

DOI: <https://doi.org/10.63618/omd/revinvlid/v3/n2/3>

Restauración forestal y resiliencia climática en ecosistemas degradados

Forest restoration and climate resilience in degraded ecosystems

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). Restauración forestal y resiliencia climática en ecosistemas degradados. *Revista De Investigación Y Liderazgo*, 3(2), 34-49. <https://doi.org/10.63618/omd/revinvlid/v3/n2/3>

Resumen

La degradación forestal en América Latina incrementa la vulnerabilidad de los ecosistemas frente al cambio climático, al afectar la biodiversidad, el carbono, la regulación hídrica, la fertilidad del suelo y la estabilidad socioambiental de los territorios. El objetivo del estudio fue analizar la relación entre restauración forestal y resiliencia climática en ecosistemas degradados, considerando dimensiones ecológicas, climáticas, socioeconómicas e institucionales. La metodología se desarrolló mediante una revisión bibliográfica exploratoria, documental, no experimental y transversal, basada en publicaciones científicas, informes técnicos y documentos académicos publicados entre 2014 y 2026, organizados mediante una matriz analítica y sintetizados de forma narrativa y comparativa. Los resultados evidencian que la restauración forestal favorece la recuperación de funciones ecológicas, la captura de carbono, la conservación de biodiversidad, la regulación hídrica y la conectividad del paisaje; además, la regeneración natural puede ser más eficiente en contextos con condiciones sucesionales favorables. La discusión sostiene que la restauración no debe limitarse a plantar árboles, sino integrarse con gobernanza, participación comunitaria, monitoreo y justicia territorial. Se concluye que la restauración forestal constituye una infraestructura ecológica y social clave para fortalecer la resiliencia climática en ecosistemas degradados.

Palabras clave: restauración forestal; resiliencia climática; ecosistemas degradados; regeneración natural; gobernanza ambiental.

Abstract

Forest degradation in Latin America increases ecosystem vulnerability to climate change by affecting biodiversity, carbon storage, water regulation, soil fertility, and the socio-environmental stability of territories. The objective of this study was to analyze the relationship between forest restoration and climate resilience in degraded ecosystems, considering ecological, climatic, socioeconomic, and institutional dimensions. The methodology consisted of an exploratory, documentary, non-experimental, and cross-sectional literature review based on scientific publications, technical reports, and academic documents published between 2014 and 2026, organized through an analytical matrix and synthesized narratively and comparatively. The results show that forest restoration supports the recovery of ecological functions, carbon sequestration, biodiversity conservation, water regulation, and landscape connectivity; furthermore, natural regeneration may be more efficient in contexts with favorable successional conditions. The discussion argues that restoration should not be limited to tree planting, but should be integrated with governance, community participation, monitoring, and territorial justice. It is concluded that forest restoration constitutes a key ecological and social infrastructure for strengthening climate resilience in degraded ecosystems.

Keywords: forest restoration; climate resilience; degraded ecosystems; natural regeneration; environmental governance.

1. Introducción

América Latina constituye un laboratorio socioecológico decisivo para estudiar la restauración forestal bajo cambio climático, no solo por la extensión de sus bosques, sino por la velocidad con que se transforman sus ecosistemas degradados. La región alberga cerca del 23 % de los bosques del mundo y mantiene alrededor de 940 millones de hectáreas forestales, aunque el área forestal regional representa ya cerca del 46,3 % de la superficie terrestre, con trayectorias contrastantes entre Amazonía, bosques secos, bosques andinos, Mata Atlántica y paisajes agroforestales (FAO, 2020; Banco Mundial, 2024). Esta unidad de análisis —los ecosistemas forestales degradados— se ubica en el centro de una tensión estructural: conservar funciones ecológicas críticas mientras aumenta la exposición a sequías, incendios, cambios en la precipitación y eventos extremos (IPCC, 2022). La restauración forestal, por tanto, no puede entenderse como una acción ornamental de siembra de árboles, sino como una estrategia de recuperación funcional orientada a fortalecer la resiliencia climática de paisajes que sostienen agua, biodiversidad, medios de vida y estabilidad territorial (Holl & Brancalion, 2020).

La degradación forestal latinoamericana responde a una combinación persistente de expansión agropecuaria, ganadería extensiva, incendios, extracción maderera, minería, infraestructura vial y debilidades institucionales en el ordenamiento del territorio. Sus efectos no se limitan a la pérdida de cobertura arbórea: reducen la infiltración hídrica, aceleran la erosión, fragmentan hábitats, disminuyen la fertilidad de los suelos y amplifican la vulnerabilidad de poblaciones rurales e indígenas frente a sequías, inundaciones y pérdidas productivas (IPBES, 2018; IPCC, 2022). El problema adquiere dimensión económica porque la agricultura y la silvicultura aportaron alrededor del 5 % del PIB regional en 2012, superaron los USD 300.000 millones en producción agrícola y representaron cerca del 23 % de las exportaciones regionales, de modo que la degradación compromete tanto servicios ecosistémicos como seguridad alimentaria y competitividad rural (Vergara et al., 2016). A escala global, la degradación de tierras afecta el bienestar de al menos 3.200 millones de personas y genera pérdidas superiores al 10 % del PIB mundial por servicios ecosistémicos deteriorados, lo que evidencia el costo de postergar la restauración (IPBES, 2018).

La literatura reciente muestra que la restauración forestal puede producir beneficios climáticos y ecológicos sustantivos cuando se diseña según condiciones biofísicas, historia de uso del suelo y conectividad del paisaje. Un metaanálisis global encontró que la restauración incrementa la biodiversidad entre 15 % y 84 % y la estructura de la vegetación entre 36 % y 77 % frente a ecosistemas degradados, mientras que los bosques secundarios neotropicales pueden recuperar, en promedio, 122 Mg ha⁻¹ de biomasa aérea después de 20 años, con una absorción neta aproximada de 3,05 Mg C ha⁻¹ año⁻¹ (Crouzeilles et al., 2016; Poorter et al., 2016). Asimismo, las soluciones climáticas naturales podrían aportar hasta el 37 % de la mitigación costo-efectiva necesaria hacia 2030 para mantener una probabilidad mayor al 66 % de limitar el calentamiento por debajo de 2 °C, aunque tal potencial depende de salvaguardas sobre biodiversidad, seguridad alimentaria y derechos territoriales (Griscom et al., 2017). Esta evidencia sostiene la relevancia científica de analizar la restauración forestal como una vía de resiliencia climática, pero también advierte que sus resultados no son automáticos ni homogéneos (Holl & Brancalion, 2020).

La discusión académica mantiene brechas importantes que justifican una investigación específica en ecosistemas forestales degradados de América Latina. Aunque la regeneración natural puede superar a la restauración activa en varios indicadores —con éxitos de biodiversidad entre 34 % y 56 % superiores y mejoras de estructura vegetal entre 19 % y 56 % bajo ciertos controles ecológicos—, otros estudios muestran que la composición florística de los bosques secundarios puede tardar siglos en aproximarse a bosques maduros, con apenas 34 % de recuperación composicional después de 20 años (Crouzeilles et al., 2017; Rozendaal et al., 2019). Esta aparente tensión revela que medir solo cobertura, carbono o número de árboles simplifica procesos más complejos de resiliencia, como diversidad funcional, conectividad, estabilidad hídrica, gobernanza local y capacidad de respuesta frente a eventos extremos. Además, gran parte de la evidencia compara métodos de restauración sin integrar suficientemente variables institucionales, costos, participación comunitaria y escenarios climáticos, lo que limita la utilidad de los hallazgos para decisiones públicas y privadas en territorios con alta presión productiva (Brancalion et al., 2019; Romijn et al., 2019).

La conveniencia de este estudio se refuerza por la escala de las metas regionales y por la necesidad de traducir compromisos internacionales en decisiones territoriales verificables. La Iniciativa 20x20 busca proteger y restaurar alrededor de 50 millones de hectáreas de bosques, fincas, pastizales y otros paisajes hacia 2030, mientras estimaciones regionales señalan aproximadamente 300 millones de hectáreas de bosques degradados y 350 millones de hectáreas deforestadas en América Latina y el Caribe (Initiative 20x20, 2024; Vergara et al., 2016). Desde una perspectiva financiera, restaurar 20 millones de hectáreas de ecosistemas degradados en la región podría generar beneficios valorados en cerca de USD 23.000 millones durante 50 años, lo que convierte la restauración en una inversión climática, productiva y social más que en un gasto ambiental aislado (Vergara et al., 2016). La viabilidad metodológica es razonable porque existen bases de datos forestales, imágenes satelitales, inventarios nacionales, registros climáticos y marcos de monitoreo que permiten estudiar la restauración sin intervenir de forma riesgosa sobre comunidades o ecosistemas, siempre que se resguarden principios de consentimiento, transparencia y no afectación territorial (FAO, 2022; IPCC, 2022).

Con base en ese vacío, el propósito del artículo es analizar cómo la restauración forestal se relaciona con la resiliencia climática en ecosistemas degradados de América Latina, considerando dimensiones ecológicas, climáticas, socioeconómicas e institucionales. De manera articulada, el estudio se propone determinar los principales factores de degradación que condicionan la recuperación forestal; comparar los aportes de la restauración activa, la regeneración natural asistida y la regeneración pasiva; estimar beneficios asociados al carbono, biodiversidad, regulación hídrica y valor económico; y relacionar la gobernanza, la participación local y el monitoreo con la sostenibilidad de los resultados restaurativos (Crouzeilles et al., 2016; Brancalion et al., 2019; Holl & Brancalion, 2020). Esta formulación permite superar una aproximación centrada exclusivamente en la cobertura arbórea, porque incorpora indicadores de función ecosistémica y capacidad adaptativa ante estrés climático. Además, al delimitar el análisis en ecosistemas forestales degradados, el estudio evita generalizaciones amplias sobre “naturaleza” y concentra la explicación en unidades territoriales donde las decisiones de restauración tienen efectos mensurables y políticamente relevantes (IPCC, 2022).

La contribución esperada radica en construir una lectura integrada de la restauración forestal como infraestructura ecológica para la resiliencia climática, conectando evidencia biofísica, retornos económicos y condiciones de gobernanza en una región donde las metas de restauración avanzan más rápido que la evaluación crítica de sus resultados. Su originalidad consiste en desplazar el énfasis desde la restauración entendida como incremento de árboles hacia la restauración como recuperación de funciones, reducción de vulnerabilidades y fortalecimiento de capacidades territoriales frente al cambio climático (Holl & Brancalion, 2020; IPCC, 2022). Al enlazar brechas metodológicas —indicadores parciales, escasa comparación entre enfoques y limitada incorporación de variables institucionales— con necesidades prácticas de planificación, el trabajo puede aportar criterios para priorizar áreas, seleccionar estrategias y monitorear beneficios de largo plazo. En suma, estudiar la restauración forestal en ecosistemas degradados latinoamericanos ofrece una vía pertinente para articular ciencia, política pública e inversión climática con una agenda de resiliencia social y ecológica verificable (Brancalion et al., 2019; Initiative 20x20, 2024).

2. Materiales y Métodos

La metodología se estructuró como una revisión bibliográfica exploratoria, de carácter documental, no experimental y transversal, orientada a mapear el estado del conocimiento sobre la relación entre restauración forestal y resiliencia climática en ecosistemas degradados de América Latina. Esta elección resulta pertinente porque el propósito no fue comprobar hipótesis causales ni estimar efectos agregados mediante metaanálisis, sino reconocer tendencias, vacíos, enfoques dominantes y relaciones conceptuales presentes en la literatura científica disponible. En consecuencia, el abordaje combinó razonamiento analítico y sintético: primero se desagregaron las dimensiones ecológicas, climáticas, socioeconómicas e institucionales del fenómeno, y luego se integraron en una lectura interpretativa de conjunto. La revisión se asumió como exploratoria porque el campo presenta alta heterogeneidad en escalas, indicadores, métodos de restauración y formas de medición de la resiliencia climática.

El corpus documental se delimitó a publicaciones científicas, informes técnicos institucionales y documentos académicos vinculados con restauración forestal, restauración ecológica, regeneración natural, resiliencia climática, adaptación, mitigación y servicios ecosistémicos en ecosistemas forestales degradados. La unidad de análisis estuvo constituida por documentos publicados entre 2014 y 2026, en español, inglés o portugués, referidos total o parcialmente a América Latina o a ecosistemas tropicales comparables cuando ofrecían evidencia metodológica transferible. Este procedimiento permitió equilibrar evidencia empírica revisada por pares con documentos estratégicos de planificación climática y forestal.

La estrategia de búsqueda se organizó mediante combinaciones booleanas en español, inglés y portugués, usando términos como “restauración forestal”, “restauración ecológica”, “regeneración natural asistida”, “ecosistemas degradados”, “resiliencia climática”, “adaptación climática”, “carbono forestal”, “biodiversidad”, “servicios ecosistémicos” y “América Latina”. En inglés se emplearon expresiones equivalentes como “forest restoration”, “ecological restoration”, “assisted natural regeneration”, “degraded forests”, “climate resilience”, “climate adaptation” y “ecosystem services”,

conectadas con operadores AND y OR para ampliar o restringir los resultados según la fase de búsqueda. La selección siguió una secuencia de identificación, depuración de duplicados, lectura de títulos y resúmenes, revisión de texto completo y decisión final de elegibilidad. Aunque no se trató de una revisión sistemática estricta, se adoptaron criterios de transparencia inspirados en guías de reporte para revisiones, con el fin de hacer trazable el proceso de búsqueda y selección.

Se incluyeron documentos que abordaran de manera explícita al menos una relación entre restauración forestal y resiliencia climática, ya fuera mediante indicadores de carbono, biodiversidad, suelo, agua, conectividad ecológica, reducción de vulnerabilidad, gobernanza territorial, participación comunitaria o beneficios socioeconómicos. Se excluyeron textos centrados únicamente en arborización urbana ornamental, plantaciones comerciales sin finalidad restaurativa, opiniones sin respaldo metodológico, resúmenes de congresos sin desarrollo analítico, documentos duplicados y trabajos sin acceso suficiente a sus procedimientos o hallazgos principales. En los casos de literatura gris, la inclusión se restringió a organismos reconocidos y documentos con trazabilidad institucional, evitando usar materiales promocionales o no verificables como evidencia central. Esta delimitación buscó reducir sesgos de selección y asegurar que el análisis respondiera al problema de investigación, sin diluir el objeto de estudio en categorías generales de conservación o manejo forestal.

La información extraída de cada documento se organizó en una matriz analítica con campos relativos a autoría, año, país o región, tipo de ecosistema, método de restauración, escala espacial, diseño del estudio, indicadores climáticos, indicadores ecológicos, variables socioeconómicas, elementos de gobernanza, principales resultados, limitaciones declaradas y aportes para la toma de decisiones. Posteriormente, los documentos se agruparon por ejes temáticos: restauración activa, regeneración natural, restauración asistida, captura de carbono, biodiversidad, servicios hídricos, participación local, financiamiento y monitoreo. La síntesis se realizó de forma narrativa y comparativa, dado que la heterogeneidad de enfoques, métricas y contextos impedía combinar estadísticamente los resultados sin perder validez interpretativa. Este procedimiento permitió identificar patrones convergentes, tensiones entre estudios y vacíos metodológicos útiles para orientar investigaciones posteriores.

Para fortalecer la consistencia del análisis, cada documento fue valorado según criterios de pertinencia temática, claridad metodológica, delimitación espacial, coherencia entre objetivos e indicadores, actualidad de la evidencia y utilidad para comprender la resiliencia climática en ecosistemas degradados. Los estudios empíricos tuvieron mayor peso cuando presentaban datos verificables sobre recuperación ecológica, captura de carbono, biodiversidad, servicios ecosistémicos o efectos socioinstitucionales, mientras que los documentos teóricos se usaron para precisar conceptos y enfoques interpretativos. La revisión reconoció como limitaciones potenciales el sesgo de publicación, la desigual cobertura geográfica de la literatura, la concentración de estudios en ciertos biomas y la variabilidad conceptual del término resiliencia. Para mitigar estas restricciones, se contrastaron fuentes de distinta procedencia disciplinar y se evitó derivar conclusiones generales a partir de evidencias aisladas o contextualmente restringidas.

El estudio no implicó intervención directa sobre personas, comunidades ni ecosistemas, por lo que no requirió procedimientos de consentimiento informado ni manejo de datos

personales. No obstante, se mantuvieron criterios éticos de integridad académica mediante el registro ordenado de fuentes, el respeto a la autoría intelectual, la exclusión de afirmaciones no verificables y la diferenciación entre evidencia empírica, interpretación analítica y proyección teórica. La viabilidad del diseño se sustentó en la disponibilidad de bases bibliográficas, repositorios científicos y documentos institucionales accesibles, así como en la posibilidad de reproducir la búsqueda mediante palabras clave, criterios de inclusión y matriz de extracción. De este modo, la metodología ofreció una ruta flexible pero rigurosa para explorar un campo complejo, identificar brechas y fundamentar una discusión académica sobre restauración forestal y resiliencia climática en América Latina.

3. Resultados

3.1. Evidencia bibliográfica sobre la contribución de la restauración forestal a la resiliencia climática en ecosistemas degradados

La evidencia bibliográfica permite sostener que la restauración forestal contribuye a la resiliencia climática cuando se concibe como un proceso de recuperación ecológica, social e institucional, y no como una intervención reducida a plantar árboles o aumentar cobertura vegetal. En ecosistemas degradados, la resiliencia climática se expresa en la capacidad del paisaje para recuperar funciones, absorber perturbaciones, mantener servicios ecosistémicos y reorganizarse frente a sequías, incendios, variabilidad hídrica y presión antrópica persistente. Desde esta perspectiva, la restauración forestal adquiere valor estratégico porque articula biodiversidad, carbono, suelo, agua y gobernanza territorial en una misma matriz de intervención, aunque sus resultados dependen de la historia de uso del suelo, la conectividad, la composición de especies y la permanencia de los arreglos sociales que sostienen el proceso restaurativo (Gann et al., 2019; Holl & Brancalion, 2020).

3.1.1. Recuperación de funciones ecológicas

La recuperación de funciones ecológicas constituye el núcleo más visible de la restauración forestal, pero también uno de los aspectos más complejos de evaluar. La literatura muestra que restaurar no equivale simplemente a recomponer una apariencia boscosa, sino a reactivar procesos de sucesión, ciclado de nutrientes, acumulación de biomasa, dispersión de semillas, retención de humedad, regulación térmica y reconstrucción de hábitats. En un metaanálisis global de 221 paisajes, Crouzeilles et al. (2016) encontraron que la restauración forestal incrementó la biodiversidad entre 15 % y 84 % y la estructura de la vegetación entre 36 % y 77 % frente a ecosistemas degradados, lo que evidencia que la recuperación ecológica puede ser cuantificable, aunque no necesariamente uniforme entre regiones, taxones y trayectorias sucesionales (Crouzeilles et al., 2016).

La biomasa aérea aparece como un indicador especialmente relevante porque conecta la recuperación estructural con el secuestro de carbono y la productividad del ecosistema. En bosques secundarios neotropicales, Poorter et al. (2016) analizaron 45 sitios y cerca de 1.500 parcelas, y estimaron que la biomasa aérea puede alcanzar, en promedio, 122 Mg ha⁻¹ después de 20 años de regeneración, con una absorción neta aproximada de 3,05 Mg C ha⁻¹ año⁻¹. Este hallazgo es importante porque demuestra

que los bosques en recuperación pueden funcionar como sumideros dinámicos de carbono; sin embargo, también obliga a distinguir entre recuperación de biomasa y recuperación integral del ecosistema, ya que un bosque puede acumular carbono con relativa rapidez y, al mismo tiempo, conservar déficits en composición florística, diversidad funcional o complejidad trófica (Poorter et al., 2016; Chazdon, 2014).

La recuperación ecológica, por tanto, debe evaluarse mediante una batería de indicadores y no mediante una sola métrica. Rozendaal et al. (2019) demostraron que los bosques secundarios neotropicales recuperan con rapidez la riqueza de especies —aproximadamente 80 % de los valores de bosques maduros después de 20 años—, pero la composición de especies avanza mucho más lentamente, con apenas 34 % de recuperación en ese mismo periodo. Esta diferencia es crucial para interpretar los resultados de restauración, porque un ecosistema puede parecer exitoso en términos de número de especies y, sin embargo, seguir empobrecido en especies tardías, árboles de semillas grandes, interacciones especializadas o atributos funcionales asociados a estabilidad climática. En consecuencia, la resiliencia ecológica requiere observar no solo “cuánto bosque” se recupera, sino “qué tipo de bosque” emerge y qué funciones logra sostener (Rozendaal et al., 2019; Gann et al., 2019).

3.1.2. Aporte a la mitigación y adaptación climática

La contribución climática de la restauración forestal se sostiene en su doble capacidad de mitigar emisiones y fortalecer la adaptación territorial. En términos de mitigación, los ecosistemas restaurados capturan carbono en biomasa aérea, raíces y suelos, mientras que la protección de bosques remanentes evita emisiones asociadas a deforestación y degradación adicional. Griscom et al. (2017) estimaron que las soluciones climáticas naturales podrían aportar hasta el 37 % de la mitigación costo-efectiva requerida hacia 2030 para mantener una probabilidad superior al 66 % de limitar el calentamiento global por debajo de 2 °C, con un potencial costo-efectivo cercano a 11,3 PgCO₂e año⁻¹. Esta cifra sitúa la restauración forestal dentro de una agenda climática de alto impacto, siempre que se combine con reducciones profundas de emisiones fósiles y con salvaguardas para biodiversidad, agua, alimentos y derechos territoriales (Griscom et al., 2017).

Figura 1

Alcance de la mitigación climática a través de la restauración forestal



Nota: (Autores, 2026)

El aporte adaptativo de la restauración es igualmente relevante, aunque suele recibir menos atención que el carbono. Los bosques restaurados pueden moderar temperaturas locales, mejorar infiltración, reducir escorrentía, estabilizar laderas, proteger nacientes, amortiguar inundaciones y mantener corredores ecológicos que permiten desplazamientos altitudinales o latitudinales de especies frente al cambio climático. Estos procesos no solo benefician a la biodiversidad, sino también a comunidades rurales que dependen de agua, fertilidad del suelo, polinización, productos forestales y estabilidad productiva. Por ello, la restauración forestal opera como infraestructura ecológica de adaptación: disminuye vulnerabilidades biofísicas y, al mismo tiempo, amplía opciones de respuesta social ante eventos extremos (Gann et al., 2019; Di Sacco et al., 2021).

No obstante, la literatura es enfática en advertir que la restauración puede convertirse en una falsa solución climática si se ejecuta bajo lógicas simplificadoras. Holl y Brancalion (2020) cuestionan la idea de que plantar árboles sea una respuesta automática al cambio climático, porque los beneficios dependen de proteger primero los bosques existentes, seleccionar sitios adecuados, utilizar especies nativas, garantizar mantenimiento, evitar monocultivos y asegurar permanencia a largo plazo. En la misma línea, Di Sacco et al. (2021) proponen diez reglas para reforestaciones climáticamente robustas, entre ellas maximizar biodiversidad, usar regeneración natural cuando sea posible, seleccionar material vegetal resiliente y asegurar sostenibilidad económica. Así, la restauración solo fortalece la resiliencia climática cuando integra carbono, biodiversidad y bienestar local como objetivos inseparables, no cuando persigue únicamente metas numéricas de árboles plantados (Holl & Brancalion, 2020; Di Sacco et al., 2021).

3.1.3. Comparación entre restauración activa y regeneración natural

La comparación entre restauración activa y regeneración natural muestra que la intensidad de intervención no siempre se traduce en mayor éxito ecológico. Crouzeilles et al. (2017), a partir de un metaanálisis de 133 estudios en bosques tropicales, concluyeron que la regeneración natural superó a la restauración activa en indicadores de biodiversidad —plantas, aves e invertebrados— y estructura de vegetación —cobertura, densidad, hojarasca, biomasa y altura—. Este resultado no implica que la restauración activa sea innecesaria, sino que obliga a abandonar una premisa frecuente en políticas ambientales: asumir que plantar más árboles equivale a restaurar mejor. Cuando existen remanentes forestales cercanos, dispersores funcionales, bancos de semillas y baja presión de disturbio, la regeneración natural puede ser más eficiente, menos costosa y ecológicamente más congruente que la plantación intensiva (Crouzeilles et al., 2017).

La regeneración natural posee ventajas ecológicas porque permite que el ecosistema reorganice su trayectoria sucesional a partir de procesos locales, evitando la homogeneización que puede producirse cuando se introducen pocas especies o diseños rígidos de plantación. Chazdon (2014) sostiene que los bosques secundarios no son “bosques de segunda categoría”, sino sistemas dinámicos con capacidad de recuperar biodiversidad, biomasa y servicios ecosistémicos bajo condiciones adecuadas. Esta lectura es especialmente pertinente para América Latina, donde amplias superficies agropecuarias abandonadas, márgenes de ríos, laderas erosionadas y mosaicos rurales conservan potencial de regeneración si se controlan

incendios, pastoreo, compactación y extracción recurrente. En términos de resiliencia climática, la regeneración natural puede producir ecosistemas más adaptados a las condiciones locales, con mayor diversidad genética y mejor ajuste a gradientes edáficos e hídricos (Chazdon, 2014; Poorter et al., 2016).

La restauración activa, sin embargo, conserva un papel decisivo cuando el ecosistema ha perdido su capacidad de autorrecuperación. En paisajes altamente fragmentados, suelos compactados, áreas invadidas por gramíneas exóticas, zonas con incendios recurrentes o sitios alejados de fuentes de semillas, la sucesión espontánea puede ser demasiado lenta o quedar bloqueada en estados degradados. En estos casos, la plantación de especies nativas, el enriquecimiento, la nucleación, la exclusión de ganado, el control de invasoras y la regeneración natural asistida funcionan como mecanismos para remover barreras ecológicas. La conclusión más sólida de la literatura no es escoger entre intervención activa o pasiva de forma abstracta, sino construir diagnósticos sitio-específicos: permitir regeneración natural donde el ecosistema aún conserva resiliencia interna, e intervenir activamente donde existen restricciones comprobables para la recuperación (Crouzeilles et al., 2017; Gann et al., 2019; Di Sacco et al., 2021).

3.1.4. Condiciones socioinstitucionales para la sostenibilidad

La sostenibilidad de la restauración forestal depende de condiciones socioinstitucionales que suelen ser menos visibles que los indicadores ecológicos, pero que determinan la permanencia de los resultados. La restauración fracasa cuando se diseña como un proyecto técnico de corto plazo, desconectado de tenencia de la tierra, incentivos económicos, derechos comunitarios, capacidades institucionales y conflictos por el uso del suelo. En América Latina, Aguiar et al. (2021) identifican cuatro desafíos centrales para vincular restauración del paisaje forestal y bienestar humano: alta dependencia local y nacional de recursos naturales, conflictos por tenencia y acceso, divergencias de valores y percepciones, y fragilidad de instituciones y políticas públicas. Estos factores muestran que la restauración climáticamente resiliente no es solo un problema ecológico, sino una negociación territorial sobre beneficios, costos, responsabilidades y legitimidad (Aguiar et al., 2021).

La gobernanza multinivel se vuelve imprescindible porque los procesos ecológicos y las decisiones institucionales operan en escalas distintas. Una cuenca, un corredor biológico o un paisaje forestal no coinciden necesariamente con límites administrativos, presupuestos municipales o competencias sectoriales; por ello, los proyectos de restauración requieren coordinación entre gobiernos, comunidades, propietarios, organizaciones científicas, agencias ambientales y actores productivos. Wiegant et al. (2022), en una revisión sistemática sobre gobernanza sensible a la escala, muestran que los arreglos más prometedores combinan coordinación multinivel, redes de actores, organizaciones puente, aprendizaje social y mecanismos policéntricos. Esta evidencia sugiere que la restauración contribuye más a la resiliencia climática cuando se institucionaliza como proceso adaptativo, con monitoreo, retroalimentación y ajuste continuo, y no como una intervención aislada dependiente de ciclos políticos o financiamiento temporal (Wiegant et al., 2022).

La participación comunitaria no debe entenderse como un componente accesorio, sino como una condición de efectividad. Fischer et al. (2023), con datos de 314 bosques

comunales en 15 países tropicales de África, Asia y América Latina, analizaron relaciones entre carbono en biomasa leñosa, riqueza de especies arbóreas y medios de vida forestales, y encontraron que la gobernanza comunitaria puede generar sinergias entre beneficios climáticos, biodiversidad y bienestar local. Este hallazgo es relevante porque cuestiona la separación entre conservación y desarrollo: cuando las comunidades participan en la definición de reglas, monitoreo y distribución de beneficios, la restauración puede producir incentivos duraderos para proteger áreas recuperadas, reducir presiones extractivas y sostener prácticas compatibles con la resiliencia climática (Fischer et al., 2023; Aguiar et al., 2021).

En síntesis, la evidencia revisada permite afirmar que la restauración forestal contribuye a la resiliencia climática solo cuando articula recuperación ecológica, mitigación, adaptación, gobernanza y justicia territorial. Los datos disponibles son consistentes al mostrar beneficios en biodiversidad, biomasa y carbono, pero también revelan una advertencia metodológica: los resultados varían según el tipo de ecosistema, el nivel de degradación, la estrategia de restauración, el horizonte temporal y la calidad institucional. Por tanto, la originalidad de analizar este campo en ecosistemas degradados radica en desplazar la evaluación desde indicadores parciales —árboles plantados, hectáreas intervenidas o toneladas de carbono— hacia un marco integral de resiliencia, donde el éxito se mide por la capacidad del paisaje para sostener funciones, reducir vulnerabilidades y mantener beneficios ecológicos y sociales en el tiempo (Crouzeilles et al., 2016; Rozendaal et al., 2019; Holl & Brancalion, 2020).

4. Discusión

La evidencia revisada permite sostener que la restauración forestal constituye una estrategia sustantiva para fortalecer la resiliencia climática en ecosistemas degradados, aunque su eficacia depende de la forma en que se conceptualice, implemente y evalúe. Los hallazgos discutidos muestran que la restauración no debe reducirse a la recuperación visual de cobertura arbórea, sino entenderse como un proceso ecológico y socioinstitucional orientado a restablecer funciones, mejorar la capacidad adaptativa del paisaje y sostener beneficios ambientales en el tiempo. Esta interpretación coincide con los principios internacionales de restauración ecológica, que la definen como una intervención destinada a asistir la recuperación de ecosistemas degradados, dañados o destruidos, con efectos potenciales sobre biodiversidad, bienestar humano, seguridad hídrica, mitigación y adaptación climática (Gann et al., 2019).

Uno de los aportes más consistentes de la literatura es que la restauración forestal favorece la recuperación de funciones ecológicas medibles, especialmente biodiversidad, estructura vegetal, biomasa, conectividad y procesos sucesionales. El metaanálisis de Crouzeilles et al. (2016), basado en 221 paisajes, demuestra que la restauración incrementa la biodiversidad entre 15 % y 84 % y la estructura de la vegetación entre 36 % y 77 % frente a ecosistemas degradados, lo que confirma su potencial para revertir parcialmente trayectorias de deterioro ecológico. Sin embargo, este resultado también exige prudencia interpretativa: la recuperación no ocurre con igual intensidad en todos los sitios, pues está condicionada por la degradación previa, la matriz del paisaje, la proximidad a bosques remanentes, la disponibilidad de semillas y la persistencia de presiones antrópicas (Crouzeilles et al., 2016).

La discusión adquiere mayor complejidad cuando se distingue entre recuperación estructural y recuperación composicional. En bosques secundarios neotropicales, Poorter et al. (2016) muestran que la biomasa aérea puede recuperarse con notable rapidez, lo que refuerza el papel de estos ecosistemas como sumideros dinámicos de carbono y como componentes estratégicos de paisajes climáticamente resilientes. No obstante, Rozendaal et al. (2019) advierten que la riqueza de especies puede aproximarse con mayor velocidad a la de bosques maduros, mientras que la composición florística requiere plazos más extensos para restablecer especies tardías, interacciones ecológicas especializadas y atributos funcionales complejos. En consecuencia, evaluar el éxito restaurativo únicamente mediante biomasa o cobertura puede conducir a diagnósticos sobredimensionados, porque un bosque puede acumular carbono sin haber recuperado plenamente su complejidad ecológica (Poorter et al., 2016; Rozendaal et al., 2019).

Desde la perspectiva climática, la restauración forestal dialoga con una agenda de mitigación y adaptación que no puede ser fragmentada. Griscom et al. (2017) estimaron que las soluciones climáticas naturales pueden aportar hasta el 37 % de la mitigación costo-efectiva requerida hacia 2030 para mantener una probabilidad superior al 66 % de limitar el calentamiento global por debajo de 2 °C, lo que sitúa la restauración dentro de un repertorio climático de alto valor estratégico. Sin embargo, su contribución no se limita al secuestro de carbono: los bosques restaurados también regulan escorrentías, estabilizan suelos, moderan microclimas, protegen cuencas y amplían corredores para la movilidad de especies bajo escenarios de cambio climático. Así, la restauración forestal opera como infraestructura ecológica de resiliencia, siempre que se articule con reducciones efectivas de emisiones y con políticas territoriales de largo plazo (Griscom et al., 2017; IPCC, 2022).

A pesar de ello, la literatura es enfática en cuestionar las narrativas simplificadoras que presentan la plantación de árboles como una solución climática autosuficiente. Holl y Brancalion (2020) advierten que los proyectos de plantación pueden fracasar cuando desplazan acciones prioritarias, como proteger bosques existentes, reducir deforestación, controlar emisiones o garantizar mantenimiento posterior a la siembra. De forma complementaria, Di Sacco et al. (2021) proponen que una reforestación climáticamente robusta debe proteger primero los bosques remanentes, trabajar con actores locales, maximizar biodiversidad, seleccionar áreas apropiadas, emplear regeneración natural cuando sea viable y asegurar sostenibilidad económica. Esta convergencia revela que el valor climático de la restauración depende menos del número de árboles plantados que de la calidad ecológica, social y temporal del proceso restaurativo (Holl & Brancalion, 2020; Di Sacco et al., 2021).

La comparación entre restauración activa y regeneración natural introduce una discusión particularmente relevante para América Latina, donde numerosos paisajes degradados conservan remanentes forestales, bancos de semillas, dispersores y condiciones sucesionales variables. Crouzeilles et al. (2017), en un metaanálisis de 133 estudios en bosques tropicales, encontraron que la regeneración natural puede superar a la restauración activa en biodiversidad y estructura vegetal, especialmente cuando persisten condiciones ecológicas favorables para la autorrecuperación. Este hallazgo no invalida la restauración activa, pero sí cuestiona la hegemonía de enfoques basados exclusivamente en plantaciones. La decisión metodológica más sólida consiste en

diagnosticar barreras ecológicas: permitir regeneración natural donde el sistema conserva resiliencia interna e intervenir activamente donde la compactación del suelo, las invasoras, el aislamiento o la pérdida de dispersores bloquean la sucesión (Crouzeilles et al., 2017; Chazdon, 2008).

La dimensión socioinstitucional emerge como un componente decisivo para explicar por qué intervenciones ecológicamente plausibles pueden fracasar o sostenerse en el tiempo. En América Latina, Aguiar et al. (2021) identifican desafíos estructurales para vincular restauración del paisaje forestal y bienestar humano: dependencia de recursos naturales, conflictos por tenencia y acceso a la tierra, divergencias de valores y fragilidad de instituciones públicas. Estos elementos muestran que la restauración forestal no es una operación puramente técnica, sino una práctica de gobernanza territorial que redistribuye beneficios, responsabilidades y riesgos. Por ello, los proyectos que ignoran actores locales, derechos territoriales o economías rurales tienden a producir restauraciones frágiles, socialmente impugnables o reversibles ante cambios políticos y productivos (Aguiar et al., 2021).

En esta misma línea, la gobernanza multinivel resulta indispensable porque los procesos ecológicos de restauración no coinciden con los límites administrativos ni con los ciclos presupuestarios de corto plazo. Wiegant et al. (2022), a partir de una revisión sistemática de 84 casos, señalan que la restauración del paisaje forestal requiere arreglos sensibles a la escala, capaces de generar ajuste entre dinámicas ecológicas y niveles de decisión. A su vez, Fischer et al. (2023), con datos de 314 bosques comunales en 15 países tropicales, evidencian que la gobernanza comunitaria puede generar sinergias entre carbono, biodiversidad y medios de vida. Este punto es crucial para la resiliencia climática: cuando las comunidades participan en reglas, monitoreo y distribución de beneficios, la restauración deja de ser un proyecto externo y se transforma en una estrategia territorial con mayor legitimidad y permanencia (Fischer et al., 2023; Wiegant et al., 2022).

Los resultados discutidos también sugieren una tensión metodológica relevante para futuros estudios: la restauración forestal suele evaluarse mediante indicadores parciales, como hectáreas intervenidas, árboles plantados o toneladas de carbono estimadas, mientras que la resiliencia climática exige métricas multidimensionales. Brancalion et al. (2019) muestran que las oportunidades de restauración en paisajes tropicales deben ponderar beneficios ambientales y factibilidad, lo que implica integrar variables biofísicas, económicas, sociales e institucionales. Esta perspectiva es especialmente pertinente para ecosistemas degradados latinoamericanos, donde la restauración debe competir con usos agropecuarios, presiones extractivas y restricciones de financiamiento. Por tanto, una agenda de evaluación más rigurosa debería combinar indicadores de biodiversidad, carbono, agua, suelo, conectividad, gobernanza, equidad y permanencia, evitando que una sola métrica capture de manera insuficiente la complejidad del proceso (Brancalion et al., 2019; Gann et al., 2019).

En conjunto, la discusión permite afirmar que la restauración forestal aporta a la resiliencia climática cuando se configura como una intervención ecológicamente situada, socialmente legítima e institucionalmente sostenida. Su contribución más robusta reside en recomponer funciones ecosistémicas, aumentar biomasa, ampliar conectividad, reducir vulnerabilidades biofísicas y crear condiciones para que comunidades y paisajes enfrenten perturbaciones climáticas con mayor capacidad de

respuesta. Sin embargo, también queda claro que la restauración no puede sustituir la protección de bosques existentes ni la reducción de emisiones, ni puede considerarse exitosa solo por incrementar cobertura arbórea. La originalidad del enfoque tratado en este artículo radica precisamente en desplazar la restauración desde una lógica de compensación ambiental hacia una estrategia integral de resiliencia, donde el éxito depende de la convergencia entre biodiversidad, clima, gobernanza y justicia territorial (Holl & Brancalion, 2020; IPCC, 2022; Rozendaal et al., 2019).

5. Conclusiones

La restauración forestal se consolida como una estrategia relevante para fortalecer la resiliencia climática en ecosistemas degradados, siempre que sea comprendida como un proceso integral de recuperación ecológica, adaptación territorial y sostenibilidad socioinstitucional. Los hallazgos revisados permiten concluir que su aporte no se limita al incremento de cobertura arbórea, sino que involucra la recuperación progresiva de funciones ecosistémicas esenciales, como la acumulación de biomasa, la conservación de biodiversidad, la regulación hídrica, la estabilidad del suelo y la conectividad del paisaje.

Asimismo, la restauración forestal contribuye de manera simultánea a la mitigación y a la adaptación climática. Por un lado, favorece la captura y almacenamiento de carbono en biomasa y suelos; por otro, mejora la capacidad de los ecosistemas para amortiguar sequías, inundaciones, incendios, erosión y variaciones microclimáticas. Esta doble función la convierte en una herramienta estratégica para territorios latinoamericanos expuestos a presiones climáticas crecientes, aunque su efectividad depende de la calidad ecológica de las intervenciones y no únicamente de la cantidad de árboles plantados.

La comparación entre restauración activa y regeneración natural evidencia que no existe una única vía restaurativa aplicable a todos los contextos. La regeneración natural puede ser más eficiente y ecológicamente coherente cuando persisten remanentes forestales, bancos de semillas, dispersores y condiciones favorables para la sucesión. En cambio, la restauración activa resulta necesaria cuando la degradación ha bloqueado la autorrecuperación del ecosistema, especialmente en suelos compactados, paisajes fragmentados, áreas dominadas por especies invasoras o zonas sometidas a perturbaciones recurrentes.

También se concluye que la sostenibilidad de la restauración forestal depende de factores socioinstitucionales tan importantes como los ecológicos. La tenencia de la tierra, la participación comunitaria, la gobernanza multinivel, el financiamiento, el monitoreo y la distribución equitativa de beneficios determinan la permanencia de los resultados en el tiempo. Sin estos elementos, los proyectos pueden convertirse en intervenciones aisladas, vulnerables al abandono, al conflicto territorial o a la reversión de los avances logrados.

En conjunto, el análisis permite afirmar que la restauración forestal debe evaluarse mediante indicadores multidimensionales que integren biodiversidad, carbono, agua, suelo, conectividad, gobernanza y bienestar local. La principal contribución del artículo radica en desplazar la mirada desde una restauración entendida como compensación

ambiental hacia una restauración concebida como infraestructura ecológica y social para la resiliencia climática. Esta perspectiva ofrece una base conceptual y práctica para orientar futuras investigaciones, políticas públicas y estrategias territoriales en ecosistemas degradados de América Latina.

Referencias Bibliográficas

- Aguilar, S., Mastrangelo, M. E., Brancalion, P. H. S., & Meli, P. (2021). Transformative governance for linking forest and landscape restoration to human well-being in Latin America. *Ecosystems and People*, 17(1), 523–538. <https://doi.org/10.1080/26395916.2021.1976838>
- Banco Mundial. (2024). *Forest area (% of land area) - Latin America & Caribbean*. World Development Indicators. <https://data.worldbank.org/indicator/AG.LND.FRST.ZS?locations=ZJ>
- 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>
- Brancalion, P. H. S., Niamir, A., Broadbent, E., Crouzeilles, R., Barros, F. S. M., Almeyda Zambrano, A. M., Baccini, A., Aronson, J., Goetz, S., Reid, J. L., Strassburg, B. B. N., Wilson, S., & Chazdon, R. L. (2019). Global restoration opportunities in tropical rainforest landscapes. *Science Advances*, 5(7), eaav3223. <https://doi.org/10.1126/sciadv.aav3223>
- 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>
- Chazdon, R. L. (2014). *Second growth: The promise of tropical forest regeneration in an age of deforestation*. University of Chicago Press. <https://doi.org/10.7208/chicago/9780226118109.001.0001>
- 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>
- Crouzeilles, R., Curran, M., Ferreira, M. S., Lindenmayer, D. B., Grelle, C. E. V., & Rey Benayas, J. M. (2016). A global meta-analysis on the ecological drivers of forest restoration success. *Nature Communications*, 7, 11666. <https://doi.org/10.1038/ncomms11666>
- Crouzeilles, R., Ferreira, M. S., Chazdon, R. L., Lindenmayer, D. B., Sansevero, J. B. B., Monteiro, L., Iribarrem, A., Latawiec, A. E., & Strassburg, B. B. N. (2017). Ecological restoration success is higher for natural regeneration than for active restoration in tropical forests. *Science Advances*, 3(11), e1701345. <https://doi.org/10.1126/sciadv.1701345>
- 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>

- Di Sacco, A., Hardwick, K. A., Blakesley, D., Brancalion, P. H. S., Breman, E., Rebola, L. C., Chomba, S., Dixon, K., Elliott, S., Ruyonga, G., Shaw, K., Smith, P., Smith, R. J., & Antonelli, A. (2021). Ten golden rules for reforestation to optimize carbon sequestration, biodiversity recovery and livelihood benefits. *Global Change Biology*, 27(7), 1328–1348. <https://doi.org/10.1111/gcb.15498>
- FAO. (2020). *Global Forest Resources Assessment 2020: Main report*. Food and Agriculture Organization of the United Nations. <https://doi.org/10.4060/ca9825en>
- FAO. (2022). *The key role of forest and landscape restoration in climate action*. Food and Agriculture Organization of the United Nations. <https://openknowledge.fao.org/items/610806ac-a9e9-432a-99c0-9292a66d5157>
- Fischer, H. W., Chhatre, A., Duddu, A., Pradhan, N., & Agrawal, A. (2023). Community forest governance and synergies among carbon, biodiversity and livelihoods. *Nature Climate Change*, 13, 1340–1347. <https://doi.org/10.1038/s41558-023-01863-6>
- Gann, G. D., McDonald, T., Walder, B., Aronson, J., Nelson, C. R., Jonson, J., Hallett, J. G., Eisenberg, C., Guariguata, M. R., Liu, J., Hua, F., Echeverría, C., Gonzales, E., Shaw, N., Decler, K., & Dixon, K. W. (2019). International principles and standards for the practice of ecological restoration. Second edition. *Restoration Ecology*, 27(S1), S1–S46. <https://doi.org/10.1111/rec.13035>
- Griscom, B. W., Adams, J., Ellis, P. W., Houghton, R. A., Lomax, G., Miteva, D. A., Schlesinger, W. H., Shoch, D., Siikamäki, J. V., Smith, P., Woodbury, P., Zganjar, C., Blackman, A., Campari, J., Conant, R. T., Delgado, C., Elias, P., Gopalakrishna, T., Hamsik, M. R., ... Fargione, J. (2017). Natural climate solutions. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 114(44), 11645–11650. <https://doi.org/10.1073/pnas.1710465114>
- 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., Romero-Castro, M. I., Mielles-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>
- Holl, K. D., & Brancalion, P. H. S. (2020). Tree planting is not a simple solution. *Science*, 368(6491), 580–581. <https://doi.org/10.1126/science.aba8232>
- Initiative 20x20. (2024). *Restoring Latin America's landscapes*. World Resources Institute. <https://initiative20x20.org/restoring-latin-americas-landscapes>
- 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>

IPBES. (2018). *The IPBES assessment report on land degradation and restoration*. Intergovernmental Science-Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services. <https://www.ipbes.net/assessment-reports/ldr>

IPCC. (2022). *Climate Change 2022: Impacts, Adaptation and Vulnerability*. Cambridge University Press. <https://doi.org/10.1017/9781009325844>

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>

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/isj/v4/n1/224>

Poorter, L., Bongers, F., Aide, T. M., Almeyda Zambrano, A. M., Balvanera, P., Becknell, J. M., Boukili, V., Brancalion, P. H. S., Broadbent, E. N., Chazdon, R. L., Craven, D., de Almeida-Cortez, J. S., Cabral, G. A. L., de Jong, B. H. J., Denslow, J. S., Dent, D. H., DeWalt, S. J., Dupuy, J. M., Durán, S. M., ... Rozendaal, D. M. A. (2016). Biomass resilience of Neotropical secondary forests. *Nature*, 530, 211–214. <https://doi.org/10.1038/nature16512>

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>

Rozendaal, D. M. A., Bongers, F., Aide, T. M., Alvarez-Dávila, E., Ascarrunz, N., Balvanera, P., Becknell, J. M., Bentos, T. V., Brancalion, P. H. S., Cabral, G. A. L., Calvo-Rodriguez, S., Chave, J., César, R. G., Chazdon, R. L., Condit, R., Dallinga, J. S., de Almeida-Cortez, J. S., de Jong, B., de Oliveira, A., ... Poorter, L. (2019). Biodiversity recovery of Neotropical secondary forests. *Science Advances*, 5(3), eaau3114. <https://doi.org/10.1126/sciadv.aau3114>

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>

Wiegant, D., van Oel, P., & Dewulf, A. (2022). Scale-sensitive governance in forest and landscape restoration: A systematic review. *Regional Environmental Change*, 22, 25. <https://doi.org/10.1007/s10113-022-01889-0>

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>