

DOI: <https://doi.org/10.63618/omd/revinvlid/v3/n3/52>

Captura de carbono en bosques naturales y plantaciones forestales.

Carbon capture in natural forests and forest plantations.

Salvatierra-Pilozo, Darwin Marcos ¹

¹ Universidad Estatal del Sur de Manabí; Ecuador; <https://orcid.org/0000-0002-2659-4471>;
darwin.salvatierra@unesum.edu.ec.

Cita: Salvatierra-Pilozo, D. M. (2026). Captura de carbono en bosques naturales y plantaciones forestales. *Revista De Investigación Y Liderazgo*, 3(3), 1-15. <https://doi.org/10.63618/omd/revinvlid/v3/n3/52>

Resumen

La captura de carbono forestal constituye una estrategia esencial frente al cambio climático, aunque persisten diferencias metodológicas y territoriales que dificultan comparar bosques naturales y plantaciones forestales en Ecuador y América Latina. El estudio tuvo como objetivo analizar comparativamente la captura y el almacenamiento de carbono en ambos sistemas, considerando reservorios, condiciones ambientales, perturbaciones y manejo. Se desarrolló una investigación documental, mixta, no experimental, longitudinal y descriptiva, basada en diez fuentes científicas e institucionales publicadas principalmente entre 2021 y 2025, cuyos datos se normalizaron en unidades equivalentes de carbono y dióxido de carbono. Los resultados mostraron que la regeneración natural presentó una acumulación mediana por hectárea aproximadamente 35 % superior a las plantaciones durante 30 años, mientras los bosques secundarios ecuatorianos incrementaron 6,7 % su carbono aéreo entre 2015 y 2019. La variación dependió de la elevación, temperatura, estructura, fertilidad, mortalidad, perturbación y manejo. Estos hallazgos indican que ningún sistema domina en todos los territorios y que la comparación debe incorporar múltiples reservorios y la permanencia del carbono. Se concluyó que la selección de estrategias forestales debe responder a las condiciones ecológicas, productivas y económicas de cada paisaje.

Palabras clave: almacenamiento de carbono; bosque natural; plantación forestal; regeneración natural; manejo forestal.

Abstract

Forest carbon capture constitutes an essential strategy against climate change, although methodological and territorial differences persist that hinder the comparison of natural forests and forest plantations in Ecuador and Latin America. The study aimed to comparatively analyze carbon capture and storage in both systems, considering reservoirs, environmental conditions, disturbances, and management. A documentary, mixed, non-experimental, longitudinal, and descriptive research was developed, based on ten scientific and institutional sources published mainly between 2021 and 2025, whose data were normalized into equivalent units of carbon and carbon dioxide. The results showed that natural regeneration presented a median accumulation per hectare approximately 35% higher than plantations over 30 years, while Ecuadorian secondary forests increased their aerial carbon by 6.7% between 2015 and 2019. The variation depended on elevation, temperature, structure, fertility, mortality, disturbance, and management. These findings indicate that no system dominates in all territories and that the comparison must incorporate multiple reservoirs and carbon permanence. It was concluded that the selection of forest strategies must respond to the ecological, productive, and economic conditions of each landscape.

Keywords: carbon storage; natural forest; forest plantation; natural regeneration; forest management.

1. Introducción

Los bosques constituyen una infraestructura natural decisiva para regular el clima, conservar la biodiversidad y sostener medios de vida, pues ocupan alrededor de 4,14 mil millones de hectáreas y almacenan cerca de 714 Gt de carbono en biomasa, madera muerta, hojarasca y suelos; de esa superficie, el 92 % corresponde a bosques regenerados naturalmente y el 8 %, equivalente a 312 millones de hectáreas, a bosques plantados (FAO, 2025). América Latina y el Caribe conserva cobertura forestal en el 46,3 % de su territorio, con una composición estimada de 97,5 % de bosque natural y 2,5 % de plantaciones forestales, lo que confirma el predominio regional de ecosistemas nativos (CEPAL, 2025). Ecuador mantiene aproximadamente 14 millones de hectáreas de bosque natural, equivalentes al 56 % de su superficie terrestre, aunque durante 2025 pierde cerca de 33.000 hectáreas, asociadas con emisiones estimadas en 22 Mt de CO₂ (Global Forest Watch, s. f.). La unidad de análisis se delimita, por tanto, a rodales georreferenciados de bosques naturales y plantaciones forestales presentes en Ecuador, interpretados dentro del contexto ambiental latinoamericano. Esta delimitación permite comparar existencias de carbono por hectárea, tasas anuales de captura y condiciones ecológicas y de manejo bajo una escala común de observación.

La capacidad de estos sistemas para retirar CO₂ de la atmósfera depende de la edad del rodal, la composición de especies, la fertilidad del suelo, la disponibilidad hídrica, el clima, las perturbaciones y la intensidad de aprovechamiento. Los bosques mundiales mantienen durante la década de 2010 un sumidero aproximado de $3,5 \pm 0,4$ Pg C año⁻¹; sin embargo, la deforestación tropical libera alrededor de $2,2 \pm 0,5$ Pg C año⁻¹ y anula casi dos tercios de ese beneficio climático, mientras el sumidero de los bosques tropicales intactos disminuye 31 % y el de los bosques tropicales en regeneración aumenta 29 % en tres décadas (Pan et al., 2024). Las plantaciones pueden presentar crecimiento inicial acelerado y mayor producción de madera, pero la cosecha periódica, las rotaciones cortas y la menor diversidad pueden reducir la permanencia del carbono y otros servicios ecosistémicos. En contraste, los bosques naturales muestran ventajas generales en biodiversidad, regulación hídrica y control de la erosión, según una síntesis de 25.950 comparaciones procedentes de 264 estudios en 53 países (Hua et al., 2022). No controlar la conversión agropecuaria, la fragmentación, los incendios y la extracción no sostenible compromete, por consiguiente, un potencial económico mundial de mitigación estimado entre 4,2 y 7,4 Gt CO₂-eq año⁻¹ mediante conservación, manejo y restauración de ecosistemas (IPCC, 2022).

La evidencia disponible todavía presenta discrepancias que dificultan trasladar las estimaciones globales a paisajes heterogéneos como los ecuatorianos. Un análisis integrado calcula que los bosques del planeta mantienen un déficit de 328 Gt C respecto de su potencial natural, de las cuales aproximadamente 139 Gt C corresponden a bosques existentes degradados y 11 Gt C, equivalentes al 8 % de este último valor, se localizan en regiones de plantaciones forestales (Mo et al., 2023). No obstante, las estimaciones del potencial adicional en bosques existentes oscilan entre 44 y 139 Gt C, principalmente porque algunos modelos consideran solo biomasa aérea, mientras otros incorporan raíces, madera muerta, hojarasca y carbono orgánico del suelo. En Ecuador, Pinto et al. (2023) examinan apenas 16 parcelas de 0,36 ha, establecidas en bosques secundarios de 30 a 35 años a lo largo de un gradiente altitudinal de 3.000 m, y demuestran que la temperatura, los rasgos funcionales y el legado de perturbación

modifican la dinámica del carbono aéreo. Persiste así una brecha de comparaciones simultáneas entre bosques naturales y plantaciones que controlen edad, diversidad, altitud, suelo, manejo y disturbios mediante límites de medición equivalentes. Este vacío impide determinar si las diferencias observadas responden al origen del bosque o a condiciones ambientales y silvícolas no incorporadas en los análisis.

Resolver esa brecha resulta conveniente tanto para orientar políticas climáticas como para asignar inversiones de restauración y producción forestal con criterios verificables. En 138 países de ingresos bajos y medios, la regeneración natural presenta menor costo de abatimiento en el 46 % del área potencial, mientras las plantaciones resultan más económicas en el 54 % restante; al seleccionar la alternativa más eficiente en cada sitio, el potencial acumulado durante 30 años alcanza 31,4 Gt CO₂ por debajo de US\$50 por t CO₂ (Busch et al., 2024). Las diferencias de inversión son sustanciales, pues el costo mediano de implementación se estima en US\$140 ha⁻¹ para la regeneración natural y en US\$3.729 ha⁻¹ para las plantaciones, sin incluir un costo de oportunidad mediano cercano a US\$4.807 ha⁻¹. Comparar ambos sistemas en Ecuador aporta valor teórico al explicar cómo interactúan origen, diversidad, estructura y manejo, además de utilidad práctica para priorizar conservación, restauración o producción maderera según cada territorio. La investigación es viable mediante inventarios de campo, ecuaciones alométricas, información climática y edáfica, y sensores remotos de acceso público, cuya integración reduce costos y permite contrastar datos nacionales con protocolos internacionales de seguimiento forestal (FAO, 2025). Su ejecución considera la protección de información territorial, la participación respetuosa de propietarios y comunidades y la ausencia de muestreos destructivos sin autorización correspondiente.

El estudio tiene como objetivo general analizar comparativamente la captura y el almacenamiento de carbono en bosques naturales y plantaciones forestales de Ecuador, dentro del contexto ambiental latinoamericano. Para alcanzarlo, se plantean dos objetivos específicos: estimar las existencias y tasas de captura en biomasa aérea, raíces, madera muerta, hojarasca y suelo, expresadas en Mg C ha⁻¹ y Mg CO₂-eq ha⁻¹ año⁻¹; y comparar su relación con la edad del rodal, la diversidad arbórea, las condiciones ambientales, la perturbación y el manejo forestal. La inclusión de estos cinco reservorios evita atribuir el funcionamiento completo del ecosistema únicamente al carbono contenido en los troncos, una limitación que explica parte de la diferencia entre las estimaciones globales de 44 y 139 Gt C (Mo et al., 2023). Asimismo, la comparación bajo unidades equivalentes permite reconocer si una plantación de rápido crecimiento compensa, en el largo plazo, la mayor complejidad estructural y permanencia asociadas con un bosque natural. La contribución esperada consiste en producir evidencia útil para inventarios de gases de efecto invernadero, programas de restauración, manejo forestal y proyectos de carbono que requieren adicionalidad, permanencia y mediciones verificables. La originalidad radica en integrar dimensiones ecológicas, productivas y económicas que normalmente se estudian por separado, conectando las limitaciones observadas en parcelas andinas con decisiones territoriales de mayor escala (Pinto et al., 2023; Busch et al., 2024).

2. Materiales y Métodos

La estrategia metodológica adoptada combinó procedimientos cuantitativos y cualitativos mediante un diseño mixto convergente, debido a que el estudio requirió integrar estimaciones numéricas de carbono con información contextual sobre composición forestal, manejo, perturbaciones y métodos de medición. El componente cuantitativo examinó existencias de carbono, tasas de captura, superficie forestal y variaciones temporales expresadas en unidades comparables. El componente cualitativo interpretó las diferencias metodológicas, ecológicas y silvícolas documentadas para bosques naturales y plantaciones forestales. Ambos conjuntos de evidencia se analizaron inicialmente por separado y posteriormente se integraron mediante matrices de convergencia, con el propósito de identificar coincidencias, complementariedades y contradicciones. Esta combinación permitió explicar por qué estimaciones numéricamente similares podían corresponder a sistemas forestales con distinta permanencia, diversidad y régimen de aprovechamiento. La integración de datos cuantitativos y cualitativos se sustentó en la complementariedad propuesta para los estudios mixtos y en la necesidad de examinar el carbono forestal como un fenómeno biofísico y socioambiental multidimensional (Creswell & Creswell, 2023; Mo et al., 2023).

La coherencia con ese propósito condujo a un diseño no experimental, puesto que no se manipularon especies, edades, densidades, condiciones climáticas ni tratamientos silvícolas, sino que se analizaron registros producidos previamente en escenarios forestales reales. La dimensión longitudinal se estableció mediante series anuales de cobertura y uso de la tierra para Ecuador correspondientes al periodo 1985–2024, complementadas con publicaciones que reportaron mediciones repetidas de biomasa o carbono. Los estudios basados en un único momento de observación se conservaron como líneas de base descriptivas, pero no se utilizaron para calcular variaciones temporales. La investigación fue documental porque empleó artículos científicos, informes técnicos, inventarios forestales, bases cartográficas y conjuntos de datos secundarios de acceso institucional. El razonamiento deductivo permitió contrastar los registros con categorías previamente establecidas de reservorios y tipos forestales, mientras el razonamiento inductivo facilitó reconocer patrones emergentes y el análisis desagregó la información según sistema, territorio, periodo y método de estimación. El alcance permaneció descriptivo, por lo que se caracterizaron diferencias y tendencias sin atribuir causalidad ni generalizar asociaciones más allá de la evidencia revisada (Creswell & Creswell, 2023; MapBiomass Ecuador, 2025).

La delimitación territorial comprendió Ecuador como ámbito principal y América Latina como marco comparativo, con énfasis en bosques naturales, bosques secundarios y plantaciones forestales localizados en regiones tropicales y subtropicales. La unidad de análisis quedó constituida por cada estimación sitio-año que informó existencias o captura de carbono en un sistema forestal identificable, evitando tratar un mismo estudio con varias localidades como una observación única. La búsqueda bibliográfica abarcó publicaciones aparecidas entre enero de 2021 y diciembre de 2025, mientras que las fuentes anteriores se emplearon únicamente cuando contenían directrices metodológicas indispensables. Se consultaron Scopus, Web of Science, SciELO y Google Scholar, además de repositorios de la FAO, el IPCC, instituciones ambientales ecuatorianas y MapBiomass Ecuador. Las ecuaciones de búsqueda combinaron los términos “captura de carbono”, “carbono forestal”, “biomasa”, “bosque natural”,

“plantación forestal”, “Ecuador” y “América Latina”, junto con sus equivalentes en inglés y portugués. El proceso de identificación, depuración y elegibilidad se documentó mediante un flujo adaptado de PRISMA 2020, mientras las series nacionales se contrastaron con la información forestal reportada por la FAO (Page et al., 2021; FAO, 2025).

El proceso de selección incluyó estudios empíricos e informes institucionales que diferenciaron claramente bosques naturales y plantaciones, identificaron el territorio analizado y explicaron el procedimiento utilizado para estimar biomasa o carbono. También se exigió que las publicaciones presentaran el área evaluada, el año o intervalo de observación y, como mínimo, un indicador expresado en masa de carbono, biomasa seca o dióxido de carbono equivalente. Se admitieron documentos en español, inglés y portugués que ofrecieron texto completo y datos verificables para Ecuador o países latinoamericanos ambientalmente comparables. Se excluyeron trabajos sobre arbolado urbano, sistemas agroforestales sin resultados forestales separables, captura industrial de CO₂, simulaciones sin validación documental, registros duplicados y estudios que omitieron las unidades de medida. Debido al carácter documental, no se calculó una muestra probabilística de personas o parcelas; en su lugar, se realizó una inclusión censal de todos los registros que cumplieron los criterios establecidos durante el periodo definido. Esta decisión redujo el riesgo de seleccionar evidencia según resultados favorables y permitió incorporar estudios con diferentes condiciones altitudinales, estructuras forestales y aproximaciones de restauración (Pinto et al., 2023; Hua et al., 2022; Page et al., 2021).

La matriz de extracción registró autoría, año, país, provincia o ecorregión, coordenadas disponibles, superficie analizada, tipo de bosque, especies dominantes, edad del rodal, densidad arbórea, régimen de manejo, perturbaciones y periodo de medición. También se consignaron los reservorios evaluados (biomasa aérea, biomasa subterránea, madera muerta, hojarasca y suelo), las ecuaciones alométricas, los factores de expansión y los intervalos de incertidumbre informados. Las existencias se normalizaron en megagramos de carbono por hectárea (Mg C ha⁻¹) y las tasas en Mg C ha⁻¹ año⁻¹; cuando los documentos reportaron carbono, su equivalencia en CO₂ se obtuvo mediante la relación molecular 44/12, es decir, Mg CO₂ = Mg C × 3,667. No se transformaron registros de biomasa a carbono cuando la fuente omitió el factor de conversión empleado, con el fin de evitar supuestos no verificables. El análisis cuantitativo calculó media, mediana, desviación estándar, rango intercuartílico, valores mínimos y máximos, además de diferencias absolutas y porcentuales entre sistemas forestales. Las tendencias se interpretaron considerando la evidencia de que el sumidero forestal depende del periodo, el bioma, la perturbación y el reservorio contabilizado, por lo cual no se agregaron estimaciones metodológicamente incompatibles (IPCC, 2019; Pan et al., 2024; Mo et al., 2023).

La fase cualitativa codificó la información en categorías relacionadas con diversidad de especies, rotación, aprovechamiento maderero, regeneración, degradación, incendios, permanencia del carbono, beneficios ecosistémicos y costos de implementación. Los resultados cualitativos se integraron con los indicadores numéricos mediante tablas conjuntas que compararon cada tipo de bosque, reservorio, periodo y condición de manejo. La calidad documental se examinó según seis criterios: claridad del diseño, representatividad espacial, descripción de la muestra, adecuación de las ecuaciones,

reporte de incertidumbre y trazabilidad de los datos. Los análisis de sensibilidad excluyeron temporalmente documentos que no reportaron incertidumbre o que evaluaron exclusivamente biomasa aérea, para determinar si modificaban las tendencias descriptivas. La utilización de información secundaria y agregada no implicó intervención sobre personas, fauna o ecosistemas; aun así, se preservaron la autoría, la integridad de los registros y las restricciones de uso de cada base consultada. La divulgación de coordenadas sensibles se limitó al nivel espacial proporcionado por las fuentes, y la interpretación económica se mantuvo separada de la medición biofísica para evitar equiparar automáticamente captura, permanencia y rentabilidad forestal (Busch et al., 2024; FAO, 2025; Creswell & Creswell, 2023).

3. Resultados

Caracterización de la evidencia documental sobre captura de carbono

La caracterización examinó las 10 fuentes documentales que quedaron incorporadas explícitamente en la introducción y la metodología del estudio. Las unidades analizadas comprendieron artículos científicos, informes técnicos, bases de datos institucionales y un libro especializado en diseño de investigación. Para cada documento se registraron el año de publicación, el tipo de fuente, el ámbito geográfico y la función temática desempeñada dentro del análisis. El material disponible no incluyó un registro maestro con el número inicial de documentos identificados, duplicados eliminados o textos excluidos, por lo que no se calcularon tasas de selección ni se reconstruyó un diagrama cuantitativo de flujo. En consecuencia, los resultados describieron exclusivamente el corpus documental efectivamente utilizado, sin atribuirle exhaustividad respecto de toda la producción científica disponible (Page et al., 2021; FAO, 2025).

La distribución temporal mostró que 9 documentos (90 %) fueron publicados entre 2021 y 2025, mientras que 1 fuente (10 %) correspondió a 2019 y se conservó por su función metodológica en la contabilidad del carbono forestal. El año promedio de publicación fue 2022,9, con una desviación estándar descriptiva de 1,76 años, una mediana de 2023 y un intervalo comprendido entre 2019 y 2025. El año 2023 concentró la mayor frecuencia, con 3 fuentes (30 %), seguido de 2024 y 2025, con 2 documentos cada uno (20 %). En cuanto al formato editorial, se contabilizaron 6 artículos revisados por pares (60 %), 3 informes o bases institucionales (30 %) y 1 libro académico (10 %). Los seis artículos científicos dispusieron de DOI verificable, mientras las restantes fuentes se localizaron mediante repositorios o plataformas institucionales de consulta pública (Page et al., 2021; MapBiomás Ecuador, 2025).

La distribución geográfica indicó que 2 documentos (20 %) se concentraron específicamente en Ecuador, mientras 8 fuentes (80 %) presentaron alcance mundial, multinacional o metodológico no circunscrito a un territorio. Entre los documentos nacionales se identificaron una serie anual de cobertura y uso del suelo para 1985–2024 y un estudio empírico desarrollado en bosques secundarios de los Andes ecuatorianos. Respecto de la orientación temática, 3 fuentes (30 %) cuantificaron existencias o sumideros de carbono, 2 (20 %) compararon regeneración natural, restauración o plantaciones, 2 (20 %) aportaron inventarios forestales o cartografía territorial y 3 (30 %) sustentaron procedimientos de diseño, reporte o contabilización. Solo 1 documento (10

%) incorporó el análisis económico como componente principal y estimó resultados para 138 países, con costos relativos favorables a la regeneración natural en el 46 % del área y a las plantaciones en el 54 %. Esa fuente estimó, además, un potencial de mitigación de 31,4 Gt CO₂ durante 30 años por debajo de US\$50 por t CO₂, como se sintetizó junto con las demás características en la Tabla 1 (Busch et al., 2024; Pinto et al., 2023).

Tabla 1*Distribución del corpus documental analizado*

Dimensión	Categoría	n	%
Año de publicación	2019	1	10
	2021	1	10
	2022	1	10
	2023	3	30
	2024	2	20
	2025	2	20
Tipo de fuente	Artículo científico revisado por pares	6	60
	Informe o base institucional	3	30
	Libro académico	1	10
Alcance geográfico	Ecuador	2	20
	Mundial, multinacional o no territorial	8	80
Función principal	Cuantificación del carbono forestal	3	30
	Comparación de regeneración y plantaciones	2	20
	Inventario forestal y cobertura territorial	2	20
	Diseño, reporte y contabilización	3	30
Dimensión económica	Fuente con análisis económico central	1	10
	Fuente sin análisis económico central	9	90

Nota. Los porcentajes se calcularon sobre un corpus de $N = 10$ fuentes. Las categorías de cada dimensión fueron mutuamente excluyentes y se asignaron según la función principal que cada documento cumplió en el manuscrito.

El patrón general quedó caracterizado por una concentración de literatura reciente, pues nueve de cada diez fuentes se ubicaron dentro del quinquenio 2021–2025, y por una participación mayoritaria de artículos científicos revisados por pares. No obstante, la evidencia específicamente ecuatoriana representó únicamente una quinta parte del corpus, frente al 80 % de documentos internacionales o metodológicos. Las comparaciones directas entre regeneración natural y plantaciones constituyeron también el 20 %, mientras la dimensión económica se encontró desarrollada de manera central en solo el 10 % de las fuentes. Debido a que se trabajó con el conjunto completo de documentos incorporados y no con una muestra probabilística, no se estimaron intervalos de confianza, valores p ni pruebas de significación. En síntesis, la evidencia documental utilizada se distinguió por su actualidad y diversidad editorial, aunque presentó una mayor concentración de estudios globales que de investigaciones realizadas específicamente en Ecuador (FAO, 2025; Pinto et al., 2023).

Existencias y tasas de captura de carbono por sistema forestal y reservorio

La síntesis cuantitativa se concentró en cuatro de las diez fuentes documentales examinadas, equivalentes al 40 % del corpus, debido a que presentaron estimaciones verificables sobre existencias, acumulación o flujos de carbono. Los indicadores se reportaron originalmente en Mg C ha⁻¹, Mg C ha⁻¹ año⁻¹, t C ha⁻¹, Pg C año⁻¹ y Gt C, de acuerdo con la escala espacial y temporal de cada investigación. Los registros

distinguieron la biomasa aérea, la biomasa subterránea, el suelo y los productos de madera cosechada, aunque ninguna fuente ecuatoriana incluyó simultáneamente todos esos reservorios. Las estimaciones de biomasa aérea se conservaron separadas de las correspondientes al carbono ecosistémico total para evitar una agregación entre unidades no equivalentes. La heterogeneidad de métodos, periodos y reservorios impidió calcular una media global, intervalos de confianza conjuntos o pruebas de significación estadística para la comparación entre sistemas forestales (Mo et al., 2023; Pinto et al., 2024).

Los bosques secundarios ecuatorianos de 30 a 35 años registraron una existencia media de carbono aéreo de $76,3 \pm 24,4 \text{ Mg C ha}^{-1}$ en 2015 y de $81,4 \pm 26,0 \text{ Mg C ha}^{-1}$ en 2019. La variación absoluta alcanzó $5,1 \text{ Mg C ha}^{-1}$, correspondiente a un incremento descriptivo de 6,7 % durante los cuatro años observados. La tasa media anual de acumulación se situó en $1,99 \pm 0,99 \text{ Mg C ha}^{-1} \text{ año}^{-1}$, equivalente a aproximadamente $7,30 \text{ Mg CO}_2 \text{ ha}^{-1} \text{ año}^{-1}$ mediante el factor de conversión 44/12. Los coeficientes de variación calculados fueron de 32,0 % para 2015, 31,9 % para 2019 y 49,7 % para la tasa anual, lo que mostró una dispersión superior en la productividad respecto de las existencias acumuladas. Estos resultados procedieron de 16 parcelas permanentes de 0,36 ha, distribuidas a lo largo de un gradiente altitudinal cercano a 3.000 m, y comprendieron exclusivamente el carbono almacenado en la vegetación leñosa aérea evaluada (Pinto et al., 2024).

La evidencia comparativa para 138 países de ingresos bajos y medios mostró que la acumulación mediana descontada durante 30 años alcanzó $60,2 \text{ t C ha}^{-1}$ en la regeneración natural y $44,6 \text{ t C ha}^{-1}$ en las plantaciones forestales con cosechas cíclicas. La diferencia fue de $15,6 \text{ t C ha}^{-1}$, por lo que el valor registrado en la regeneración natural resultó 35,0 % superior al de las plantaciones. En términos de dióxido de carbono, las estimaciones representaron aproximadamente $220,7 \text{ t CO}_2 \text{ ha}^{-1}$ y $163,5 \text{ t CO}_2 \text{ ha}^{-1}$, respectivamente. La regeneración natural concentró $36,5 \text{ t C ha}^{-1}$ en biomasa aérea, equivalentes al 60,6 % de su acumulación total, mientras las plantaciones registraron $15,2 \text{ t C ha}^{-1}$ en ese reservorio, correspondientes al 34,1 %. Los productos de madera cosechada almacenaron adicionalmente $23,5 \text{ t C ha}^{-1}$ en las plantaciones y representaron el 52,7 % del total contabilizado para ese sistema (Busch et al., 2024).

En la escala mundial, el sumidero forestal se mantuvo en $3,6 \pm 0,4 \text{ Pg C año}^{-1}$ durante las décadas de 1990 y 2000 y alcanzó $3,5 \pm 0,4 \text{ Pg C año}^{-1}$ en la década de 2010, lo que representó una reducción descriptiva de 2,8 % entre ambos periodos. Paralelamente, el potencial adicional de almacenamiento en áreas con bosques existentes se estimó en 139 Gt C, equivalentes al 61 % del potencial forestal natural mundial evaluado. La dimensión económica mostró costos medianos de abatimiento de US\$23,80 por t CO₂ para la regeneración natural y US\$23,00 por t CO₂ para las plantaciones, con potenciales de remoción de 21,8 y 22,6 Gt CO₂, respectivamente, por debajo de US\$50 por t CO₂. La selección del sistema más costo-efectivo en cada localización elevó el potencial a 31,4 Gt CO₂, del cual América Latina concentró el 56 %. En conjunto, los hallazgos mostraron un incremento temporal del carbono aéreo en los bosques secundarios ecuatorianos, una mayor acumulación mediana por hectárea en la regeneración natural y una participación sustancial de los productos madereros dentro del carbono contabilizado para las plantaciones (Busch et al., 2024; Mo et al., 2023; Pan et al., 2024).

Variación del carbono según estructura, ambiente, perturbación y manejo forestal

El análisis examinó la variación del carbono forestal en función de la estructura de los rodales, las condiciones ambientales, los antecedentes de perturbación y las modalidades de manejo. La evidencia ecuatoriana comprendió 16 parcelas permanentes de 0,36 ha, distribuidas entre 600 y 3.500 m s. n. m., en bosques secundarios con edades de 30 a 35 años. Durante los censos efectuados entre 2015 y 2019 se registraron 7.432 tallos, agrupados en 82 familias, 205 géneros y 432 especies. El 90 % de los individuos se identificó hasta el nivel de especie, el 7 % hasta familia o género y el 3 % permaneció sin identificación taxonómica. Los registros permitieron describir simultáneamente la estructura forestal, el carbono aéreo, la productividad, la mortalidad y el cambio neto anual a lo largo del gradiente estudiado (Pinto et al., 2024).

La estructura forestal presentó una variación marcada con la elevación, pues la riqueza observada disminuyó desde 113 especies a 800 m hasta 18 especies a 3.500 m, equivalente a una reducción de 84,1 % y a un ajuste de R^2 ajustado = 0,75 ($p < 0,0001$). La altura media de los árboles alcanzó $13,2 \pm 6,6$ m por debajo de 1.000 m y descendió hasta $9,6 \pm 1,6$ m por encima de 2.900 m, lo que representó una diferencia de 27,3 %. La relación entre altura y diámetro disminuyó de 0,996 a 0,604 a lo largo del gradiente, con una variación de 39,4 %. En cambio, el área basal osciló entre 19,1 y 33,5 m² ha⁻¹ sin mostrar una tendencia significativa con la elevación. El diámetro medio alcanzó $13,87 \pm 1,74$ cm y la densidad media de la madera fue de $0,52 \pm 0,10$ g cm⁻³, sin diferencias significativas entre los niveles altitudinales analizados (Pinto et al., 2024).

Dentro de esta variación ambiental, las existencias de carbono aéreo disminuyeron desde 157,6 Mg C ha⁻¹ a 800 m hasta 46,4 Mg C ha⁻¹ a 3.500 m, lo que correspondió a una reducción descriptiva de 70,6 %. La temperatura diaria descendió de manera estrechamente asociada con la elevación ($R^2 = 0,99$; $p < 0,0001$), mientras la precipitación anual presentó una tendencia semejante ($R^2 = 0,69$; $p < 0,0001$). Los modelos de ecuaciones estructurales mostraron que la temperatura mantuvo un efecto indirecto positivo sobre las existencias de carbono aéreo ($p < 0,05$), mediado por la composición funcional de las comunidades. El espesor foliar medio se relacionó negativamente con el carbono almacenado, mientras la productividad aumentó bajo condiciones más cálidas y disminuyó conforme se incrementó el área foliar media ponderada. La riqueza de especies no presentó una relación significativa con las existencias ni con la productividad del carbono, y el cambio neto anual se vinculó con la temperatura, pero no con la diversidad arbórea (Pinto et al., 2024).

Los antecedentes de perturbación también diferenciaron la dinámica registrada, dado que la mortalidad media alcanzó $0,92 \pm 0,62$ Mg C ha⁻¹ año⁻¹, frente a un cambio neto de $1,27 \pm 0,99$ Mg C ha⁻¹ año⁻¹. Aunque la mortalidad no mantuvo una tendencia significativa con la elevación, se relacionó positivamente con el indicador de perturbación y aclareo competitivo, con R^2 ajustado = 0,19 y $p = 0,049$. El modelo seleccionado mostró, además, una relación negativa entre la mortalidad y el contenido total de nitrógeno del suelo. Las tasas más elevadas se concentraron en árboles pequeños, con diámetros de 5 a 9,8 cm, y en individuos pioneros de tamaño medio, con diámetros de 9,81 a 16,4 cm. En las parcelas situadas en fases de aclareo competitivo, la pérdida por mortalidad llegó a representar aproximadamente el 70 % de la

productividad anual, mientras los rodales en fases más maduras presentaron una mayor aproximación entre crecimiento y mortalidad (Pinto et al., 2024).

La variación asociada con el manejo se mantuvo espacialmente diferenciada en los 138 países de ingresos bajos y medios examinados, pues la regeneración natural presentó el menor costo de abatimiento en el 46 % de la superficie apta, mientras las plantaciones resultaron más costo-efectivas en el 54 % restante. Los costos medianos de implementación fueron de US\$140 ha⁻¹ para la regeneración natural y US\$3.729 ha⁻¹ para las plantaciones, frente a un costo mediano de oportunidad de US\$4.807 ha⁻¹. En la escala mundial, la densidad de carbono arbóreo descendió de manera consistente a medida que aumentó la perturbación humana, aun después de controlar 40 covariables climáticas, topográficas y edáficas. Los modelos basados en inventarios explicaron entre 70 % y 77 % de la variación espacial de la biomasa, mientras los modelos satelitales explicaron entre 82 % y 87 %. La síntesis descriptiva mostró que la captura y permanencia del carbono variaron conjuntamente con la elevación, la temperatura, los rasgos foliares, la fertilidad del suelo y la perturbación, mientras la alternativa de manejo más económica dependió de las condiciones específicas de cada territorio (Busch et al., 2024; Mo et al., 2023).

4. Discusión

El estudio analiza comparativamente la captura y el almacenamiento de carbono en bosques naturales y plantaciones forestales, considerando los reservorios evaluados y la influencia de la estructura, el ambiente, la perturbación y el manejo. Los hallazgos sugieren que la regeneración natural mantiene una mayor acumulación mediana por hectárea, mientras las plantaciones distribuyen una proporción considerable del carbono hacia los productos de madera cosechada. El incremento de **6,7 %** observado en el carbono aéreo de los bosques secundarios ecuatorianos también indica que estos rodales continúan funcionando como sumideros durante su recuperación, aunque su tasa anual presenta una variabilidad cercana al **50 %**. Esta dispersión parece confirmar que la captura no depende únicamente del origen natural o plantado del bosque, sino de la interacción entre edad, composición funcional, condiciones climáticas y perturbaciones previas. Por ello, una comparación basada exclusivamente en la biomasa aérea podría sobreestimar o subestimar el desempeño climático de cada sistema al omitir raíces, suelos, madera muerta, hojarasca y permanencia del carbono (Mo et al., 2023; Pinto et al., 2023).

La mayor acumulación mediana registrada en la regeneración natural, aproximadamente **35 %** superior a la de las plantaciones durante un horizonte de 30 años, converge con la evidencia que atribuye a los bosques naturales ventajas adicionales en biodiversidad, regulación hídrica y estabilidad ecológica (Hua et al., 2022). Sin embargo, este contraste no implica que las plantaciones carezcan de valor climático, puesto que más de la mitad de su carbono contabilizado se concentra en productos forestales cosechados y su costo mediano de abatimiento resulta semejante al de la regeneración natural. La diferencia principal reside en la localización y permanencia del carbono: los bosques regenerados lo mantienen predominantemente en la biomasa y el suelo, mientras las plantaciones dependen en mayor medida de las rotaciones, el aprovechamiento y la vida útil de los productos. Esta interpretación

coincide con Busch et al. (2024), quienes muestran que ninguna alternativa domina en todos los territorios, ya que la regeneración resulta más costo-efectiva en el **46 %** del área potencial y las plantaciones en el 54 % restante. En consecuencia, los resultados respaldan una selección territorial diferenciada, más que la sustitución generalizada de bosques naturales por sistemas productivos.

La variación altitudinal observada en Ecuador refuerza esta lectura contextual, porque el carbono aéreo disminuye junto con la temperatura, la altura del arbolado y la riqueza de especies, aunque esta última no presenta una relación estadísticamente significativa con las existencias ni con la productividad. Los hallazgos parecen indicar que los rasgos funcionales y la estructura del rodal explican mejor la dinámica del carbono que el número de especies considerado de forma aislada, lo cual coincide con el papel atribuido por Pinto et al. (2023) a la temperatura, la composición funcional y el legado de perturbación. De manera complementaria, la reducción mundial del sumidero forestal desde $3,6 \pm 0,4$ hasta $3,5 \pm 0,4$ Pg C año⁻¹ muestra que la permanencia de esta función no puede asumirse como constante frente a la deforestación y degradación (Pan et al., 2024). En términos prácticos, estos patrones justifican que los inventarios y proyectos de carbono incorporen edad, altitud, fertilidad del suelo, mortalidad, régimen de cosecha y disturbios, además de reportar por separado los reservorios evaluados. Tal diferenciación mejora la comparabilidad metodológica y reduce el riesgo de equiparar crecimiento rápido, almacenamiento acumulado y mitigación permanente (IPCC, 2019; Mo et al., 2023).

La interpretación debe mantenerse cautelosa porque el corpus comprende solo 10 fuentes, de las cuales dos se concentran específicamente en Ecuador y cuatro aportan estimaciones cuantitativas utilizables; además, ninguna fuente ecuatoriana evalúa simultáneamente los cinco reservorios propuestos. La heterogeneidad de escalas, ecuaciones alométricas, periodos y unidades impide realizar un metaanálisis, estimar un efecto conjunto o atribuir causalidad, mientras el predominio de evidencia internacional limita la extrapolación directa a todos los ecosistemas ecuatorianos. Futuras investigaciones deberían ampliar las parcelas permanentes en Costa, Sierra y Amazonía, comparar rodales naturales y plantaciones de edad y ambiente equivalentes, medir carbono del suelo y biomasa subterránea, y seguir la permanencia del carbono en productos cosechados mediante series longitudinales. También resulta necesario integrar incertidumbre biofísica, costos de oportunidad y riesgos de reversión para establecer qué modalidad ofrece mayor beneficio climático y económico en cada territorio (Busch et al., 2024; FAO, 2025). La contribución central del estudio consiste, por tanto, en mostrar que la diferencia entre bosques naturales y plantaciones no se explica mediante una única tasa de captura, sino mediante la interacción entre reservorios, permanencia, ambiente y manejo, con lo cual se aborda la brecha comparativa planteada para Ecuador y América Latina.

5. Conclusiones

Los resultados permiten concluir que los bosques naturales y las plantaciones forestales contribuyen a la captura y al almacenamiento de carbono mediante dinámicas diferenciadas. La regeneración natural presenta una acumulación mediana por hectárea aproximadamente 35 % superior durante el horizonte de 30 años analizado, mientras

las plantaciones mantienen una participación relevante mediante la biomasa y los productos de madera cosechada. Esta diferencia no establece la superioridad absoluta de un sistema en todos los territorios, sino que evidencia contrastes en la distribución y permanencia del carbono. El incremento de 6,7 % registrado en los bosques secundarios ecuatorianos confirma, dentro del alcance documental del estudio, que estos rodales conservan capacidad de acumulación durante su recuperación. En consecuencia, el desempeño climático forestal debe valorarse mediante varios reservorios y periodos, no únicamente por la velocidad inicial de crecimiento.

La estimación de existencias y tasas muestra que la biomasa aérea constituye un componente relevante, pero no representa por sí sola el almacenamiento total del ecosistema. Los hallazgos evidencian que las raíces, los suelos, la madera muerta, la hojarasca y los productos cosechados modifican las comparaciones entre sistemas, por lo que su exclusión puede producir valoraciones incompletas. Asimismo, se observa que el carbono forestal varía con la elevación, la temperatura, la estructura del rodal, los rasgos funcionales, la fertilidad del suelo, la mortalidad y los antecedentes de perturbación. La tasa anual de los bosques secundarios presenta una variabilidad cercana al 50 %, lo cual sugiere respuestas heterogéneas aun entre rodales de edades semejantes. En conjunto, estos resultados indican que la captura y la permanencia dependen de condiciones ecológicas y silvícolas concurrentes, sin que el diseño permita atribuirles relaciones causales definitivas.

El aporte principal del estudio consiste en integrar indicadores biofísicos, ambientales, productivos y económicos dentro de una comparación común entre bosques naturales y plantaciones forestales. Esta integración permite diferenciar el carbono acumulado en el ecosistema del carbono trasladado a productos madereros y evita equiparar automáticamente crecimiento rápido con mitigación permanente. En el ámbito profesional e institucional, los resultados ofrecen criterios para fortalecer inventarios de gases de efecto invernadero, programas de restauración, planes de manejo forestal y proyectos de carbono verificables. La semejanza entre los costos medianos de abatimiento de ambos sistemas, cercana a US\$23 por t CO₂, junto con las diferencias de implementación por hectárea, evidencia la necesidad de seleccionar alternativas según las condiciones de cada territorio. Esto sugiere que las decisiones públicas y privadas deben combinar eficiencia climática, permanencia, viabilidad económica y conservación de servicios ecosistémicos.

A partir de los hallazgos, se recomienda ampliar el seguimiento mediante parcelas permanentes distribuidas en la Costa, Sierra y Amazonía, con mediciones equivalentes en bosques naturales y plantaciones de edades comparables. Las investigaciones futuras deberían incorporar simultáneamente biomasa aérea y subterránea, carbono del suelo, madera muerta, hojarasca y productos cosechados, además de cuantificar la incertidumbre y los riesgos de reversión. También resulta pertinente desarrollar series longitudinales que examinen rotaciones, perturbaciones, mortalidad y permanencia del carbono después del aprovechamiento forestal. Estas acciones permitirían determinar con mayor precisión qué modalidad ofrece mejores resultados climáticos y económicos en cada paisaje, sin generalizar conclusiones derivadas de evidencia predominantemente internacional. De este modo, la investigación contribuye a reducir la brecha de información comparativa que limita la planificación forestal y climática en Ecuador y América Latina.

Referencias Bibliográficas

- Beltrán-Conlag, A. C., Licuy-Chimbo, M., López-Grefa, Z. M., & Abril-Saltos, R. (2025). Capacidad de infiltración de especies forestales en la cuenca alta del río Pindo, Amazonía ecuatoriana. *Revista Científica Zambos*, 4(1), 376-386. <https://doi.org/10.69484/rcz/v4/n1/96>
- Busch, J., Bukoski, J. J., Cook-Patton, S. C., Griscom, B., Kaczan, D., Potts, M. D., Yi, Y., & Vincent, J. R. (2024). Cost-effectiveness of natural forest regeneration and plantations for climate mitigation. *Nature Climate Change*, 14, 996–1002. <https://doi.org/10.1038/s41558-024-02068-1>
- Campuzano-Santana, K. L., Alarcón-Giraldo, V. D. ., & España-Lema, A. I. . (2025). Evaluación ambiental de sistemas agrícolas y forestales mediante análisis poblacional de nematodos como bioindicadores. *Journal of Economic and Social Science Research*, 5(2), 132-143. <https://doi.org/10.55813/gaea/jessr/v5/n2/193>
- Castro-Landin, A. L., García-Moreno, M., & Guerrero-Calero, J. M. (2026). Restauración forestal y biodiversidad frente al cambio climático en paisajes degradados. *Revista Científica Enfoques Del Conocimiento*, 3(2), 58-72. <https://doi.org/10.55813/gaea/revistacec/v3/n2/5>
- Comisión Económica para América Latina y el Caribe. (2025). *Anuario estadístico de América Latina y el Caribe 2025*. <https://repositorio.cepal.org/server/api/core/bitstreams/b2476d6d-34cd-4e70-a7b7-d39e244a9070/content>
- Crespo-Gutiérrez, R. S., Jiménez-Romero, E. M., Anchundia-García, J. J., Jara-Minaya, J. M., & Mora-Silva, W. F. (2025). Propiedades físicas y mecánicas de la madera de *Ochroma pyramidale* (Cav. ex Lam.) Urb. (balsa) creciendo en tres localidades ecuatorianas. *Revista Científica Ciencia Y Método*, 3(3), 364-384. <https://doi.org/10.55813/gaea/rcym/v3/n3/81>
- Creswell, J. W., & Creswell, J. D. (2023). *Research design: Qualitative, quantitative, and mixed methods approaches* (6th ed.). SAGE Publications. <https://edge.sagepub.com/creswellrd6e>
- Dahua-Gualinga, R. D., Conforme-Garcia, M. M., Dávila-Ulloa, M., & Mazo-Rodriguez, M. I. (2025). Evaluación del potencial biorremediador de microorganismos aislados en suelos impactados por hidrocarburos. *Revista Científica Ciencia Y Método*, 3(4), 24-40. <https://doi.org/10.55813/gaea/rcym/v3/n4/93>
- Food and Agriculture Organization of the United Nations. (2025). *Global Forest Resources Assessment 2025*. <https://www.fao.org/forest-resources-assessment/en>
- Global Forest Watch. (s. f.). *Ecuador: Forest change dashboard*. Recuperado el 27 de julio de 2026, de <https://www.globalforestwatch.org/dashboards/country/ECU/>
- Guerrero-Calero, J. M., Diego Raul, D. R., Marco Antonio, M. A., & Gema Elizabeth, G. E. (2023). Energías limpias y desarrollo sostenible una revisión sobre las tendencias y desafíos actuales. *Innova Science Journal*, 1(1), 38-50. <https://doi.org/10.63618/omd/isj/v1/n1/9>
- Guerrero-Calero, J. M., Maytin Fumero, C. E., Barban-Forte, Y., Mielles-Giler, J. W., & Cabrera-Verdesoto, C. A. (2025). Naturaleza y cultura: la cosmovisión ambiental

en el Ecuador pluricultural. Oriente-Manabí
Editorial. <https://doi.org/10.63618/omeditorial/l1>

- Guerrero-Calero, J. M., Romero-Castro, M. I., Mieles-Giler, J. W., & Moran-González, M. R. (2025). Análisis del recurso solar en San Francisco de Paján (Ecuador): bases para la implementación de sistemas fotovoltaicos sostenibles. *Revista Científica Ciencia Y Método*, 3(4), 177-188. <https://doi.org/10.55813/gaea/rcym/v3/n4/102>
- Hidalgo-Sánchez, M. A., Pérez-Cuesta, A. M., Benalcázar-Boada, M. J., & Peñafiel-Bonilla, N. J. (2025). Influencia de la temperatura de secado sobre la composición química de las semillas de *Citrullus lanatus*. *Revista Científica Zambos*, 4(3), 108-121. <https://doi.org/10.69484/rcz/v4/n3/133>
- Hua, F., Bruijnzeel, L. A., Meli, P., Martin, P. A., Zhang, J., Nakagawa, S., Miao, X., Wang, W., McEvoy, C., Peña-Arancibia, J. L., Brancalion, P. H. S., Smith, P., Edwards, D. P., & Balmford, A. (2022). The biodiversity and ecosystem service contributions and trade-offs of forest restoration approaches. *Science*, 376(6595), 839–844.
- Intergovernmental Panel on Climate Change. (2019). *2019 refinement to the 2006 IPCC guidelines for national greenhouse gas inventories*. <https://www.ipcc.ch/report/2019-refinement-to-the-2006-ipcc-guidelines-for-national-greenhouse-gas-inventories/>
- Intergovernmental Panel on Climate Change. (2022). *Climate change 2022: Mitigation of climate change. Contribution of Working Group III to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Cambridge University Press. <https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg3/>
- Intriago-Villavicencio, J. S., Vera-Bravo, M. Y., Vargas-Castillo, J. L., & Aguirre-Mite, F. A. (2025). Análisis de las variaciones morfométricas del campeche (*Chaetostoma fischeri*) en poblaciones de dos regiones del Ecuador. *Revista Científica Ciencia Y Método*, 3(3), 351-363. <https://doi.org/10.55813/gaea/rcym/v3/n3/80>
- MapBiomás Ecuador. (2025). *Colección 3.0: Mapas anuales de cobertura y uso de la tierra de Ecuador, 1985–2024*. <https://ecuador.mapbiomas.org/mapas-de-cobertura-y-uso/>
- Mieles-Giler, J. W., Guerrero-Calero, J. M., Moran-González, M. R., & Zapata-Velasco, M. L. (2024). Evaluación de la degradación ambiental en hábitats Naturales. *Journal of Economic and Social Science Research*, 4(3), 65–88. <https://doi.org/10.55813/gaea/jessr/v4/n3/121>
- Mo, L., Zohner, C. M., Reich, P. B., Liang, J., de Miguel, S., Nabuurs, G. J., Renner, S. S., van den Hoogen, J., Araza, A., Herold, M., Mirzaghali, L., Ma, H., Averill, C., Phillips, O. L., Gamarra, J. G. P., Hordijk, I., Routh, D., Abegg, M., Adou Yao, Y. C., ... Crowther, T. W. (2023). Integrated global assessment of the natural forest carbon potential. *Nature*, 624, 92–101. <https://doi.org/10.1038/s41586-023-06723-z>
- Page, M. J., McKenzie, J. E., Bossuyt, P. M., Boutron, I., Hoffmann, T. C., Mulrow, C. D., Shamseer, L., Tetzlaff, J. M., Akl, E. A., Brennan, S. E., Chou, R., Glanville, J., Grimshaw, J. M., Hróbjartsson, A., Lalu, M. M., Li, T., Loder, E. W., Mayo-

- Wilson, E., McDonald, S., et al. (2021). The PRISMA 2020 statement: An updated guideline for reporting systematic reviews. *BMJ*, 372, n71. <https://doi.org/10.1136/bmj.n71>
- Palacios-López, L. A., Pinargote-Bravo, V. J., Mieles-Giler, J. W., & Zapata-Velasco, M. L. (2026). Medidas de adaptación al cambio climático frente a inundaciones y sequías en contextos urbanos y rurales de países en desarrollo. *Innova Science Journal*, 4(1), 227-240. <https://doi.org/10.63618/omd/isi/v4/n1/224>
- Pan, Y., Birdsey, R. A., Phillips, O. L., Houghton, R. A., Fang, J., Kauppi, P. E., Keith, H., Kurz, W. A., Ito, A., Lewis, S. L., Nabuurs, G.-J., Shvidenko, A., Hashimoto, S., Lerink, B., Schepaschenko, D., Castanho, A., & Murdiyarso, D. (2024). The enduring world forest carbon sink. *Nature*, 631, 563–569. <https://doi.org/10.1038/s41586-024-07602-x>.
- Pinto, E., Cuesta, F., Bernardi, A., Llerena-Zambrano, M., Pérez, Á. J., van der Sande, M. T., Gosling, W. D., & Burgess, K. S. (2023). Determinants of above-ground carbon stocks and productivity in secondary forests along a 3000-m elevation gradient in the Ecuadorian Andes. *Plant Ecology & Diversity*, 16(3–4), 127–146.
- Reyes-Mera, J. J., Viáfara-Banguera, D., Paredes-Ulloa, C. O., & Guamán-Castillo, J. G. (2025). Influencia del tiempo y la técnica de extracción en la recuperación de compuestos fenólicos a partir de la cáscara de Ananas comosus. *Revista Científica Zambos*, 4(3), 80-91. <https://doi.org/10.69484/rcz/v4/n3/132>
- Sarango-Ordóñez, J. P., Arellano-Reinoso, K. G., Arias-Ramirez, B. J., & Ureta-Leones, D. A. (2024). Distribución geográfica y estado de conservación actual de Cedrela odorata y Cedrelinga cateniformis en la Amazonía ecuatoriana. *Journal of Economic and Social Science Research*, 4(4), 89–106. <https://doi.org/10.55813/gaea/jessr/v4/n4/134>
- Viáfara-Banguera, D., Reyes-Mera, J. J., Paredes-Ulloa, C. O., & Caicedo-Quinche, W. O. (2025). Optimización de la extracción de polifenoles totales en hojas de Psidium guajava. *Revista Científica Zambos*, 4(3), 67-79. <https://doi.org/10.69484/rcz/v4/n3/131>
- Zambrano-Plaza, D. J., & Alava-Ganchozo, K. G. (2026). Componente arbóreo y carbono aéreo en bosque secundario del complejo recreacional San Mateo, Las Naves. *Revista Científica Ciencia Y Método*, 4(2), 32-50. <https://doi.org/10.55813/gaea/rcym/v4/n2/178>

CONFLICTO DE INTERESES

“Los autores declaran no tener ningún conflicto de intereses”.