sustainable-finance-taxonomies-for-latin-america-and-the-caribbean

Secretaría de Hacienda y Crédito Público. (2023). *Taxonomía Sostenible de México (1ª. ed.).* Gobierno de México; CNBV; Banco de México. https://www.finanzassostenibles.hacienda.gob.mx/es/finanzassostenibles/taxonomia

Secretaría General Iberoamericana. (2025). *Finanzas sostenibles en Iberoamérica*. https://www.segib.org/wp-content/uploads/2025/09/Estudio-Finanzas-Sostenibles-en-Iberoamerica.pdf

Superintendencia de Bancos de Panamá, Superintendencia del Mercado de Valores de Panamá, Superintendencia de Seguros y Reaseguros de Panamá, Ministerio de Ambiente, & Ministerio de Economía y Finanzas. (2024). *Taxonomía de Finanzas Sostenibles de Panamá. Iniciativa Financiera del Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (UNEP FI).* https://www.unepfi.org/wordpress/wp-content/uploads/2024/03/Taxonomia-de-Finanzas-Sostenibles-de-Panama.pdf

Superintendencia del Mercado de Valores de la República Dominicana, & Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales. (2024). *Taxonomía Verde de la República Dominicana*. https://simv.gob.do/normativas/taxonomia-verde-rd

Vega, D., Patiño, I., & Solaun, K. (2024). Taxonomías para finanzas sostenibles. Un enfoque comparado Europa-Latinoamérica. *Ekonomiaz*, 106, 43-82. https://doi.org/10.69810/ekz.1482

REDIT VERDE
Revista de Ambiente y Sostenibilidad
Red de Investigadores de la Transcomplejidad (REDIT)
Vol. 1 (1). Enero-Junio 2026

Artículo de investigación

Emprendimiento productivo desde la agricultura familiar agroecológica como praxis emergente de los saberes comunitarios ancestrales

Ana Carolina Torreyes
Universidad Nacional Experimental Simón Rodríguez
Apure, Venezuela
actjuvencia1@gmail.com
https://orcid.org/0009-0009-2874-0143

Diana Carolina I Ascanio Torreyes
Universidad Nacional Experimental Simón Rodríguez
Apure, Venezuela
ascaniodiana19@gmail.com
https://orcid.org/0009-0001-8461-2092

RECIBIDO: *27-04-2026* / **ACEPTADO:** *01-06-2026* / **PUBLICADO:** *15-07-2026*

Cómo citar: Torreyes, A. & Ascanio Torreyes, D. C. (2026). Emprendimiento productivo desde la agricultura familiar agroecológica como praxis emergente de los saberes comunitarios ancestrales. *REDIT VERDE. Revista de Ambiente y Sostenibilidad*, 1 (1), 25-41.

Resumen

Este artículo científico fundamenta el emprendimiento productivo como manifestación de la agricultura familiar agroecológica en espacios comunitarios, abordando la importancia actual de los sistemas alimentarios sostenibles que se sustentan en respeto a la biodiversidad, uso de bio-insumos y regeneración de suelos mediante la gestión consciente de los recursos naturales con una visión ética del trabajo comunitario. Su propósito es comprender el emprendimiento productivo desde la agricultura familiar agroecológica como praxis emergente de los saberes comunitarios ancestrales, aportando una base teórica que nazca de las realidades de los actores sociales. Es producto de un estudio bajo el enfoque cualitativo, en el cauce metodológico de la fenomenología hermenéutica, se emplearon las técnicas de la entrevista a profundidad y la observación participante, utilizando como informantes clave cinco productores. Los resultados evidencian que la viabilidad económica de estos proyectos avanzan gracias a la integración de técnicas como lombricultura, policultivo, que permiten el surgimiento de mercados de proximidad que fortalecen el tejido social dentro del entorno productivo. Se concluye que el emprendimiento productivo desde la agricultura familiar agroecológica favorece la preservación del ecosistema y fortalece la autonomía económica de las unidades de producción familiar, logrando el desarrollo de cultura emprendedora arraigada en la protección de la vida y el aprovechamiento responsable del entorno natural.

Palabras clave: agroecología; emprendimiento; saberes ancestrales; seguridad alimentaria; soberanía.

Productive entrepreneurship from agroecological family farming as an emerging practice of ancestral community knowledge

Abstract

This scientific article establishes the foundation of productive entrepreneurship as a manifestation of agroecological family farming in community spaces, addressing the current importance of sustainable food systems based on respect for biodiversity, the use of bio-inputs, and soil regeneration through the conscious management of natural resources with an ethical vision of community work. Its purpose is to understand productive entrepreneurship from the perspective of agroecological family farming as an emerging practice of ancestral community knowledge, providing a theoretical basis that arises from the realities of the social actors. It is the product of a qualitative study, within the methodological framework of hermeneutic phenomenology. The techniques of in-depth interviews and participant observation were employed, using five producers as key informants. The results demonstrate that the economic viability of these projects advances thanks to the integration of techniques such as vermiculture and polyculture, which allow for the emergence of local markets that strengthen the social fabric within the productive environment. It is concluded that productive entrepreneurship based on agroecological family farming promotes ecosystem preservation and strengthens the economic autonomy of family production units, fostering an entrepreneurial culture rooted in the protection of life and the responsible use of the natural environment.

Keywords: agroecology; ancestral knowledge; entrepreneurship; food security; sovereignty.

Introducción

En la actualidad, la crisis social y ambiental contemporánea ha impulsado a pensar la búsqueda de modelos que permitan el desarrollo económico sin ocasionar daños al planeta, donde la agricultura familiar agroecológica surge como una opción ecológica para enfrentar los impactos negativos que deja la agroindustria tradicional. Sin embargo, el gran desafío de estos productores es sobrevivir económicamente en mercados tan competitivos, que da origen a la desconexión teórica y práctica entre los modelos tradicionales de negocios y la realidad de los pequeños productores ecológicos, quienes luchan día a día para garantizar su sustento económico sin renunciar a sus prácticas sostenibles.

Para entender mejor este fenómeno, se sustenta en tres constructos: el primero, el emprendimiento productivo, centrado en generar utilidades, la innovación disruptiva y crecer rápido; segundo, la agricultura familiar agroecológica, que va mucho más allá de solo producir, se entiende como una forma de vida que garantiza la seguridad alimentaria, respeta la biodiversidad y protege la identidad cultural y tercero el emprendimiento productivo desde la mirada de la agricultura familiar agroecológica, bajo una visión emergente donde crear valor económico también significa recuperar la naturaleza y el

bienestar comunitario, apostando a la sostenibilidad.

Desde esta perspectiva, impulsar la economía local desde la agricultura familiar agroecológica logra transformar el trabajo de las comunidades rurales, urbanas, periurbanas en proyectos rentables y autónomos, dinámica que hace posible generar sus propios ingresos al relacionarse de manera responsable con su entorno natural, para garantizar el sustento de sus hogares y fortalecer el mercado regional con alimentos sanos nacidos de la regeneración de los suelos y libres de agrotóxicos.

A pesar de la creciente literatura sobre agroecología existe un vacío en la comprensión profunda de cómo los propios agricultores experimentan, significan y construyen sus procesos de emprendimiento, ante este panorama de desafíos económicos, culturales, ambientales, surge la necesidad de transformar las prácticas tradicionales y en consecuencia, el propósito del articulo es comprender el emprendimiento productivo desde la agricultura familiar agroecológica como praxis emergente de los saberes comunitarios ancestrales, aportando una base teórica que nazca de las realidades de los actores sociales, entendiéndolo como un modelo sostenible que dinamiza la economía local y preserva los saberes ancestrales.

Para cimentar este propósito, es importante explorar contribuciones teóricas que abordan estos constructos y permiten establecer un diálogo académico con investigaciones previas como la desarrollada por Borjas (2022) que plantea que los aportes teóricos transdisciplinarios de la ecología profunda fomentan la producción familiar sustentable, integrando dimensiones socioambientales para lograr procesos ecológicos, preservar los ecosistemas y vivir armónicamente.

Por su parte, Azuaje (2022) analiza las implicaciones laborales y las contradicciones de la actividad emprendedora dentro del nuevo modelo de productivo del país, logrando como resultado evidenciar la necesidad de resignificar desde la realidad venezolana la actividad emprendedora, hoy reducida a la racionalidad económica e individualista.

Fonseca (2019) por su parte, señala que este tipo de agricultura favorece la generación de prácticas agroecológicas, demostrado a través de la presencia de alto número de especies tanto vegetales como animales y el conocimiento asociado a estas, contribuyendo a una mayor estabilidad en el uso del capital natural, aportando así a la sustentabilidad.

Comprender la dinámica productiva actual exige una revisión de las posturas teóricas que desafían los modelos tradicionales para dar paso a la sustentabilidad, un

espacio de reflexión donde la ecología profunda y la armonía socioambiental propuestas por Borjas convergen dialécticamente con la urgencia planteada por Azuaje de desvincular la actividad emprendedora de la simple racionalidad económica individualista, encontrando ambas visiones su cristalización práctica en el planteamiento de Fonseca sobre una agricultura incluyente protectora de la biodiversidad y el capital natural. Este tejido de perspectivas fundamenta teóricamente el horizonte transformador del emprendimiento productivo desde la agricultura familiar agroecológica como praxis emergente de los saberes comunitarios ancestrales.

Emprendimiento productivo

Para comprender el emprendimiento productivo se requiere visualizar cómo funciona para ser agente transformador de la situación económica y manejar bien los recursos limitados, pues se basa en la capacidad de organizar los factores de producción en la búsqueda de beneficios económicos, en un proceso complejo donde interactúa el conocimiento, la cultura y el entorno social.

El emprendimiento de acuerdo con Sparano (2014) “es un proceso que con el transcurso del tiempo ha venido causando un impacto positivo en la creación de empresas, fenómeno que coadyuva a la generación de empleos, mejorando su eficiencia en la productividad, hasta lograr un nivel de competitividad en los mercados” (p. 95). Esta visión del emprendimiento como un proceso evolutivo de impacto positivo en la creación de empresas y generación de empleos se vincula estrechamente con lo expuesto por Ovando y Valencia (2021) quienes plantean que “el emprendimiento productivo es una iniciativa que se realizan en oportunidades que otorga el contexto con el fin de garantizar beneficios, frutos o resultados” (p. 124). Se establece, así, una relación simbiótica donde la capacidad del emprendedor para interpretar su entorno, le permite transformar dichas oportunidades en niveles de competitividad superiores dentro de los mercados nacionales e internacionales.

Torreyes (2026) plantea que el emprendimiento productivo “es la creación de negocios centrados en generar soluciones de alto impacto, bienes o servicios innovadores, con calidad excepcional y valor agregado tangible para la sociedad” (p. 29). Según la visión de la autora, el emprendimiento productivo es crear negocios que buscan dar soluciones importantes, ofreciendo productos o servicios creativos que beneficien a la sociedad, permitiendo que cada fase de la producción incorpore elementos distintivos que elevan la utilidad del resultado final.

Si se contrastan las posturas de estos autores, se evidencia que Sparano admite el emprendimiento productivo desde una dimensión macroeconómica que impulsa la creación de empresas y fomenta la competencia; en contraposición con Ovando y Valencia que fijan su atención hacia la perspectiva de interpretación del entorno para aprovechar las oportunidades; y por último, Torreyes que trasciende la visión de solo hacer negocios, ve el emprendimiento productivo como social, enfocada a dar valor agregado y la excelencia para la colectividad.

Así mismo, es importante destacar al emprendimiento tradicional que de acuerdo con Domínguez y Mera (2025) se cimenta en modelos de negocios físicos, procesos manuales y atención a los usuarios de forma personalizada; mientras que, el emprendimiento social referido por Guzmán y Trujillo (2008) lo plantea como la exploración y consolidación de soluciones a problemas sociales y el emprendimiento ambiental, según Forero (2020) se refiere a la construcción de compañías sociales y ambientales que tengan como fin fundamental solucionar un problema, necesidad social, o ambiental.

A partir de estas posturas, resulta significativo enfatizar que fragmentar el emprendimiento en categorías limita la comprensión práctica, se torna importante integrar lo tradicional, social, ambiental y productivo en una visión holística, que genere iniciativas verdaderamente transformadoras para fusionar la solidez operativa clásica con un propósito ético y ecológico, creando así un tejido empresarial capaz de generar bienestar colectivo y sostenibilidad real.

Agricultura familiar agroecológica

La agricultura familiar según datos presentados por la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO, 2025), es la clave para la seguridad alimentaria mundial, representa aproximadamente el 80% de las explotaciones agrícolas del planeta producidas por granjas familiares y estas ocupan entre el 70-80% de las tierras destinada a la producir alimentos, asegurando que la población mundial tenga los nutrientes esenciales, mediante prácticas tradicionales adaptadas a cada localidad, por eso las organizaciones internacionales resaltan la importancia estratégica frente a los desafíos del cambio climático y la inestabilidad de los precios de insumos básicos.

La agricultura familiar agroecológica se basa en reconocer su naturaleza como un ecosistema de prácticas y valores integrados, como modelo donde convergen soberanía alimentaria, agricultura familiar y agroecología para transformar el espacio productivo en

un sitio de resistencia y creación, bajo esta mirada, el hogar es el centro donde el saber ancestral y la técnica sostenible dialogan para garantizar la permanencia de la vida.

Entendiéndose por soberanía alimentaria de acuerdo con la FAO (2012) citado por Salvador (2016) como: “el derecho de los pueblos a definir sus propias políticas y estrategias sustentables de producción, distribución y consumo de alimentos que garanticen el derecho a la alimentación para toda la población” (s/p). Lo que encarna la esencia de la soberanía alimentaria al establecer que cada comunidad posee la facultad legítima de estructurar sus sistemas de abastecimiento mediante la protección de su producción y el respeto profundo hacia las tradiciones campesinas e indígenas.

Por su parte, la seguridad alimentaria definida por la Cumbre Mundial sobre la Alimentación (1996) citado por el Grupo Banco Mundial (2026) “existe cuando todas las personas tienen, en todo momento, acceso físico, social y económico a alimentos suficientes, inocuos y nutritivos que satisfacen sus necesidades energéticas diarias y preferencias para llevar una vida activa y sana” (p. s/n). Al contrastar ambas posturas, la seguridad alimentaria garantiza el acceso permanente a alimentos suficientes para sostener la salud, mientras que, la soberanía alimentaria supera el abastecimiento, al empoderar a las comunidades a decidir cómo producir sus propios alimentos, dando prioridad a políticas sustentables, el control territorial y el respeto hacia las culturas agrícolas locales.

La agroecología se define más allá de la técnica agrícola, de acuerdo con Altieri (1999) esta disciplina “incorpora ideas sobre un enfoque de la agricultura más ligado al medio ambiente y más sensible socialmente; centrada no sólo en la producción sino también en la sostenibilidad ecológica del sistema de producción” (p. 17). Altieri (ob cit) plantea un cambio de paradigma donde la agricultura deja de ser una actividad extractiva para convertirse en un proceso sistémico y ético.

Desde esta perspectiva, la agroecología se consolida como ciencia al investigar cómo funcionan los ecosistemas agrícolas de forma sostenible, como práctica, al aplicar métodos ecológicos para cultivar la tierra respetando sus ciclos biológicos y nace como un movimiento social al reivindicar la equidad, los saberes ancestrales y la soberanía alimentaria, integrando conocimiento, acción y transformación comunitaria, resultando imprescindible poner en práctica sus principios.

En este contexto, la FAO (2019) estableció diez elementos que constituyen una guía en la planificación, la gestión y la evaluación de las transiciones agroecológicas, estos son: “sinergia, diversidad, creación conjunta e intercambio de conocimientos, eficiencia y

reciclaje. Además, están la resiliencia, los valores humanos y sociales, la cultura y tradiciones alimentarias, la gobernanza responsable y la economía circular y solidaria" (p. 138).

Estos principios actúan como ruta vital para transformar modelos productivos que permiten integrar saberes, diversidad y valores humanos, la agroecología fortalece la identidad cultural bajo una gobernanza responsable, mediante una economía solidaria, garantizando sistemas autosuficientes donde la justicia social avanza en armonía, aportando las bases científicas para diseñar sistemas productivos autosuficientes basados en procesos ecológicos como el reciclaje de nutrientes, el control biológico de plagas y la conservación de la biodiversidad.

Cuando se habla de autosuficiencia, la agricultura familiar emerge como el espacio vital donde el ser humano transforma su forma de vida que integra el hogar con la producción para gestionar el ecosistema desde el afecto y el compromiso generacional. A este respecto, la FAO (2019) define la agricultura familiar como: "una forma de organizar la producción agrícola, forestal, ganadera, silvicultura, pesca, acuicultura y pastoreo, que es gestionada y administrada por una familia y, sobre todo y depende principalmente del capital y la mano de obra de sus miembros" (p. 10).

Mientras que, la agricultura familiar convencional de acuerdo con Fonseca et al (2019) "adopta particular importancia como base de la subsistencia y la seguridad alimentaria" (p. 9). Mientras que la agricultura familiar agroecológica es un modelo integrador donde las dimensiones productivas, efectivas se entrelazan mediante el trabajo compartido entre hombres y mujeres, garantizan que las tareas desempeñadas florezcan tanto en lo económico como en lo social.

Emprendimiento productivo desde la agricultura familiar agroecológica

El emprendimiento productivo desde la agricultura familiar agroecológica se vislumbrada a través de la transcomplejidad, se concibe como un sistema multidimensional, que representa una alternativa de transformación, complementando la eficiencia económica con la regeneración ambiental, logrando que las unidades familiares dejen de ser vistas como espacios de subsistencia para convertirse en núcleos de innovación sostenible, lo que permite que las familias gestionen sus propios recursos a través de la integración de técnicas como policultivo, lombricultura, compost para generar un valor agregado que fortalece la seguridad alimentaria mientras reduce la dependencia de insumos externos costosos y degradantes.

Consolidar estas iniciativas requiere impulsar estrategias de comercialización basadas en circuitos cortos y redes de economía solidaria, donde la calidad orgánica del producto funciona atraiga a los consumidores conscientes, pues al optimizar los procesos de autogestión y el uso de bioinsumos propios, garantizando rentabilidad, autonomía técnica, uniendo la estabilidad financiera con la salud del territorio. De esta forma, fortalece el buen vivir, revaloriza la identidad cultural, la biodiversidad, la sinergia entre el productor y la naturaleza.

El éxito de estos proyectos productivos nace al integrar de saberes ancestrales, científicos, prácticos y tecnológicos bajo un enfoque de transdisciplinariedad como herramientas de gestión administrativa contemporánea, insertando a las familias en mercados que valoran la sostenibilidad, el comercio justo, que impulsa la economía local mediante la creación de empleos verdes, perseverando la herencia biocultural, el cuidado de la tierra y el corazón de un negocio próspero y resiliente ante las fluctuaciones del mercado global.

Finalmente, la resiliencia productiva emerge de la propia complejidad de los sistemas agroecológicos, cuya diversificación asegura la estabilidad natural frente a la crisis climática, fundamentando una sustentabilidad multidimensional que equilibra lo económico, lo ecológico y lo social; consolidando esta práctica mediante un constante diálogo de saberes, promoviendo un trabajo en equipo intergeneracional donde el conocimiento se construye y se transforma directamente en el hacer cotidiano, donde la agroecología desde la transcomplejidad se manifiesta como una alternativa de vida y una estrategia de resistencia productiva que conecta el ciclo natural con el ingenio humano.

Metodología

La metodología asumida en la investigación que dio origen al artículo se desarrolló bajo los fundamentos del paradigma postpositivista o interpretativo, el cual reconoce que la realidad es múltiple, subjetiva y construida socialmente como un entramado multirreferencial en constante transformación donde lo cualitativo trasciende hacia una multiplicidad de dimensiones cuyo abordaje impregna y direcciona el emprendimiento productivo desde la producción familiar agroecológica.

Bajo esta perspectiva, el estudio se sustenta en el enfoque de la investigación cualitativa y el método de la fenomenología hermenéutica a través de la aplicación del diseño propuesto por Spiegelberg (1971) el cual facilita el abordaje de la convivencia al entenderse como una dimensión esencial de la conciencia humana manifestada mediante

el lenguaje y el texto, permitiendo que la fenomenología hermenéutica planteadas por Leal (2012) articule la interpretación con la temporalidad y la historicidad de la existencia humana donde el significado de las experiencias constituye el núcleo base de las líneas de investigación.

Para la fase de búsqueda, recolección y selección de la información se emplearon las técnicas de la entrevista en profundidad, con base a un guion de preguntas semiestructurada y la observación participante, apoyándose en el cuaderno de campo y el dispositivo telefónico para el registro riguroso de los hallazgos, herramientas que permitieron capturar la riqueza de los testimonios de manera directa, mientras se facilitaba el registro de las vivencias obtenidas durante el proceso de inmersión en el campo de estudio.

Respecto a las técnicas de análisis de la información, se enmarcaron en las propias de los estudios de corte cualitativo, mediante la categorización, estructuración, triangulación y teorización, para garantizar resultados congruentes con la construcción social de la realidad, permitiendo que la información aportada por los informantes clave, conformado por 5 familias de agricultores con al menos cinco años de experiencia en transición o producción agroecológica continua y que comercializan activamente sus productos, seleccionados de acuerdo a las responsabilidades en las labores de producción en el campo y poder de decisión en las prácticas culturales que se llevan en las Unidades de Producción Familiar. En este orden de ideas, quedaron distribuidos así; un productor jefe de familia, dos productoras jefas de familia, dos miembros del consejo comunal Libertador del Municipio Biruaca, Estado Apure, que cumplen funciones en el comité de alimentación y comité de educación.

El guion de entrevista, se estructuro en cuatro temáticas: unidades de producción familiar y saberes comunitarios ancestrales, agricultura familiar agroecológica, praxis emergente y emprendimiento productivo y nueve preguntas. La credibilidad y validez encuentran su fundamento en el enfoque fenomenológico de Spiegelberg (1971) el cual establece que la legitimidad del hallazgo reside en el carácter participativo de los actores involucrados, orientada hacia el nivel de concordancia entre diferentes observadores, del mismo fenómeno, donde la confiabilidad surge de manera interna e intersubjetiva.

Lo anteriormente descrito permitió organizar la información obtenida en el trabajo de campo mediante un proceso de categorización orientado a develar los significados atribuidos por los informantes clave a las unidades de producción familiar. A partir de las entrevistas, emergieron expresiones recurrentes asociadas al territorio productivo, al

trabajo familiar, a la organización comunal, al sustento cotidiano y a las prácticas agroecológicas desarrolladas desde la experiencia comunitaria. Esta sistematización permitió concretar la categoría apriorística “Unidades de Producción Familiar (UPF)” y sus categorías emergentes, las cuales expresan la manera en que los actores sociales comprenden, organizan y viven la producción familiar agroecológica.

Cuadro 1

Concreción categorial de las unidades de producción familiar a partir de los testimonios de los informantes clave

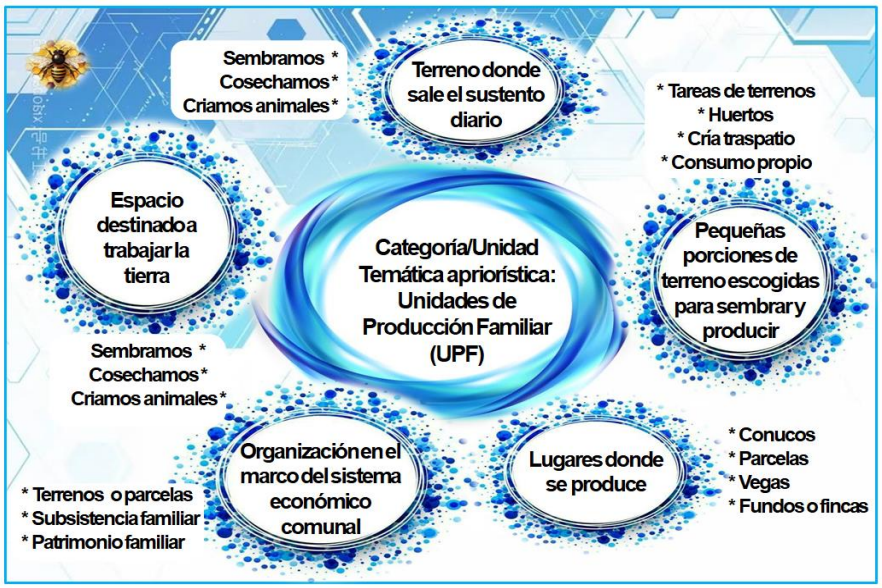
Unidad de análisis	Categoría apriorística	Categorías emergentes	Códigos o subcategorías asociadas
Concepción de las unidades de producción familiar	Unidades de Producción Familiar (UPF)	Lugares donde se produce	Conucos; parcelas; vegas; fundos o fincas
		Organización en el marco del sistema económico comunal	Terrenos o parcelas; subsistencia familiar; patrimonio familiar
		Pequeñas porciones de terreno escogidas para sembrar y producir	Tareas de terreno; huertos; cría de traspatio; consumo propio
		Espacio destinado a trabajar la tierra	Sembramos; cosechamos; criamos animales
		Terreno donde sale el sustento diario	Sustento diario; siembra; cosecha; cría de animales; consumo familiar

Nota. Elaboración propia a partir de Torreyes & Ascanio (2025).

En este sentido, se presenta la estructura de la categoría unidades de producción familiar que se encuentra conformada en cinco subcategorías, en las cuales se describe la concepción de unidad de producción familiar como, pequeñas porciones de terreno (tareas) escogidas para sembrar y producir, lugares donde se produce, organización en el marco del sistema económico comunal, espacio de la casa que escogemos para trabajar la tierra, terreno donde sale el sustento diario. Cada una de estas subcategorías contiene una serie de códigos que las complementan y se plasman en la figura 1, que se muestra seguidamente.

Figura 1

Estructuración de la categoría Unidades de producción familiar



Nota. Torreyes & Ascanio (2026)

Resultados

Los resultados se presentan a partir del proceso de interpretación fenomenológico-hermenéutica realizado sobre los testimonios de los informantes clave, con el propósito de develar los significados que las familias productoras atribuyen al emprendimiento productivo desde la agricultura familiar agroecológica. En este sentido, el análisis no se orientó a medir variables de forma aislada, sino a comprender los núcleos de sentido que emergen de la experiencia vivida por los productores en torno al trabajo familiar, el uso del territorio, la producción de alimentos, la preservación de los saberes ancestrales y la construcción de alternativas económicas sostenibles. Por ello, se presenta inicialmente la triangulación entre las voces de los informantes y los referentes teóricos, como base interpretativa para comprender la unidad de producción familiar como espacio de sustento, organización comunitaria y praxis agroecológica.

Cuadro 2

Triangulación de fuentes (informantes clave) y referentes teóricos.

Categoría/Unidad de análisis	Informante 1	Informante 2	Informante 3	Informante 4	Informante 5
Unidades de Producción Familiar (UPF)	"…eso antes nosotros lo llamamos, conucos, parcela, vega fundo, finca, y son esos lugares donde se produce y el trabajo depende de las necesidades de la familia y del tamaño del terreno, tambien se nos conoce como pequeño productor y campesino…"	"…es la organización en el marco del Sistema Económico Comunal que realiza la familia para desarrollar actividades socioproductivas, por lo general cuentan con terrenos, o parcelas donde producen básicamente para subsistencia familiar, esto se constituye en , el patrimonio familiar"	"…son pequeñas porciones de terreno (tareas) que las escogemos para sembrar y producir diferentes cosas como (yuca, batata, ocumo, topocho, plátano, cañita), para el consumo propio y separa parcelas para cada uno, trabajamos solo la familia"	"…Mira, nosotros lo llamamos fundo, y es el espacio de la casa que cogemos para trabajar la tierra, o sea sembrar y criar animales para tener la comida y a veces vendemos cuando hay suficiente,	"…todo este terreno donde sale el sustento diario,, aquí sembramos cosechamos, criamos animales y es nuestro patrimonio familiar, el que se casa le damos su pedazo para que haga su casa y siga trabajando, aquí lo llamamos fundo
Aporte de la Teoría: Una unidad de producción familiar son aquellas tierras suficientes para proporcionar sustento a una familia, para que logren un nivel de vida satisfactoria, mediante el trabajo de sus miembros y la aplicación de una técnica predominante de la región. (Carmagnani, 2008					
Análisis Intersubjetivo de los testimonios de los informantes clave: la concepción de Unidad de Producción Familiar e concebida como como pequeñas porciones de terreno (tareas) escogidas para sembrar y producir, lugares donde se produce, organización en el marco del Sistema Económico Comunal, espacio de la casa que escogemos para trabajar la tierra, terreno donde sale el sustento diario					

Nota. Entrevista a los informantes clave.

La triangulación presentada permite reconocer una convergencia significativa entre los testimonios de los informantes clave y el referente teórico asumido, en tanto la unidad de producción familiar no es concebida únicamente como una porción de terreno destinada a la siembra, sino como un espacio vital donde se articulan el trabajo de la familia, la subsistencia cotidiana, el patrimonio comunitario y la reproducción de saberes agrícolas heredados. Desde esta comprensión, la unidad productiva se convierte en el escenario concreto donde el emprendimiento agroecológico adquiere sentido, pues la producción no se limita a la generación de ingresos, sino que se vincula con la seguridad alimentaria, el autoconsumo, el cuidado de la tierra, la organización comunal y la posibilidad de generar excedentes mediante prácticas sostenibles. Esta base interpretativa permite avanzar hacia el análisis de los hallazgos emergentes relacionados con la redefinición del beneficio, la vigencia de los saberes ancestrales, la asociatividad, los circuitos cortos de comercialización y la contribución de estas prácticas al desarrollo sustentable.

El análisis hermenéutico de las entrevistas develó que el emprendimiento productivo para estas familias se estructura en torno a categorías distintas a las del mercado convencional, agrupando los hallazgos en las subcategorías emergentes, redefinición del beneficio, para los informantes, la ganancia económica actúa como un medio necesario para alcanzar fines superiores, pero no es el fin último. El emprendimiento se percibe como

exitoso cuando logra la unidad productiva garantizar la seguridad alimentaria del núcleo familiar y genera excedentes limpios para la comunidad, con técnicas agroecológicas como la lombricultura, el policultivo, el compost manteniendo siempre un compromiso ético con la salud del suelo y el equilibrio ecológico por encima del crecimiento desmesurado, observando un rechazo al crecimiento desmesurado si este implica la degradación del suelo.

Mientras que, los saberes ancestrales de los productores es uno de los pilares fundamentales para la sustentabilidad de las unidades productivas, desde el pensamiento de la agricultura familiar agroecológica, porque asientan su objetivo para contribuir a elevar el nivel de logro beneficioso de los productores, mediante el desarrollo de procesos de productivos ecológicos significativos, transdisciplinarios, que integren a las unidades de producción familiar, la familia y la comunidad.

Esta dinámica se fortalece mediante la asociatividad como motor competitivo, entendiendo la acción colectiva representa la principal defensa contra los riesgos del aislamiento de la agricultura familiar agroecológica, donde los resultados muestran que las unidades productivas que logran sostenerse económicamente son aquellas que participan en redes de cooperación, cooperativas o sistemas participativos de garantía, por tanto, el emprendimiento es una acción colectiva más que individual.

Por tal motivo, las unidades de producción familiar logran su sostenibilidad económica al integrarse en redes de cooperación y sistemas participativos de garantía que potencian una innovación en la comercialización basada en canales cortos, permitiendo la eliminación de intermediarios mediante ventas directas y alianzas sólidas con consumidores conscientes que validan este modelo de negocio transformador.

Así mismo, los hallazgos trascienden el ámbito local al alinearse estratégicamente con los Objetivos de Desarrollo Sostenible de la Agenda 2030, donde el emprendimiento productivo fundamentado en la agricultura familiar agroecológica responde de manera directa al ODS 2, hambre cero, al garantizar la soberanía alimentaria mediante prácticas plenamente sostenibles.

Asimismo, esta praxis emergente tributo al ODS 12, producción y consumo responsables y ODS 15, vida de ecosistemas terrestres, al promover un crecimiento económico inclusivo junto a patrones de producción responsables, demostrando que la reivindicación de los saberes comunitarios ancestrales representa una vía efectiva y comprobable para alcanzar el desarrollo sustentable desde la realidad de los territorios. Este objetivo propone que la actividad económica debe ser un motor de bienestar que

dignifique a las personas y a las comunidades. En el caso de la agricultura familiar agroecológica, el ODS 8 respalda la visión de que el trabajo en el campo debe superar las condiciones de precariedad o explotación, transformándose en un emprendimiento que genere ingresos justos, respete los tiempos de la naturaleza y valore profundamente a los productores.

Discusión

Los hallazgos del estudio contrastan significativamente con las teorías del emprendimiento productivo, los cuales suelen priorizar la hiper-escabilidad, donde en el contexto de la agricultura familiar agroecológica, el emprendimiento productivo se asemeja más a las teorías de economía solidaria y emprendimiento socioambiental, donde los recursos naturales y sociales poseen el mismo peso que el capital financiero. A diferencia de los modelos agroindustriales que externalizan los costos ambientales, los agricultores familiares internalizan el cuidado del ambiente como parte de su estructura de costos y propuesta de valor.

La literatura científica previa sugiere que las barreras para estos productores son principalmente técnicas o financieras; sin embargo, este estudio hermenéutico devela que la principal limitación es sistémica, donde los mercados convencionales no tasan el valor del alimento orgánico ni la conservación de la biodiversidad. Una limitación de este estudio es su carácter situado, lo que implica que estos resultados son comprensivos para el contexto estudiado, pero ofrecen bases transferibles para realidades agrarias similares, donde las implicaciones teóricas apuntan a la necesidad de construir una andragogía del emprendimiento agroecológico que no imponga modelos corporativos a los productores.

En referencia al pensamiento de la agroecología, en el cual se busca que la sustentabilidad de las unidades de producción debe abarcar una visión transdisciplinaria como camino para solucionar los problemas en la prácticas productivas y realmente llegar a un desarrollo continuo, en acción; por eso producir es llegar a la perfectibilidad humana de producción respetando el ambiente; siendo ello una incertidumbre, basada en leyes universales que van más allá de lo cuantificable, desde un humanismo transdisciplinario.

Es tarea de todos los productores asuman el rol con toda responsabilidad y consciencia de que todos los seres deben estar organizados en redes dentro de redes, esta mirada donde todo se relaciona da cuenta de la total interconexión entre los ecosistemas, y es acá, en este punto en donde la agroecología se funde con la espiritualidad, pues la experiencia de estar conectado con toda la naturaleza y de

pertenecer al universo, es la esencia misma de la espiritualidad. Una vez asumida estas premisas se estaría dando cabida, a seres humanos más participativos, creativos, asertivos, autónomos conscientes de su realidad y las posibilidades de cambios, de transformaciones de una práctica de vida para lograr la trascendencia de la humanidad.

Conclusiones

El emprendimiento productivo desde la agricultura familiar agroecológica es un fenómeno transcomplejo que desafía los paradigmas económicos tradicionales, concluyendo que, para estas familias emprender significar sostener la vida, proteger el territorio y generar recursos a través de redes de comercio justo, donde la viabilidad de estos emprendimientos no radica en competir por volumen, más bien en la diferenciación a través de la calidad ecológica y la cercanía con el consumidor mediante canales de comercialización, por ende, la fenomenología hermenéutica permitió develar que el éxito de estas unidades productivas está cimentado en la asociatividad comunitaria y el arraigo cultural.

Este tipo de agricultura familiar es un sistema global de gestión de la producción, que incrementa y realza la salud de los agroecosistemas, inclusive la diversidad biológica, los ciclos biológicos y la actividad biológica del suelo, y se busca impulsar su praxis siempre que sea posible, a través de métodos agronómicos, biológicos y mecánicos, en contraposición a la utilización de materiales sintéticos para desempeñar cualquier función específica del sistema. Esta forma de producción, además de contemplar el aspecto ecológico, incluye en su filosofía el mejoramiento de las condiciones de vida de sus practicantes, de tal forma que su objetivo se apega a lograr la sostenibilidad integral del sistema de producción agrícola; o sea, constituirse como un agrosistema social, ecológico y económicamente sostenible.

La producción agroecológica es un proceso productivo que considera al suelo como un factor clave para la producción de alimentos, reduce de forma drástica el uso de insumos externos en la unidad de producción y promueve prácticas que garantizan la calidad e inocuidad en toda la cadena de producción de alimentos ecológicos, mediante la diversificación y la intensificación de las interacciones biológicas y procesos naturales beneficiosos que ocurren en los sistemas naturales, por ello debe fomentarse su praxis en todos los ámbitos productivos.

En este orden de ideas, se plantea un proceso de formación y alfabetización ecológica del productor en el pensamiento del emprendimiento productivo y la agricultura

familiar agroecológica que favorezca dentro del concepto de aprendizaje permanente, saberes y competencias que pueden ser aplicados a lo largo y ancho de la vida y, por supuesto, en el ejercicio mismo de sus saberes. Las razones y condiciones de la formación el productor depende del papel que, en cada caso, se le asigne en el proceso productivo de la unidad de producción familiar, definida esta a su vez, está en relación con la sustentabilidad en el tiempo para proporcionar sustento a una familia, para que logren un nivel de vida satisfactorio, mediante el trabajo de sus miembros y la aplicación de una técnica predominante de la región.

Se recomienda a las instituciones públicas y académicas diseñar programas de acompañamiento en gestión administrativa y marketing verde que respeten la cosmovisión campesina, para que futuras investigaciones, puedan realizar estudios longitudinales que evalúen el impacto de las redes de consumidores en la estabilidad financiera de los emprendimientos agroecológicos a largo plazo; igualmente se le invita a las universidades que hacen vida en la localidad seguir ampliando estos saberes a través de diversos trabajos de investigación que se pueden consolidar en el territorio, como fuente de conocimiento para los futuros profesionales y para las comunidades.

Declaración Ética y Uso de Inteligencia Artificial

En la elaboración de este manuscrito se empleó Gemini como apoyo auxiliar para organización preliminar del texto y revisión estilística. La recolección de datos, interpretación, categorización, análisis, redacción final y verificación de fuentes fueron responsabilidad exclusiva de las autoras.

Conflicto de Intereses

Las autoras declaran que no existen conflictos de intereses relacionados con esta investigación y que todos los procedimientos seguidos cumplen con los estándares éticos establecidos por REDIT Verde. Asimismo, confirman que este trabajo es original e inédito y no ha sido publicado, ni parcial ni totalmente, en ninguna otra publicación.

Referencias

Altieri, M. (1999) *Agroecología bases científicas para una agricultura sustentable.* Editorial Nordan–Comunidad. https://agroeco.org/wp-content/uploads/2010/10/Libro-Agroecologia.pdf

Azuaje, V. (2022) *Reflexión crítica sobre el emprendimiento en el marco de su resignificación en el contexto venezolano*. Revista Educación y Ciencias Humanas. *47*. https://issuu.com/edea.unesr/docs/reych-47/s/16373770

Banco Mundial (2026). *Qué es la Seguridad Alimentaria.* https://www.bancomundial.org/es/topic/agriculture/brief/food-security-update/what-is-food-security

Borjas, M. (2022). *Aportes teóricos transdisciplinarios implicando la sustentabilidad de las unidades de producción familiar, desde el pensamiento de la ecología profunda.* Tesis doctoral no publicada. Universidad Nacional Experimental "Ezequiel Zamora"

Buendía Eisman, L., Colás Bravo, M. P & Hernández Pina, F. (1998). *Métodos de investigación en Psicopedagogía*. McGraw-Hill. https://dialnet.unirioja.es/servlet/libro?codigo=850688

Domínguez, J & Mera, G. (2025). El impacto de la inteligencia artificial en el emprendimiento tradicional. *Boletín científico.* 3 (5), 53-57. https://repository.uaeh.edu.mx/revistas/index.php/xahni/article/view/14938/12538

Fonseca, N., Salamanca, J y Vega, Z. (2019). La agricultura familiar agroecológica, una estrategia de desarrollo rural incluyente. *Revista, temas agrarios*, vol. 24 No. 2, pp. 96-107. https://doi.org/10.21897/rta.v24i2.1356

Forero, M. (2020). *Intervención socioeducativa para la formación de competencias en emprendimiento ambiental en el colegio Luxemburgo de Zipaquirá.* https://hdl.handle.net/10818/42978

Guzmán, A & Trujillo, M. (2008). *Emprendimiento social*. *Revista Estudios Gerenciales*, 29, (19) pp. 95-106.http://www.scielo.org.co/scielo.php?pid=S0123-59232008000400005&script=sci_arttext

Leal, J. E. (2012). *La autonomía del sujeto investigador y la metodología de investigación* (3.ª ed.). Jesús Enrique Leal Gutiérrez.

Martínez, M. (2006). *La investigación cualitativa etnográfica en educación: manual teórico-práctico* (3.ª ed.). Editorial Trillas.

Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (2025). *Caracterización de la agricultura familiar en América Latina y el Caribe. Desafíos, evidencia y perspectivas.* https://openknowledge.fao.org/handle/20.500.14283/cd3788es

Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (2019). *Decenio de las Naciones Unidas para la agricultura familiar 2019-2028. Plan de acción mundial.* https://openknowledge.fao.org/server/api/core/bitstreams/1f6d3ffe-6cb4-4cc0-9462-a60efcdfe584/content

Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (2018). *El trabajo de la FAO sobre agroecología. Una vía para el logro de los ODS.* https://openknowledge.fao.org/items/6599615d-7bae-4cf3-8cba-4f40a4aeed24

Ovando, V & Valencia, S. (2021). *Factores de éxito y fracaso al emprendimiento produtivo de derivación de lácteos de mujeres en el Municipio de Batallas.* http://www.scielo.org.bo/pdf/rp/n48/1994-3733-rp-48-119.pdf

Salvador, J. (2016). *Soberanía alimentaria: más allá del discurso político.* Artículo científico, Repositorio Scielo, revista Anales Venezolanos de Nutrición, vol. 29, No. 2. 81-87. https://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0798-07522016000200004

Sparano, H. (2014). *Emprendimiento en América Latina y su impacto en la gestión de proyectos.* Revista Dimensión Empresarial, volumen 12, número 2, 95-106. http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1692-85632014000200008

Spiegelberg, H. (1971). The phenomenological movement: A historical introduction (2.ª ed., Vol. 2). Martinus Nijhoff.

Torreyes, A. (2025). *Educación para el trabajo liberador: una cosmovisión desde el emprendimiento productivo en escenarios universitarios.* Tesis doctoral no publicada. Universidad Nacional Experimental "Simón Rodríguez"

Torreyes, A. (2026). *Emprendimiento productivo en escenarios universitarios.* 1ra. Edición. Editorial FEREDIT. https://dialnet.unirioja.es/servlet/libro?codigo=1022123

REDIT VERDE
Revista de Ambiente y Sostenibilidad
Red de Investigadores de la Transcomplejidad (REDIT)
Vol. 1 (1). Enero-Junio 2026

Artículo de investigación

Ingeniería inversa para interoperabilidad de dispositivos legados y sostenibilidad industrial

Yairol González Bermúdez
Universidad Tecnológica de la Habana
La Habana, Cuba
yairol070502@gmail.com
https://orcid.org/0009-0002-5176-5938

RECIBIDO: *19-04-2026* / **ACEPTADO:** *01-06-2026* / **PUBLICADO:** *15-07-2026*

Cómo citar: González Bermúdez, Y. (2026). Ingeniería inversa para interoperabilidad de dispositivos legados y sostenibilidad industrial. REDIT *VERDE. Revista de Ambiente y Sostenibilidad*, 1 (1), 42-55.

Resumen

El presente estudio propone una metodología de ingeniería inversa para la modernización de sistemas industriales mediante la recuperación e integración de hardware legado en arquitecturas de control modernas como estrategia de sostenibilidad industrial. El propósito principal es establecer un procedimiento sistemático para la identificación de registros de comunicación en dispositivos con protocolos cerrados o documentación técnica inexistente. La metodología propuesta fundamenta una técnica de análisis diferencial de registros, la cual permite mapear variables de control mediante la inducción de cambios físicos y el monitoreo de tramas de datos en tiempo real. Para validar la propuesta, se desarrolló una herramienta de inspección en entorno .NET que facilitó la comunicación directa con controladores industriales, eliminando la necesidad de pasarelas propietarias. Los resultados demostraron que este enfoque garantiza una integración robusta y bidireccional en una red de 44 controladores Dixell, logrando una reducción de los costos de inversión frente al reemplazo total de hardware. Se concluyó que la metodología promueve el desarrollo sostenible y la economía circular al extender la vida útil de los activos industriales y eliminar de forma potencial la generación de residuos electrónicos del proyecto.

Palabras clave: eficiencia energética; ingeniería inversa; interoperabilidad; residuos electrónicos sostenibilidad industrial.

Reverse engineering for interoperability of legacy devices and industrial sustainability

Abstract

This study proposes a reverse engineering methodology for modernizing industrial systems by recovering and integrating legacy hardware into modern control architectures as an industrial sustainability strategy. The primary purpose is to establish a systematic procedure for identifying communication registers in devices with closed protocols or non-existent technical documentation. The proposed methodology is based on a differential register analysis technique, which allows mapping control variables by inducing physical changes and monitoring data frames in real-time. To validate the proposal, an inspection tool was

developed in a .NET environment that facilitated direct communication with industrial controllers, eliminating the need for proprietary gateways. The results showed that this approach ensures robust and bidirectional integration across a network of 44 Dixell controllers, achieving a reduction in investment costs compared to total hardware replacement. It was concluded that the methodology promotes sustainable development and circular economy by extending the lifespan of industrial assets and potentially eliminating the generation of electronic waste in the project.
Keywords: energy efficiency; electronic waste; industrial sustainability; interoperability; reverse engineering.

Introducción

La rápida evolución hacia el paradigma de la Industria 4.0 ha impuesto la necesidad de una integración vertical y horizontal de los datos en todos los niveles de la pirámide de automatización (López & Velasteguí, 2021). Sin embargo, un obstáculo persistente en la modernización industrial es la presencia de sistemas legado: activos que conservan su integridad mecánica y funcional, pero cuyas capacidades de comunicación son limitadas o propietarias (Burns et al., 2019). Esta fragmentación tecnológica no solo impide la creación de ecosistemas de datos unificados, sino que fomenta una dependencia crítica del proveedor, donde el acceso a la información del propio usuario está condicionado por licencias cerradas y hardware de enlace costoso.

La interoperabilidad de dispositivos legados constituye una estrategia de sostenibilidad industrial porque permite extender la vida útil de activos funcionales, reducir la sustitución prematura de equipos electrónicos, disminuir la generación potencial de residuos de aparatos eléctricos y electrónicos (RAEE) y habilitar sistemas de monitoreo energético en tiempo real. En este sentido, la ingeniería inversa aplicada a protocolos de comunicación industrial puede interpretarse como una práctica de economía circular orientada al uso eficiente de recursos.

Desde la perspectiva de (Diaz-Bastos et al., 2025), la sustitución masiva de controladores industriales representa un desafío ético y ambiental. La fabricación de nuevos componentes electrónicos implica un consumo intensivo de recursos y una huella de carbono considerable; por tanto, la extensión de la vida útil del hardware existente es una estrategia esencial de economía circular (Estrada et al., 2025). En este sentido, la literatura actual subraya que la eficiencia energética en las plantas industriales depende directamente de la transparencia de los datos en tiempo real. No obstante, fabricantes de renombre en el sector de la refrigeración y el control de procesos suelen implementar variaciones del protocolo Modbus RTU sin proporcionar mapas de registros públicos, complejizando la integración con plataformas modernas.

Históricamente, la comunidad técnica ha recurrido a métodos como el *web scraping* para la adquisición de datos en dispositivos que poseen interfaces visuales pero protocolos cerrados. No obstante, investigaciones recientes demuestran que estas técnicas son altamente frágiles, presentan latencias elevadas y carecen de la robustez necesaria para aplicaciones de control crítico (Fernandez, 2025). Por otro lado, aunque existen estándares de interoperabilidad como OPC UA, su implementación en hardware antiguo a menudo requiere una capa de traducción que el fabricante original no permite o ya no soporta.

Ante este vacío técnico, el articulo tiene como objetivo proponer una metodología de ingeniería inversa sistemática, basada en el análisis diferencial de registros, para habilitar la interoperabilidad de dispositivos industriales legado. A diferencia de los enfoques tradicionales, esta propuesta no requiere de documentación técnica previa ni de pasarelas propietarias, centrándose en el descubrimiento de la lógica de comunicación mediante la inducción de cambios físicos y el monitoreo de tramas de datos.

Se fundamenta en un marco de desarrollo de software moderno utilizando NET y arquitecturas orientadas a dominio, lo que permite una comunicación directa, determinista y bidireccional (Aguilar García & Plaza, 2020). Su aporte fundamental es proporcionar una guía procedimental para la soberanía tecnológica de las industrias, permitiéndoles escalar sus sistemas de supervisión de manera autónoma, económica y sostenible.

Metodología

La metodología adoptada en esta investigación se fundamentó en un enfoque experimental y descriptivo, orientado a la creación de un marco de trabajo replicable para la recuperación de hardware industrial legado. El procedimiento se estructuró para transformar dispositivos con protocolos de comunicación cerrados en nodos activos dentro de redes de datos modernas. El proceso metodológico se dividió en cuatro fases secuenciales que garantizan la integridad del hardware y la fidelidad de los datos obtenidos: (a) caracterización de la capa física, (b) auditoría pasiva de tráfico, (c) análisis diferencial de registros y (d) validación de la arquitectura de integración.

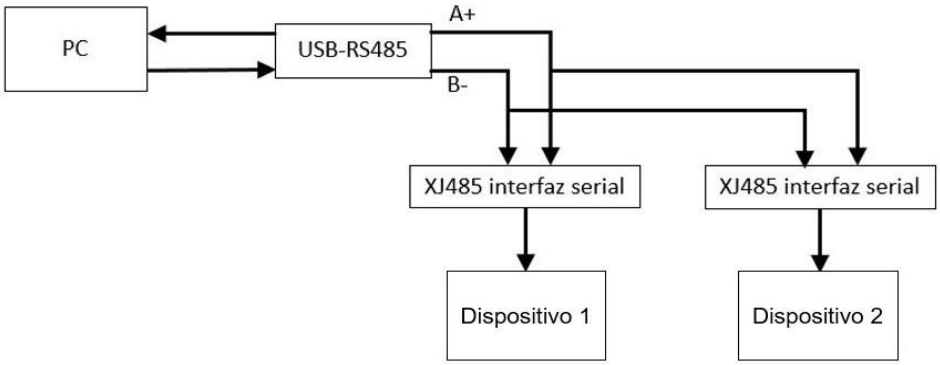
Diseño de la Arquitectura de Comunicación y Capa Física

La base de la propuesta radica en el aprovechamiento del bus físico RS-485, estándar predominante en la industria por su robustez ante ruidos electromagnéticos y su capacidad de cubrir distancias de hasta 1200 metros (Guarese, 2012). Para garantizar la integridad de la señal en redes con múltiples dispositivos legado, se implementó una

topología de bus lineal con terminaciones de 120 ohms, evitando las reflexiones de señal que suelen comprometer la estabilidad en sistemas de alta densidad de nodos como se puede ver en la Figura 1.

Figura 1

Arquitectura de comunicación entre el computador y los dispositivos legados.



Nota. Elaboración propia (2026).

En cuanto a la capa de enlace, se seleccionó el protocolo Modbus RTU debido a su carácter abierto y determinista. La configuración de los parámetros de comunicación (baudaje, paridad y bits de parada) se estandarizó para permitir la coexistencia de dispositivos de diversas generaciones (Modbus Organization, 2012). Esta decisión técnica se alinea con la necesidad de crear infraestructuras de datos horizontales, donde el hardware no sea una barrera para la adquisición de información en tiempo real.

Procedimiento de ingeniería inversa: análisis de comportamiento y escaneo diferencial

El núcleo de la metodología propuesta consiste en un procedimiento iterativo de descubrimiento de registros, diseñado para identificar variables críticas en dispositivos sin documentación técnica. Este proceso se ejecutó bajo una lógica de caja negra estructurada en las siguientes etapas:

1. Caracterización funcional y observación. Inicialmente, se realizó una fase de observación del comportamiento del dispositivo legado en operación. El objetivo fue identificar las variables físicas de interés (temperaturas, estados de relés, puntos de consigna o setpoints) y determinar cuáles de estas permiten una manipulación directa a través de la interfaz física del equipo.

2. Escaneo de línea de base. Se utilizó una herramienta de inspección desarrollada a medida para realizar un barrido completo de todas las direcciones de memoria posibles utilizando un código de función específico. La herramienta almacenó automáticamente todas las direcciones que respondieron exitosamente al comando, junto con sus valores hexadecimales en estado de reposo.
3. Inducción de cambio y escaneo diferencial**.** Una vez establecida la línea de base, se procedió a manipular manualmente una variable específica en el hardware (por ejemplo, elevando el valor de una alarma o modificando un parámetro de control). Inmediatamente después, se ejecutó un segundo escaneo masivo. La herramienta comparó ambos estados y filtró únicamente aquellas direcciones cuyos valores sufrieron una modificación correlacionada con la acción realizada.
4. Análisis de correspondencia y validación iterativa. Tras obtener un conjunto reducido de candidatos, se realizó una inspección visual y técnica para descartar registros que cambian por procesos internos del dispositivo (ruido, contadores internos o variaciones de sensores). El ciclo de manipulación y escaneo se repitió múltiples veces para diferentes valores de la misma variable, permitiendo descartar falsos positivos y confirmar con precisión absoluta la dirección de memoria asociada a la variable de interés.

Desarrollo de la herramienta de inspección de datos en .NET

Para la ejecución de la metodología de ingeniería inversa, se diseñó y programó una herramienta de software independiente, concebida como un instrumento de diagnóstico especializado. El desarrollo se realizó bajo el entorno .NET 8 (Microsoft, 2024), utilizando el lenguaje C#, lo que permitió aprovechar las capacidades de alto rendimiento y la gestión eficiente de recursos para la comunicación serie en tiempo real.

La arquitectura de la herramienta se centró en la estandarización y flexibilidad del protocolo Modbus RTU. A diferencia de las soluciones comerciales cerradas, este software permite una parametrización exhaustiva de la capa de enlace, facilitando la conexión a través de interfaces USB-Serial. El usuario puede configurar de forma dinámica los siguientes parámetros críticos:

- Configuración del enlace físico**.** Selección del puerto de comunicación, velocidad de transmisión, paridad y bits de parada.
- Definición del nodo. Especificación de la dirección del dispositivo esclavo dentro del bus Modbus.

- Selección de registros. Capacidad para alternar entre diferentes tipos de registros de datos, tales como Holding Registers, Input Registers, Coils o Discrete Inputs, según la naturaleza del hardware inspeccionado.

Un componente distintivo de la herramienta es su motor de gestión de tiempos. Se implementaron algoritmos específicos para el control de los tiempos de espera y los intervalos de consulta, garantizando la estabilidad de la lectura en dispositivos legado que poseen procesadores con ciclos de escaneo lentos. Además, el software integra un sistema de monitoreo de excepciones que decodifica y presenta los códigos de error estándar de Modbus, lo cual es fundamental para descartar direcciones de memoria inválidas durante el escaneo masivo.

Esta herramienta no solo actúa como un escáner, sino como un puente de validación que asegura la integridad de los datos antes de su integración definitiva en arquitecturas más complejas. Al ser un software autónomo, su aplicación se extiende a cualquier entorno industrial que requiera descubrir la lógica de comunicación de activos antiguos, eliminando la necesidad de herramientas de configuración propietarias y costosas.

Resultados

Escenario de validación: caso de estudio en instalación industrial

Para verificar la eficacia de la metodología de ingeniería inversa y el desempeño de la herramienta de inspección en .NET, se llevó a cabo una fase de validación experimental en un entorno industrial real. El escenario de prueba consistió en una planta de procesamiento térmico equipada con una red de 44 controladores digitales de la serie Dixell (modelos XT111C, XR60CX), los cuales operaban bajo el protocolo Modbus RTU pero carecían de documentación técnica actualizada respecto a su mapa de registros como se pueden ver en los manuales de XT111C (Dixell S.r.l., 2013) y XR60CX (Dixell S.r.l., 2012).

Tabla 1

Variables de interés de dispositivo XT111C

Variable	Tipo de Variable	Rango	Descripción
Temperatura	Analógica	-50.0ºC a + 100.0ºC	Variable de proceso medida por la sonda principal (NTC/PTC) en la cámara térmica.
SetPoint	Analógica	-50.0ºC a + 100.0ºC	Punto de consigna objetivo configurado para el control de la temperatura de la planta.

Calentador	Digital	0 o 1	Estado físico del relé de salida principal destinado a la activación de la etapa de potencia térmica.
On/Off	Digital	0 o 1	Estado de encendido lógico o modo de trabajo del controlador desde el sistema de supervisión.

Nota. Elaboración propia (2026).

La identificación inicial de las variables del controlador XT111C permitió delimitar los parámetros esenciales para el seguimiento térmico y el control básico del proceso. Sin embargo, la red instalada no estaba compuesta por un único tipo de dispositivo, sino por controladores con funciones operativas diferenciadas. Por ello, fue necesario extender la caracterización al modelo XR60CX, cuyas variables incorporan elementos adicionales vinculados al ciclo de refrigeración, como el compresor, el descongelamiento y el ventilador. Esta comparación permitió establecer una base funcional homogénea para aplicar posteriormente el escaneo diferencial sobre ambos modelos.

Tabla 2

Variables de interés de dispositivo XR60CX

Variable	Tipo de Variable	Rango	Descripción
Temperatura	Analógica	-50.0ºC a + 100.0ºC	Variable de proceso medida por la sonda principal (NTC/PTC) en la cámara térmica.
SetPoint	Analógica	-50.0ºC a + 100.0ºC	Punto de consigna objetivo configurado para el control de la temperatura de la planta.
Compresor	Digital	0 o 1	Estado físico del relé de salida principal destinado a la activación del compresor.
Descongelar	Digital	0 o 1	Estado físico del relé de salida principal destinado a la activación de la etapa de descongelación.
Ventilador	Digital	0 o 1	Estado físico del relé de salida principal destinado a la activación del ventilador.
On/Off	Digital	0 o 1	Estado de encendido lógico o modo de trabajo del controlador desde el sistema de supervisión.

Nota. Elaboración propia (2026).

Estos dispositivos presentaban el desafío típico de los sistemas legado: hardware robusto y funcional, pero dependiente de una pasarela propietaria obsoleta. La metodología se aplicó para descubrir las direcciones de memoria de las variables críticas (ver Tabla 1 y

Tabla 2) necesarias para la supervisión y el control operativo, tales como temperaturas de cámara, estados de alarmas y puntos de consigna (setpoints).

Eficacia del descubrimiento de datos mediante escaneo diferencial.

La aplicación del procedimiento permitió la identificación exitosa de las variables de interés definidas para el caso de estudio. Los resultados del proceso de ingeniería inversa en este caso de estudio permitieron la identificación de los registros de comunicación en los dispositivos XT111C y XR60CX como se puede apreciar en las Tabla 3 y 4 seguidamente.

Tabla 3

Registros identificados en el dispositivo XT111C

Variable	Dirección del registro	Tipo de registro	Acepta lectura	Acepta escritura	Cambio de estado
Temperatura	256	Holding Register	Si	No	Valor Analógico
SetPoint	768	Holding Register	Si	Si	Valor Analógico
Calentador	1025	Holding Register	Si	No	65535 activa calentador y 1 desactiva calentador
On/Off	1280	Holding Register	Si	Si	65535 activa On y 1 activa Off

Nota. Elaboración propia (2026).

Una vez identificados los registros correspondientes al dispositivo XT111C, el procedimiento se replicó en el controlador XR60CX con el propósito de verificar la consistencia de la metodología ante una arquitectura funcional más amplia. A diferencia del primer modelo, el XR60CX integra salidas digitales adicionales asociadas al compresor, el descongelamiento y el ventilador, lo que exigió distinguir entre registros de lectura, escritura y cambio de estado. La Tabla 4 presenta estos resultados y permite evidenciar que el escaneo diferencial no solo identificó variables analógicas comunes, sino también estados discretos relevantes para la supervisión y el control operativo.

Tabla 4

Registros identificados en el dispositivo XR60CX

Variable	Dirección del registro	Tipo de registro	Acepta lectura	Acepta escritura	Cambio de estado
Temperatura	256	Holding Register	Si	No	Valor Analógico
SetPoint	768	Holding Register	Si	Si	Valor Analógico
Compresor	1025	Coil Register	Si	No	1 activa compresor y 0 desactiva compresor
Descongelar	513	Coil Register	Si	Si	1 activa descongelar y 0 desactiva descongelar
Ventilador	539	Coil Register	Si	No	1 activa ventilador y 0 desactiva ventilador
On/Off	1280	Coil Register	Si	Si	1 activa On y 0 activa Off

Nota. Elaboración propia (2026).

Desempeño técnico y estabilidad de la comunicación.

Una vez integrados los 44 dispositivos en un bus RS-485 unificado bajo la arquitectura diseñada, se evaluó el rendimiento de la comunicación directa. Los resultados técnicos más relevantes incluyeron:

- Velocidad de respuesta. Se logró una tasa de actualización de datos inferior a 500 ms por nodo, garantizando un flujo de información en tiempo real apto para la toma de decisiones críticas.
- Robustez. La gestión de timeouts y reintentos programada en la herramienta de inspección permitió una tasa de error inferior al 0.1%, superando la inestabilidad característica de los métodos de adquisición indirectos como el web scraping.
- Capacidad de escritura. Se demostró la capacidad de modificar parámetros de operación de forma remota y segura, transformando dispositivos que anteriormente eran de "solo lectura" en elementos de control bidireccional.

Impacto socioeconómico y ambiental de la interoperabilidad lograda

Más allá de la validación técnica, la implementación de la metodología arrojó resultados significativos en términos de sostenibilidad y autonomía operativa, transformando la infraestructura de la planta bajo los siguientes ejes:

Impacto en la economía circular y ciclo de vida. La integración exitosa de los 44 controladores evitó la obsolescencia técnica de activos mecánicamente funcionales. Como resultado directo, se evitó de forma directa la sustitución de los 44 controladores funcionales, mitigando potencialmente la generación de residuos electrónicos del proyecto. Este hallazgo valida otros ensayos (Lares & Henríquez, 2021) sobre la regeneración de activos como una estrategia crítica de economía circular, demostrando que la ingeniería de software puede extender la vida útil de los equipos industriales y reducir la demanda de recursos naturales para la fabricación de nuevos componentes (Lares & Hernández, 2021):

Logro de soberanía tecnológica y viabilidad económica**.** Se demostró la independencia del fabricante al sustituir las pasarelas propietarias por una capa de software abierta y personalizada. Los resultados financieros indican que este enfoque es un 46% más costo-efectivo que las soluciones comerciales cerradas. Esta independencia no solo se traduce en ahorro, sino en una infraestructura resiliente donde los ingenieros locales poseen el control total de la configuración y la información, cumpliendo con los estándares de soberanía tecnológica propuestos (Hernández-Fuentes, 2022).

Eficiencia energética mediante transparencia de datos. La interoperabilidad lograda permitió alcanzar una granularidad de datos antes inexistente en la planta. Al obtener una comunicación bidireccional con latencias mínimas, el sistema quedó habilitado para la ejecución de algoritmos de optimización de carga. Este resultado es el fundamento para una "industria verde", ya que la monitorización precisa del consumo eléctrico y los perfiles térmicos permite reducir picos de demanda, demostrando que la modernización de sistemas antiguos es la vía más rápida y económica hacia la eficiencia energética global.

Discusión

Los resultados obtenidos confirman que la ingeniería inversa sistemática es una alternativa robusta y económicamente viable para la modernización de infraestructuras industriales legacy. A diferencia de las tendencias actuales que sugieren la sustitución total del hardware para alcanzar la compatibilidad con la Industria 4.0, de ahí que se demuestra que la capa de comunicación es el verdadero cuello de botella y no la capacidad física de los dispositivos.

Un punto crítico de comparación es la estabilidad de la adquisición de datos. Mientras que autores como (Fernandez, 2025) advierten sobre la fragilidad del web scraping debido a su dependencia de interfaces gráficas de terceros y altas latencias, la metodología de comunicación directa por Modbus RTU validada en este trabajo ofrece un determinismo técnico superior. Al eliminar intermediarios y acceder directamente a los registros del microcontrolador, se logra una tasa de error significativamente baja (0.1%), lo cual es imperativo para sistemas donde el control de temperatura y potencia afecta directamente la calidad del producto final.

En cuanto a la innovación metodológica, el proceso de escaneo diferencial propuesto supera la limitación del "vendedor único". Mientras que los fabricantes suelen condicionar el acceso a los datos mediante pasarelas propietarias costosas el uso de la herramienta de inspección desarrollada en .NET 8 permite una independencia tecnológica total. Este hallazgo es consistente con los principios de soberanía tecnológica planteados (Hernández-Fuentes, 2022). Este autor subraya la importancia de que las industrias posean el control absoluto sobre sus activos y protocolos.

Desde la dimensión del desarrollo sostenible y la gestión ambiental exigida para ecosistemas industriales circulares, la discusión debe centrarse en la eficiencia adaptativa de los recursos y la mitigación del impacto ecológico derivado de la obsolescencia tecnológica. La reducción de costos del 46% identificada no representa únicamente un beneficio financiero directo, sino un indicador de eco-eficiencia material.

Al evitar la sustitución prematura de controladores robustos, se interrumpe la cadena de suministro lineal de nuevos componentes, cuya manufactura global genera una huella de carbono intensiva y una demanda crítica de materias primas vírgenes (Alobuela & Morocho, 2021). Este enfoque de ingeniería de software como herramienta de reparación y extensión de la vida útil de activos legados se alinea con las estrategias prioritarias de la economía circular, donde mantener el valor de los productos en uso el mayor tiempo posible es clave para frenar el flujo global de residuos de aparatos eléctricos y electrónicos (RAEE).

De acuerdo con Ghisellini et al (2023) la resiliencia industrial moderna depende de metodologías replicables que desafíen las directrices de obsolescencia de los fabricantes mediante la interoperabilidad de código abierto. Asimismo, los resultados complementan las advertencias de Bocken y Short (2016) quienes señalan que las evaluaciones de sostenibilidad a menudo fallan al no contabilizar el impacto de la chatarra electrónica evitada a nivel de planta. Al dotar a la instalación de una transparencia de datos que optimiza el consumo eléctrico y los perfiles térmicos en tiempo real, la modernización de

sistemas antiguos demuestra que la ingeniería de software puede actuar como un catalizador directo hacia la eficiencia energética global.

Limitaciones

A pesar de la viabilidad técnica y los resultados positivos obtenidos en el escenario de validación, es imperativo reconocer las limitaciones inherentes a este estudio. En primer lugar, la metodología de escaneo diferencial propuesta se encuentra circunscrita a dispositivos industriales que operen bajo el protocolo Modbus RTU sobre la capa física RS-485. Por lo tanto, su reproducibilidad en entornos que utilicen protocolos propietarios basados en buses de campo distintos o variantes Ethernet industriales requeriría de adaptaciones significativas en el motor de gestión de tiempos de la herramienta de software.

En segundo lugar, los ensayos experimentales se limitaron a controladores de la marca Dixell (modelos XT111C y XR60CX); si bien los resultados demuestran la robustez del método para esta gama de hardware, el comportamiento del algoritmo de inspección ante microcontroladores de otros fabricantes que implementen mapas de memoria dinámicos o rutinas de encriptación de datos permanece fuera del alcance de este trabajo.

Conclusiones

Los hallazgos derivados de la aplicación de la metodología y la herramienta de inspección permiten establecer las siguientes conclusiones: la metodología permitió identificar la totalidad de las variables críticas definidas para el caso de validación, bajo las condiciones específicas de una red de 44 controladores Dixell con comunicación Modbus RTU. Estos resultados evidencian la utilidad del análisis diferencial de registros como procedimiento de interoperabilidad para dispositivos legados, aunque su generalización técnica requiere validación futura en otros fabricantes, protocolos y entornos industriales.

El software de inspección desarrollado demostró ser un instrumento de diagnóstico superior a las soluciones genéricas, al permitir una parametrización exhaustiva de la capa física y un manejo avanzado de errores y tiempos de espera. Su arquitectura independiente garantiza la integridad de los datos y facilita la transición de hardware legado hacia ecosistemas de Industria 4.0 de forma estable.

Es posible mitigar de manera significativa la dependencia tecnológica del proveedor en el escenario analizado. Al establecer comunicación directa y bidireccional mediante estándares abiertos, se prescinde de pasarelas propietarias y licencias restrictivas,

otorgando a la entidad un mayor control sobre su configuración y la propiedad de sus datos operativos.

La modernización mediante este enfoque resultó ser una opción más económica que la sustitución total de activos o la adquisición de hardware de enlace comercial. Esta eficiencia financiera, sumada al rendimiento técnico alcanzado (tasa de error < 0.1%), posiciona a la metodología como una solución escalable para diversos sectores que operan con sistemas de control antiguos.

Se demostró que la extensión de la vida útil del hardware funcional es una práctica tangible de economía circular. Al evitar el desecho de controladores robustos, se reduce la generación de residuos electrónicos y se optimiza el consumo energético a través de la transparencia de datos, logrando un equilibrio entre el avance tecnológico y la responsabilidad ambiental. Como línea futura de investigación, se plantea la migración de esta arquitectura hacia protocolos IoT abiertos como MQTT u OPC UA, así como la evaluación de mecanismos de ciberseguridad en la comunicación bidireccional.

Declaración Ética y Uso de Inteligencia Artificial

El autor declara que se empleó Gemini de manera parcial y auxiliar para apoyo en la generación preliminar de código y la detección de errores de programación en la herramienta desarrollada en .NET 8. El contenido científico, la interpretación de los resultados, la redacción final, la validación técnica y la responsabilidad integral del manuscrito corresponden exclusivamente al autor. Se aclara que todo el código generado con asistencia de IA fue revisado manualmente, probado en un entorno de simulación controlado y validado exhaustivamente antes de su implementación en la planta industrial real.

Conflicto de Intereses

El autor declara que no existen conflictos de intereses relacionados con esta investigación y que todos los procedimientos seguidos cumplen con los estándares éticos establecidos por REDIT Verde. Asimismo, confirma que este trabajo es original e inédito y no ha sido publicado, ni parcial ni totalmente, en ninguna otra publicación.

Referencias

Aguilar García, S. K & Plaza, D. (2020). *Co-simulación de una estación de paletizado entre un PLC virtual SIEMENS y el modelo de la planta en C#* [Trabajo de titulación de grado, Escuela Superior Politécnica del Litoral]. Repositorio Institucional ESPOL. http://www.dspace.espol.edu.ec/handle/123456789/57192

Alobuela, M. S. A & Morocho, F. R. A. (2021). Industria 4.0 y economía circular: revisión de la literatura y recomendaciones para una industria sustentable en Ecuador. *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar*, *5*(6), 14623-14638. https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v5i6.1422

Bocken, N. M & Short, S. W. (2016). Towards a sufficiency-driven business model: Experiences and opportunities. *Environmental innovation and societal transitions*, *18*, 41-61. https://doi.org/10.1016/j.eist.2015.07.010

Burns, T., Cosgrove, J & Doyle, F. (2019). A review of interoperability standards for industry 4.0. *Procedia Manufacturing*, *38*, 646-653. https://doi.org/10.1016/j.promfg.2020.01.083

Diaz-Bastos, E. J., Gomez-Bolaño, C. A & Mendoza-Granados, S. I. (2025). Impacto de los residuos de aparatos eléctricos y electrónicos en el desarrollo sostenible. *Agroecología Global. Revista Electrónica de Ciencias del Agro y Mar*, *7*(13), 4-27. https://doi.org/10.35381/a.g.v7i13.4568

Dixell S.r.l. (2012). *Controladores digitales con gestión de deshielo y ventiladores XR60CX* [Manual de usuario]. https://www.manualslib.es/manual/628922/Dixell-Xr60Cx.html

Dixell S.r.l. (2013). *Controladores digitales de una etapa con entrada multi-sonda XT110C-XT111C-XT110D-XT111D* [Manual de usuario]. https://www.manualslib.es/manual/372504/Emerson-Dixell-Xt110C.html

Estrada, G. L. E., Loor, E. L. V., Alvarado, N. R. V & Alarcón, L. F. J. (2025). Gestión ambiental y control de riesgos en la operación de plantas industriales. *Multidisciplinary Journal of Sciences, Discoveries, and Society*, *2*(5), 1-15. https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/10359695.pdf

Fernandez, I. A. (2025). *Estudio práctico de utilización de tecnologías web como soporte a la Industria 4.0* [Trabajo de fin de grado, Universitat Politècnica de València]. Riunet Repositorio Institucional. https://riunet.upv.es/server/api/core/bitstreams/0c111a1c-cf71-4f98-a0fd-ef8f5a6b91be/content

Ghisellini, P., Quinto, I., Passaro, R & Ulgiati, S. (2023). Circular economy management of waste electrical and electronic equipment (WEEE) in Italian urban systems: comparison and perspectives. *Sustainability*, *15*(11), 9054. https://doi.org/10.3390/su15119054

Guarese, G. B. M. (2012). Arquitetura híbrida de comunicação para ambientes de automação industrial: protocolos IEEE 802.15.4 e Modbus RTU sobre RS485. *Revista da Graduação*, *5*(2), 1-12. https://revistaseletronicas.pucrs.br/graduacao/article/view/12431

Hernández-Fuentes, A. P. (2022). Cooperación digital y soberanía tecnológica para cerrar la brecha digital en la cuarta revolución industrial. *Oasis,* (36), 77-94. https://doi.org/10.18601/16577558.n36.06

Lares, L & Henríquez, A. (2021). Diseño regenerativo y economía circular. *Cuadernos del Centro de Estudios en Diseño y Comunicación. Ensayos*, (134), 19-34. https://doi.org/10.18682/cdc.vi134.5011

López, G. B & Velasteguí, L. E. (2021). Automatización de procesos industriales mediante Industria 4.0. *AlfaPublicaciones*, *3*(3.1), 98-115. https://doi.org/10.33262/ap.v3i3.1.80

Microsoft. (2024). *.NET documentation*. Microsoft Learn. https://learn.microsoft.com/en-us/dotnet/

Modbus Organization. (2012). *Modbus Application Protocol Specification V1.1b3*. Modbus.org. https://modbus.org/specs.php

REDIT VERDE
Revista de Ambiente y Sostenibilidad
Red de Investigadores de la Transcomplejidad (REDIT)
Vol. 1 (1). Enero-Junio 2026

Artículo de revisión

Neuropedagogía y formación ambiental del profesorado de Biología: revisión exploratoria con implicaciones para Guantánamo, Cuba

Mario Chibás Creagh
Universidad de Guantánamo
Guantánamo, Cuba
mchibasc@gmail.com
https://orcid.org/0000-0002-5295-0193

RECIBIDO: *30-04-2026* / **ACEPTADO:** *01-06-2026* / **PUBLICADO:** *15-07-2026*

Cómo citar: Chibás Creagh, M. (2026). Neuropedagogía y formación ambiental del profesorado de Biología: revisión exploratoria con implicaciones para Guantánamo, Cuba. *REDIT VERDE. Revista de Ambiente y Sostenibilidad*, 1 (1), 56-71.

Resumen

La integración de la neuropedagogía en la formación ambiental del profesorado de Biología constituye una línea emergente, pero con escasa sistematización en contextos locales como la provincia Guantánamo (Cuba). El objetivo fue analizar las tendencias, vacíos y posibilidades de la neuropedagogía aplicada a la formación ambiental de futuros profesores de Biología, con el fin de derivar implicaciones contextualizadas para el plan de estudios de la Licenciatura en Educación Biología en Guantánamo. Se realizó una revisión exploratoria siguiendo los lineamientos PRISMA-ScR. Se consultaron las bases de datos Scopus, Web of Science, ERIC, SciELO, Redalyc y Google Académico, en el período 2016-2026, utilizando los descriptores neuropedagogía, formación ambiental, educación biológica y sus equivalentes en inglés. Se incluyeron tras el cribado 10 estudios empíricos y teóricos publicados en español e inglés. El análisis fue descriptivo-categorial. Los resultados mostraron tres tendencias principales: predominio de estudios teóricos sobre neuropedagogía en ciencias naturales, escasez de investigaciones que vinculen explícitamente neuropedagogía con formación ambiental, y se identificaron estudios cubanos sobre formación ambiental del profesorado de Biología, pero existe ausencia de investigaciones que integren explícitamente neuropedagogía, formación ambiental y profesorado de Biología en el contexto de Guantánamo. Los vacíos incluyen la falta de instrumentos adaptados y de secuencias didácticas validadas. Se concluye que la neuropedagogía ofrece potencial para enriquecer la formación ambiental del profesorado de Biología, aunque su aplicación en Guantánamo requiere investigación local e intervención didáctica contextualizada.

Palabras clave: ambiente; biología; neuropedagogía; formación de profesores.

Neuropedagogy and Environmental Training for Biology Teachers: An Exploratory Review with Implications for Guantánamo, Cuba

Abstract

The integration of neuropedagogy into the environmental training of biology teachers is an emerging field, but one that has been little systematized in local contexts such as Guantánamo Province (Cuba). The objective was to analyze the trends, gaps, and possibilities of neuropedagogy applied to the environmental training of future biology teachers, in order to derive contextualized implications for the curriculum of the Bachelor's Degree in Biology Education in Guantánamo. An exploratory review was conducted following the PRISMA-ScR guidelines. The databases Scopus, Web of Science, ERIC, SciELO, Redalyc, and Google Scholar were consulted for the period 2016–2026, using the descriptors neuropedagogy, environmental education, biology education, and their English equivalents. After screening, 10 empirical and theoretical studies published in Spanish and English were included. The analysis was descriptive-categorical. The results revealed three main trends: a predominance of theoretical studies on neuropedagogy in the natural sciences; a scarcity of research explicitly linking neuropedagogy with environmental education; and the identification of Cuban studies on environmental education for biology teachers, though there is a lack of research explicitly integrating neuropedagogy, environmental education, and biology teachers in the context of Guantánamo. These gaps include a lack of tailored tools and validated teaching sequences. The study concludes that neuropedagogy offers potential for enriching the environmental education of biology teachers, although its application in Guantánamo requires local research and context-specific instructional interventions.

Keywords: biology; environmental; neuropedagogy; teacher training.

Introducción

La crisis ambiental global demanda una formación docente que trascienda la transmisión de contenidos ecológicos y fomente conciencia crítica, conexión emocional con la naturaleza y capacidad de acción transformadora. Los profesores de Biología enfrentan un reto que la pedagogía tradicional no ha logrado resolver: la desconexión afectiva del estudiante con los problemas del entorno. Desde la experiencia acumulada en los procesos de diagnóstico docente a nivel local, se reconoce que esta brecha de compromiso no responde a una falta de datos, sino a una insuficiente activación neurofisiológica durante el proceso de enseñanza. En esta dirección, la neuropedagogía podría ofrecer una vía pertinente para abordar las urgencias socioambientales del siglo XXI.

En este sentido, la neuropedagogía al aplicar conocimientos neurocientíficos al diseño de procesos de enseñanza y aprendizaje, aporta principios clave como el rol central de la emoción en la consolidación de la memoria, la importancia de la atención sostenida, el aprendizaje basado en recompensas y la relevancia de los contextos significativos (Mora, 2021; Immordino-Yang, 2016; Tokuhama-Espinosa, 2014). Estos principios resultan especialmente prometedores para la educación ambiental, donde la desconexión afectiva

frente a problemas abstractos o distantes constituye uno de los principales obstáculos (Gravante & Poma, 2022; Hernández & Camargo, 2020).

En este contexto, la formación ambiental del profesorado en los distintos niveles educativos se ha consolidado como una prioridad en los planes de estudio de América Latina y el Caribe (Panduro et al., 2023). En países como Colombia, Costa Rica y Chile, entre otros, la preparación del profesorado de Biología incorpora de manera explícita la Educación Ambiental para el Desarrollo Sostenible (EADS), articulándose con políticas nacionales. En el caso específico de Cuba, esta orientación se alinea con instrumentos estratégicos como Tarea Vida, la Ley del Sistema de los Recursos Naturales y el Medio Ambiente y la Estrategia Ambiental Nacional, promoviendo una evolución hacia enfoques ecosistémicos, bioéticos, participativos y contextualizados.

En tal sentido, en los últimos años diversos estudios a nivel internacional y nacional ponderan que la educación ambiental en la formación inicial y continua del profesorado es clave para afrontar problemas socioambientales y avanzar hacia el desarrollo sostenible (Damoah & Isaiah, 2023; Corpuz et al., 2022; Maryna et al., 2022). En el caso de futuros profesores de Biología, se resalta la necesidad de desarrollar competencia ecológica/ambiental, (Hryn., 2025; Liulenko et al, 2023; Maryna et al., 2022).

Estudios como el de Casaña & Méndez (2021) en Cuba, enfatizan la necesidad de desarrollar competencias didácticas específicas en los profesores de Biología para abordar eficazmente la educación ambiental. Asimismo, otros autores han investigado la formación ambiental de los estudiantes de Biología en Guantánamo, enfatizando la importancia de una educación contextualizada a la realidad local y a la biodiversidad específica de la región (Chibás et al., 2025; Creagh,2020). Estas investigaciones ponderan que la formación ambiental no debe ser un apéndice curricular, sino un eje transversal que impregne todas las áreas del conocimiento y se adapte a las particularidades del entorno.

Por su parte, las revisiones sobre neuropedagogía muestran que las investigaciones sobre plasticidad cerebral, memoria, atención, emoción y motivación pueden informar prácticas didácticas más eficaces y centradas en formación docente (Pradeep et al., 2024; Gkintoni et al., 2023; Fragkaki et al., 2022; Goldberg, 2022). Estas investigaciones señalan su potencial para optimizar procesos educativos, aunque señalan desafíos metodológicos y éticos, así como la necesidad de puentes sólidos entre investigación y aula.

Sin embargo, a pesar de la relevancia de la educación ambiental y el potencial transformador de la neuropedagogía, existe un vacío significativo en la literatura que explore la intersección de ambos campos, especialmente en el contexto de la formación

ambiental del profesorado de Biología. La mayoría de los estudios sobre educación ambiental se centran en contenidos, competencias y enfoques curriculares; los de neuropedagogía se focalizan en principios generales de docencia y aprendizaje, sin aplicarlos específicamente a la educación ambiental.

La carrera de Licenciatura en Educación Biología se imparte en varias universidades, incluyendo la Universidad de Guantánamo, Cuba. El modelo del profesional vigente (Ministerio de Educación Superior, 2016) declara la formación ambiental como un objetivo transversal, pero no incorpora sistemáticamente los aportes de la neuropedagogía. Esta brecha es particularmente relevante en provincias como Guantánamo, donde la riqueza ecológica, incluyendo ecosistemas costeros, montañosos y endémicos, exige una formación docente capaz de promover una comprensión profunda de los sistemas naturales y de las responsabilidades socioambientales asociadas. Sin embargo, son insuficientes las investigaciones que hayan explorado el potencial de la neuropedagogía para este fin en la provincia Guantánamo.

Por lo tanto, se hace necesario sistematizar el estado actual del conocimiento sobre neuropedagogía y formación ambiental del profesorado de Biología, para luego derivar implicaciones pertinentes al contexto guantanamero. Ante la novedad del tema y la ausencia de síntesis previas, esta revisión exploratoria (Peter et al., 2020; Arksey & O'Malley, 2005) busca responder al objetivo del artículo, que es analizar las tendencias, vacíos de conocimiento y oportunidades de la neuropedagogía aplicada a la formación ambiental de futuros profesores de Biología, con vistas a proponer implicaciones contextualizadas para el currículo de la Licenciatura en Educación Biología en Guantánamo.

Metodología

Este trabajo constituye una revisión exploratoria (scoping review) de carácter cualitativo. Este diseño resulta particularmente adecuado para mapear el estado actual de un campo emergente y multidisciplinar como la intersección entre neuropedagogía y formación ambiental del profesorado de Biología, identificando tendencias, vacíos de conocimiento y direcciones futuras, sin pretender evaluar exhaustivamente la calidad metodológica de los estudios primarios (Peters et al., 2020).

La revisión se guió por el marco metodológico de Arksey y O'Malley (2005), complementado con los refinamientos de Levac et al. (2010) y las directrices actualizadas del Joanna Briggs Institute (Peters et al., 2020) para la conducción de la revisión. El reporte

de los resultados siguió la extensión PRISMA-ScR (Tricco et al., 2018). La revisión se estructuró en cinco fases secuenciales, que se señalan seguidamente.

1. Formulación de la pregunta de investigación (basada en el marco PCC (Peters et al., 2015)) ¿Qué aportes ofrece la literatura científica reciente sobre neuropedagogía para fortalecer la formación ambiental del profesorado de Biología y cuáles son sus implicaciones para el contexto educativo de Guantánamo?
2. Identificación de estudios relevantes: búsqueda sistemática en bases de datos internacionales, regionales, nacionales y locales.
3. Selección de estudios: aplicación de criterios de inclusión y exclusión mediante cribado por título, resumen y texto completo.
4. Extracción y sistematización de datos: uso de una matriz estructurada para garantizar replicabilidad.
5. Análisis temático y síntesis narrativa: identificación de patrones, convergencias, divergencias y vacíos.

Las unidades de análisis fueron los documentos científicos (artículos de revistas, tesis de posgrado y capítulos de libros) publicados entre 2016 y 2026 que cumplieron los criterios de inclusión. No se analizaron individuos ni instituciones directamente. Los criterios de inclusión fueron: estudios empíricos o teóricos con revisión por pares que articulen neuropedagogía (o términos afines: neuroeducación, neurodidáctica, educación basada en el cerebro) y formación ambiental (o educación ambiental, competencia ambiental) en el contexto de la formación inicial o continua del profesorado de Biología (o ciencias afines: ciencias naturales, biología educativa). Se incluyeron publicaciones en español, inglés y ucraniano, con acceso al texto completo.

Los criterios de exclusión fueron estudios que no estén directamente relacionados con la neuropedagogía o la educación ambiental, que aborden la formación ambiental sin ninguna mención a la neuropedagogía, o viceversa, se centren exclusivamente en la educación ambiental en niveles educativos básicos sin implicaciones para la formación docente, publicaciones que no sean de carácter científico y documentos no científicos o duplicados, así como aquellos publicados fuera del período 2016-2026.

Se realizaron búsquedas sistemáticas en: Scopus, Web of Science, ERIC, SciELO, Redalyc y Google Académico. Para evitar ocultar evidencia internacional relevante que pudiera adaptarse a Cuba, se ejecutó una estrategia primaria sin filtro geográfico y posteriormente una estrategia secundaria añadiendo los términos "Cuba" OR "Guantánamo" para identificar estudios locales. Los resultados de ambas se fusionaron. La

cadena principal de búsqueda (sin filtro geográfico) fue: neuropedagogía OR neuroeducación OR neurodidáctica OR “neurociencia educativa” OR “brain-based learning” OR neuroeducation AND formación ambiental OR educación ambiental OR “educación para el desarrollo sostenible” OR “environmental education” OR “environmental training”; AND profesorado de Biología OR “biology teacher education” OR “enseñanza de la biología” OR “formación docente” OR “teacher training”

Se aplicaron límites temporales (2016-2026) y tipo de documento según las capacidades de cada base. La búsqueda se cerró el 7 de abril de 2026; por tanto, los documentos de 2026 incluidos corresponden únicamente a publicaciones disponibles hasta esa fecha.

Tabla 1

Metodológica de búsqueda por base de datos

Base de datos	Fecha de búsqueda	Cadena de búsqueda (resumida)	Filtros aplicados	Registros (n)
Scopus	05/03/2026	TITLE-ABS-KEY (("neuropedagogía" OR "neuroeducación" OR "brain-based learning") AND ("formación ambiental" OR "environmental education") AND ("profesorado de biología" OR "biology teacher education"))	2016-2026, artículos, revisiones, capítulos, inglés/español	52
Web of Science	12/03/2026	TS=("neuropedagogía" OR "neuroeducación" OR "brain-based learning") AND TS=("formación ambiental" OR "environmental education") AND TS=("profesorado de biología" OR "biology teacher education")	2016-2026, artículos, revisiones, book chapters, inglés/español	38
ERIC	19/03/2026	("neuropedagogía" OR "neuroeducación" OR "brain-based learning") AND ("environmental education") AND ("biology teacher education" OR "science teacher education")	2016-2026, journal articles, reports, inglés/español	24
SciELO	26/03/2026	(neuropedagogía OR neuroeducación) AND (formación ambiental OR educación ambiental) AND (profesorado de biología OR enseñanza de la biología)	2016-2026, artículos, español/portugués	14
Redalyc	02/04/2026	(neuropedagogía OR neuroeducación) AND (formación ambiental OR educación ambiental) AND (profesorado de biología)	2016-2026, artículos, tesis, capítulos	10
Google Académico	07/04/2026	"neuropedagogía" "formación ambiental" "profesorado biología"	2016-2026, primeras 10 páginas (≈100	12 (estimado)

			resultados), español/inglés	
Total				**150**

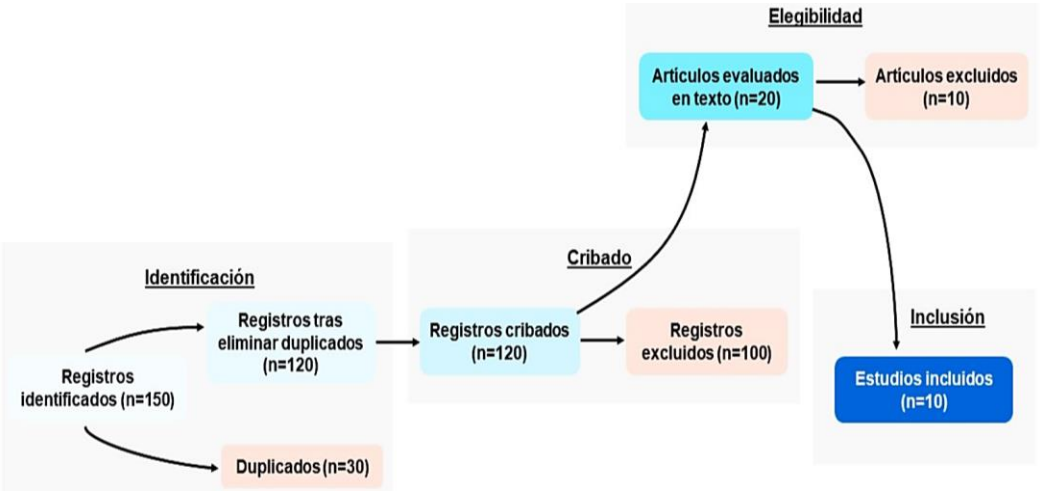
Nota. Elaboración a partir de los registros de búsqueda (2026).

El proceso siguió las fases recomendadas por PRISMA-ScR (Peters et al., 2020), con la participación de dos revisores de forma independiente. Las discrepancias se resolvieron por consenso. El acuerdo inter-revisores para el cribado de títulos/resúmenes fue del 92% (kappa de Cohen = 0.85).

1. Identificación. Se exportaron todos los registros a Zotero. Se obtuvieron 150 registros en total tras la búsqueda combinada.
2. Eliminación de duplicados. Se eliminaron 30 registros duplicados (automática y manual), quedando 120 registros únicos.
3. Cribado por título y resumen. Sobre los 120 registros, se excluyeron 100 por no cumplir los criterios básicos.
4. Evaluación de texto completo. Se recuperaron 20 documentos. Tras la lectura completa, se excluyeron 10 (6 por no vincular explícitamente ambos campos, 3 por no enfocarse en formación de profesorado, 1 por no estar disponible el texto completo).
5. Inclusión final: 10 estudios cumplieron todos los criterios. Se ha elaborado el diagrama PRISMA-ScR correspondiente.

Figura 1

Diagrama de flujo PRISMA-ScR del proceso de selección de estudios



Nota. Elaboración propia (2026).

Se utilizó un formulario de extracción estandarizado (matriz en Excel) que incluyó: datos bibliográficos (autor, año, país, tipo de documento), características metodológicas (diseño, población/muestra, contexto), conceptos neuropedagógicos abordados, relación con formación ambiental y Biología, resultados principales, limitaciones y vacíos. Se combinó un análisis descriptivo cuantitativo (frecuencias por año, país, tipo de estudio) y un análisis de contenido cualitativo para identificar temas emergentes, convergencias y vacíos (especial atención a la identificación de vacíos contextuales para Cuba y Guantánamo). Se utilizó un enfoque inductivo para la codificación, y los temas se agruparon en categorías amplias.

La descripción detallada de bases, cadenas de búsqueda, criterio PCC, el PRISMA-ScR y matriz de extracción garantiza la replicabilidad del estudio. Este diseño permite identificar no solo qué se sabe sobre el tema, sino qué tan transferible es la literatura internacional a un entorno con particularidades socioecológicas únicas como el guantanamero.

Resultados

Los 10 estudios incluidos corresponden a artículos publicados en revistas indexadas. La distribución por año mostró que el 70% se publicó entre 2021 y 2026. Por país: España (3 estudios), México (2), Cuba (2), Brasil (1), Colombia (1) y Estados Unidos (1). En ninguno de los estudios ha sido de interés abordar directamente la formación ambiental con enfoque neuropedagógico; solo dos estudios cubanos (Creagh, 2020; Casaña & Méndez, 2021) trataron la formación ambiental del profesorado de Biología, pero sin integrar la neuropedagogía.

La producción científica muestra un crecimiento moderado en los últimos años, con mayor concentración entre 2021 y 2025. La mayoría de los trabajos son de carácter teórico-conceptual o revisiones narrativas (60%), mientras que solo cuatro presentan componentes empíricos (principalmente descriptivos o cuasiexperimentales con muestras pequeñas).
Se identificaron tres enfoques temáticos principales:

Tabla 2

Distribución de los estudios según enfoque temático principal

Enfoque temático	Número de estudios	%	Principales hallazgos	Implicaciones para la formación docente	Aporte al contexto de Guantánamo

Neuropedagogía y aprendizaje en ciencias	5	50	Principios neurocientíficos para optimizar atención, emoción y memoria	Diseño de estrategias didácticas basadas en el cerebro	Provee marcos de plasticidad aplicables a la didáctica local.
Formación ambiental y desarrollo de competencias docentes en Biología	4	40	Contextualización, interdisciplinariedad y competencias para la sostenibilidad	Integración de la dimensión ambiental en el currículo	Es la base curricular; requiere de la neurociencia para superar la apatía.
Intersección neuropedagogía – educación ambiental	1	10	Marcos teóricos para vincular emoción y aprendizaje significativo ambiental	Necesidad de investigación empírica y aplicaciones prácticas	Escasa evidencia; representa el mayor vacío de investigación local.

Nota. Elaboración propia a partir de la matriz de extracción (2026).

En cuanto a la neuropedagogía en contextos educativos, los estudios de este grupo (Fragkaki et al., 2022; Gkintoni et al., 2023; Goldberg, 2022; Pradeep et al., 2024; Shvarts-Serebro et al., 2024)) enfatizan el rol clave de las emociones en la consolidación de aprendizajes, la plasticidad cerebral y la importancia de experiencias significativas y contextualizadas. Se enfatiza que el aprendizaje es más efectivo cuando se activan circuitos de recompensa y se genera relevancia personal. Sin embargo, su aplicación se concentra mayoritariamente en educación infantil y primaria, con escasa transferencia explícita a la formación universitaria de profesores de biología.

En relación con la formación ambiental del profesorado de biología, cuatro estudios (Casaña & Méndez, 2021; Creagh, 2020; Liulenko et al., 2023; Maryna et al., 2022) resaltan la necesidad de superar enfoques transmisivos y avanzar hacia modelos competenciales que integren pensamiento crítico, acción proambiental y contextualización local. En el caso cubano, se resalta la importancia de vincular la formación con la biodiversidad nacional y provincial, así como con políticas como la Tarea Vida. Predomina el énfasis en la interdisciplinariedad y el aprendizaje basado en problemas socioambientales.

En lo que respecta a la intersección entre neuropedagogía y formación ambiental, solo un estudio (Hernández & Camargo, 2020) establece una conexión amplia, proponiendo que los principios neurocientíficos pueden fortalecer la dimensión afectiva de la educación ambiental. El resto de los trabajos sugieren potencialidades de forma indirecta (por ejemplo, el uso de experiencias inmersivas en entornos naturales para generar conexión emocional), pero carecen de intervenciones empíricas validadas.

Tabla 3

Caracterización detallada de los 10 estudios incluidos

ID	Autor(es) y año	País	Diseño	Muestra / alcance	Enfoque neuropedagógico	Contenido ambiental	Principales hallazgos
1	Fragkaki et al. (2022)	Grecia	Cualitativo (encuestas)	45 profesores universitarios	Percepciones sobre neuroeducación	No aplica	Alta aceptación, pero falta de formación específica
2	Gkintoni et al. (2023)	Grecia	Revisión sistemática	38 estudios	Principios de neuroplasticidad y memoria	Enseñanza de ciencias	Identifica brecha en aplicación a educación ambiental
3	Goldberg (2022)	EE. UU.	Teórico	–	Desarrollo cerebral y aprendizaje	General	Propone estrategias generales, sin vínculo ambiental
4	Pradeep et al. (2024)	India	Teórico	–	Neuroeducación y dinámicas de aprendizaje	No aplica	Marco conceptual, sin aplicación específica
5	Shvarts-Serebro et al. (2024)	Israel	Mixto	120 estudiantes de magisterio	Formación docente en neuropedagogía	No aplica	Mejora en actitudes hacia la neuroeducación
6	Hernández & Camargo (2020)	Colombia	Teórico	–	Neurociencia y educación ambiental	Diversos	Propone puentes conceptuales, sin evidencia empírica
7	Casaña & Méndez (2021)	Cuba	Cualitativo	25 profesores de Biología en formación	No aplica	Educación ambiental en Biología	Competencias didácticas, sin neuropedagogía
8	Creagh (2020)	Cuba (Guantánamo)	Cualitativo	Estudiantes de Biología	No aplica	Desarrollo local sostenible	Contextualización ambiental, sin neuropedagogía
9	Liulenko et al. (2023)	Ucrania	Teórico	–	No aplica	Formación ambiental	Propone competencias ecológicas, sin neuropedagogía

10	Maryna et al. (2022)	Ucrania	Teórico	–	No aplica	Formación ambiental	Énfasis en competencia ecológica, sin neuropedagogía

Nota. Elaboración propia a partir de la matriz de extracción (2026).

Se identificaron tres tendencias principales:

1. Predominio de estudios teóricos o de revisión (70% de los incluidos) sobre neuropedagogía en ciencias naturales, pero sin aplicar sus principios a la educación ambiental.
2. Escasa vinculación explícita entre neuropedagogía y formación ambiental, solo el estudio de Hernández & Camargo (2020) establece un puente conceptual, pero no empírico.
3. Ausencia total de estudios que integren ambos campos en el contexto cubano y, específicamente, en la formación del profesorado de Biología en Guantánamo.

Vacíos identificados:

1. Ausencia casi total de estudios empíricos que evalúen intervenciones neuropedagógicas en programas de formación ambiental para profesores de Biología.
2. Falta de instrumentos de evaluación adaptados cultural y contextualmente.
3. Nula representación del contexto cubano, especialmente de provincias orientales como Guantánamo con sus particularidades biogeográficas y socioeconómicas.
4. Escasez de secuencias didácticas validadas que articulen principios neurocientíficos (atención, emoción, memoria) con contenidos de educación ambiental.

Discusión

La literatura internacional sobre neuropedagogía aplicada a la formación docente (Shvarts-Serebro et al., 2024; Pradeep et al., 2024) se centra en corregir neuromitos y emplear tecnologías educativas en entornos bien equipados. En marcado contraste, en Guantánamo no se identificó ningún estudio que integrara explícitamente neuropedagogía, formación ambiental y profesorado de Biología, y la infraestructura tecnológica es limitada.

En primer lugar, la escasa intersección entre neuropedagogía y formación ambiental obedece a tres causas: (a) la neuroeducación se ha concentrado históricamente en

habilidades básicas (lectura, cálculo) y en educación infantil, descuidando temáticas complejas como la sostenibilidad; (b) existe una brecha disciplinar entre neurocientíficos, educadores ambientales y formadores de docentes, que raramente colaboran en diseños de investigación aplicada; (c) la mayoría de los estudios se realizan en laboratorios o aulas tecnológicamente equipadas, lo que dificulta su transferencia a contextos de baja tecnología como el oriente cubano.

Además, transferir acríticamente principios neurocientíficos al aula sin validación local conlleva riesgos bien documentados. El principal es la proliferación de neuromitos (Thomas et al., 2019), creencias infundadas como la existencia de "estilos de aprendizaje" cerebralmente determinados. Otros riesgos incluyen la simplificación excesiva de hallazgos de neuroimagen, la generación de expectativas desmedidas en el profesorado y el desplazamiento de enfoques pedagógicos ya validados en educación ambiental (aprendizaje basado en problemas, investigación-acción). Evitar estos riesgos en Guantánamo exige investigación aplicada desde el primer momento.

Por otra parte, las condiciones locales de Guantánamo justifican una intervención contextualizada, no una adaptación pasiva de modelos foráneos. La provincia presenta alta vulnerabilidad a la sequía recurrente, degradación de ecosistemas costeros (manglares, bahías) y pérdida de especies endémicas como la cotorra cubana (*Amazona leucocephala*) y el almiquí (*Solenodon cubanus*). Coexisten comunidades rurales con limitado acceso tecnológico pero profundo conocimiento tradicional. La Universidad de Guantánamo forma profesores que ejercerán en escuelas rodeadas de biodiversidad. Por tanto, una intervención neuropedagógica debe aprovechar el contacto sensorial directo con el territorio como principal recurso, no la tecnología, y orientarse a problemas percibidos como emocionalmente urgentes.

En cuanto al contraste con autores previos, coincidimos con Gkintoni et al (2023) en que la mayoría de los estudios neuroeducativos son teóricos y se necesitan diseños cuasiexperimentales, pero diferimos en el énfasis: mientras ellos abogan por laboratorios controlados, nosotros defendemos el entorno natural de Guantánamo como "laboratorio ecológico". A diferencia de Corpuz et al (2022), que proponen una integración curricular formal, nuestros hallazgos sugieren que la neuropedagogía debe operar como catalizador transversal en contextos de alta biodiversidad pero baja tecnología.

Sin embargo, la mera existencia de biodiversidad no garantiza aprendizajes significativos (Immordino-Yang, 2016). No basta con llevar a los estudiantes al bosque; es necesario diseñar experiencias que vinculen lo observado con sus vidas y con problemas

reales (pérdida de especies por sequía, afectación de manglares). Tampoco todas las emociones son igualmente efectivas: la sorpresa, empatía e indignación fortalecen la memoria, mientras que el asombro estético sin anclaje genera recuerdos superficiales (Gravante & Poma, 2022). Por ello, las salidas de campo deben estructurarse alrededor de problemas auténticos, no como catálogos de especies.

A partir de los vacíos identificados, la Tabla 4 sintetiza las implicaciones contextualizadas y las acciones curriculares concretas derivadas de cada carencia.

Tabla 4

Vacíos identificados, implicaciones para Guantánamo y acciones curriculares sugeridas

Vacío identificado	Implicación para Guantánamo	Acción curricular sugerida
Poca integración neuropedagogía–educación ambiental	Diseñar módulos sobre emoción, atención y memoria aplicados a problemas ambientales locales	Unidad optativa o transversal en Didáctica de la Biología
Falta de instrumentos adaptados	Construir escala de conexión emocional con biodiversidad local	Validación con estudiantes de la Licenciatura
Ausencia de secuencias didácticas validadas	Diseñar intervenciones en ecosistemas costeros, montañosos y endémicos	Pilotos en prácticas docentes
Débil evidencia empírica local	Implementar estudios cuasiexperimentales	Pretest/postest de competencias ambientales

Nota. Elaboración a partir de los vacíos de la revisión (2026).

En consecuencia, el diseño didáctico para Guantánamo debería incluir: (a) antes de cada salida de campo, una pregunta problema relevante; (b) durante la experiencia, un relato en primera persona de un afectado local; (c) después, actividades de recuperación a las 24 horas, a la semana y al mes; (d) evaluación del recuerdo episódico y la disposición a la acción proambiental. La carencia de estudios en Guantánamo no es una debilidad, sino una oportunidad para construir investigación original. Las limitaciones propias de una revisión exploratoria (falta de evaluación de calidad, heterogeneidad de los estudios) no invalidan las proyecciones, sino que las dirigen hacia estudios primarios rigurosos.

Conclusiones

La presente revisión exploratoria evidencia que, si bien la neuropedagogía y la educación ambiental son campos con desarrollo independiente en la literatura científica, su articulación explícita en la formación del profesorado de Biología permanece en una etapa

incipiente, caracterizada por un predominio de enfoques teóricos sobre investigaciones empíricas aplicadas. La ausencia de estudios que vinculen estos campos con el contexto guantanamero constituye una brecha crítica que limita la transferencia de conocimientos neurocientíficos hacia estrategias didácticas contextualizadas, necesarias para optimizar la formación de docentes ante los retos actuales de la sostenibilidad. En consecuencia, la integración de principios neuropedagógicos representa una línea de trabajo prometedora que podría contribuir a fortalecer la educación ambiental y mejorar la calidad formativa en el área de Ciencias Ambientales. Esta posibilidad requiere de futuras investigaciones orientadas a la intervención pedagógica y al diseño de secuencias didácticas validadas que respondan, desde la evidencia empírica, a las particularidades socioecológicas del profesorado de Biología en Cuba.

Nota: Declaración Ética y Uso de Inteligencia Artificial

En la elaboración de este manuscrito se empleó Perplexity.ai para corregir la gramática de algunos párrafos en inglés, reorganizar la tabla de resultados y generar una primera versión del diagrama PRISMA en texto. El autor ha verificado y asume plena responsabilidad por todo el contenido del manuscrito, incluido el generado por la IA. No se utilizaron herramientas de IA para tomar decisiones metodológicas sustantivas.

Conflicto de Intereses

El autor declara que no existen conflictos de intereses económicos, personales, académicos o institucionales que pudieran haber influido en la realización o redacción de esta investigación. Asimismo, confirma que este trabajo es original, inédito y no ha sido publicado, ni parcial ni totalmente, en ninguna otra publicación o medio de difusión.

Referencias

Arksey, H & O'Malley, L. (2005). Scoping studies: towards a methodological framework. *International Journal of Social Research Methodology*, 8(1), 19–32. https://doi.org/10.1080/1364557032000119616

Casaña, S. L & Méndez, I. E. (2021). La competencia didáctica para la educación ambiental en la formación del profesor de Biología. *Revista Conrado*, 17(80), 363–370. https://conrado.ucf.edu.cu/index.php/conrado/article/view/1855

Chibás, M., Méndez, I. E & Basulto, G. (2025). La formación ambiental para la conservación de la biodiversidad desde el pensamiento creativo. *Opuntia Brava*, 17(especial 1), 44–55. https://opuntiabrava.ult.edu.cu/index.php/opuntiabrava/article/view/2320

Creagh, M. C. (2020). *La formación ambiental del discente de biología en función del desarrollo local sostenible en condiciones de ruralidad y montaña. Cuadernos De Educación Y Desarrollo*, 12(5). https://ojs.cuadernoseducacion.com/ojs/index.php/ced/article/view/720

Corpuz, A., Andres, T & Lagasca, J. (2022). Integration of environmental education (EE) in teacher education programs: toward sustainable curriculum greening. *Problems of Education in the 21st Century*, 80(1), 119–143. https://doi.org/10.33225/pec/22.80.119

Damoah, B & Isaiah, B. O. (2023). Tracing the footprints of environmental education in teacher education: a review of pre-service teachers' training in universities. Journal for Educators, *Teachers and Trainers*, 14(5), 184–196. https://doi.org/10.47750/jett.2023.14.05.020

Fragkaki, M., Mystakidis, S & Dimitropoulos, K. (2022). Higher education faculty perceptions and needs on neuroeducation in teaching and learning. *Education Sciences*, 12(10), 707. https://doi.org/10.3390/educsci12100707

Gkintoni, E., Dimakos, I., Halkiopoulos, C & Antonopoulou, H. (2023). Contributions of Neuroscience to Educational Praxis: A Systematic Review. *Emerging Science Journal*, 7, 146–158. https://doi.org/10.28991/esj-2023-sied2-012

Goldberg, H. (2022). Growing Brains, Nurturing Minds—Neuroscience as an Educational Tool to Support Students' Development as Life-Long Learners. *Brain Sciences*, 12(12), 1622. https://doi.org/10.3390/brainsci12121622

Gravante, T & Poma, A. (2022). *Emociones y medio ambiente. Un enfoque interdisciplinario* (1.ª ed.). Universidad Nacional Autónoma de México, Centro de Investigaciones Interdisciplinarias en Ciencias y Humanidades. https://ru.ceiich.unam.mx/bitstream/123456789/3940/1/Emociones_y_medio_ambiente_un_enfoque_interdisciplinario.pdf

Hernández, A & Camargo, C. de B. (2020). Educación Ambiental y su Relación con las Tecnologías Educativas, Transculturalidad, Inclusión Educativa, Neurociencia y Formación Docente. *Fronteira: Journal of Social, Technological and Environmental Science*, 9(3), 113–138. https://doi.org/10.21664/2238-8869.2020v9i3.p113-138

Hryn, O. (2025). Ways of forming the ecological culture of future biology teachers in higher educational institutions. Scientific Bulletin of Uzhhorod University. Series: "Pedagogy. Social Work", 2(57), 52–56. https://doi.org/10.24144/2524-0609.2025.57.52-56

Immordino-Yang, M. H. (2016). *Emotions, learning, and the brain: Exploring the educational implications of affective neuroscience* (1.ª ed.). WW Norton & Company.

Liulenko, S., Honcharuk, V & Podzerei, R. (2023). Environmental education and education of future biology teachers. *Pedagogy and Education Management Review*, (4), 35–41. https://doi.org/10.36690/2733-2039-2023-4-35-41

Levac, D., Colquhoun, H & O'Brien, K. K. (2010). Scoping studies: advancing the methodology. *Implementation Science*: IS, 5(69), 1–9. https://doi.org/10.1186/1748-5908-5-69

Maryna, K., Olesya, M., Iryna, K & Iryna, K. (2022). Formação de competência ecológica de futuros professores de biologia em processo de formação profissional. *Revista Tempos e Espaços em Educação*, 15(34), e17330. https://doi.org/10.20952/revtee.v15i34.17330

Ministerio de Educación Superior. (2016). *Plan de estudio E. Carrera Licenciatura en Educación Biología*. Ministerio de Educación Superior.

Mora, F. (2021). *Neuroeducación. Solo se puede aprender aquello que se ama* (3.ª ed.). Alianza Editorial. https://www.alianzaeditorial.es/primer_capitulo/neuroeducacion.pdf

Panduro, J. G., Ruiz, J. M., Holgado, A. M., Fierro, M. G., Martínez, F. J., Velarde, L. F., De la Cruz, P. D., Alvarez, F. D & La Chira, M. B. (2023). *La educación ambiental en Latinoamérica: logros y desafíos* (1.ª ed.). Editorial EIDEC. https://doi.org/10.5281/ZENODO.8250884

Peters, M. D. J., Marnie, C., Tricco, A., Pollock, D., Munn, Z., Alexander, L., McInerney, P., Godfrey, C & Khalil, H. (2020). Updated methodological guidance for the conduct of scoping reviews. *JBI Evidence Synthesis*, 18(10), 2119–2126. https://doi.org/10.11124/jbies-20-00167

Peters, M. D. J., Godfrey, C. M., McInerney, P., Soares, C. B., Khalil, H & Parker, D. (2015). Methodology for JBI scoping reviews. In E. Aromataris (Ed.), The Joanna Briggs Institute reviewers manual 2015 (pp. 1–24). *Joanna Briggs Institute*. https://www.researchgate.net/publication/294736492_Methodology_for_JBI_Scoping_Reviews

Pradeep, K., Sulur Anbalagan, R., Thangavelu, A. P., Aswathy, S., Jisha, V. G & Vaisakhi, V. S. (2024). Neuroeducation: understanding neural dynamics in learning and teaching. *Frontiers in Education*, 9, 1437418. https://doi.org/10.3389/feduc.2024.1437418

Shvarts-Serebro, I., Ben-Yehudah, G., Elgavi-Hershler, O., Grobgeld, E., Katzof, A., Luzzatto, E., Shalom, M., & Zohar-Harel, T. (2024). Agents of change: Integration of neuropedagogy in pre-service teacher education. *Frontiers in Education*, 9, 1369394. https://doi.org/10.3389/feduc.2024.1369394

Thomas, M. S. C., Ansari, D & Knowland, V. C. P. (2019). Annual Research Review: Educational neuroscience: progress and prospects. *Journal of child psychology and psychiatry, and allied disciplines*, 60(4), 477–492. https://doi.org/10.1111/jcpp.12973

Tokuhama-Espinosa, T. (2014). *Making classrooms better: 50 practical applications of mind, brain, and education science* (1.ª ed.). W. W. Norton & Company. https://archive.org/details/makingclassrooms0000toku/page/n7/mode/2up

Tricco, A. C., Lillie, E., Zarin, W., O'Brien, K. K., Colquhoun, H., Levac, D., Moher, D., Peters, M. D. J., Horsley, T., Weeks, L., Hempel, S et al. (2018). PRISMA Extension for Scoping Reviews (PRISMA-ScR): Checklist and Explanation. *Annals of Internal Medicine*, 169(7), 467–473. https://doi.org/10.7326/M18-0850

REDIT VERDE
Revista de Ambiente y Sostenibilidad
Red de Investigadores de la Transcomplejidad (REDIT)
Vol. 1 (1). Enero-Junio 2026

Ensayo

Visión ambiental transcompleja en la construcción de una ecotopía de negocios sostenibles

Mirtha Yudith Montilla Rondón
Universidad Nacional Experimental Simón Rodríguez
Apure, Venezuela
mirthamontilla2024@gmail.com
https://orcid.org/0009-0002-1428-2355

RECIBIDO: *19-04-2026* / **ACEPTADO:** *01-06-2026* / **PUBLICADO:** *15-07-2026*

Cómo citar: Montilla Rondón, M. Y. (2026). Visión ambiental transcompleja en la construcción de una ecotopía de negocios sostenibles. *REDIT VERDE. Revista de Ambiente y Sostenibilidad*, 1 (1), 72-84.

Resumen

Ante la insuficiencia de los enfoques instrumentalistas y convencionales, es evidente la necesidad de nuevas visiones en la gestión ambiental de negocios. En este sentido, el ensayo tiene como propósito reflexionar sobre la necesidad de una visión ambiental transcompleja que permita resignificar los negocios sostenibles como ecotopías viables articuladas con sistemas económicos situados, contextualizados, dialógicos, recursivos y auto-eco-organizados capaces de integrar naturaleza, cultura, economía, gerencia y espiritualidad. Además, desarrolla una visión ambiental transcompleja como fundamento epistemológico alternativo, capaz de integrar desde una perspectiva sistémica las relaciones intersubjetivas inherentes a los fenómenos ambientales y el diálogo de saberes científicos, populares y ancestrales. Se usó el método hermenéutico crítico reflexivo; se abordaron tres ópticas importantes: transcomplejidad ambiental, una ruptura epistemológica; la ecotopía como horizonte prospectivo para los negocios y, desde matices, se propone una visión ambiental transcompleja. Como aporte principal, se configuran las implicaciones epistémicas en un entramado relacional a través de cinco dimensiones o matices ecotópicos (ontológico, epistemológico, metodológico, axiológico y praxiológico) que superan las lógicas lineales e instrumentalistas de los modelos de negocios tradicionales. Se concluye en la urgencia de transitar desde la mera mitigación del daño hacia la regeneración activa de la vida, asumiendo la gestión ambiental como un campo reflexivo, espiritual y en constante transformación.

Palabras clave: ecotopía; gestión ambiental de negocios; transdisciplinariedad.

Transcomplex environmental vision in the construction of an ecotopia of sustainable businesses

Abstract

Given the inadequacy of instrumentalist and conventional approaches, the need for new perspectives in environmental business management is evident. In this sense, this essay

aims to reflect on the need for a transcomplex environmental vision that allows us to redefine sustainable businesses as viable ecotopias articulated with situated, contextualized, dialogical, recursive, and self-eco-organized economic systems capable of integrating nature, culture, economy, management, and spirituality. Furthermore, it develops a transcomplex environmental vision as an alternative epistemological foundation, capable of integrating, from a systemic perspective, the intersubjective relationships inherent in environmental phenomena and the dialogue of scientific, popular, and ancestral knowledge. The critical-reflective hermeneutic method was used; three important perspectives were addressed: environmental transcomplexity, an epistemological break; the ecotopia as a prospective horizon for business; and, from various nuances, a proposed transcomplex environmental vision. As a main contribution, the epistemic implications are configured within a relational framework through five ecotopic dimensions or nuances (ontological, epistemological, methodological, axiological, and praxeological) that transcend the linear and instrumentalist logics of traditional business models. The conclusion emphasizes the urgent need to move from merely mitigating damage to actively regenerating life, embracing environmental management as a reflective, spiritual, and constantly evolving field.
Keywords: ecotopia; environmental business management; transdisciplinarity.

Introducción

La crisis ambiental global impone el desafío de asumir nuevas formas de pensar y comprender los fenómenos que de esta se derivan, toda vez que los marcos epistémicos tradicionales han reducido lo ambiental a meras variables económicas, problemas técnicos o de gestión. En este contexto, emerge la necesidad de una visión alternativa frente a las lógicas ambientales dominantes, caracterizadas por una racionalidad universalista, fragmentadora, dicotómica y hegemónica, cuyos límites se evidencian ante la complejidad y el impacto de dicha crisis tanto en la actividad empresarial de los países como en la vida cotidiana de sus habitantes. Dichos enfoques han invisibilizado las relaciones profundas, espirituales y sentipensantes entre el ser humano y el ambiente. En consecuencia, la racionalidad instrumental y economicista ha promovido reflexiones y concepciones generalizadas que revelan relaciones desiguales, normativas y antropogénicas.

Por consiguiente, resulta impostergable transitar hacia modelos de negocio que integren la dimensión ambiental como un eje estructural y creativo de las estrategias empresariales, tal como lo señala Suescum (2025) gran cantidad de líderes empresariales y académicos señalan el papel crucial de transitar hacia un modelo que les permita aprovechar el máximo potencial de una empresa. En concordancia con este autor, los enfoques convencionales de gestión, anclados en la lógica de la maximización del beneficio a corto plazo y en la externalización de los impactos ecológicos, han demostrado ser insuficientes e incluso contraproducentes frente a la magnitud de la crisis ambiental global.

En este contexto se hace imperativo abordar dicha problemática desde una perspectiva transcompleja, lo cual exige diseñar nuevas visiones epistémicas basadas en

la circularidad y la regeneración de los ecosistemas empresariales. Es importante destacar que los negocios y organizaciones empresariales han evidenciado esfuerzos significativos en materia ambiental, mediante el desarrollo de enfoques gerenciales verdes que abarcan la producción, consumo, mercadeo, finanzas y el uso de tecnologías. No obstante, persiste una comprensión tímida e incompleta de la complejidad ambiental, la cual involucra múltiples dimensiones (filosóficas, ontológicas, epistemológicas, axiológicas y teológicas).

En este sentido, el ensayo tiene como propósito reflexionar sobre la necesidad de una visión ambiental transcompleja que permita resignificar los negocios sostenibles como ecotopías viables articuladas con sistemas económicos situados, contextualizados, dialógicos, recursivos y auto-eco-organizados capaces de integrar naturaleza, cultura, economía, gerencia y espiritualidad.

Además, busca crear una visión ambiental transcompleja con fundamentos epistémicos alternativos, capaz de integrar desde una perspectiva sistémica las relaciones intersubjetivas que subyacen en las prácticas organizacionales cotidianas, la comprensión ética, la multidimensionalidad inherente a los fenómenos ambientales y el diálogo de saberes científicos, populares y ancestrales.

De igual forma, esta visión se propone superar las limitantes de racionalidades instrumentalistas predominantes en el mundo de los negocios, ofreciendo en su lugar un entramado de miradas llenas de matices epistémicos ecotópicos, abiertos, recursivos, que permiten integrar la complejidad de fenómenos ambientales con las prácticas empresariales y de negocios. Por consiguiente, se abordan aspectos vinculados a: la transcomplejidad ambiental. Una ruptura epistemológica; la ecotopía como horizonte prospectivo para los negocios sostenibles y una visión transcompleja de negocios sostenibles. Todo esto desde matices ecotópicos.

Se fundamenta metodológicamente en un enfoque hermenéutico-crítico-reflexivo, el cual se activa a través de un proceso dialógico y recursivo de interpretación. Dicho proceso permite deconstruir los discursos tradicionales e integrar saberes transcomplejos en la construcción de categorías analíticas alternativas. Además, para garantizar el rigor conceptual, se procedió a una selección sistemática de un corpus de fuentes teóricas y epistemológicas provenientes de diversos autores.

En el mismo orden, el rastreo documental se llevó a cabo en repositorios institucionales (CLACSO), bases de datos e índices científicos de acceso abierto (Dialnet, ResearchGate y Zenodo), así como en las obras del Fondo Editorial de la Red de

Investigadores de la Transcomplejidad FEREDIT.El proceso comprensivo e interpretativo se desarrolló en tres fases iterativas:

1. Fase analítica, implicó una lectura profunda del corpus teórico vinculado a la temática ambiental previamente seleccionado y la identificación de tensiones epistémicas.
2. Fase crítica, que permitió el contraste y el diálogo intersubjetivo entre los postulados de los autores seleccionados y las realidades organizacionales emergentes.
3. Fase de síntesis creativa ecotópica, que muestra la visión disruptiva y transcompleja de la autora a través de la reconfiguración e integración de las dimensiones del ser, conocer, hacer y convivir gerencial en los cinco matices ecotópicos propuestos como categorías de sentido y propósito inacabadas.

Desde la lógica ambiental reduccionista hacia una visión epistémica transcompleja

La lógica ambiental reduccionista vincula la sostenibilidad a ventajas competitivas y fuerzas de mercado en una temporalidad lineal (corto, mediano y largo plazo), ignorando los conflictos, dilemas, retos, rupturas y ciclos que estos involucran y a actores claves como comunidades, pueblos y sujetos históricos. Al respecto, Porter (2008) afirma: “Aun cuando una multitud de factores, incluyendo las condiciones climáticas y los ciclos de negocios, pueden afectar la rentabilidad de un sector en el corto plazo, es la estructura del sector, la cual se manifiesta en las fuerzas competitivas” (p. 2) Desde la perspectiva de Porter, hay una separación entre el corto y largo plazo; concibe la estructura como patrón fijo que determina la rentabilidad.

En contraposición a esta visión limitada y reduccionista, emerge la ruptura epistémica de la perspectiva transcompleja, en la cual no existe separación entre los factores estructurales internos y los elementos externos a la empresa, en virtud de que las condiciones climáticas y ambientales pueden alterar la estructura y los ciclos de continuidad del negocio. Además, la rentabilidad adquiere un carácter circular y recursivo que alimenta y modifica la estructura. Así mismo, esta perspectiva reconoce otras fuerzas competitivas vinculadas a la dimensión social (sujetos, comunidades, movimientos socioambientales, saberes locales) y la dimensión jurídica (marcos regulatorios).

En el mismo orden de ideas, estas lógicas también sitúan la reflexión en horizontes epistémicos y geopolíticos diferenciados entre el norte y el sur global con asimetrías, relaciones jerárquicas, agendas divergentes, responsabilidades desiguales y dinámicas de dominación. Cabe decir que estas tensiones influyen en el abordaje de la crisis ambiental, donde los promotores de ambos enfoques se atribuyen horizontes epistémicos que, si bien

son reveladores, resultan incompletos. En este sentido, resulta pertinente considerar a Ortega (2022), quien afirma: “Esta apuesta disciplinar nos plantea, como otras ya antes y después mencionadas, retos de diálogo transdisciplinar, apostando por integrar en esta visión las invitaciones de la epistemología del sur” (p.66).

Desde la postura del autor, se reconoce la necesidad de un diálogo transdisciplinario, y se alude a invitaciones que abren puertas de horizontalidad epistémica. No obstante, el énfasis recae en la dualidad epistémica norte-sur sin señalar específicamente los actores invitados, sus roles específicos, ni los desafíos inherentes a los diálogos contradictorios que se producen en las realidades ambientales concretas. Frente a estas posturas, la transcomplejidad no rechaza los aportes de estas epistemologías. Sin embargo, propone una crítica constante a los conocimientos y saberes situados que emergen en las relaciones complejas entre los actores empresariales y el ambiente, asumiéndolos desde una visión holográfica y recursiva en la que los negocios se conciben como sistemas adaptativos, multidimensionales. Al respecto, Schavino & Villegas (2024) afirman: “Es un cambio de pensamiento para poder percibir la unidad, totalidad, diversidad, simplicidad, complejidad, transdisciplinariedad y todo al mismo tiempo, en constante acercamiento y alejamiento. Indudablemente, implica un gran cambio en la forma de pensar” (p.19).

La posición de estas autoras implica un cambio ontológico y epistémico en la forma de pensar los negocios, un desafío a asumirlos como sistemas adaptativos, capaces de aprender, reconfigurarse y coevolucionar con su entorno. Además, se percibe en su postura una perspectiva integradora que articula simplicidad y complejidad, acercamiento y alejamiento, así como un enfoque relacional, complementario, ético y transformador. Por consiguiente, no se trata solo de comprender la transcomplejidad, sino de pensar y actuar de otro modo en la gestión empresarial y de negocios.

En este mismo contexto, nos debatimos entre los postulados del antropocentrismo, con su énfasis en el hombre, y el ecocentrismo, que desplaza la mirada hacia la naturaleza como valor esencial. Sin embargo, en la actualidad existen limitaciones en ambos enfoques y se requiere una visión integral, articuladora, tal como lo plantea López (2025): “La comprensión de los problemas ecológicos requiere una colaboración entre diversas disciplinas para abordarlos de manera integral” (p. 23).

Este autor subraya que lo ambiental no puede ser comprendido desde una sola disciplina o desde dos perspectivas, antropocéntrica o ecocéntrica; por el contrario, se requiere un carácter colaborativo transdisciplinario que integre saberes diversos. Por

consiguiente, las tensiones entre ambas posturas imponen la necesidad de una nueva visión epistémica transcompleja que articule una dialéctica abierta, recursiva entre los encuentros y desencuentros, consensos y antagonismos, asumiendo estos como actos constitutivos del pensamiento ambiental.

En este sentido, Hernández (2026) asegura: “La transcomplejidad no es simplemente la suma de disciplinas, sino una invitación a ver el mundo como un entramado sistémico donde todo está interconectado de forma recursiva y dinámica; obliga a ir más allá de la lógica binaria” (p. 19). Desde la óptica de esta autora, la transcomplejidad trasciende las fronteras disciplinares; el ambiente es un tejido relacional, dinámico. De la misma manera, se postulan relaciones responsables, armónicas y equilibradas del hombre con el ambiente. Por consiguiente, resulta urgente superar la retórica empresarial dualista, excluyente, para transitar hacia acciones concretas, lo que implica un giro ontológico de los negocios y es allí donde la ecotopía emerge como un enfoque irreverente y transgresor.

La ecotopía como horizonte prospectivo para los negocios sostenibles

La visión hegemónica de los negocios en la región latinoamericana, anclada en paradigmas economicistas, ha naturalizado una relación hostil y depredadora con los ecosistemas. En este sentido, las empresas e incluso los gobiernos han desarrollado sus planes de extraer, producir, consumir y desechar, operando como si los recursos fueran inagotables. En consecuencia, el extractivismo en sus diversas modalidades (minera, petrolera, maderera, agroindustrial y pesquera) se ha consolidado como fundamento de modelos económicos y de negocios que se justifican en la generación de ingresos para fines sociales, confundiendo el crecimiento y la ganancia de corto plazo con el bienestar duradero.

En otras palabras, la agricultura presenta rasgos extractivistas mediante la apropiación de recursos naturales con acuerdos cómplices entre los Estados y las empresas, de acuerdo con Mckay et al (2022). Por consiguiente, frente a esta crisis ambiental emerge una pregunta incómoda pero inevitable: ¿es posible concebir negocios que no solo mitiguen daños, sino que regeneren activamente los tejidos ambientales en una relación armónica?

Debido a esto, la ecotopía se propone no como una utopía ingenua de los negocios sostenibles, sino como un horizonte prospectivo y transgresor, capaz de orientar un giro ontológico en la comprensión misma del quehacer empresarial. De acuerdo con Ortega. (2022) la ecotopía, entendida como horizonte prospectivo para los negocios sostenibles,

trasciende las visiones reduccionistas de la ecología convencional, la cual se centra en la mitigación de impactos y la eficiencia de recursos, en contraposición a los planteamientos de la ecosofía, que, si bien aportan una reflexión ética profunda sobre la relación ser humano con la naturaleza, adolece de una proyección operativa hacia el futuro.

Por su parte, frente a las distopías ambientales que anuncian colapsos inevitables y escenarios de desesperanza, según Vial (2023). La ecotopía, más allá de un espacio físico ideal y soñado, de acuerdo con Callenbach (1980) se configura como una narrativa propositiva de transformación sistémica, donde la incertidumbre y el caos ambiental se convierten en materia prima para la innovación regenerativa.

En otras palabras, desde una mirada transcompleja, este horizonte no es un destino utópico estático, sino un proceso dinámico y dialógico que integra dimensiones de desarrollo regenerativo: económica, socioecológica, tecnológica y de innovación; ética y filosófica, de acuerdo con los planteamientos de Suescum 2026), invitando a los negocios a coevolucionar con los ecosistemas y anticipar futuros deseables. De igual forma, la ecotopía, como horizonte prospectivo de negocios, va más allá de mitigar impactos de daños; por el contrario, articula elementos que van desde la regeneración ecológica activa, donde las empresas dejan huellas positivas, hasta la construcción de narrativas de esperanza crítica que asumen los negocios como redes interdependientes, sistemas vivos que atienden la innovación anticipatoria con escenarios de futuro.

En el mismo orden, la ecotopía adquiere matices y texturas particulares en el contexto latinoamericano caracterizado por sus desigualdades, desafíos de integración regional donde emerge desde experiencias concretas la reparación, recomposición de las contradicciones, encuentros y desencuentros que complejizan la praxis gerencial en negocios sostenibles. De igual forma, resulta pertinente considerar la figura de un nuevo gerente con ecoformación y visión transcompleja. Al respecto, Abreu y Marín (2020) señalan: “La ecoformación, en los momentos actuales, exige de nuevas concepciones teóricas y metodológicas, capaces de sintetizar el espíritu humanístico y cultural en el desarrollo de la profesión y que sea expresión del carácter complejo y dialéctico del desempeño profesional” (p. 316).

Desde la postura de estos autores, se concibe un gerente con pensamiento sistémico, formación en gestión ambiental, que desarrolla competencias amplias para lograr el equilibrio entre su labor, objetivos institucionales y el ambiente. Así mismo, asume la incertidumbre, contradicciones y cambios constantes haciendo uso de enfoques, métodos y la práctica de valores humanísticos. En definitiva, desde la perspectiva transcompleja, la

ecotopía se configura como un horizonte prospectivo para los negocios sostenibles, un escenario permeado de matices donde destaca una ética de la vida, situada, numinosa, que se nutre de valores humanistas imbricados con una espiritualidad profunda que facilita una reconexión con el todo viviente. Humano-no humano.

En este sentido, Balza (2022) sostiene: “Una ética científica transcompleja y transética del género humano comporta una mixtura ontológica entre lo conciencial y experiencial” (p.38). De hecho, el autor defiende una mixtura entre la reflexión consciente y las vivencias subjetivas de los sujetos y, aunque señala el género humano, la transcomplejidad a través de una transética incluye lo no humano como sujeto ético, integrándolo de manera plena y trascendental en la trama viva. Así mismo, esta mixtura recursiva es un elemento fundamental para abordar la gestión empresarial a partir de significados, reflexiones y decisiones de naturaleza ética.

Visión transcompleja de negocios sostenibles. Desde matices ecotópicos

A manera de sinopsis de este recorrido visionario epistémico, complementario y coherente, se presenta un aporte teórico que resignifica los negocios sostenibles como ecotopías viables, articuladas con sistemas económicos situados, contextualizados, regenerativos, dialógicos, encarnados, recursivos y auto-eco-organizados, capaces de integrar naturaleza, cultura, economía, gerencia y espiritualidad. Es importante destacar que los matices ecotópicos dentro de una visión transcompleja de negocios sostenibles no se refieren a atributos cromáticos que se superponen a una realidad empresarial. Por el contrario, desde la perspectiva transcompleja representan categorías epistémicas y perceptivas vinculadas a los grados de sutileza, los pliegues de sentido, significado y las diferencias mínimas pero fundantes que solo la transcomplejidad puede distinguir.

Además, en la percepción visual epistémica, un matiz no es un color aparte, sino una modulación dentro de un continuo o entramado teórico. En consecuencia, en la visión transcompleja, los matices ecotópicos representan las tonalidades de relaciones armoniosas, convivenciales, registros de interpretación y las intensidades de integración con que un negocio sostenible se aproxima al horizonte prospectivo.

En el mismo orden, implica desarrollar la capacidad de los actores de negocios para captar los intersticios, las contradicciones fértiles y las emergencias propias de los sistemas vivos y sociales. Por consiguiente, los matices ecotópicos (ontológicos, epistémicos, metodológicos, axiológicos y praxiológicos) son ante todo modos de mirar y de significar la

sostenibilidad desde la transcomplejidad, y no pigmentos cromáticos que se aplican sobre modelos de negocios preexistentes.

Desde el matiz ontológico, se produce un giro en el que se conciben los negocios como sistemas vivos, abiertos, rizomáticos, regenerativos que operan en redes interconectadas y contextualizadas vinculadas a ecosistemas naturales. De igual forma, se atiende a la multidiversidad de la realidad, donde las prácticas gerenciales vinculadas con el ambiente no solo responden a indicadores de gestión y métricas de negocios, sino que en una dimensión espiritual tienen sentido, propósito y trascendencia. Así mismo, las tensiones, conflictos entre las empresas, el Estado y los actores ambientales se convierten en fuentes de aprendizaje donde se enfatiza en relaciones transparentes, equilibradas y armónicas.

Además, se reconoce la relación originaria del hombre con el ambiente, en la cual surgen de acuerdo con Escobar (2014) sentimientos, vínculos afectivos, compromisos éticos; desarrolla su rol de mayordomo y cuidador. Si lo ontológico asume la realidad como rizoma, el matiz epistémico plantea nuevas maneras de pensar y conocer el tema ambiental en el marco de la transformación productiva de la región latinoamericana, superando las narrativas extremas de controladores y progresistas, norte y sur global.

En este sentido, desde las transepistemologías implica transitar caminos diversos, relacionales, dialógicos, recursivos y complementarios según Villegas (2024) que unan ciencia, innovación, tecnología, economía circular, saberes populares y ancestrales. De igual forma, más allá de la descolonización del pensamiento, se necesitan nuevas miradas en virtud de que la ecotopía de negocios sostenibles no se construye desde la denuncia y la resistencia, sino desde la irreverencia co-creadora donde surgen conocimientos situados, encarnados y significados de los actores empresariales, actores ambientales.

En relación al matiz metodológico, los negocios sostenibles deberán abordarse con métodos complementarios que consideren nuevas arquitecturas empresariales, articulen lo sectorial y territorial, roles del sector público y privado, actores comunitarios, pasando de la teoría instrumentalista a la práctica regenerativa y transformadora, particularmente desde una gobernanza adaptativa en la gestión de proyectos, tal como lo plantea Suescum & Sucre (2026): “En la realización de proyectos sostenibles, este enfoque se traduce en equipos interdisciplinarios y multiactor, en donde se suscitan diversos procesos de creación colaborativa de conocimiento con comunidades para la generación de mecanismos de gobernanza” (p.26).

Esta perspectiva los autores presentan desafíos metodológicos transcomplejos vinculados a la integración de saberes, recursividad metodológica, principios de gobernanza, aceptación, valoración de voces polifónicas, atemporales y nuevos instrumentos de validación multiactor. De la misma forma, se complementan no solo epistemologías, sino también métodos que consideran elementos de taxonomía, indicadores de riesgos, indicadores empresariales (mercadeo, rentabilidad, competitividad), apoyándose en diálogos profundos, integración crítica de enfoques cuantitativos y cualitativos de manera flexible, integrada, sinérgica, de acuerdo con Schavino y Villegas (2024).

En el matiz axiológico incluye un nuevo sistema de valores dialógicos, recursivos, emergentes, donde el valor supremo y fundamental es la vida, el cual, en una axiología relacional de las prácticas de negocios, se religa con otros valores (solidaridad, responsabilidad, cooperación, reciprocidad, equidad). Al mismo tiempo, en contraposición a intereses egoístas, actividades empresariales descontroladas y la profundización de antivalores, surgen valores espirituales (amor, compasión, fe, esperanza y gratitud) que se integran a la cultura organizacional y a las prácticas gerenciales.

Por consiguiente, se plantea una ética transcompleja situada, contextual, espiritual y reflexiva que promueve decisiones transparentes, inclusivas, sostenibles que no están en contraposición con los intereses y objetivos estratégicos de las empresas. De hecho, esa ética se apoya en la incertidumbre, considera las tensiones, conflictos para desarrollar resiliencia y se convierte en soporte de credibilidad, liderazgo, sostenibilidad y compromiso, según Oropeza y Briceño (2026).

En el plano de la visión ambiental transcompleja, el matiz praxiológico da luces y profundidad sobre las prácticas concretas de la ecotopía de negocios sostenibles, como el seguimiento y evaluación de proyectos ambientales para analizar e interpretar su impacto, las relaciones intersubjetivas, interdependientes, el capital social y sus dinámicas. De la misma manera, se considera la pertinencia social y relevancia de las prácticas de negocios.

En el mismo orden de ideas, es importante destacar la adopción de la inteligencia artificial como mecanismo aliado en la gestión ambiental de negocios, de acuerdo con lo afirmado por Gómez, Díaz y García (2024): “La inteligencia artificial está emergiendo como un aliado indispensable en la conservación de la biodiversidad. A través de su capacidad para procesar grandes volúmenes de datos, realizar análisis complejos y automatizar tareas” (p.26). Atendiendo a la postura de estos autores, el uso de la IA permite hacer

proyecciones de los impactos ambientales, actualización rápida de la información, usar de manera efectiva metodologías complementarias**.**

De la misma forma, la inteligencia artificial plantea retos legales, dilemas éticos, los cuales desde la transcomplejidad se convierten en motores de creatividad, texturas, dimensiones dialógicas, praxis recursivas y eco-organizadas para modelos de negocios resilientes. En consecuencia, es posible construir mediante la participación de los actores involucrados indicadores praxiológicos ecotópicos: nivel de regeneración ecológica, tipos de vínculos y niveles de resiliencia desarrollados, aprendizaje organizacional, respuestas ante la incertidumbre. La visión ambiental transcompleja religa los matices ecotópicos propuestos, integrando el ser, conocer, hacer, convivir y valorar en el ámbito de los negocios sostenibles.

Reflexiones

La gestión ambiental de negocios desde una perspectiva epistémica transcompleja permite trascender las lógicas reduccionistas, lineales e instrumentalistas de los modelos de negocios, al resignificar las organizaciones no como entes aislados orientados únicamente a la maximización del beneficio a corto plazo, sino como sistemas vivos, dinámicos e interdependientes con su entorno.

El principal aporte de este ensayo al estudio de la gestión ambiental, en articulación con los objetivos de desarrollo sostenible, consiste en proponer un giro ontológico y epistemológico en el quehacer gerencial mediante una dialéctica abierta y recursiva. En este sentido, la propuesta de matices ecotópicos para los negocios sostenibles destaca por la naturaleza inacabada de las reflexiones que promueve, lo que facilita tanto la ampliación y continuidad del estudio sobre la temática como la contribución a mantener el debate en torno a la necesidad de diseñar arquitecturas organizacionales sostenibles, así como modelos de negocios circulares y resilientes.

No obstante, se reconocen las limitaciones del ensayo, dado su carácter crítico-reflexivo y la presentación de un marco conceptual preliminar, sin validación directa en el tejido empresarial ni con los actores inherentes a este. Desde la perspectiva transcompleja, la autora asume las limitantes como un desafío epistemológico que invita a la construcción futura de nuevos saberes situados, a la adaptación recursiva y contextual de los matices propuestos frente a las dinámicas cambiantes de los contextos organizacionales y ambientales emergentes

Asimismo, este ensayo aspira a constituir un fundamento epistémico transcomplejo para el diseño de futuras líneas de investigación vinculadas a: (a) el diseño de indicadores praxiológicos ecotópicos que permitan medir esfuerzos concretos de las empresas en aspectos de regeneración ecológica activa y prácticas gerenciales eco-organizacionales y (b) la gobernanza adaptativa y la inteligencia artificial, que articulen esfuerzos y prácticas investigativas relativas al uso de la IA en la organización y desarrollo de equipos multiactor, así como en la evaluación de impactos socioambientales en los negocios.

Así, esta visión transcompleja no es un punto de llegada, sino reflexiones inconclusas, un desafío a continuar insistiendo sobre la necesidad de que la gestión ambiental en negocios transite desde la mitigación del daño hacia la regeneración activa de la vida, en un movimiento de espiritualidad y ética creativa**.** Además, convoca a nuevas articulaciones de saberes, haceres y sentires, a despertar la curiosidad para continuar el diálogo transcomplejo donde seguirán surgiendo interrogantes más que respuestas definitivas.

Declaración ética y uso de inteligencia artificial

En la elaboración de este manuscrito se empleó Deepseek para afinar los títulos y subtítulos. Quillbot como corrector ortográfico. La autora ha verificado y asume plena responsabilidad por todo el contenido del manuscrito.

Conflicto de intereses

La autora declara que no existen conflictos de intereses relacionados con esta investigación y que todos los procedimientos seguidos cumplen con los estándares éticos establecidos por REDIT Verde. Asimismo, confirma que este trabajo es original e inédito y no ha sido publicado, ni parcial ni totalmente, en ninguna otra publicación.

Referencias

Abreu J & Marín, C. (2020). Ecoformación transcompleja. Un nuevo espacio para ser, hacer y pensar: Desafío del gerente de hoy. *Revista de estudios globales*. 1 (2) 295-323. https://metropolis.metrouni.us/index.php/metropolis/article/view/42

Balza, L.M. (2022). *Más allá de la ciencia y la razón. Una cosmovisión transcompleja y numinosa del Conocimiento*. FEREDIT. https://www.calameo.com/read/0046341445fd3eb3ca151

Callenbach, E. (1980). *Ecotopía* (trad. española). Trazo. https://solidaridadobrera.org/ateneo_nacho/libros/Ernest%20Callenbach%20-%20Ecotopia.pdf

Escobar, E. (2014). *Sentipensar con la tierra. Nuevas lecturas sobre desarrollo, territorio y diferencias*. UNAULA. https://biblioteca.clacso.edu.ar/Colombia/escpos-unaula/20170802050253/pdf_460.pdf

Gómez, J., Díaz, J & García, C. (2024). Inteligencia artificial y medio ambiente. *Revista Multidisciplinar*, 6(4), 83–97. https://doi.org/10.23882/cdig.24270

Hernández, M. T. (2026). Ambiente y transcomplejidad hacia la gestión de la incertidumbre, *Ambiente y transcomplejidad* (pp. 13–34). FEREDIT. https://zenodo.org/records/18176825

López Rodríguez, R. R. (2025). Policrisis ecosistémica, contra-narrativas y formación de subjetividades en defensa de la naturaleza. *Revista Controversia* (225), pp. 01-40. https://doi.org/10.54118/controver.vi225.1392

Mckay, B., Alonso, A & Esquerro, A. (2022). *El Extractivismo agrario en América Latina*. CLACSO. https://www.clacso.org/wp-content/uploads/2022/08/Extractivismo-agrario.pdf

Oropeza, A & Briceño, J. (2026). *Liderazgo ético y transcomplejidad en la gestión de proyectos*. FEREDIT. https://zenodo.org/records/18567738

Ortega, S. A. (2022) *Sures socioambientales. Narrativas epistemológicas*. CLACSO. https://libreria.clacso.org/publicacion.php?p=2756&c=56

Porter, M. E. (2008). The five competitive forces that shape strategy. *Harvard Business Review*, *86*(1), 78–93. https://hbr.org/2008/01/the-five-competitive-forces-that-shape-strategy

Schavino, N & Villegas, C. (2024). *Integración critica vs Complementariedad dialógica*. FEREDIT. https://doi.org/10.5281/zenodo.14885408

Schavino, N & Villegas, C. (2024). *Realidad Transcompleja: Caminos hacia una nueva Cosmovisión*. FEREDIT. https://zenodo.org/records/14957564

Suescum, C. (2025). Propuesta de valor en los modelos de negocio sostenible: Un enfoque en la economía circular, *Papel del sector ambiental en la economía circular* (pp. 11–28). FEREDIT. https://doi.org/10.5281/zenodo.15196838

Suescum, C. (2026). El ambiente como dimensión central y transversal en el desarrollo regenerativo, *Ambiente y transcomplejidad* (pp. 35–53). FEREDIT. https://zenodo.org/records/18176825

Suescum, C & Sucre, L. (2026). Gobernanza adaptativa y transcomplejidad en proyectos sostenibles, *Gobernanza de proyectos* (pp. 15–35). FEREDIT. https://doi.org/10.5281/zenodo.18794909

Vial, M. D. (2023) El fin está cerca: Estado. Tecnología y Distopías. *Revista de Internet, Derecho y Política*. Universidad de Girona. https://doi.org/10.7238/idp.v0i40.417644

Villegas, C. (2024) *Transepistemología de la Investigación Transcompleja*. FEREDIT. https://doi.org/10.5281/zenodo.13270213