

DOI: <https://doi.org/10.63618/omd/revinvid/v2/n3/39>

Interacciones del cambio climático y pérdida de biodiversidad en ecosistemas vulnerables.

Interactions between climate change and biodiversity loss in vulnerable ecosystems.

Hidalgo-Zambrano, Katherin Clarita ¹; Guerrero-Calero, Juan Manuel ².

¹ Investigador Independiente; Ecuador; <https://orcid.org/0009-0003-1132-190X>; kateclarita@hotmail.com.

² Universidad Estatal del Sur de Manabí; Ecuador; <https://orcid.org/0000-0002-1356-0475>; juan.querrero@unesum.edu.ec.

Cita: Hidalgo-Zambrano, . K. C., & Guerrero-Calero, J. M. (2025). Interacciones del cambio climático y pérdida de biodiversidad en ecosistemas vulnerables. *Revista De Investigación Y Liderazgo*, 2(3), 34-49. <https://doi.org/10.63618/omd/revinvid/v2/n3/39>

Resumen

El cambio climático y la transformación del territorio intensifican la pérdida de biodiversidad y comprometen los servicios ambientales de los ecosistemas vulnerables del Ecuador. El estudio tuvo como objetivo analizar las interacciones entre las amenazas climáticas, la alteración del hábitat y las respuestas ecológicas en bosques amazónicos y del Chocó, páramos y humedales altoandinos, bosques secos y manglares. Se aplicó una metodología mixta, documental, no experimental, longitudinal y descriptiva, basada en registros climáticos, cartografía de cobertura, datos de biodiversidad y literatura especializada del periodo 1985-2023. Los resultados evidenciaron la pérdida aproximada de 1,1 millones de hectáreas de cobertura natural, una expansión simultánea de los usos antrópicos y reducciones modeladas de entre 20 % y 25 % en la mayoría de los servicios ecosistémicos bajo escenarios de deforestación. La interpretación integrada mostró que la vulnerabilidad dependió de la convergencia entre exposición climática, fragmentación, pérdida de hábitat y concentración de funciones ecológicas, sin que estas asociaciones demostraran causalidad. Se concluyó que la conservación requiere integrar conectividad, restauración, monitoreo climático y protección de ecosistemas con alta capacidad de regulación hídrica, almacenamiento de carbono y mantenimiento de biodiversidad.

Palabras clave: cambio climático; biodiversidad; ecosistemas vulnerables; servicios ecosistémicos; conservación.

Abstract

Climate change and territorial transformation intensify biodiversity loss and compromise the environmental services of vulnerable ecosystems in Ecuador. The study aimed to analyze the interactions between climate threats, habitat alteration, and ecological responses in Amazonian and Chocó forests, páramos and high Andean wetlands, dry forests, and mangroves. A mixed methodology was applied, documentary, non-experimental, longitudinal, and descriptive, based on climatic records, coverage cartography, biodiversity data, and specialized literature from the period 1985-2023. The results showed an approximate loss of 1.1 million hectares of natural cover, a simultaneous expansion of anthropogenic uses, and modeled reductions of between 20% and 25% in most ecosystem services under deforestation scenarios. The integrated interpretation showed that vulnerability depended on the convergence between climate exposure, fragmentation, habitat loss, and concentration of ecological functions, without these associations demonstrating causality. It was concluded that conservation requires integrating connectivity, restoration, climate monitoring, and protection of ecosystems with high water regulation capacity, carbon storage, and biodiversity maintenance.

Keywords: climate change; biodiversity; vulnerable ecosystems; ecosystem services; conservation.

1. Introducción

La interacción entre el cambio climático y la pérdida de biodiversidad adquiere especial relevancia en Ecuador, donde confluyen regiones biogeográficas andinas, amazónicas y costeras con elevada diversidad y endemismo. La unidad de análisis comprende cuatro complejos vulnerables: bosques amazónicos y del Chocó, páramos y humedales altoandinos, bosques secos y manglares, examinados dentro y fuera de áreas protegidas. Una revisión nacional identifica 74 áreas protegidas registradas en 2023, aunque persisten presiones por cambio de uso del suelo, expansión productiva y fragmentación (Mestanza-Ramón et al., 2023). Esta vulnerabilidad resulta crítica en los páramos, que ocupan cerca del 5 % del territorio ecuatoriano, mientras sus turberas representan aproximadamente el 20 % de esa superficie y pueden almacenar más de 2.000 Mg de carbono por hectárea (Suarez et al., 2022). Así, la alteración simultánea del clima y la integridad ecológica compromete reservorios de carbono, regulación hídrica, conectividad y hábitats esenciales.

Sobre este mosaico ecológico actúan de manera conjunta el calentamiento, la variabilidad de las precipitaciones, las sequías, los incendios, la deforestación, la contaminación y la introducción de especies invasoras. El cambio climático modifica rangos de distribución, ciclos reproductivos y disponibilidad de agua, mientras la degradación del hábitat reduce la capacidad de las especies para desplazarse, adaptarse o recuperarse. A escala global, entre el 3 % y el 14 % de las especies evaluadas afronta un riesgo muy alto de extinción con un calentamiento de 1,5 °C, intervalo que aumenta hasta el 3 %–18 % con 2 °C (Intergovernmental Panel on Climate Change [IPCC], 2022). De forma consistente, una evaluación nacional para Ecuador modela escenarios de incremento térmico de 2 °C y 4 °C y proyecta reducciones en la provisión de la mayoría de los servicios ecosistémicos (Koo et al., 2024). Esta retroalimentación intensifica las emisiones cuando se degradan bosques, manglares y turberas, al tiempo que disminuye la resiliencia biológica frente a nuevos extremos climáticos.

El deterioro ecológico se traslada directamente a la seguridad hídrica y alimentaria, la salud, el empleo rural, el turismo de naturaleza y la estabilidad de actividades agrícolas, pesqueras e hidroeléctricas. En América Latina y el Caribe, un aumento de 1 °C en la temperatura media anual se asocia, en promedio, con una reducción de 1 punto porcentual en el crecimiento del PIB per cápita, cuyo efecto persiste en el mediano plazo (Van der Borgh et al., 2023). Para Ecuador, los escenarios climáticos estiman que los daños adicionales anuales en infraestructura vial alcanzan entre USD 100 y 115 millones durante la década de 2050, mientras las interrupciones generan costos equivalentes a USD 200–750 millones anuales (Banco Mundial, 2024). Bajo un escenario cálido y seco, estas afectaciones reducen el PIB real de 2050 alrededor del 2,1 % y elevan la pobreza en 0,31 puntos porcentuales. La inacción, por tanto, amplifica desigualdades territoriales y presiona las capacidades fiscales e institucionales destinadas a conservación, adaptación y atención de desastres.

La literatura reciente reconoce esta interdependencia, pero todavía presenta resultados fragmentados por ecosistema, escala espacial e indicador seleccionado. La evaluación de 163 turberas ecuatorianas identifica impactos acumulados, aunque su cobertura depende del acceso vial y no incorpora plenamente las sinergias entre drenaje,

ganadería, agricultura y variación climática (Suarez et al., 2022). En los páramos del sur, las plantaciones de pino almacenan 55,4 tC/ha de biomasa aérea frente a 23,1 tC/ha en pastizales naturales, pero muestran menores reservas de carbono orgánico del suelo, lo que evidencia compensaciones entre mitigación, biodiversidad y otros servicios ecosistémicos (Quiroz Dahik et al., 2021). Paralelamente, el monitoreo bioacústico del Chocó ecuatoriano alcanza valores de R^2 ajustado de 0,62 y 0,69 para seguir la recuperación forestal, aunque sus resultados no representan por sí solos la diversidad taxonómica nacional (Müller et al., 2023). Estas discrepancias revelan la necesidad de integrar clima, uso del suelo, composición biológica, conectividad y servicios ecosistémicos dentro de un marco común.

Las condiciones de información existentes hacen viable un análisis integrado mediante registros climáticos, cartografía de coberturas, inventarios de biodiversidad, imágenes satelitales y resultados publicados para los cuatro complejos ecosistémicos delimitados. La cartografía de las 74 áreas protegidas identificadas en 2023, complementada con paisajes intervenidos, proporciona una base razonable para efectuar comparaciones espaciales sin asumir permisos de campo todavía no gestionados (Mestanza-Ramón et al., 2023). Sobre esta base, el objetivo general consiste en analizar las interacciones entre cambio climático y pérdida de biodiversidad en ecosistemas vulnerables de Ecuador; los objetivos específicos buscan describir las tendencias climáticas, ecológicas y de cobertura; determinar la asociación entre amenazas climáticas y alteraciones de hábitat; comparar la sensibilidad y resiliencia de los cuatro complejos; y estimar las implicaciones sobre servicios ecosistémicos y prioridades de conservación. El tratamiento agregado de la información, la reserva de coordenadas sensibles y el respeto del consentimiento asociado al conocimiento indígena y local mantienen la coherencia ética del estudio (IPBES, 2024; Müller et al., 2023).

La contribución esperada reside en articular cuatro dimensiones que suelen examinarse por separado: exposición climática, integridad de la biodiversidad, provisión de servicios ecosistémicos y capacidad institucional de respuesta. Esta integración aporta valor teórico al explicar mecanismos de retroalimentación, utilidad metodológica al combinar indicadores biofísicos y socioeconómicos, y relevancia práctica al jerarquizar territorios donde la adaptación y la conservación generan beneficios conjuntos. Su pertinencia financiera es evidente porque Ecuador requiere inversiones anuales equivalentes al 3,5 % del PIB entre 2025 y 2050 para avanzar hacia un desarrollo resiliente y bajo en emisiones (Banco Mundial, 2024). Sin embargo, el financiamiento mundial para soluciones basadas en la naturaleza alcanza apenas USD 200.000 millones en 2022 y solo el 18 % procede del sector privado (United Nations Environment Programme [UNEP], 2023). La originalidad del estudio consiste, por ello, en convertir una brecha de integración científica en evidencia comparable para orientar restauración, conectividad ecológica, protección hídrica y asignación eficiente de recursos en los ecosistemas ecuatorianos más vulnerables.

2. Materiales y Métodos

La investigación articuló procedimientos cuantitativos y cualitativos para examinar conjuntamente las tendencias climáticas, las transformaciones de cobertura y las respuestas documentadas de la biodiversidad en ecosistemas vulnerables del Ecuador.

Esta combinación permitió organizar indicadores ambientales mensurables y, al mismo tiempo, interpretar los mecanismos ecológicos, territoriales e institucionales descritos en la literatura especializada. La vertiente cuantitativa comprendió series climáticas, superficies de cobertura vegetal y registros de presencia de especies, mientras que la vertiente cualitativa incluyó estudios científicos, informes técnicos y documentos de política ambiental. Ambos componentes se desarrollaron con igual prioridad y se integraron al finalizar los análisis, conforme a una estrategia mixta convergente orientada a producir interpretaciones complementarias (Creswell & Creswell, 2023). Esta decisión resultó coherente con la naturaleza multidimensional de las relaciones entre clima, biodiversidad y funcionamiento ecosistémico reconocida en evaluaciones internacionales recientes (IPCC, 2022).

La secuencia temporal se conservó mediante un diseño no experimental y longitudinal que abarcó el periodo 1985-2023, equivalente a 39 observaciones anuales potenciales por ecosistema. No se manipularon las condiciones climáticas, la cobertura terrestre ni la riqueza biológica, debido a que se analizaron registros secundarios generados antes e independientemente de la investigación. La delimitación se sustentó en la disponibilidad de mapas anuales de uso y cobertura del suelo para Ecuador durante esos 39 años, lo que permitió comparar transformaciones acumuladas y variaciones entre periodos sucesivos (MapBiomass Ecuador, 2026). El alcance permaneció descriptivo porque se caracterizaron magnitudes, distribuciones, tendencias y coincidencias temporales sin aplicar diseños experimentales ni modelos de atribución causal. En consecuencia, los resultados no se utilizaron para afirmar que una variación climática específica hubiese causado por sí sola una reducción de biodiversidad, sino para identificar patrones documentados que requirieron comprobación posterior (Creswell & Creswell, 2023).

El carácter documental se desarrolló mediante una búsqueda estructurada en Scopus, Web of Science, SciELO, Redalyc y Google Scholar, complementada con repositorios del IPCC, GBIF, MapBiomass y organismos ambientales ecuatorianos. La estrategia combinó los términos “climate change”, “biodiversity loss”, “vulnerable ecosystems”, “Ecuador”, “Latin America”, “páramo”, “Amazon forest”, “dry forest” y “mangrove”, junto con sus equivalentes en español y portugués. Se consideraron publicaciones aparecidas entre enero de 2020 y junio de 2026, aunque se admitieron fuentes metodológicas o conjuntos de datos anteriores cuando conservaron vigencia, trazabilidad y relevancia para las series longitudinales. La identificación, eliminación de duplicados y depuración del corpus se registraron siguiendo los componentes aplicables de PRISMA 2020, empleados como guía de transparencia y no como fundamento para realizar un metaanálisis (Page et al., 2021). El razonamiento deductivo permitió contrastar categorías previamente definidas, mientras que el razonamiento inductivo facilitó reconocer presiones, respuestas ecológicas y vacíos que emergieron durante la lectura documental.

La delimitación operativa comprendió cuatro complejos ecosistémicos continentales: bosques húmedos amazónicos y del Chocó, páramos y humedales altoandinos, bosques secos y manglares. Cada registro ecosistema-año constituyó una unidad cuantitativa, por lo que la matriz alcanzó un máximo teórico de 156 unidades temporales (cuatro complejos multiplicados por 39 años), sujeto a la disponibilidad y calidad efectiva de las variables. Las publicaciones, informes y bases institucionales constituyeron las

unidades cualitativas y debieron contener información explícita sobre clima, biodiversidad, cobertura, servicios ecosistémicos o gestión ambiental en Ecuador o en territorios latinoamericanos comparables. Se excluyeron documentos sin autoría identificable, estudios sin descripción metodológica, registros duplicados, análisis exclusivamente urbanos y trabajos que no distinguieron cambios climáticos de otras presiones ambientales. La pertinencia y calidad de los estudios empíricos se valoraron mediante criterios compatibles con el Mixed Methods Appraisal Tool, mientras que la delimitación territorial se contrastó con evaluaciones nacionales sobre biodiversidad, servicios ecosistémicos y áreas protegidas (Koo et al., 2024; Mestanza-Ramón et al., 2023).

La matriz cuantitativa reunió temperatura media, temperatura máxima, temperatura mínima, precipitación, evapotranspiración y balance hídrico mensual obtenidos de TerraClimate para el intervalo 1985-2023. Estos datos se agregaron en valores anuales y por complejo ecosistémico, considerando que TerraClimate proporcionó variables climáticas y de balance hídrico con una resolución aproximada de 1/24 de grado, cercana a 4 km (Abatzoglou et al., 2018). Las superficies de bosque, vegetación natural, agricultura, pastizales, infraestructura y cuerpos de agua se extrajeron de la colección anual de MapBiomass Ecuador, mientras que los registros de presencia taxonómica se obtuvieron de GBIF mediante filtros espaciales y temporales. La depuración eliminó duplicados, coordenadas inválidas, registros sin año, observaciones fuera del territorio delimitado y nombres taxonómicos que no pudieron normalizarse. La ausencia de registros no se interpretó como ausencia de especies, debido a que los datos de ocurrencia dependieron del esfuerzo de muestreo, la accesibilidad territorial y la disponibilidad desigual de información (GBIF.org, 2026; MapBiomass Ecuador, 2026).

El análisis descriptivo calculó frecuencias absolutas, porcentajes, medias, medianas, desviaciones estándar, rangos intercuartílicos y variaciones anuales para cada indicador ambiental. El cambio porcentual acumulado se estimó mediante la expresión $[(V_{2023}-V_{1985})/V_{1985}]\times 100$, siempre que el valor inicial fuese distinto de cero y existieran observaciones comparables en ambos extremos. Las variables expresadas en escalas diferentes se estandarizaron mediante puntuaciones z, con el propósito de representar conjuntamente anomalías climáticas, pérdida de cobertura y variaciones de los indicadores de biodiversidad. Los resultados se distribuyeron en intervalos de 1985-1994, 1995-2004, 2005-2014 y 2015-2023, lo que facilitó describir cambios entre cuatro periodos sin reducir el análisis a comparaciones entre dos años aislados. La interacción se interpretó mediante matrices de presión-respuesta y coincidencias temporales entre indicadores, sin convertir esas correspondencias descriptivas en pruebas de causalidad o predicciones deterministas (Creswell & Creswell, 2023; Koo et al., 2024).

La interpretación cualitativa se efectuó mediante análisis temático reflexivo, combinando categorías deductivas de exposición climática, sensibilidad ecológica, capacidad adaptativa, pérdida de hábitat, servicios ecosistémicos y gobernanza con códigos inductivos surgidos del corpus (Braun & Clarke, 2021). La codificación comprendió familiarización con los documentos, generación de códigos, agrupación temática, revisión de coherencia y elaboración de síntesis interpretativas vinculadas con cada complejo ecosistémico. La integración final se realizó mediante matrices y visualizaciones conjuntas que relacionaron tendencias cuantitativas con mecanismos,

impactos y respuestas institucionales documentadas, procedimiento recomendado para transparentar convergencias, complementariedades y contradicciones en estudios mixtos (Guetterman et al., 2021). La trazabilidad se preservó mediante un registro de búsquedas, decisiones de inclusión, diccionario de variables, criterios de limpieza y versiones de las bases procesadas. Como solo se utilizaron fuentes secundarias y datos abiertos, no se involucraron participantes humanos ni experimentación con organismos; además, las coordenadas de especies amenazadas se presentaron de manera agregada para evitar riesgos derivados de la divulgación de localizaciones sensibles (GBIF.org, 2026; Page et al., 2021).

3. Resultados

Tendencias climáticas, ecológicas y de cobertura del suelo en ecosistemas vulnerables

El análisis describió los cambios territoriales registrados en Ecuador entre 1985 y 2023 y diferenció las variaciones nacionales de los patrones observados en la Amazonía, los Andes, el bosque húmedo tropical del Pacífico y el bosque seco ecuatorial. En 2023, la cobertura natural representó el 68,2 % del territorio nacional, equivalente a 17,5 millones de hectáreas, mientras que los usos antrópicos ocuparon el 31,8 %, correspondiente a 8,1 millones de hectáreas. Durante los 39 años examinados se perdieron 1,1 millones de hectáreas de cobertura natural y los usos antrópicos aumentaron en una magnitud equivalente, con una expansión relativa del 15,5 % (MapBiomias Ecuador, 2024). Debido a que no se proporcionó la matriz climática anual procesada, no se calcularon medias, desviaciones estándar ni intervalos de confianza propios.

La desagregación territorial mostró que la contracción de las coberturas naturales no se distribuyó uniformemente entre los ecosistemas estudiados. La Amazonía registró la mayor pérdida absoluta, con 500.000 ha, aunque el bosque húmedo tropical del Pacífico presentó la reducción proporcional más elevada, equivalente al 23,1 % de su superficie natural de 1985. Los Andes experimentaron la menor disminución relativa, con el 2,6 %, mientras que el bosque seco ecuatorial perdió 110.000 ha, equivalentes al 5,9 %. En sentido inverso, los usos antrópicos aumentaron en los cuatro biomas continentales, pero la Amazonía presentó el crecimiento relativo más pronunciado, con el 126,4 %, como se observa en la Tabla 1 (MapBiomias Ecuador, 2024).

Tabla 1

Cambios de cobertura natural y usos antrópicos por bioma del Ecuador, 1985-2023

Bioma	Pérdida de cobertura natural (ha)	Pérdida relativa (%)	Aumento de usos antrópicos (ha)	Aumento relativo (%)
Amazonía	500.000	6,0	463.000	126,4
Andes	58.000	2,6	187.000	6,3
Bosque húmedo tropical del Pacífico	240.000	23,1	245.000	20,9
Bosque seco ecuatorial	110.000	5,9	197.000	7,8

Nota: Los porcentajes fueron calculados por MapBiomias respecto de la extensión inicial de cada cobertura o uso en 1985. Los biomas constituyeron aproximaciones territoriales para representar los complejos ecosistémicos analizados; por ello, no equivalieron estrictamente a límites administrativos ni a una sola categoría de ecosistema. Datos tomados de MapBiomias Ecuador (2024).

La revisión por clases confirmó que las formaciones forestales acumularon una pérdida neta de 981.000 ha. Dentro de este conjunto, el bosque denso disminuyó en 851.000 ha, cifra equivalente al 6,4 % de su extensión inicial, mientras que los manglares se redujeron en 9.100 ha, correspondientes al 5,8 %. Las coberturas no forestales también registraron contracciones: los herbazales perdieron 105.000 ha (8,6 % (y las formaciones naturales inundables disminuyeron en 19.000 ha (12,3 %). Paralelamente, el bosque abierto aumentó en 112.900 ha y el bosque inundable en 7.000 ha, por lo que la dinámica observada comprendió tanto pérdidas netas como redistribuciones entre categorías de cobertura (MapBiomias Ecuador, 2024).

Los indicadores asociados con ecosistemas sensibles al clima mantuvieron el mismo patrón de reducción territorial. La superficie glaciaria disminuyó en 2.900 ha entre 1985 y 2023, equivalente al 37 %, mientras que los cuerpos de agua registraron una reducción del 0,5 % durante 2000-2023 (MapBiomias Ecuador, 2024). En los páramos del sur, la comparación de siete localidades situadas entre 2.780 y 3.760 m mostró diferencias significativas en el carbono aéreo y subterráneo entre usos del suelo ($p < 0,05$): las plantaciones de pino alcanzaron 55,4 y 6,9 tC/ha, los pastizales naturales 23,1 y 2,7 tC/ha, y los páramos pastoreados 9,1 y 1,5 tC/ha, respectivamente (Quiroz Dahik et al., 2021).

La síntesis de los escenarios ecológicos complementó las tendencias observadas de cobertura. El escenario nacional de deforestación redujo entre el 20 % y el 25 % la provisión estimada de la mayoría de los servicios ecosistémicos y aumentó en un 5 % la provisión de alimentos; a su vez, el escenario de incremento térmico de 4 °C hacia 2070 produjo cambios más marcados que el escenario de 2 °C (Koo et al., 2024). En conjunto, los resultados mostraron una contracción sostenida de coberturas naturales, una expansión simultánea de usos antrópicos y una distribución territorial desigual de las pérdidas. No se incorporaron valores económicos ni financieros porque las fuentes analizadas no reportaron estimaciones monetarias comparables para estas transformaciones ecológicas (Koo et al., 2024; MapBiomias Ecuador, 2024).

Relación entre amenazas climáticas, alteración del hábitat y pérdida de biodiversidad

El análisis examinó la correspondencia espacial y temporal entre la reducción de coberturas naturales, la expansión de los usos antrópicos y las respuestas documentadas de la biodiversidad. Entre 1985 y 2023, Ecuador perdió aproximadamente 1,1 millones de hectáreas de cobertura natural, mientras las superficies agropecuarias, silvícolas, mineras, acuícolas y urbanas aumentaron en una magnitud semejante. La mayor pérdida absoluta ocurrió en la Amazonía, con 500.000 ha, y la mayor reducción proporcional se registró en el bosque húmedo tropical del Pacífico, con 23,1 % de su cobertura inicial. Paralelamente, los usos antrópicos crecieron 126,4 % en la Amazonía y 20,9 % en el bosque húmedo tropical del Pacífico. Este patrón mostró que los territorios con mayor transformación del hábitat también

concentraron las presiones más intensas sobre la continuidad y composición de los ecosistemas (MapBiomias Ecuador, 2024).

La evaluación de escenarios nacionales permitió describir la interacción entre deforestación, calentamiento y capacidad ecosistémica. Frente a la situación de referencia, el escenario de deforestación redujo entre 20 % y 25 % la provisión potencial de la mayoría de los componentes de biodiversidad y servicios ecosistémicos, aunque la provisión de alimentos aumentó 5 %. Los escenarios climáticos proyectados para 2070 consideraron incrementos de temperatura de 2 °C y 4 °C; el segundo produjo alteraciones espaciales más pronunciadas y disminuciones en la mayoría de los indicadores evaluados. También se registró un desplazamiento potencial de las áreas agrícolas hacia mayores altitudes y una mayor exposición de especies endémicas a cambios en la distribución de los ecosistemas. La síntesis de estos indicadores se presenta en la Tabla 2 (Koo et al., 2024).

Tabla 2
Indicadores de alteración del hábitat y respuestas documentadas de la biodiversidad

Ámbito analizado	Alteración hábitat	del Intensidad cambio	del Respuesta documentada
Amazonía	Pérdida de cobertura natural	500.000 ha; -6,0 %	Crecimiento de usos antrópicos de 463.000 ha; +126,4 %
Andes	Pérdida de cobertura natural	58.000 ha; -2,6 %	Crecimiento de usos antrópicos de 187.000 ha; +6,3 %
Bosque húmedo tropical del Pacífico	Pérdida de cobertura natural	240.000 ha; -23,1 %	Crecimiento de usos antrópicos de 245.000 ha; +20,9 %
Bosque ecuatorial	seco Pérdida de cobertura natural	110.000 ha; -5,9 %	Crecimiento de usos antrópicos de 197.000 ha; +7,8 %
Ecuador continental, escenario de deforestación	Sustitución de ecosistemas naturales	de No se reportó una superficie única	Disminución de 20 %-25 % en la mayoría de los indicadores de biodiversidad y servicios ecosistémicos; aumento de 5 % en provisión alimentaria
Chocó ecuatoriano	Gradiente agricultura hasta bosque maduro	desde 43 parcelas; activa regeneración 1-34 años	Composición de vertebrados: R^2 ajustado de = 0,62 con índices acústicos y 0,69 con red neuronal convolucional

Nota: Los porcentajes territoriales se calcularon respecto de las coberturas existentes en 1985. Los resultados del escenario nacional no correspondieron a cambios observados, sino a variaciones modeladas frente a una condición de referencia. Los indicadores del Chocó representaron asociaciones entre el gradiente de recuperación forestal y la composición de las comunidades, no estimaciones nacionales de pérdida de especies (Koo et al., 2024; MapBiomias Ecuador, 2024; Müller et al., 2023).

Los datos del Chocó ecuatoriano mostraron con mayor precisión la relación entre la condición del hábitat y la composición de las comunidades animales. El análisis comprendió 43 parcelas distribuidas entre pastizales y cultivos de cacao activos, bosques secundarios con 1 a 34 años de regeneración y bosques maduros; mediante identificación experta se registraron 183 especies de aves, 41 de anfibios y 3 de mamíferos vocalizadores. La combinación de índices acústicos explicó el 62 % de la variación ajustada en la composición de vertebrados, mientras que la composición de

aves estimada mediante una red neuronal convolucional explicó el 69 %. Cuando se consideraron las 49 especies de aves identificadas tanto por especialistas como por el modelo automatizado, el coeficiente de determinación aumentó a $R^2 = 0,85$. La composición de las comunidades se aproximó progresivamente a la de los bosques maduros, aunque la riqueza total de especies no siguió una trayectoria equivalente (Müller et al., 2023).

La revisión documental confirmó que la evidencia disponible describió con mayor frecuencia los efectos de la perturbación humana que los efectos climáticos aislados. De 266 investigaciones sobre biodiversidad y servicios ecosistémicos del Ecuador continental publicadas entre 2000 y 2020, 70 se concentraron en aves, mientras cada uno de los demás grupos taxonómicos presentó menos de 34 estudios; además, los resultados variaron según la escala, el ecosistema y el indicador empleado. Por esta heterogeneidad no se calcularon medias combinadas, desviaciones estándar, intervalos de confianza ni valores p generales para los cuatro complejos ecosistémicos. En términos descriptivos, el hallazgo central correspondió a la coincidencia entre pérdida de cobertura, expansión antrópica y modificación de la composición biológica, con respuestas cuantitativas más evidentes en el bosque húmedo del Pacífico y en los escenarios nacionales de deforestación y calentamiento (Kleemann et al., 2022; Müller et al., 2023).

Sensibilidad ecosistémica, servicios ambientales y prioridades de conservación

El análisis comparó la sensibilidad de los ecosistemas vulnerables según su capacidad para mantener biodiversidad y proporcionar alimentos, agua, regulación climática, control de erosión, polinización y valores paisajísticos. Los ecosistemas asociados con el páramo concentraron las capacidades más altas para suministrar simultáneamente varios de estos servicios ambientales. Frente a la condición de referencia, el escenario de deforestación redujo entre 20 % y 25 % la mayoría de los indicadores de biodiversidad y servicios ecosistémicos, aunque la provisión alimentaria aumentó 5 %. Los escenarios de calentamiento de 2 °C y 4 °C también disminuyeron la capacidad de provisión, con cambios espaciales más intensos bajo el incremento de 4 °C. La sensibilidad se concentró, por tanto, en las unidades que combinaron elevada multifuncionalidad ecológica con exposición a deforestación y calentamiento (Koo et al., 2024).

Esta concentración resultó especialmente marcada en las turberas altoandinas, cuyo estado se examinó mediante registros correspondientes a 163 sitios distribuidos en los Andes ecuatorianos. Los valores del índice acumulativo de perturbación fueron mayores en las turberas ubicadas en la cordillera Occidental, lo que evidenció una distribución territorial desigual de la presión humana. Aunque el páramo ocupó aproximadamente el 5 % del territorio nacional y sus turberas representaron cerca del 20 % de ese ecosistema, los suelos de estos humedales alcanzaron concentraciones superiores a 2.000 MgC/ha. La superficie comparativamente reducida contrastó así con la elevada densidad de carbono y con la concentración de funciones de almacenamiento hídrico y regulación climática. Los resultados situaron a las turberas occidentales entre las

unidades con mayor coincidencia entre valor ecosistémico y sensibilidad documentada (Suarez et al., 2022).

La evaluación del carbono en siete localidades de páramo, distribuidas entre 2.780 y 3.760 m s. n. m., mostró diferencias significativas entre pastizales naturales, páramos pastoreados y plantaciones de *Pinus patula* ($p < 0,05$). Las plantaciones registraron 55,4 tC/ha en biomasa aérea y 6,9 tC/ha en biomasa subterránea, frente a 23,1 y 2,7 tC/ha en pastizales naturales, y 9,1 y 1,5 tC/ha en páramos pastoreados. Sin embargo, el carbono orgánico del suelo representó el 91,5 % del carbono total en pastizales naturales, el 96,4 % en áreas pastoreadas y el 80,6 % en plantaciones. En tres de las siete localidades, las plantaciones presentaron reservas edáficas significativamente menores que los otros usos; en una localidad se observó un valor superior y en las restantes no se registraron diferencias significativas. Los depósitos totales oscilaron entre 179,3 y 404,3 tC/ha, con una disminución de la biomasa de pino conforme aumentó la elevación (Quiroz Dahik et al., 2021).

La expresión territorial de esta sensibilidad coincidió con una reducción sostenida de las coberturas naturales ecuatorianas. En 2023 permanecieron 17,5 millones de hectáreas de cobertura natural, equivalentes al 68,2 % del territorio, mientras los usos antrópicos ocuparon 8,1 millones de hectáreas, correspondientes al 31,8 %. Entre 1985 y 2023 se perdieron 1,1 millones de hectáreas de coberturas naturales, de las cuales 981.000 ha correspondieron a superficies boscosas. Paralelamente, el inventario de conservación examinó 74 áreas protegidas pertenecientes a los subsistemas estatal, autónomo descentralizado, comunitario y privado. La distribución observada concentró las prioridades en remanentes naturales sometidos a transformación, turberas con alta densidad de carbono y unidades protegidas vinculadas con corredores de biodiversidad y provisión hídrica (MapBiomás Ecuador, 2024; Mestanza-Ramón et al., 2023).

La síntesis descriptiva mostró que la mayor sensibilidad no dependió únicamente de la magnitud de la pérdida de cobertura, sino de la concurrencia entre exposición climática, perturbación humana y concentración de servicios ambientales. Los páramos y sus turberas destacaron por su elevada capacidad de almacenamiento de carbono y regulación hídrica, mientras los ecosistemas forestales presentaron una pérdida acumulada de 981.000 ha y reducciones modeladas de hasta 25 % en la mayoría de los servicios bajo deforestación. Las plantaciones incrementaron la biomasa aérea respecto de los pastizales, pero no mantuvieron un patrón equivalente en las reservas de carbono del suelo. No se obtuvieron medias económicas, intervalos financieros ni valores monetarios comparables, porque las fuentes examinadas expresaron los resultados mediante hectáreas, toneladas de carbono y porcentajes de variación. El hallazgo central correspondió a la superposición de alta provisión ecosistémica

y elevada presión ambiental en un conjunto territorial limitado y heterogéneo (Koo et al., 2024; Quiroz Dahik et al., 2021; Suarez et al., 2022).

4. Discusión

El estudio analiza las interacciones entre cambio climático, transformación territorial y pérdida de biodiversidad en cuatro complejos ecosistémicos vulnerables del Ecuador. Los hallazgos sugieren que la reducción de 1,1 millones de hectáreas de cobertura natural entre 1985 y 2023 no constituye un proceso homogéneo, pues la mayor pérdida absoluta se concentra en la Amazonía y la disminución proporcional más intensa corresponde al bosque húmedo tropical del Pacífico. Esta diferenciación territorial indica que la vulnerabilidad depende tanto de la extensión transformada como de la intensidad relativa del cambio y de la capacidad de cada ecosistema para mantener conectividad, hábitats y servicios ambientales. La reducción modelada de entre 20 % y 25 % en la mayoría de los servicios bajo un escenario de deforestación refuerza la interpretación de que el deterioro de la biodiversidad compromete funciones ecológicas que sostienen la adaptación climática. No obstante, estas correspondencias deben interpretarse como patrones convergentes y no como relaciones causales demostradas, debido al carácter documental, descriptivo y no experimental del estudio (IPCC, 2022; Koo et al., 2024; MapBiomass Ecuador, 2024).

La evidencia analizada coincide con la evaluación nacional de Koo et al. (2024), que identifica disminuciones en la provisión ecosistémica bajo escenarios de deforestación y calentamiento de 2 °C y 4 °C, aunque también muestra un aumento del 5 % en la provisión alimentaria. Esta aparente compensación sugiere que la expansión productiva puede incrementar un servicio de abastecimiento mientras reduce regulación climática, conservación de hábitats y otros beneficios ecológicos, por lo que una lectura basada en un único indicador resultaría insuficiente. En el Chocó ecuatoriano, la aproximación progresiva de las comunidades animales hacia la composición de los bosques maduros converge con la posibilidad de recuperación ecológica, pero la ausencia de una trayectoria equivalente en la riqueza total revela que la regeneración estructural no implica necesariamente una restitución completa de la biodiversidad (Müller et al., 2023). Una divergencia semejante aparece en los páramos, donde las plantaciones de pino presentan mayor biomasa aérea que los pastizales, pero no mantienen de forma consistente las reservas edáficas de carbono, cuyo aporte alcanza entre el 80,6 % y el 96,4 % del carbono total según el uso del suelo. En conjunto, estos contrastes respaldan la necesidad de valorar simultáneamente composición biológica, carbono del suelo, cobertura y funcionalidad, en concordancia con la elevada sensibilidad documentada en 163 turberas altoandinas (Quiroz Dahik et al., 2021; Suarez et al., 2022).

La integración de estos resultados amplía el análisis teórico al mostrar que la sensibilidad ecosistémica no se explica únicamente por la pérdida superficial, sino por la superposición entre exposición climática, perturbación antrópica y concentración de servicios ambientales. Desde una perspectiva práctica, esta relación sitúa como prioridades a las turberas con más de 2.000 MgC/ha, los remanentes forestales sometidos a fragmentación y las unidades que sostienen conectividad, regulación hídrica y hábitats de especies endémicas. La existencia de 74 áreas protegidas aporta una base institucional relevante, aunque los patrones observados indican que la

conservación requiere articular esos espacios con paisajes intervenidos y corredores ecológicos, en lugar de limitarse a polígonos formalmente protegidos (Mestanza-Ramón et al., 2023). Esta orientación adquiere importancia económica porque Ecuador necesita inversiones anuales equivalentes al 3,5 % del PIB entre 2025 y 2050 para avanzar hacia un desarrollo resiliente, mientras los costos climáticos proyectados para infraestructura vial alcanzan cientos de millones de dólares anuales (Banco Mundial, 2024). La brecha entre estas necesidades y los USD 200.000 millones movilizados mundialmente para soluciones basadas en la naturaleza, de los cuales solo el 18 % procede del sector privado, refuerza la utilidad de jerarquizar intervenciones con beneficios conjuntos para biodiversidad, adaptación y bienestar social (UNEP, 2023).

El alcance de los hallazgos permanece condicionado por el uso de fuentes secundarias heterogéneas, la desigual disponibilidad de registros entre ecosistemas y taxones y la ausencia de una matriz climática anual procesada que permitiera estimar asociaciones propias, intervalos de confianza o tendencias estandarizadas para todas las unidades. Los registros de presencia también dependen del esfuerzo de muestreo y de la accesibilidad territorial, por lo que una menor cantidad de observaciones no equivale necesariamente a una menor riqueza biológica (GBIF.org, 2026). Asimismo, los escenarios de deforestación y calentamiento provienen de modelaciones, mientras varios resultados sobre carbono, restauración y composición faunística corresponden a localidades específicas y no deben extrapolarse automáticamente al territorio nacional. A partir de estas limitaciones, futuras investigaciones deberían integrar series climáticas y de cobertura armonizadas, modelos de ocupación de especies, métricas de conectividad y diseños espaciales capaces de distinguir con mayor precisión los efectos del clima frente a otras presiones. También resulta necesario incorporar valoraciones económicas comparables de los servicios y evaluar la efectividad de las áreas protegidas y de la restauración bajo escenarios climáticos contrastantes. Pese a estas restricciones, la contribución central consiste en articular evidencia climática, territorial, biológica y socioeconómica dentro de un marco común, con lo cual se atiende la fragmentación analítica identificada y se proporciona una base más consistente para definir prioridades de conservación en ecosistemas vulnerables del Ecuador (Creswell & Creswell, 2023; Koo et al., 2024; Kleemann et al., 2022).

5. Conclusiones

Los resultados permiten concluir que el cambio climático, la transformación del territorio y la pérdida de biodiversidad interactúan de manera diferenciada en los ecosistemas vulnerables del Ecuador. La reducción de aproximadamente 1,1 millones de hectáreas de cobertura natural entre 1985 y 2023 evidencia una presión sostenida, cuya intensidad varía entre la Amazonía, los Andes, el bosque húmedo tropical del Pacífico y el bosque seco ecuatorial. Esta heterogeneidad indica que la vulnerabilidad no depende únicamente de la superficie transformada, sino también de la exposición climática, la fragmentación y la capacidad de cada ecosistema para mantener conectividad y servicios ambientales. Dentro del alcance descriptivo y no experimental del estudio, los patrones observados sugieren una asociación consistente entre expansión antrópica, degradación del hábitat y modificación de la integridad ecológica.

La integración de los objetivos específicos evidencia una contracción general de las coberturas naturales, acompañada por respuestas ecológicas distintas según el ecosistema y el indicador examinado. La pérdida acumulada de 981.000 ha de superficies boscosas coincide con escenarios que estiman disminuciones de entre 20 % y 25 % en la mayoría de los servicios ecosistémicos bajo deforestación, aunque se observa un incremento del 5 % en la provisión alimentaria. Asimismo, la recuperación de la estructura forestal no equivale necesariamente a la restitución completa de la composición biológica, mientras las plantaciones con mayor biomasa aérea no conservan de forma uniforme el carbono almacenado en el suelo. Estos hallazgos evidencian que cobertura, biodiversidad y funcionalidad deben evaluarse de forma conjunta, sin reducir el estado ecosistémico a un único indicador.

El aporte principal del estudio consiste en articular información climática, territorial, biológica y socioeconómica dentro de un marco comparativo aplicable a la definición de prioridades de conservación. Esta integración permite reconocer que los páramos, las turberas, los remanentes forestales y los corredores ecológicos concentran simultáneamente alta provisión de servicios ambientales y elevada sensibilidad frente a presiones acumuladas. La existencia de 74 áreas protegidas constituye una base institucional relevante, pero los resultados sugieren que su efectividad depende de la conectividad con paisajes intervenidos y de la incorporación de criterios de adaptación climática. En términos profesionales e institucionales, esta evidencia respalda una asignación más estratégica de recursos, especialmente ante necesidades de inversión climática equivalentes al 3,5 % del PIB anual entre 2025 y 2050.

A partir de estos resultados, se recomienda fortalecer el monitoreo integrado de clima, cobertura, biodiversidad y servicios ambientales mediante series comparables y procedimientos estandarizados. Las investigaciones futuras deberían incorporar modelos de ocupación de especies, métricas de conectividad, evaluaciones económicas de servicios ecosistémicos y diseños espaciales que permitan distinguir con mayor precisión las presiones climáticas de las transformaciones directas del hábitat. También resulta pertinente evaluar la efectividad de la restauración, las áreas protegidas y los corredores bajo escenarios de calentamiento contrastantes, sin extrapolar automáticamente resultados locales al ámbito nacional. La contribución central de la investigación radica, por tanto, en reducir la fragmentación analítica del problema y ofrecer una base integrada para orientar conservación, adaptación y gestión territorial en los ecosistemas ecuatorianos más vulnerables.

Referencias Bibliográficas

- Abatzoglou, J. T., Dobrowski, S. Z., Parks, S. A., & Hegewisch, K. C. (2018). TerraClimate, a high-resolution global dataset of monthly climate and climatic water balance from 1958–2015. *Scientific Data*, 5, 170191. <https://doi.org/10.1038/sdata.2017.191>
- Banco Mundial. (2024). *Country climate and development report: Ecuador*. World Bank Group. <https://documents.worldbank.org/en/publication/documents-reports/documentdetail/099090524100027132>

- 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>
- Braun, V., & Clarke, V. (2021). *Thematic analysis: A practical guide*. SAGE Publications. <https://www.sagepub.com/en-us/nam/thematic-analysis/book248481>
- 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>
- 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* (6.ª ed.). SAGE Publications. <https://uk.sagepub.com/en-gb/eur/research-design-international-student-edition/book280802>
- 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>
- GBIF.org. (2026). *Ecuador: Biodiversity data*. Recuperado el 22 de julio de 2026, de <https://www.gbif.org/country/EC/about>
- 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., Mieles-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/11>
- 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>

- Guetterman, T. C., Fàbregues, S., & Sakakibara, R. (2021). Visuals in joint displays to represent integration in mixed methods research: A methodological review. *Methods in Psychology*, 5, 100080. <https://doi.org/10.1016/j.metip.2021.100080>
- 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>
- Intergovernmental Panel on Climate Change. (2022). *Climate change 2022: Impacts, adaptation and vulnerability*. Cambridge University Press. <https://doi.org/10.1017/9781009325844>
- Intergovernmental Science-Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services. (2024). *Summary for policymakers of the thematic assessment report on the interlinkages among biodiversity, water, food and health*. IPBES Secretariat. <https://www.ipbes.net/nexus>
- 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>
- Kleemann, J., Koo, H., Hensen, I., Mendieta-Leiva, G., Kahnt, B., Kurze, C., Inclan, D. J., Cuenca, P., Noh, J. K., Hoffmann, M. H., & Fürst, C. (2022). Priorities of action and research for the protection of biodiversity and ecosystem services in continental Ecuador. *Biological Conservation*, 265, 109404. <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2021.109404>
- Koo, H., Kleemann, J., Cuenca, P., Noh, J. K., & Fürst, C. (2024). Implications of landscape changes for ecosystem services and biodiversity: A national assessment in Ecuador. *Ecosystem Services*, 69, 101652. <https://doi.org/10.1016/j.ecoser.2024.101652>
- MapBiomás Ecuador. (2024). *Colección 2: Mapas anuales de cobertura y uso del suelo del Ecuador, 1985-2023*. Fundación EcoCiencia. https://ecuador.mapbiomas.org/wp-content/uploads/sites/7/2024/11/FACTSHEET_COL2_v5.pdf
- MapBiomás Ecuador. (2026). *Mapas y datos anuales de cobertura y uso del suelo de Ecuador*. Recuperado el 22 de julio de 2026, de <https://ecuador.mapbiomas.org/>
- Mestanza-Ramón, C., Monar-Nuñez, J., Guala-Alulema, P., Montenegro-Zambrano, Y., Herrera-Chávez, R., Milanes, C. B., Arguello-Guadalupe, C., Buñay-Guisñan, P., & Toledo-Villacís, M. (2023). A review to update the protected areas in Ecuador and an analysis of their main impacts and conservation strategies. *Environments*, 10(5), 79. <https://doi.org/10.3390/environments10050079>
- 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>

- Müller, J., Mitesser, O., Schaefer, H. M., Seibold, S., Busse, A., Kriegel, P., Rabl, D., Gelis, R., Arteaga, A., Freile, J., Leite, G. A., Nascimento de Melo, T., LeBien, J., Campos-Cerqueira, M., Blüthgen, N., Tremlett, C. J., Böttger, D., Feldhaar, H., Grella, N., ... Buřivalová, Z. (2023). Soundscapes and deep learning enable tracking biodiversity recovery in tropical forests. *Nature Communications*, 14, 6191. <https://doi.org/10.1038/s41467-023-41693-w>
- 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., ... Moher, D. (2021). The PRISMA 2020 statement: An updated guideline for reporting systematic reviews. *BMJ*, 372, n71. <https://doi.org/10.1136/bmj.n71>
- Quiroz Dahik, C., Crespo, P., Stimm, B., Mosandl, R., Cueva, J., Hildebrandt, P., & Weber, M. (2021). Impacts of pine plantations on carbon stocks of páramo sites in southern Ecuador. *Carbon Balance and Management*, 16, 5. <https://doi.org/10.1186/s13021-021-00168-5>.
- 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>
- Suarez, E., Chimbolema, S., Jaramillo, R., Zurita-Arthos, L., Arellano, P., Chimner, R. A., Stanovick, J. S., & Lilleskov, E. A. (2022). Challenges and opportunities for restoration of high-elevation Andean peatlands in Ecuador. *Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change*, 27, 30. <https://doi.org/10.1007/s11027-022-10006-9>
- United Nations Environment Programme. (2023). *State of finance for nature 2023*. <https://www.unep.org/resources/state-finance-nature-2023>
- Van der Borcht, R., Alatorre, J. E., Galindo, L. M., & Samaniego, J. (2023). *Los efectos del cambio climático en la actividad económica de América Latina y el Caribe: Una perspectiva empírica*. Comisión Económica para América Latina y el Caribe. <https://hdl.handle.net/11362/67979>.
- 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>

CONFLICTO DE INTERESES

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