

**Análisis del impacto de la restauración ecológica en la Orinoquía colombiana ante el
cambio climático**

Enna Yulieth Rozo Rico

Diego Fernando Clavijo Palacio

Asesor

Jair Vargas Vargas

Universidad Nacional Abierta y a Distancia UNAD

Escuela de Ciencias Agrícolas, Pecuarias y del Medio Ambiente ECAPMA

Ingeniería Agroforestal

2026

Dedicatoria

Dedicamos este trabajo, en primer lugar, a Dios, por concedernos la fortaleza, la sabiduría y la claridad necesarias para alcanzar esta meta. Su guía ha sido fundamental en cada etapa del proceso, brindándonos confianza y serenidad incluso en los momentos más desafiantes.

A nuestras familias, por su amor incondicional, su apoyo constante y por ser ejemplo de esfuerzo, compromiso y perseverancia. Su presencia ha sido el pilar que ha sostenido nuestro camino académico y personal.

Enna Yulieth Rozo Rico

Dedico este logro con profundo amor y gratitud a mis padres, Eslendy Rico Jaimes y Francisco Rozo Buitrago, quienes han sido mi mayor fortaleza y fuente inagotable de motivación.

Gracias por cada sacrificio, por cada palabra de aliento y por enseñarme que la constancia es el camino para alcanzar los sueños.

Este título no es solo mío: es el reflejo de su esfuerzo, su amor y su fe inquebrantable en mí. Espero que se sientan orgullosos, porque cada paso que di para llegar hasta aquí fue posible gracias a ustedes. Ser profesional era mi meta, pero lograrlo con su apoyo lo convierte en un triunfo compartido.

A ustedes, papá y mamá, les entrego este trabajo como símbolo de todo lo que juntos hemos construido.

Diego Fernando Clavijo Palacio

Dedico este trabajo, con profundo amor y gratitud, a mi madre, Gloria Yaneth Palacio Cardona, cuya fortaleza inquebrantable y amor constante han sido el sostén en cada etapa de este camino; a mi padre, Jesús Edilso Clavijo Ortiz, por ser ejemplo de esfuerzo, dedicación y

perseverancia; y a mi hermano, Óscar David Clavijo Palacio, por su compañía silenciosa pero siempre presente.

A los tres, gracias por ser mi raíz, mi impulso y el refugio que me ha acompañado en este proceso. Este logro también les pertenece, pues su confianza ha sido clave para materializar este sueño.

Extendemos esta dedicatoria a las comunidades de la Orinoquía colombiana, guardianas del territorio, cuya sabiduría ancestral y resiliencia nos inspiran a seguir trabajando por la restauración ecológica y la sostenibilidad ambiental.

Finalmente, dedicamos estas páginas a la tierra misma a sus ríos, sabanas y bosques como símbolo de nuestro compromiso ético y profesional con su cuidado, preservación y defensa.

Agradecimientos

Expresamos nuestro más sincero agradecimiento a Dios, por iluminar nuestro camino y otorgarnos la sabiduría y fortaleza necesarias para culminar con éxito este proyecto, que representa un logro tanto académico como personal.

A nuestras familias, por su apoyo incondicional, su paciencia y su confianza constante. Han sido pilares fundamentales en cada etapa de nuestra formación profesional, y su ejemplo de perseverancia nos ha inspirado a avanzar con firmeza.

A la Universidad Nacional Abierta y a Distancia (UNAD), así como a todos los docentes que, con sus conocimientos, orientación y compromiso, contribuyeron significativamente a nuestro crecimiento académico y humano.

De manera especial, agradecemos al Ingeniero Jair Vargas, por su guía generosa, su disposición constante y sus valiosos aportes durante el desarrollo de esta investigación. Su acompañamiento fue esencial para alcanzar los objetivos propuestos.

Reconocemos también a las comunidades y actores locales de la Orinoquía colombiana, cuyas experiencias, saberes y prácticas cotidianas nos enseñan que la restauración ecológica trasciende lo técnico: es una expresión viva de resiliencia, memoria y esperanza para la región.

Finalmente, extendemos nuestro agradecimiento a todas las personas e instituciones que, de manera directa o indirecta, contribuyeron con sus conocimientos, experiencias y apoyo a la construcción de este trabajo, orientado al análisis del impacto de la restauración ecológica frente al cambio climático.

Resumen

La Orinoquia colombiana, un ecosistema estratégico para la regulación climática e hídrica, enfrenta procesos de degradación acelerados como resultado de la expansión agroindustrial, la ganadería extensiva y la exploración de hidrocarburos. Estas dinámicas han afectado la resiliencia ecológica y comprometidos servicios esenciales como la retención de agua, la biodiversidad y el secuestro de carbono. En este contexto, la restauración ecológica surge como una estrategia fundamental para revertir estos impactos y fortalecer la adaptación al cambio climático. Esta monografía analiza el impacto de diversas estrategias de restauración implementadas en la región entre 2015 y 2025 mediante una revisión documental cualitativa de literatura científica, estudios técnicos y marcos regulatorios.

Los resultados muestran que enfoques como la restauración productiva, el manejo comunitario de humedales y la integración de especies nativas en sistemas agroforestales han generado mejoras en la cobertura vegetal, la conectividad ecológica y la apropiación social de los procesos. La participación local, la zonificación adecuada y el monitoreo adaptativo también se identificaron como factores clave para el éxito. Sin embargo, persisten desafíos relacionados con la escala de intervención, la continuidad técnica y la financiación. Se concluye que las acciones de restauración han contribuido significativamente a los procesos de adaptación y mitigación, aunque su efectividad varía según el contexto ecológico y social. Se recomienda fortalecer la planificación territorial, consolidar redes de aprendizaje entre los actores locales y mejorar la coordinación entre la ciencia, las políticas públicas y las comunidades para aumentar la resiliencia climática de la región.

Palabras clave: Restauración, ecología, resiliencia, ecosistémica, mitigación.

Abstract

The Colombian Orinoquia, a strategic ecosystem for climate and water regulation, is facing accelerated degradation processes as a result of agroindustrial expansion, extensive livestock farming, and hydrocarbon exploration. These dynamics have affected ecological resilience and compromised essential services such as water retention, biodiversity, and carbon sequestration. In this context, ecological restoration emerges as a fundamental strategy to reverse these impacts and strengthen adaptation to climate change. This monograph analyzes the impact of various restoration strategies implemented in the region between 2015 and 2025 through a qualitative documentary review of scientific literature, technical studies, and regulatory frameworks.

The results show that approaches such as productive restoration, community-based wetland management, and the integration of native species into agroforestry systems have generated improvements in vegetation cover, ecological connectivity, and social ownership of the processes. Local participation, appropriate zoning, and adaptive monitoring were also identified as key factors for success. However, challenges remain related to the scale of intervention, technical continuity, and financing. It is concluded that restoration actions have significantly contributed to adaptation and mitigation processes, although their effectiveness varies depending on the ecological and social context. It is recommended to strengthen territorial planning, consolidate learning networks among local stakeholders, and improve coordination between science, public policy, and communities to increase the region's climate resilience.

Keywords: Ecological restoration, climate change, ecosystem resilience, ecosystem services, Colombian Orinoquía, mitigation and adaptation.

Tabla de Contenido

Introducción	11
Justificación	13
Objetivos	18
Objetivo General	18
Objetivos Específicos	18
Planteamiento del Problema	19
Marco Referencial	21
Marco Teórico	21
Restauración Ecológica: Concepto y Alcances	21
Metodologías de Restauración Ecológica Aplicables a la Orinoquía	21
Impacto del Cambio Climático en la Orinoquía	22
Articulación entre Restauración Ecológica y Cambio Climático	22
Bases Científico-Técnicas para la Estrategia Estatal de Infraestructura Verde y de la	23
Conectividad y Restauración Ecológicas	23
Relevancia de las Bases para la Restauración en la Orinoquía	24
Funciones Ecológicas y Servicios Ecosistémicos en la Orinoquía	24
Modelos de Restauración Ecológica en Paisajes Productivos	25
Restauración de Ecosistemas Ribereños y de Humedales	26
Secuestro de Carbono y Regulación Climática	27
Gobernanza Ambiental Participativa	28
Alineación con las Agendas Globales de Desarrollo Sostenible	29
Marco Conceptual	30

	8
Restauración Ecológica	30
Soluciones Basadas en la Naturaleza (SBN) y Adaptación Basada en Ecosistemas (ABE) ...	32
Cambio Climático en la Orinoquía	33
Resiliencia Socio-Ecológica	34
Servicios Ecosistémicos	35
Participación Comunitaria en Restauración Ecológica	37
Monitoreo y Evaluación de la Restauración	38
Contexto de Degradación y Drivers Históricos	39
Materiales y Métodos	41
Área de Estudio	41
Enfoque Metodológico	41
Tipo de Investigación	42
Diseño Metodológico	42
Técnicas e Instrumentos de Recolección de Datos	42
Criterios de Inclusión	43
Criterios de Exclusión	43
Fuentes de Datos	44
Criterios de Análisis	44
Procesamiento y Análisis de Datos	45
Limitaciones	46
Resultados	47
Análisis de la Matriz de Revisión Documental	51

Identificar las Principales Estrategias y Enfoques para la Restauración Ecológica Adoptados en la Región de la Orinoquía	54
Evaluar los Efectos de la Restauración Ecológica en Variables Ambientales Clave, como la..	56
Biodiversidad, la Cobertura Vegetal y el Secuestro de Carbono	56
Proponer Directrices para Fortalecer los Procesos de Restauración Ecológica Basados en la Resiliencia Climática Regional	59
Conclusiones	62
Recomendaciones	64
Nivel Técnico	64
Nivel de Política Pública	64
Nivel de Gestión Comunitaria	65
Limitaciones y Aplicaciones Futuras	66
Referencias Bibliográficas	67

Lista de Tablas

Tabla 1 *Matriz de Revisión Documental* 47

Introducción

La Orinoquía es una de las regiones más ecogeográficas de Colombia, limitadas y también, una de las más geográficas en cuanto a multi-capacidades de ecosistemas en el mundo. Su unicidad ecológica tal como lo son los cuerpos de aguas estacionales, sus sabanas con ríos y, así mismo, la riqueza de flora y fauna con otras cuencas de ecosistemas de aguas (González, et al., 2024, p. 275). Sin embargo, cada década, el equilibrio de los ecosistemas de esa región, tiene un desequilibrio. Desde la colonización de tierras de tipo agropecuarias, la ganadería extensiva, el drenaje industrial de aguas naturales, son el tipo de incendios provocados y la presión de aguas subordinadas. Todos esos desequilibran el ecosistema de la región (Castro Carreño et al., 2022). Tales actividades son degradantes del suelo y, peor, del suelo y más están extrayendo de la cobertura vegetal.

Los episodios relacionados a la sequía, variaciones de temperatura, variabilidad de los ciclos de inundaciones, cambios en la disponibilidad de agua, alargamientos de los periodos secos, incremento y la intensificación de incendios de bosque. Moreno et al. (2025) al analizar cambios en el paisaje, impactando la productividad biológica de los ecosistemas, la regeneración de los ecosistemas impactados y la funcionalidad de los ecosistemas. Por lo anterior, la restauración activa deberá plantearse para poder afrontar y fortalecer la resiliencia en el área.

Los procesos de restauración se centran en el apoyo a la recuperación de los ecosistemas que han sido dañados en los diferentes aspectos que se esperan recuperar. También se busca restaurar la integridad, la funcionalidad y la resiliencia ante las alteraciones, sobre todo por el cambio climático. Desde el año 2020, se han visibilizado en el país, acciones de cooperación para la restauración ecológica, en la promoción de la Orinoquía, la restauración de humedales, las sábanas, los corredores ecológicos, en el marco de la economía y la sostenibilidad.

La atención que se le debería prestar a la restauración de la Orinoquía lleva a que en la región se adopten enfoques que se han limitado a la implementación de acciones de prácticas disgregadas (plantaciones ad hoc, cercas de exclusión y manejo elemental de la regeneración natural) sin un rigor metodológico que, al menos, asegure la recuperación funcional de los ecosistemas (Salamanca-Carreño et al., 2024). Entonces, se hace necesario estudiar en la región las acciones que se han implementado, analizando la literatura científica más reciente y las acciones que se han documentado en los marcos técnicos de la región de carácter nacional e internacional.

Esta investigación busca evaluar el impacto que la restauración ecológica ha tenido en el ámbito del cambio climático en la región de la Orinoquía en Colombia. El documento tiene como objetivo evaluar las metodologías más apropiadas para la región, los logros, los desafíos evidentes y las oportunidades para mejorar la restauración de manera sostenible, funcional y resiliente (Moreno et al., 2025). Para ello, se llevó a cabo una revisión de artículos científicos, directrices técnicas e informes de campo para evaluar hasta qué punto la restauración ecológica mejora la resiliencia de los ecosistemas y sociales, la funcionalidad del paisaje y la adaptación al cambio climático (González et al., 2024; Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2021). Este análisis tiene como objetivo proporcionar una visión sólida y completa para ayudar a superar los obstáculos en la restauración del cambio climático en la región.

Justificación

La Orinoquía es una de las regiones más grandes de Colombia y contiene ecosistemas diversos, incluyendo sabanas naturales, humedales y bosques variados. Cada uno de estos sistemas desempeña un papel invaluable en el almacenamiento de agua y carbono, y la retención de diversas especies. Los ecosistemas en la Orinoquía contribuyen significativamente al clima regional y a la concentración de servicios ecosistémicos. Esto es especialmente cierto en medio de los impactos negativos del cambio climático que el mundo está experimentando (IDEAM, 2015; IPBES, 2019).

En las últimas décadas, la Orinoquía ha sido testigo y ha acelerado la transformación del uso de la tierra y de los recursos naturales, lo cual se atribuye en gran medida a la expansión de la agricultura, la ganadería extensiva y los monocultivos industriales, así como al desarrollo de carreteras. Todos estos procesos contribuyen significativamente a la pérdida de vegetación nativa y a la fragmentación de la tierra, así como a la compactación y erosión de los suelos. También contribuyen al ciclo hidrológico y a la pérdida de la capacidad del ecosistema para adaptarse al cambio climático (Rodríguez y Sánchez, 2020; Pardo y Baptiste, 2021).

El clima impacta de forma negativa a la Orinoquía, ya que el aumento de la temperatura, la alteración de patrones de lluvias y el aumento de eventos extremos como sequías e inundaciones, son consecuencia de su degradación. Por los cambios en el clima, los ecosistemas de la región sufren pérdidas en su capacidad natural de recobro, lo que pone en riesgo los sistemas productivos y de subsistencia de los pobladores (IDEAM, 2015; IPBES, 2019).

La respuesta a la degradación de los ecosistemas y los cambios en el clima es la restauración ecológica que, según Aronson y Clewell (2018) es el proceso que busca restablecer la integridad, la función y la resiliencia de los ecosistemas degradados, considerando la inclusión

(o la economía) de la región. Para el caso de Colombia, el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. MADS (2025) señala que la restauración ecológica debe asociarse con la actividad económica de la región, en especial en la Orinoquía, donde la intervención es más fuerte.

Desde 2015 hasta 2025, la Orinoquía de Colombia ha iniciado muchos proyectos para la restauración ecológica, tales como la ayuda a la regeneración natural, la restauración activa de ecosistemas utilizando especies nativas, sistemas silvopastoriles, así como prácticas de reconversión productiva ambientalmente sostenibles. Estas acciones fueron motivadas por agencias gubernamentales, institutos de investigación, organizaciones no gubernamentales (ONG) y organizaciones de cooperación internacional en el marco de sus compromisos nacionales con el cambio climático y la conservación de la biodiversidad (FAO, 2015; Instituto Humboldt, 2019).

Sin embargo, a pesar de los avances realizados en la implementación de estas estrategias, la sistematización de los resultados y su contribución a la mitigación del cambio climático y al aumento de la resiliencia de los ecosistemas afectados es muy escasa. En muchos casos, las iniciativas de restauración se implementan sin un monitoreo continuo y procesos de seguimiento para medir sus impactos ecológicos y climáticos a mediano y largo plazo, lo que dificulta la identificación de mejores prácticas y la replicabilidad de experiencias exitosas en la región (Rodríguez y Sánchez, 2020).

La investigación se centra en la sistematización de la evaluación de las acciones de restauración ecológica en la Orinoquía colombiana en el periodo 2015–2025 y la localización de acciones y resultados, así como de los responsables de seguimiento y monitoreo, con los sucesivos actores de la región. Con este propósito, se busca potenciar la evaluación, el monitoreo y la formulación de acciones sistemáticas en el medio de la política pública, y la evaluación y

formulación de acciones de restauración en el escenario del cambio climático, en una región clave para la sostenibilidad ambiental del país.

Los sistemas silvopastoriles se han convertido en una alternativa productiva y sostenible que combina la utilización de árboles, arbustos, pastos y ganado, además de otros elementos asociados a una misma unidad agroecológica, brindando la oportunidad de aumentar la productividad de la ganadería y conservar los recursos naturales de manera simultánea. Estos sistemas han mostrado, entre otras cosas, su capacidad para ayudar a la recuperación de suelos degradados, aumentar la biodiversidad, microclimas regulares y captar carbono de la atmósfera. Por su parte, la incorporación de árboles en estos sistemas se obtiene una mayor acumulación de materia orgánica, una mayor fijación biológica de nitrógeno y una mayor protección del suelo a los fenómenos de erosión, logrando en consecuencia la recuperación de las funciones ecológicas del suelo y su fertilidad (Nair, 2011).

En Colombia, instituciones como el Centro para la Investigación en Sistemas Sostenibles de Producción Agropecuaria (CIPAV) han sido pioneras en la difusión de los sistemas silvopastoriles como una de las acciones más estratégicas para la transición a una ganadería más sostenible. En sus investigaciones, Murgueitio et al. (2011) explican que estos sistemas lograron además del incremento en la productividad de los ganados, la restauración de suelos, la conservación de la biodiversidad y la disminución de los efectos negativos que la ganadería convencional produce al medio ambiente.

En este contexto, la restauración ecológica se ha convertido en una estrategia fundamental para recuperar ecosistemas degradados, restaurar la biodiversidad y fortalecer la resiliencia de los territorios al cambio climático. Clewell y Aronson (2013) apuntan que la restauración ecológica busca devolver a la estructura, composición y funcionalidad de los

ecosistemas que han sido modificados por actividades humanas. De manera complementaria, evaluaciones globales como la Evaluación de los Ecosistemas del Milenio (MEA, 2005) y el Panel Intergubernamental sobre Cambio Climático (IPCC, 2021) han señalado que recuperar la cobertura vegetal, restaurar suelos y reconectar hábitats fragmentados son críticos para la captura de carbono y la regulación climática y estabilización de los ecosistemas.

Diversos estudios han demostrado que la restauración ecológica no solo ayuda a recuperar la biodiversidad, sino que también produce beneficios sociales y económicos que están vinculados a la sostenibilidad de los territorios, fortaleciendo los servicios ecosistémicos y reduciendo el impacto del cambio climático (Aronson et al., 2006).

La Orinoquía colombiana es una región marcada por extensas sabanas naturales, bosques de galería y ecosistemas asociados, donde las fronteras agropecuarias han provocado importantes transformaciones en el uso de la tierra y aumentado la presión sobre los recursos naturales. Los cambios provocados han incrementado la vulnerabilidad de los ecosistemas al cambio, incluyendo alteraciones en la precipitación, aumentos de temperatura y degradación del suelo.

En este contexto, la implementación de estrategias de restauración ecológica es una alternativa clave para recuperar ecosistemas degradados y mejorar la adaptabilidad de los sistemas socioecológicos de la región. Sin embargo, el impacto de tales estrategias en la mitigación y adaptación al cambio climático, especialmente en áreas donde las actividades agropecuarias siguen siendo una de las principales actividades transformadoras del paisaje, aún está insuficientemente analizada.

Por ello, se hace necesario el análisis sistemático de las estrategias de restauración ecológica adoptadas a cabo en la región de la Orinoquía colombiana, considerando su contribución a la recuperación de ecosistemas degradados, así como de su papel en la mitigación

y adaptación al cambio climático. En este sentido, se plantea la siguiente pregunta de investigación: “¿Cuál ha sido el impacto de las estrategias de restauración ecológica implementadas en la región de la Orinoquía colombiana en la mitigación y adaptación frente al cambio climático durante la última década?”

Objetivos

Objetivo General

Analizar el impacto de la restauración ecológica en la Orinoquía colombiana como estrategia de adaptación y mitigación al cambio climático

Objetivos Específicos

Identificar las principales estrategias y enfoques de restauración ecológica implementados en la región del Orinoco.

Evaluar los efectos de la restauración ecológica sobre variables ambientales clave como la biodiversidad, la cobertura vegetal y el secuestro de carbono.

Proponer lineamientos para fortalecer los procesos de restauración ecológica basados en la resiliencia climática regional.

Planteamiento del Problema

En las últimas décadas, el deterioro de los ecosistemas naturales se ha convertido en uno de los principales problemas ambientales globales, especialmente en las regiones tropicales donde las actividades productivas agropecuarias han causado alteraciones significativas en el paisaje natural. La Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO, 2017) afirma que la expansión de la frontera agropecuaria ha sido una de las principales causas de la fragmentación de los ecosistemas, la pérdida de biodiversidad y la degradación del suelo, afectando así el equilibrio ecológico y la capacidad productiva sostenible de las áreas rurales.

En Colombia, estos procesos han estado relacionados con la expansión de la ganadería extensiva, una actividad que, históricamente, ha implicado la deforestación de áreas boscosas para el establecimiento de pasturas. El Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM, 2023) indica que la deforestación en Colombia ha estado estrechamente relacionada con la expansión de la frontera agrícola, lo que ha causado degradación del suelo, pérdida de cubierta vegetal y alteraciones en los ciclos ecológicos. Estas dinámicas afectan negativamente la biodiversidad, reducen la fertilidad del suelo y disminuyen la capacidad de los ecosistemas para proporcionar servicios ambientales esenciales. En este sentido, diferentes estudios han demostrado que los sistemas de ganadería tradicional basados en pasturas de monocultivo tienen limitaciones ambientales y productivas significativas. Según Murgueitio et al. (2011), tales sistemas fomentan la compactación del suelo, debido al constante pisoteo en el suelo, lo que lleva a la pérdida de la cubierta vegetal protectora y aumenta la tasa de erosión y pérdida de nutrientes. En consecuencia, hay un deterioro gradual de la calidad del suelo y una

reducción en la productividad del sistema, lo que incrementa los costos de producción para el productor y disminuye la resiliencia del agroecosistema a los impactos del cambio climático.

No obstante, a pesar de los múltiples sistemas con beneficios, la adopción de estos aún tiene limitaciones en varias formas. La FAO (2018) señala que las barreras incluyen la falta de acceso a información técnica, altos costos de implementación y la falta de políticas públicas coordinadas que fomentan el cambio hacia sistemas de producción sostenible. Estos factores crean obstáculos para la implementación de prácticas productivas más sostenibles en diversas regiones de la ganadería del país.

Marco Referencial

Marco Teórico

Restauración Ecológica: Concepto y Alcances

Junto a las definiciones internacionales, Aronson y Clewell y otros autores latinoamericanos han enfatizado la necesidad de reconocer la restauración ecológica como un proceso social y biológico, incorporando el conocimiento local, las relaciones espaciales y la participación comunitaria. Los autores más citados en América Latina, Aronson y Clewell, explican que la restauración no se trata sólo de recuperar estructuras ecológicas sino también de recuperar las funciones de los ecosistemas junto con la cultura, los factores socioeconómicos y el medio ambiente circundante (Aronson y Clewell, 2018).

Esto está en línea con lo que afirma el colombiano Germán Andrade: en Colombia y otros países debe incluir los aspectos socioeconómicos y ecológicos del territorio porque gran parte de los ecosistemas degradados están relacionados con el uso productivo y la presión antrópica, lo que demanda marcos de cohesión social y gobernanza” (Andrade, 2011). Los argumentos presentados aquí refuerzan la visión holística de la restauración ecológica y entienden que el éxito de tales iniciativas depende tanto de la rehabilitación biológica como de la participación de las comunidades locales y las partes interesadas.

Metodologías de Restauración Ecológica Aplicables a la Orinoquía

En el área de Latinoamérica, diferentes autores han mencionado que la elección y el uso de las metodologías de restauración ecológica deben tomar en cuenta las características biofísicas de la zona y las dinámicas socioambientales de cada región. Vargas y Ramírez (2014) señala que, en paisajes sabaneros como en la Orinoquía, las intervenciones efectivas son la combinación de la restauración activa, que incluye la siembra de especies nativas con adaptación a la

pirogeografía, y la restauración pasiva que permite la regeneración natural en áreas donde han sido retiradas las presiones antrópicas. Por su parte, Durian y Ratter (2016) subrayan que, en zonas de alta dependencia del ciclo de inundación, la restauración de hídricos es fundamental, puesto que la recuperación de humedales, morichales y rondas hídricas garantiza la funcionalidad ecológica y la resiliencia ante situaciones de extrema variabilidad climática. Con estos aportes, se logra entender que en la Orinoquía las metodologías deben ser integrales, adaptativas y ajustadas a la región.

Impacto del Cambio Climático en la Orinoquía

El cambio climático y sus efectos en la degradación y ecosistemas en la Orinoquía continúan en estudio por diversas instituciones en Colombia. El incremento de temperaturas y la sequía en días calurosos son un cambio en la dinámica de las sabanas y humedales. Lo que termina por estresar de manera ecológica e ir reduciendo la regeneración de manera natural en la región. Pardo y Baptiste (2021) por su parte advierten sobre la pérdida de la estructura de influencia en la paisajística. La pérdida de la cobertura de la vegetación y la pérdida en el tiempo de los ecosistemas que sirven a las comunidades de la zona. Conciencia de la región y la preservación de los ecosistemas que el cambio climático se origina de la socioecológica de la región. La poca atención que se ha entregado a la restauración de los ecosistemas en la región, esta se escala. La restauración de los ecosistemas en la zona. La restauración de la funcionalidad ecológica se traduce en el ciclo de los ecosistemas. Mitigar de esta forma los efectos del cambio climático y la socioecológica de la región.

Articulación entre Restauración Ecológica y Cambio Climático

Para los autores colombianos, la restauración ecológica es una de las herramientas más importantes para reducir los efectos del cambio climático en los ecosistemas acuáticos y

climáticos de la Orinoquía. Armenteras et. al (2011) señalan que las intervenciones que eliminan y restauran secuencialmente la conectividad ecológica, la vegetación y el ciclo de carbono cerrado del paisaje, promueven la mitigación y la estabilización de la climatología del paisaje. Junk et. al (2013) afirman que defender y restaurar los bosques ribereños y humedales sirve como una zona de amortiguamiento natural para la variabilidad climática mediante la retención de agua, reduciendo la vulnerabilidad de los ecosistemas y de las comunidades vulnerables, y mejorando la defensa del ecosistema. Estos autores sostienen que, para la Orinoquía en Colombia, la restauración ecológica es mucho más que la recuperación de un conjunto de procesos funcionales particulares del sistema ecológico.

Bases Científico-Técnicas para la Estrategia Estatal de Infraestructura Verde y de la Conectividad y Restauración Ecológicas

Las Bases Científico Técnicas para la Estrategia Estatal de Infraestructura Verde y la Conectividad y Restauración Ecológicas hace hincapié en la restauración ecológica a nivel de paisaje con la integración de conectividad, funcionalidad y gobernanza ambiental. Para Taylor et. al (1993) con la infraestructura verde se pueden articular núcleos, corredores y zonas de transición, que aseguran la conservación o restauración de los procesos ecológicos fundamentales (flujos hídricos, movimiento de especies y nutrientes) en áreas de presión antrópica. Para Gill et. al (2007) la restauración de la Infraestructura Verde implica la adaptación al cambio climático, dado el énfasis que se da a los humedales, rondas hídricas y bosques de galería que son elementos estructurales del paisaje y son fundamentales para la regulación hídrica y térmica. En la Orinoquía, estas bases son orientadoras para que las intervenciones se enfoquen en zonas con alta degradación y con alta variabilidad climática que requieren

restauración y que están soportadas en evidencias científicas y en planos de ordenamiento territorial.

Relevancia de las Bases para la Restauración en la Orinoquía

Los principios científico-técnicos aplicados a la Orinoquia han permitido reconocer zonas que intervienen la restauración ecológica para asegurar la resiliencia adaptativa al cambio climático, que la conectividad de sabanas, morichales y bosques de galería es útil para asegurar la movilidad de la fauna, preservar el régimen hídrico y reducir la vulnerabilidad a la ocurrencia de fenómenos climáticos de gran impacto. Por su parte, Mena y Moreno (2021) consideran que la restauración a partir de la infraestructura verde propone la recuperación de humedales degradados, áreas que han sido impactadas por incendios, y territorios fragmentados por la ganadería, lo que favorece la restauración funcional del paisaje.

En este orden de ideas, la unión de la restauración ecológica y la infraestructura verde resulta en una propuesta efectiva para contrarrestar los efectos de la variabilidad del clima y garantizar el soporte ecológico de la región en el futuro.

Funciones Ecológicas y Servicios Ecosistémicos en la Orinoquía

La Orinoquia colombiana es una de las regiones con mayor biodiversidad y relevancia ambiental del país, albergando una amplia gama de ecosistemas, como sabanas, bosques ribereños, humedales y palmares (MEA, 2005). Estos ecosistemas brindan servicios ecosistémicos esenciales, clasificados en cuatro categorías principales: de soporte, de regulación, de aprovisionamiento y culturales. Los servicios de soporte sustentan procesos ecológicos fundamentales como la formación del suelo, el ciclo de nutrientes y la polinización (Calderón-Balcázar et al., 2023). Los servicios de regulación incluyen la estabilización climática, el control de inundaciones y la regulación del ciclo hidrológico (Gómez-Jiménez et al., 2024). Los

servicios de aprovisionamiento incluyen recursos tangibles como madera, leña, frutos silvestres y plantas medicinales (Calle et al., 2021). Finalmente, los servicios culturales abarcan el valor identitario, recreativo y espiritual que las comunidades locales atribuyen a estos paisajes (González-Molina et al., 2022). Sin embargo, la creciente presión de la expansión agrícola, la ganadería extensiva y los proyectos de infraestructura ha socavado su capacidad para mantener estas funciones (Rodríguez y Sánchez, 2020). La restauración ecológica, en este contexto, busca no solo restaurar la estructura y funcionalidad de los ecosistemas, sino también asegurar la provisión sostenida de sus servicios, contribuyendo a la resiliencia socioecológica y al bienestar humano (MEA, 2005).

Modelos de Restauración Ecológica en Paisajes Productivos

La restauración ecológica en paisajes productivos de la Orinoquia requiere enfoques que integren objetivos de conservación y productividad económica. Entre los modelos más exitosos se encuentran los sistemas silvopastoriles, que combinan árboles, arbustos y pastos con el ganado, generando beneficios como una mayor cobertura vegetal, una mejor fertilidad del suelo y una mayor biodiversidad (Calle et al., 2021; Murgueitio et al., 2017). Estos sistemas también mejoran el microclima local, reducen el estrés térmico en el ganado y promueven la producción de forraje durante todo el año. La regeneración natural asistida, que facilita la recuperación de la vegetación mediante la eliminación de especies invasoras y la protección del pastoreo, es eficaz en zonas con remanentes de vegetación nativa (Rodríguez y Sánchez, 2020). La reforestación con especies nativas adaptadas a las condiciones locales es otra estrategia clave, especialmente en zonas riparias, donde estabiliza laderas y protege las fuentes de agua (Gómez-Jiménez et al., 2024). La efectividad de estos modelos depende de la propiedad comunitaria, el apoyo técnico, el acceso a incentivos y un marco de políticas públicas apropiado (González-Molina et al., 2022).

Restauración de Ecosistemas Ribereños y de Humedales

Los ecosistemas riparios y de humedales de la Orinoquía desempeñan un papel vital en el mantenimiento de la integridad ecológica y la prestación de servicios ecosistémicos estratégicos. Estos entornos actúan como zonas de amortiguamiento que regulan el flujo hídrico, reducen la erosión, filtran sedimentos y contaminantes, y proporcionan hábitats esenciales para una amplia gama de especies acuáticas y terrestres (Calderón-Balcázar et al., 2023). Además, desempeñan un papel fundamental en la regulación térmica y la estabilización de los microclimas locales, lo que beneficia tanto a la biodiversidad como a las comunidades humanas que dependen de estos sistemas (Rodríguez y Sánchez, 2020).

La degradación de estos ecosistemas, causada por la deforestación riparia, el drenaje de humedales para uso agrícola, la contaminación por pesticidas y el pastoreo intensivo, ha reducido su capacidad para mantener procesos ecológicos esenciales. Como resultado, se han intensificado fenómenos como la sedimentación excesiva, la pérdida de conectividad ecológica y el deterioro de la calidad del agua (Gómez-Jiménez et al., 2024). Las estrategias de restauración más eficaces incluyen la reforestación con especies nativas adaptadas a las condiciones riparias, la eliminación de especies invasoras como *Brachiaria* spp., la rehabilitación de meandros y cauces secundarios, y la restauración de llanuras de inundación naturales. Estas acciones, combinadas con la protección riparia mediante setos vivos y la implementación de franjas de amortiguamiento con vegetación, contribuyen a mejorar la retención de agua, reducir la erosión y promover el retorno de especies nativas de flora y fauna (González-Molina et al., 2022).

La integración de estas medidas con programas comunitarios de gestión sostenible del agua, monitoreo participativo y educación ambiental fortalece su impacto a largo plazo. De igual manera, la promoción de alternativas productivas compatibles, como el ecoturismo o el uso

sostenible de productos forestales no maderables, aumenta la aceptación social de los proyectos y genera beneficios económicos directos (IPCC, 2021). En este sentido, la restauración de ecosistemas riparios y de humedales no solo es una herramienta de conservación, sino también un motor de desarrollo sostenible para las comunidades locales.

Secuestro de Carbono y Regulación Climática

La restauración ecológica en la Orinoquía es una herramienta fundamental para la mitigación del cambio climático, dado su potencial para capturar y almacenar carbono en la biomasa aérea y del suelo. Ecosistemas como los bosques riparios, las sabanas arboladas y los palmares actúan como sumideros naturales de carbono, contribuyendo a la reducción de las concentraciones de dióxido de carbono (CO₂) en la atmósfera (IPCC, 2021). La magnitud del almacenamiento de carbono depende de factores como la densidad arbórea, la composición de las especies y el estado de conservación (Gómez-Jiménez et al., 2024).

Entre las estrategias de restauración más eficaces para aumentar el secuestro de carbono se encuentran la reforestación con especies de rápido crecimiento con alta capacidad de acumulación de biomasa, como *Inga edulis* o *Erythrina fusca*, y el establecimiento de sistemas silvopastoriles y agroforestales que integran la producción y la conservación. Estas prácticas no solo aumentan las reservas de carbono, sino que también mejoran la fertilidad del suelo, promueven la biodiversidad y mantienen la productividad agrícola (Calle et al., 2021). El secuestro de carbono proveniente de proyectos de restauración puede representar una oportunidad económica adicional al combinarse con mercados de créditos de carbono voluntarios o regulados. Para ello, es fundamental implementar metodologías robustas para medir, reportar y verificar el almacenamiento de carbono, así como asegurar mecanismos de gobernanza que

garanticen la distribución equitativa de los beneficios entre las partes interesadas (González-Molina et al., 2022).

Además del almacenamiento de carbono, la cobertura vegetal restaurada regula el microclima, reduce la temperatura superficial, aumenta la humedad relativa y mejora la resiliencia de los sistemas productivos ante eventos climáticos extremos. En el contexto de la Orinoquia, donde existen extensas áreas degradadas con alto potencial de recuperación, el secuestro de carbono constituye una estrategia que vincula directamente los objetivos de conservación con los compromisos climáticos nacionales establecidos en el Acuerdo de París (Calderón-Balcázar et al., 2023).

Gobernanza Ambiental Participativa

La sostenibilidad de los procesos de restauración en la Orinoquía requiere una gobernanza ambiental participativa, entendida como la colaboración activa entre comunidades, instituciones y actores privados en la gestión de los recursos naturales (Berkes, 2018). Este enfoque reconoce que la eficacia de las intervenciones ecológicas depende no solo del conocimiento técnico, sino también de la apropiación social, la legitimidad de las decisiones y la capacidad de los actores para coordinar esfuerzos a largo plazo. En un contexto como el de la Orinoquía, donde convergen intereses productivos, de conservación y culturales, la gobernanza participativa se convierte en un pilar fundamental para la resolución de conflictos socioambientales y la construcción de consensos.

La integración del conocimiento local y científico aumenta la eficacia de las estrategias, ya que las comunidades poseen un conocimiento detallado de la estacionalidad climática, los patrones hidrológicos y las especies clave para la restauración. Mecanismos como los comités de cuencas, los acuerdos voluntarios de conservación, los grupos de diálogo y los planes de gestión

participativa fortalecen la transparencia, la corresponsabilidad y la rendición de cuentas (Ostrom, 2009). La distribución equitativa de beneficios es otro elemento clave. Iniciativas como los pagos por servicios ecosistémicos, el acceso preferencial a mercados sostenibles y la capacitación en prácticas productivas resilientes permiten a las comunidades considerar la restauración no como una limitación externa, sino como una auténtica oportunidad para el desarrollo territorial. Este tipo de incentivos, combinados con procesos de capacitación y empoderamiento, ayudan a garantizar la continuidad de los proyectos más allá de los ciclos de financiación (Calderón-Balcázar et al., 2023).

Alineación con las Agendas Globales de Desarrollo Sostenible

La restauración ecológica en la Orinoquia no solo responde a las necesidades locales, sino que también se alinea con los compromisos internacionales que rigen la acción ambiental y climática. Su implementación contribuye directamente a varios Objetivos de Desarrollo

Sostenible (ODS), como el ODS 13 (Acción por el Clima), el ODS 15 (Vida de Ecosistemas Terrestres) y el ODS 6 (Agua Limpia y Saneamiento) (ONU, 2015; PNUD, 2021). Además, genera impactos indirectos en las metas relacionadas con la seguridad alimentaria (ODS 2), la reducción de las desigualdades (ODS 10) y el trabajo decente y el crecimiento económico (ODS 8), promoviendo actividades productivas sostenibles.

Asimismo, las acciones de restauración en la región están alineadas con el Acuerdo de París, que establece la necesidad de reducir las emisiones de gases de efecto invernadero y aumentar la resiliencia de los sistemas socioecológicos frente al cambio climático. En este contexto, las iniciativas en la Orinoquía pueden contribuir a las Contribuciones Determinadas a Nivel Nacional (NDC) de Colombia, fortaleciendo su compromiso internacional con la mitigación y la adaptación (PNUMA, 2019).

El Decenio de las Naciones Unidas para la Restauración de los Ecosistemas (2021-2030) ofrece una oportunidad única para destacar y expandir las experiencias exitosas en la Orinoquía, promoviendo el acceso a financiamiento internacional, transferencia de tecnología y cooperación técnica. Para maximizar este potencial, es fundamental establecer indicadores de monitoreo claros, fortalecer la gestión del conocimiento y fomentar alianzas multisectoriales que permitan que los beneficios de la restauración lleguen a más territorios de la región (Calderón-Balcázar et al., 2023).

Marco Conceptual

Restauración Ecológica

La restauración ecológica ha surgido como una disciplina y práctica basada en la ciencia destinada a revertir los efectos de la degradación ambiental y restaurar la integridad de los ecosistemas alterados por actividades antrópicas. Sin embargo, su significado y alcance han sido debatidos por diferentes autores, centrándose en los matices de las dimensiones ecológicas, sociales y operativas de la restauración.

Como lo articulan Aronson y Clewell (2018) la ecología de la restauración puede definirse como un proceso intencional destinado a asistir la recuperación de la integridad ecológica de un ecosistema degradado, dañado o destruido, con el objetivo de restaurar la estructura, función y resiliencia de ese sistema. Bajo esta definición, la restauración no tiene que significar reproducir las condiciones históricas exactas, sino más bien, alcanzar un estado que sea funcionalmente viable y ecológicamente sostenible, que puede determinarse por la presencia de niveles apropiados de biodiversidad, funcionalidad del ecosistema y servicios ecosistémicos.

Singh et al. (2019) mencionan cómo la restauración ecológica tiene un componente explícito de objetivos ecológicos que pueden medirse, como aumentar la recuperación de la

vegetación, la restauración de procesos hidrológicos y de nutrientes, así como el aumento de la capacidad de carga del sistema para representar condiciones que asemejen estados de referencia (ya sean pasados o potenciales). Esto significa que la restauración es mucho más que simplemente 'plantar árboles', sino más bien el diseño y la implementación cuidadosos de medidas para permitir que el ecosistema recupere sus procesos biológicos y físicos fundamentales.

Desde una perspectiva emergente y basada en la evidencia global, Moreno-Mateos et al. (2020) sugieren que la restauración ecológica debe ser vista como un conjunto de intervenciones científicamente basadas y probadas destinadas a aumentar la biodiversidad del ecosistema y la capacidad de proporcionar servicios ecosistémicos, incluida la mitigación y adaptación al cambio climático. Este enfoque enfatiza la medición de resultados a través de métricas ecológicas robustas, como la diversidad funcional, la biomasa o la productividad primaria neta, y el uso de métricas cuantitativas para evaluar el éxito de las intervenciones restaurativas.

En América Latina, autores como Calvo-Alvarado et al. (2021) han señalado la necesidad de incluir la restauración ecológica, las condiciones socioambientales y productivas del territorio, especialmente cuando las intervenciones tienen lugar en paisajes dominados por el ser humano, como la ganadería o la agricultura. En estos casos, la restauración ecológica debería incorporarse como un proceso socioecológico que aprecia los aspectos socioculturales y económicos de la comunidad y los procesos ecológicos necesarios para restaurar el sistema.

Cabe señalar que la restauración ecológica debe ser diferenciada de otros conceptos que se asocian frecuentemente, pero que son conceptualmente distintos. Por ejemplo, Rey Benayas et al. (2019) describen la rehabilitación como la provisión de acciones diseñadas para mejorar

ciertas funciones del ecosistema sin abordar la necesidad de restaurar la complejidad original del sistema.

Jones y Schmitz (2009) describen la recuperación como un proceso que puede referirse a procesos más espontáneos o pasivos que, en algunos casos, están incluidos en la restauración, pero carecen de un plan activo o propósitos especificados. Estas diferencias son esenciales en este estudio porque cada concepto sugiere diferentes niveles de intervención, monitoreo y evaluación.

La restauración ecológica se entiende como un proceso científico que tiene intenciones, objetivos, cuenta con métricas que se pueden evaluar, y tiene un conocimiento de la interdependencia de componentes ecológicos y, en caso de que se presenten, socioeconómicos de las áreas a restaurar. Guía en la toma de decisiones en este caso metodológicas y analíticas, y en la medida que se define la selección de indicadores, criterios de éxito restaurativo y marcos de evaluación que serán aplicables a las experiencias que se han dado en la Orinoquía colombiana entre los años 2015 a 2025 (Gann et. al, 2019).

Soluciones Basadas en la Naturaleza (SBN) y Adaptación Basada en Ecosistemas (ABE)

Las Soluciones Basadas en la Naturaleza (SBN) son estrategias que utilizan principios ecológicos y las funciones naturales de los ecosistemas para abordar desafíos sociales apremiantes, como el cambio climático, la seguridad alimentaria y la reducción del riesgo de desastres (IPCC, 2021). Uno de sus aspectos más importantes es la Adaptación Basada en Ecosistemas (ABE), que emplea la restauración, conservación y gestión sostenible de los ecosistemas para aumentar la resiliencia de las comunidades humanas ante eventos climáticos extremos. Las SBN ofrecen respuestas rentables, flexibles y sostenibles que integran la mitigación y la adaptación climática.

En el caso de la Orinoquía, las SBN representan una alternativa eficaz para abordar la degradación del paisaje y la vulnerabilidad climática. Acciones como la restauración de corredores ribereños, la protección de humedales y la implementación de sistemas agroforestales aumentan la capacidad de amortiguación de los ecosistemas frente a sequías, inundaciones e incendios (Rodríguez y Sánchez, 2020; Trujillo et al., 2022). Estos enfoques no solo mejoran las condiciones ecológicas del territorio, sino que también generan beneficios para las comunidades locales, como el acceso a alimentos, agua potable y medios de vida sostenibles.

Además, la naturaleza transversal de las SBN permite su integración en las políticas de ordenamiento territorial, los planes de desarrollo rural y los programas de cambio climático. Según el IPCC (2021) su implementación requiere fortalecimiento institucional, coordinación intersectorial y financiación adecuada. Por lo tanto, las SBN constituyen no solo una herramienta técnica, sino también una visión de gobernanza ambiental participativa que promueve la corresponsabilidad en la conservación del patrimonio natural y el bienestar humano. En este contexto, la restauración ecológica emerge como una de las SBN más efectivas y replicables en regiones como la Orinoquía.

Cambio Climático en la Orinoquía

El cambio climático se refiere a cambios significativos y sostenidos en los patrones climáticos globales, atribuibles en gran medida a la actividad humana, especialmente al aumento de gases de efecto invernadero como el dióxido de carbono, el metano y el óxido nitroso. Estos cambios se manifiestan en fenómenos como el aumento de las temperaturas globales, cambios en los patrones de precipitación, un aumento de eventos extremos (huracanes, sequías, inundaciones) y la pérdida de la cobertura glacial y la biodiversidad (IPCC, 2021). El

calentamiento global ha generado repercusiones directas e indirectas en los ecosistemas, los sistemas de producción y las comunidades humanas.

En la Orinoquia colombiana, el cambio climático ha tenido impactos visibles en los sistemas ecológicos y productivos. Estudios del IDEAM (2015) reportan que esta región ha experimentado aumentos progresivos de temperatura, así como una mayor variabilidad en los patrones de precipitación, con eventos extremos cada vez más frecuentes e intensos, como sequías prolongadas e inundaciones severas. Estas condiciones no solo alteran los ciclos hidrológicos y la productividad primaria, sino que también afectan la estabilidad del suelo, la disponibilidad de agua, la salud de los ecosistemas y la viabilidad de las actividades agrícolas, aumentando la vulnerabilidad de las comunidades rurales.

En este escenario, la restauración ecológica se posiciona como una herramienta estratégica para abordar los efectos del cambio climático en la Orinoquía. Mediante la reforestación con especies nativas, la rehabilitación de humedales y la recuperación de la cobertura vegetal, se mejora la captura de carbono, se optimiza la regulación hídrica y se fortalece la resiliencia de los ecosistemas ante las perturbaciones climáticas. El IPCC (2021) reconoce que los ecosistemas sanos y restaurados desempeñan un papel fundamental en la mitigación del cambio climático, actuando como sumideros de carbono y barreras naturales ante eventos extremos, además de contribuir a la adaptación de las comunidades locales mediante la restauración de los servicios ecosistémicos.

Resiliencia Socio-Ecológica

La resiliencia socioecológica se refiere a la capacidad combinada de los sistemas sociales y ecológicos para absorber perturbaciones, adaptarse al cambio y reorganizarse sin perder su funcionalidad básica. Este concepto, promovido por la Evaluación de los Ecosistemas del

Milenio (MEA, 2005), destaca la interdependencia entre la naturaleza y las sociedades humanas, reconociendo que los procesos ecológicos y sociales están interconectados en sistemas complejos. La resiliencia implica no solo resistir impactos negativos, sino también aprender, innovar y transformarse para mantener un estado funcional ante crisis ambientales, sociales o económicas. En el caso de la Orinoquía, fortalecer la resiliencia socioecológica es imperativo debido a la alta exposición de la región a los efectos del cambio climático y al deterioro progresivo de sus ecosistemas. La transformación del uso del suelo, la pérdida de biodiversidad y la fragmentación del hábitat reducen la capacidad de adaptación de la región, tanto ecológica como socialmente. Las comunidades rurales e indígenas dependen directamente de los recursos naturales, y su vulnerabilidad aumenta a medida que disminuye la calidad de los servicios ecosistémicos que proporcionan agua, alimentos, salud y medios de vida. La restauración ecológica, especialmente bajo estructuras participativas y culturalmente apropiadas, puede fortalecer esta resiliencia al promover la regeneración natural, diversificar la cobertura vegetal y fomentar el empoderamiento local.

González-Molina et al. (2022) destacan que la restauración participativa aumenta la cohesión social, revitaliza el conocimiento ecológico tradicional y mejora la gobernanza territorial. Al integrar el conocimiento local con enfoques científicos, se desarrollan capacidades colectivas para afrontar los desafíos ambientales. Por lo tanto, la restauración no solo recupera ecosistemas degradados, sino que también promueve territorios mejor preparados para afrontar futuras crisis ambientales desde una perspectiva de justicia social y sostenibilidad ecológica.

Servicios Ecosistémicos

Los servicios ecosistémicos son los beneficios que los seres humanos obtienen directa o indirectamente de los ecosistemas. Según la Evaluación de los Ecosistemas del Milenio (MEA,

2005), estos servicios se clasifican en cuatro categorías: servicios de aprovisionamiento (como alimentos, agua y madera), servicios de regulación (como el ciclo del clima, el agua y los nutrientes), servicios culturales (valores espirituales, identidad, recreación) y servicios de apoyo (formación del suelo, polinización, fotosíntesis). Estos servicios son fundamentales para la salud, el bienestar y la supervivencia de las sociedades humanas, especialmente en regiones donde la dependencia de los recursos naturales es directa y cotidiana, como ocurre en muchas zonas rurales de la Orinoquía.

La transformación del paisaje de la Orinoquía ha provocado una alarmante disminución en la prestación de estos servicios, como resultado de la pérdida de cobertura vegetal, la fragmentación del hábitat y la degradación de humedales y bosques riparios (Rodríguez y Sánchez, 2020). Esta pérdida impacta negativamente la regulación hídrica, la retención del suelo, el secuestro de carbono y la conservación de la biodiversidad, aumentando la vulnerabilidad de los ecosistemas al cambio climático. Además, la pérdida de servicios ecosistémicos culturales socava los vínculos de las comunidades con su entorno natural, afectando las tradiciones, las identidades territoriales y las prácticas sostenibles de gestión del paisaje.

En este contexto, la restauración ecológica se convierte en una estrategia fundamental para la recuperación y el fortalecimiento de los servicios ecosistémicos en la Orinoquía. Intervenciones como la reforestación con especies nativas, la regeneración de la cobertura natural y la rehabilitación de humedales restauran funciones ecológicas esenciales que apoyan el suministro de agua, la regulación del clima y la conservación del hábitat de especies clave. Como Clewell y Aronson (2013) han señalado, la restauración no es simplemente la replantación de árboles, sino más bien la reconstrucción de la estructura ecológica que permite a los ecosistemas sostenerse a sí mismos y proporcionar beneficios duraderos a las comunidades humanas. Este

enfoque integrado de los servicios ecosistémicos en los procesos de restauración proporciona una base sólida para fortalecer la sostenibilidad ecológica y social de la región del Orinoco.

Participación Comunitaria en Restauración Ecológica

La participación comunitaria en los procesos de restauración ecológica es esencial para garantizar la sostenibilidad de las intervenciones y su apropiación a largo plazo. Las comunidades locales no solo son los principales usuarios del territorio, sino que también poseen un valioso conocimiento tradicional sobre la dinámica ecológica, las especies nativas y los usos sostenibles del medio ambiente. La participación de estas comunidades, desde la planificación hasta el seguimiento de los proyectos de restauración, fortalece los vínculos sociales, aumenta la legitimidad de las acciones y promueve la conservación como estrategia de desarrollo territorial (González-Molina et al., 2022).

En el contexto de la Orinoquía, donde coexisten comunidades campesinas, indígenas y afrocolombianas con profundos arraigos culturales y territoriales, la restauración participativa adquiere un valor especial. La inclusión activa de los actores locales permite el diseño de proyectos adaptados a las condiciones socioecológicas específicas de cada territorio, considerando factores como el uso del suelo, las prácticas de producción tradicionales y las percepciones culturales del paisaje. Además, fomenta la creación de redes de gobernanza ambiental que promueven la toma de decisiones colaborativa y la corresponsabilidad en la gestión territorial (González-Molina et al., 2022; Rodríguez y Sánchez, 2020).

Además, los procesos participativos contribuyen al fortalecimiento de las capacidades locales, la generación de empleos verdes y la promoción de estrategias económicas sostenibles basadas en la restauración y la conservación. A través de la educación ambiental, los programas de incentivos y la coordinación con actores institucionales, se amplía el empoderamiento

comunitario y se garantiza la restauración no solo ecológica sino también social. Este enfoque holístico ha sido fundamental en proyectos exitosos en la región, como lo demuestran varias iniciativas en Meta y Vichada, donde las comunidades lideraron acciones de restauración adaptadas a sus realidades.

Monitoreo y Evaluación de la Restauración

El monitoreo y la evaluación son componentes clave para determinar la efectividad de los procesos de restauración ecológica, ya que permiten medir el progreso, identificar obstáculos, ajustar estrategias y alcanzar los objetivos ecológicos y sociales propuestos. Sin un monitoreo adecuado, las intervenciones pueden volverse simbólicas o insostenibles en el tiempo. El monitoreo debe ser integral, continuo y adaptativo, incluyendo indicadores biofísicos, ecológicos, sociales y de gobernanza (Clewell y Aronson, 2013; Rodríguez y Sánchez, 2020).

En la Orinoquía, uno de los principales desafíos que enfrentan los programas de restauración ha sido la falta de sistemas de evaluación robustos que permitan comprender el impacto real de las acciones implementadas. Muchas iniciativas carecen de líneas base, protocolos estandarizados o mecanismos de monitoreo participativo. Esta carencia limita el aprendizaje institucional, la rendición de cuentas y la capacidad de escalar las buenas prácticas. Además, dificulta la coordinación entre los múltiples actores involucrados en los procesos de restauración, lo que genera dispersión de esfuerzos y baja efectividad (Rodríguez y Sánchez, 2020).

La implementación de sistemas de monitoreo efectivos requiere metodologías claras, participación comunitaria, recursos sostenibles y la integración de herramientas tecnológicas como sistemas de información geográfica, teledetección y bases de datos compartidas. La experiencia adquirida en proyectos como los evaluados por Trujillo et al. (2022) demuestra que

el monitoreo no solo debe ser técnico, sino también social, incluyendo las percepciones, el aprendizaje colectivo y la apropiación del proceso. Solo con un monitoreo sistemático y contextualizado será posible garantizar que la restauración ecológica en la Orinoquía cumpla su función en la recuperación de los ecosistemas y la adaptación al cambio climático.

Contexto de Degradación y Drivers Históricos

La Orinoquía colombiana ha sido históricamente un territorio de gran riqueza ecológica y cultural, caracterizado por la presencia de sabanas naturales, bosques riparios, humedales estacionales y una amplia diversidad biológica. Sin embargo, durante el último siglo, este territorio ha experimentado un acelerado proceso de transformación asociado a las políticas de colonización interna, la expansión de la frontera agrícola, la infraestructura vial y la explotación de los recursos naturales. Estos procesos han sido impulsados tanto por intereses económicos nacionales como por presiones geopolíticas para integrar la región a los mercados internacionales, generando cambios drásticos en el uso del suelo y la pérdida de funcionalidad ecológica (Rodríguez y Sánchez, 2020).

Entre los principales impulsores de la degradación ecológica se encuentran la ganadería extensiva, que ha reemplazado grandes extensiones de vegetación nativa por pastizales artificiales; los monocultivos de palma aceitera y arroz, que han alterado los ciclos hidrológicos y reducido la biodiversidad; y la exploración de hidrocarburos, cuyas actividades generan fragmentación del hábitat, contaminación del agua y alteración del suelo. La construcción de carreteras y oleoductos ha facilitado el acceso a áreas previamente preservadas, acelerando el cambio de uso del suelo y promoviendo la ocupación incontrolada del territorio. Estas actividades han afectado no solo la estructura ecológica, sino también el tejido social de las

comunidades locales, que enfrentan crecientes conflictos socioambientales y la pérdida de sus medios de vida tradicionales (Calderón-Balcázar et al., 2023).

Este contexto de degradación ha generado impactos significativos en servicios ecosistémicos esenciales, como la regulación hídrica, el secuestro de carbono, la conservación de la biodiversidad y la provisión de recursos naturales. Además, ha reducido la resiliencia ecológica de los sistemas naturales, haciéndolos más vulnerables a los efectos del cambio climático, como sequías prolongadas e inundaciones extremas. Comprender estos factores históricos es esencial para desarrollar estrategias de restauración efectivas y contextualizadas que respondan no solo a la dinámica ecológica, sino también a las causas estructurales de la degradación. En este sentido, la restauración ecológica no puede separarse de los procesos sociales, económicos y políticos que han configurado el paisaje actual del Orinoco y debe abordarse desde una perspectiva integral, territorial y adaptativa (Rodríguez Y Sánchez, 2020; Millennium Ecosystem Assessment, 2005).

Materiales y Métodos

La presente investigación se desarrolló a través de un enfoque cualitativo basado en documentos, con alcance descriptivo-analítico, orientado a examinar el impacto de las estrategias de restauración ecológica implementadas en la región de la Orinoquía colombiana con respecto al cambio climático en el período de 2015 a 2025.

Área de Estudio

El análisis se centra en la región de la Orinoquía colombiana compuesta por los departamentos de Meta, Casanare, Arauca y Vichada, caracterizada por ecosistemas de sabana tropical, bosques de galería y humedales estacionales. Esta región ha sido priorizada en varios programas de restauración y reconversión productiva debido a los procesos de suelos degradados, paisajes alterados y vulnerabilidad climática relacionada con la expansión de la ganadería y la agroindustria.

Enfoque Metodológico

Este estudio adoptó un enfoque cualitativo que prioriza una comprensión profunda, contextualizada e interpretativa de las dinámicas socioecológicas asociadas a los procesos de restauración ecológica en la Orinoquía colombiana. Este enfoque es ideal para explorar fenómenos complejos y multidimensionales, como la adaptación al cambio climático en territorios con diversidad ambiental y social, sin recurrir a la manipulación de variables ni a técnicas cuantitativas. La investigación buscaba capturar no solo los resultados ecológicos de las intervenciones, sino también los significados, las prácticas, las limitaciones y los impactos reportados en la literatura científica e institucional.

Tipo de Investigación

Este es un proyecto de investigación documental y analítica que buscaba recopilar, seleccionar, sistematizar y analizar críticamente fuentes secundarias. El objetivo es interpretar la efectividad de las estrategias de restauración ecológica frente al cambio climático, con base en datos publicados entre 2015 y 2025 en diversos tipos de documentos: artículos científicos, informes técnicos, tesis académicas, evaluaciones de políticas públicas y estudios de caso regionales.

Diseño Metodológico

El diseño metodológico es no experimental, ya que no se realizaron intervenciones directas en los ecosistemas ni se manipularán variables en campo. En su lugar, se realizó un análisis transversal de experiencias de restauración previamente implementadas, con base en la documentación disponible entre 2015 y 2025. Se revisaron estudios de caso, literatura científica, informes técnicos y documentos normativos para analizar críticamente los enfoques, resultados y factores de éxito o limitantes en los procesos de restauración ecológica en la región del Orinoco.

Técnicas e Instrumentos de Recolección de Datos

Se emplearon técnicas de recolección de datos para garantizar un análisis riguroso y estructurado de la información disponible sobre restauración ecológica. Estas técnicas permitieron la identificación de patrones, la síntesis de resultados y la clasificación temática de los documentos más relevantes para el estudio. Las principales técnicas e instrumentos utilizados fueron:

- Revisión sistemática de literatura científica y técnica.
- El análisis de contenido temático se aplicó a documentos regulatorios, informes

técnicos e investigación académica.

- Se utilizó una matriz de revisión de documentos para realizar comparaciones estructuradas entre documentos, incluyendo campos para referencias completas, tipo de estrategia, contexto, actores involucrados, resultados e impactos reportados.

- Clasificación temática por dimensiones: ecológica, climática, institucional y social.

Para garantizar la consistencia metodológica, se definieron criterios de inclusión y exclusión durante el proceso de búsqueda de documentos:

Criterios de Inclusión

- Publicaciones académicas, técnicas o institucionales publicadas entre 2015 y 2025
- Estudios centrados en la región de la Orinoquía colombiana o con información aplicable a sus condiciones ecológicas y sociales
- Documentos que aborden procesos de restauración ecológica y su relación con el cambio climático
- Fuentes con acceso completo y trazabilidad verificable (repositorios institucionales, bases indexadas, bibliotecas académicas)

Criterios de Exclusión

- Documentos sin respaldo metodológico o sin revisión por pares (por ejemplo, entradas de blogs o boletines no técnicos)
- Publicaciones fuera del rango temporal definido
- Informes o artículos con enfoque exclusivamente técnico sin relación explícita con el cambio climático o la resiliencia ecosistémica

Fuentes de Datos

Las fuentes de datos utilizadas en esta investigación se seleccionaron con base en su relevancia, confiabilidad y disponibilidad durante el período 2015-2025. Se priorizaron las publicaciones de acceso abierto o aquellas contenidas en repositorios institucionales que garantizan la trazabilidad y calidad de la información. En total, se analizaron documentos, los cuales podían incluir:

- Artículos científicos indexados en bases de datos como Scopus, Redalyc, SciELO y Google Académico
- Informes técnicos de entidades gubernamentales (IDEAM, Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible) y organizaciones multilaterales (IPCC, FAO)
- Tesis de maestría y doctorado relacionadas con la restauración ecológica y el cambio climático en Colombia
- Documentos de política pública, como el Plan Nacional de Restauración Ecológica 2021-2030

Criterios de Análisis

Para estructurar el análisis de la información recopilada, se establecieron criterios para evaluar integralmente las estrategias de restauración en la región. Estos criterios facilitaron la comparación de los enfoques, los impactos y los niveles de participación registrados en los documentos seleccionados. Se consideraron los siguientes aspectos:

- Tipo de estrategia de restauración utilizada (reforestación, regeneración natural, silvicultura ecológica, sistemas agroforestales, sistemas silvopastoriles)
- Impacto ecológico documentado (biodiversidad, cobertura vegetal, calidad del suelo, servicios ecosistémicos)

- Relación con el cambio climático (mitigación de emisiones, adaptación a los riesgos climáticos, resiliencia ecológica)
- Escalabilidad y sostenibilidad de las prácticas implementadas
- Participación comunitaria y estructura institucional asociada El análisis se centró en identificar:
 - Qué medidas de restauración ecológica se han implementado en la Orinoquía
 - Qué resultados ecológicos y funcionales se han reportado y,
 - Qué estrategias específicas de seguimiento y monitoreo han descrito las entidades implementadoras, para asegurar la consistencia entre la metodología y los resultados.

Procesamiento y Análisis de Datos

Los datos obtenidos se procesaron de forma estructurada, lo que facilitó la organización y el análisis temático del contenido. Se establecieron los pasos para transformar la información recopilada en hallazgos analíticos útiles para la discusión y las conclusiones del estudio.

El proceso constó de tres fases:

1. Organización de la información en matrices y tablas comparativas con base en la revisión documental.
2. Codificación abierta de los principales conceptos y hallazgos presentes en cada documento.
3. Categoría temática: agrupación de las referencias y conceptos en categorías analíticas alineadas con los objetivos del estudio: degradación y restauración de suelos, estrategias de producción sostenible y fortalecimiento de la resiliencia socioecológica.

Se aplicaron criterios cualitativos para evaluar la eficacia de las estrategias identificadas:

- Relevancia: adecuación de la estrategia al contexto socioecológico.
- Diversidad de beneficios: contribución en términos de servicios ecosistémicos y

beneficios sociales.

- Participación social: grado de involucramiento de las comunidades y actores institucionales.

- Escalabilidad: potencial de replicación en la región.

Finalmente, se realizó una interpretación crítica de los resultados a la luz del marco teórico y conceptual, generando conclusiones y recomendaciones para fortalecer la restauración ecológica y su vínculo con la mitigación y adaptación al cambio climático.

Limitaciones

Una limitación reconocida del estudio es el acceso restringido a ciertos informes técnicos no publicados o pertenecientes a instituciones privadas. Sin embargo, este obstáculo se superó mediante la selección cuidadosa de fuentes verificadas, disponibles en repositorios científicos e institucionales. La investigación se realizó de acuerdo con los principios éticos de la investigación documental, garantizando la citación adecuada y el uso responsable de la información consultada.

Resultados

Los resultados de este estudio se basan en una revisión documental de literatura científica, técnica e institucional publicada entre 2015 y 2025 sobre restauración ecológica en la región de la Orinoquía en Colombia, especialmente la restauración de suelos y la resiliencia al cambio climático. El análisis se centró en los objetivos específicos de la investigación, mediante la identificación, comparación e interpretación de experiencias, enfoques metodológicos, estrategias de intervención y resultados en estudios de caso y directrices oficiales.

Como herramienta de organización y análisis, se utilizó una matriz de revisión documental, que permitió la clasificación de las fuentes por autor, año, contexto territorial, tipo de intervención, variables ecológicas evaluadas y principales resultados reportados. Esta matriz proporcionó la trazabilidad de la información utilizada para apoyar el desarrollo de cada objetivo específico y permitió establecer patrones comunes, diferencias metodológicas y lecciones aprendidas de los procesos de restauración ecológica analizados que se presenta a continuación:

Tabla 1

Matriz de Revisión Documental

#	Autor	Año	Título	DOI o URL
1	Cardozo Martines, Y. J.	2025	Análisis de estrategias de sostenibilidad en la cuenca del Orinoco colombiano basados en experiencias aplicadas en otras cuencas	https://repository.usta.edu.co/server/api/core/bitstreams/267824a6-3179-4dcabbca-a1c91a584a94/content
2	Jaramillo Castillo, L.	2024	Apoyo en el diseño y ejecución de proyectos de reforestación con especies nativas en la Orinoquía	https://repository.udistrital.edu.co/server/api/core/bitstreams/e36c96ea-aa1d-4279-a1f0-3b6e1b99ca83/content

#	Autor	Año	Título	DOI o URL
3	Aragón Sánchez, M. N., & Burgos Contento, J. E.	2024	Integración de paisajes y estrategias multidisciplinares para la restauración ecológica y reforestación en la selva central de Perú y la región de la Orinoquía desde el análisis de impactos ambientales y socioeconómicos en la recuperación de servicios ecosistémicos	https://agris.fao.org/search/en/providers/124649/records/66e84583cd53c72de2ca183f
4	Angulo-Ospina, C. A., & SilvaHerrera, L. J.	2016	Crecimiento de cuarenta especies forestales nativas, aptas para restauración en la Orinoquia colombiana.	https://link.gale.com/apps/doc/A514617177/IFME?u=anon~c282253a&sid=googleScholar&xid=4462c2f6
5	Cano, Y., Herrera, A., Rey, J., Rincón, A., Pérez, C., & Vítar, J.	2022	Restauración ecológica de un bosque húmedo tropical en el piedemonte llanero, vereda la unión, Villavicencio-Meta	https://www.researchgate.net/profile/juan-vitarmendoza-2/publication/351853157_restauracion_ecologica_de_un_bosque_humedo_tropical_en_el_piedemonte_llanero_vereda_la_union_villavicencio-meta/links/60ad3ffe92851c168e401ba9/restauracionecologica-de-un-bosquehumedo-tropical-en-el-piedemonte-llanovereda-la-unionvillavicencio-meta.pdf

#	Autor	Año	Título	DOI o URL
6	Suárez Ángel, Á. M.	2020	Identificación de los puntos críticos de deforestación del caño Camoa, como insumo para el diseño e implementación de los programas de restauración ecológica del bosque de galería en el municipio de san martín de los llanos, departamento del Meta	http://hdl.handle.net/11634/23578
7	González Jiménez, G., & Choque Ladino, N.	2015	Condiciones actuales en términos de pérdida de biodiversidad en corredores biológicos de la granja agroecológica UNIMINUTO, Villavicencio, Meta, Colombia	https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=5590944
8	Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible.	2024	Estrategia Nacional De Restauración	https://www.minambiente.gov.co/wp-content/uploads/2025/03/ENR_3022025.pdf
9	Jiménez, G. G., & Ladino, N. C.	2015	Condiciones actuales en términos de pérdida de biodiversidad en corredores biológicos de la Granja Agroecológica UNIMINUTO, Villavicencio, Meta, Colombia	https://link.gale.com/apps/doc/A679086351/AONE?u=anon~d03b3f3&sid=googleScholar&xid=59f099d3
10	Knowles, M. d.	2016	Cambio climático: una mirada desde las políticas y la gestión ambiental en Colombia	http://hdl.handle.net/11349/22824

#	Autor	Año	Título	DOI o URL
11	Castro-Garzón, H., Contreras, E. J., & Rodríguez, J. P.	2020	Análisis ambiental: impactos generados por los residuos agrícolas en el municipio de El Dorado (Meta, Colombia)	https://revistaespacios.com/a20v41n38/a20v41n38p05.pdf
12	Aguilar-Garavito, M., & RamírezHernández, W.	2016	Fundamentos y consideraciones generales sobre restauración ecológica para Colombia	https://revistas.humboldt.org.co/index.php/BEP/article/view/50
13	Castañeda González, A. M.	2015	Modelación del cambio climático en el departamento del Meta mediante la susceptibilidad de las zonas de Holdridge	http://publicaciones.unimet.edu.co/index.php/gua/article/view/218
14	Avella, M. A., García, G. N., Fajardo-Gutiérrez, F., & González-Melo, A.	2019	Secondary successional patterns in an inter-Andean dry tropical forest of Colombia: Implications for ecological restoration	https://doi.org/10.15446/caldasia.v41n1.65859
15	Suárez, R. S., & Vargas, R. O.	2019	Floristic composition and ecological relationships of plant species of edge, patches, and remnant trees in a dry tropical forest in Colombia. Implicaciones for ecological restoration	https://doi.org/10.15446/caldasia.v41n1.71281

Nota. Matriz de revisión documental de estudios sobre sostenibilidad, reforestación y restauración ecológica en la Orinoquía.

Análisis de la Matriz de Revisión Documental

Esta revisión documental permitió identificar diferentes enfoques teóricos y metodológicos respecto a los procesos de restauración ecológica y su contribución a la mitigación y adaptación al cambio climático en la Región de la Orinoquía en Colombia. La revisión de los estudios seleccionados muestra la contribución a la comprensión de la evolución conceptual y práctica de las estrategias para la restauración de ecosistemas degradados.

Desde el principio, varios estudios señalan la relevancia de entender los procesos ecológicos que sustentan la recuperación de los ecosistemas. Angulo-Ospina y Silva-Herrera (2016) argumentan que la restauración ecológica debe basarse en el conocimiento de los ecosistemas tropicales, especialmente sobre la sucesión y recuperación de la cobertura vegetal en áreas degradadas. De la misma manera, Aguilar-Garavito y Ramírez-Hernández (2016) proponen que los procesos de restauración deben considerar criterios ecológicos y sociales, donde, en este sentido, la involucración de las comunidades locales es un factor determinante para la sostenibilidad de las intervenciones ambientales.

Los estudios enfocados en la restauración de ecosistemas específicos destacan la necesidad de aplicar estrategias diferenciadas de acuerdo al tipo de cobertura vegetal y las condiciones ambientales del territorio. En este sentido, Avella *et. al* (2019) estudian experiencias de restauración en ecosistemas de sabana y bosque de galería, mostrando que la recuperación de la vegetación nativa contribuye a la preservación de la biodiversidad y la restauración de los servicios ecosistémicos. Asimismo, Suárez y Vargas (2019) enfatizan que los procesos de restauración ecológica deben considerar la conectividad ecológica entre fragmentos de bosque, ya que esto facilita el movimiento de especies y la restauración de la estructura funcional de los ecosistemas.

Otros autores enfatizan el papel de la restauración ecológica como una estrategia para enfrentar los efectos del cambio climático. De esta manera, Cano *et. al* (2022) afirman que las iniciativas de restauración compensan la captura de carbono, la regulación del agua y la resiliencia de los ecosistemas ante eventos climáticos extremos. De igual forma, Cardozo *et al* (2025) señala que las restauraciones de paisajes productivos crean usos adaptativos ambientales y socioeconómicos para las comunidades afectadas por el cambio climático.

Desde una perspectiva territorial, varios estudios analizan las experiencias de restauración ecológica desarrolladas específicamente en la región de Orinoquía. Jaramillo (2024) documenta iniciativas para la recuperación de áreas degradadas a través de la reforestación con especies nativas, reconociendo su contribución a la restauración de los servicios ecosistémicos y la reducción de la degradación ambiental. Continuando, Aragón y Burgos (2024) estudiaron programas de restauración en los paisajes de pastoreo de la región, mostrando que la adición de árboles y sistemas agroforestales aumentó la productividad del suelo y fortaleció la sostenibilidad ambiental de las actividades productivas.

De igual forma, algunos autores analizan la restauración ecológica desde una óptica socioambiental. Castro-Garzón *et. al* (2020) señala que, por un lado, los procesos de restauración deben articularse con los procesos de desarrollo rural sostenible, de manera que la gestión de los territorios desde el medio ambiente tenga sinergia con el funcionamiento económico de los territorios. Castañeda González (2015) señala que la restauración rural, además de participativa, debe ser apropiativa, que es cuando los miembros de la comunidad asumen el control de los recursos, para el uso de la restauración y, fundamentalmente, para aquellos contextos rurales donde las comunidades se encuentran subsumidas o dependen directamente de los recursos naturales, el éxito de la restauración es, con toda seguridad, de alcance igual al apropiativo.

Seguidamente, la Estrategia Nacional de Restauración indica que, en el caso de Colombia, la recuperación de ecosistemas degradados requiere, para fortalecer la recuperación de los ecosistemas, la colaboración de la implementación de políticas públicas, la participación de la comunidad y la planificación del territorio, para que, en conjunto, se logre una mejor resiliencia de los ecosistemas frente a los efectos del cambio climático (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2024).

De los estudios analizados, se evidencia la importancia de consolidar el proceso de educación ambiental y la formación de las comunidades. Knowles (2016) afirma que el aprendizaje por la experiencia y la participación de los actores acelera la sostenibilidad de las prácticas que se implementan. González Jiménez y Choque Ladino (2015) coinciden que, la educación ambiental es, sin duda, la base para que se produzcan los cambios en las prácticas que degradan el medio ambiente.

Finalmente, los aportes de González-Jiménez y Choque Ladino (2015) y Suárez-Ángel (2020) resaltan la necesidad de incorporar la restauración ecológica en las políticas públicas de gestión integrada de la acción ambiental y ordenamiento territorial, considerando la posibilidad de que la restauración ecológica ayude a la conservación de la biodiversidad y a la reducción de los impactos del cambio climático en las regiones más críticas, como la Orinoquía colombiana.

El análisis revela que las investigaciones coinciden en que la restauración ecológica es una estrategia integral para la recuperación de ecosistemas dañados y la recuperación de la resiliencia socioecológica frente al cambio climático. No son solo iniciativas que recuperan la cobertura vegetal y los servicios ecosistémicos, sino que, también producen y sostienen modelos productivos y fomentan la adaptación de los territorios rurales a la dimensión variable de los

cambios ambientales globales, como lo indican las políticas nacionales de restauración ecológica en Colombia (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2024).

De la sistematización se desprendieron tres grandes núcleos de resultados: (1) evidencias de los procesos de degradación y de la recuperación de suelos y ecosistemas estratégicos de la Orinoquía, (2) estrategias productivas sostenibles asociadas a la restauración ecológica y (3) la restauración y su relación con la resiliencia socioecológica ante el cambio climático. Cada uno de estos núcleos responde de manera directa a los objetivos específicos planteados en el estudio y se expone a continuación en función de los hallazgos documentados.

Identificar las Principales Estrategias y Enfoques para la Restauración Ecológica Adoptados en la Región de la Orinoquía

A partir de la matriz de revisión de documentos desarrollada con las fuentes seleccionadas (2015-2025), se identificó que las estrategias de restauración ecológica implementadas en la Orinoquía colombiana responden a tres grandes enfoques operativos:

restauración activa con especies nativas, restauración productiva integrada y restauración basada en la conectividad y la gobernanza territorial. Estas estrategias han sido ejecutadas principalmente por entidades ambientales públicas, universidades regionales, organizaciones no gubernamentales y programas de cooperación internacional, con variable participación de las comunidades locales.

La restauración activa con especies nativas parece ser el enfoque más documentado en áreas de bosque de galería, llanos de Piedemonte y áreas con suelos severamente degradados. Los estudios reportan intervenciones que incluyen producción de plántulas en viveros locales, enriquecimiento forestal, plantaciones multiestratificadas y manejo de sombra y suelo. Los estudios coinciden en que la selección de especies adaptadas a las condiciones edáficas locales

aumenta las tasas de establecimiento y disminuye la mortalidad temprana. Se reportan mejores desempeños en arreglos mixtos en comparación con plantaciones monoespecíficas, especialmente en términos de recuperación de la estructura vegetativa y estabilidad del suelo.

En segundo lugar, creció la diversificación de las estrategias de restauración productiva, en particular de los sistemas silvopastoriles y agroforestales, que son promovidos como mecanismos de reconversión de los paisajes ganaderos degradados. Estos sistemas incorporan árboles nativos, cercas vivas, bancos forrajeros arbóreos y corredores vegetales en matrices productivas. Los documentos en revisión han evidenciado que estos modelos han sido impulsados por los programas de reconversión ganadera, las iniciativas de restauración productiva y los proyectos de cooperación internacional. La evidencia sugiere que la adopción de estos modelos se incrementa, en primer lugar, por la participación de un técnico que apoye, durante el proceso, la asesoría y, en segundo lugar, por la elección de especies que generen beneficios (sombra, forraje, productos no maderables).

El tercer grupo de estrategias está relacionado con la restauración de los ecosistemas hídricos y de los humedales, donde se aplican tecnologías de revegetalización palustre, control de la perturbación y la gestión básica del agua. Los casos estudiados muestran intervenciones en los morichales, las rondas hídricas y en las zonas inundables, con la reintroducción de especies nativas que respondan al pulso hídrico. Estas acciones se han llevado a cabo a través de esquemas de co-manejo comunitario y proyectos piloto de territorialidad con un acento en la estabilización de sedimentos y en la recuperación de las funciones reguladoras del agua.

Los documentos analizados dan cuenta de manera transversal a varias de las estrategias de conectividad ecológica, las cuales buscan disminuir la fragmentación de los paisajes utilizando corredores biológicos, la restauración de franjas riparias y el establecimiento de

parches estratégicos de vegetación. Estas acciones buscan restablecer flujos de los ecosistemas, así como también mejorar la movilidad de la fauna y la dispersión de semillas, en aquellos paisajes altamente transformados por la ganadería extensiva y la agroindustria.

La revisión también pone en evidencia la existencia de modelos participativos de restauración, los cuales consideran el mapeo de los sectores degradados por las comunidades, la construcción de viveros de zonas rurales, las brigadas de restauración y el monitoreo local de plántulas. Los estudios analizados señalan que los proyectos que cuentan con participación comunitaria en la fase de planificación tienen mayor continuidad operativa y menores tasas de abandono, una vez ocurrido el retiro de la financiación inicial.

En conjunto, los resultados muestran que la restauración ecológica en la Orinoquía ha avanzado desde un enfoque meramente reforestador, a esquemas más integrales que incorporan la recuperación ecológica, la funcionalidad productiva, la conectividad del paisaje y la participación social. Esta combinación de estrategias constituye la base técnica de la intervención vigente, así como también de la orientación de la intervención sobre los efectos que se espera obtener de la intervención en el ámbito ambiental y climático.

Evaluar los Efectos de la Restauración Ecológica en Variables Ambientales Clave, como la Biodiversidad, la Cobertura Vegetal y el Secuestro de Carbono

La revisión documental mostró que hay suficiente evidencia para respaldar los efectos ambientales de las intervenciones de restauración ecológica de la Orinoquía en Colombia, especialmente en relación con la recuperación de la cobertura vegetal, la diversidad biológica, la funcionalidad del suelo, la regulación del agua y el potencial de captura de carbono. Los resultados provienen de estudios de campo, evaluaciones comparativas e informes de monitoreo técnico que se incorporaron a la matriz de análisis.

En términos de la recuperación de la cobertura vegetal, los estudios analizados coinciden en que las intervenciones de restauración activa utilizando especies nativas y plantaciones mixtas tienen mayores tasas de establecimiento y cierre de dosel que los procesos de regeneración natural sin asistencia. En las áreas de ladera y de bosque de galería, se reportan tasas de supervivencia del 60% al 75% cuando se aplican prácticas de preparación del suelo, selección de especies y mantenimiento inicial. La estratificación vertical de la vegetación - un indicador de recuperación estructural - se observa más rápidamente en arreglos de múltiples especies que en plantaciones homogéneas (Angulo-Ospina y Silva-Herrera, 2016; Jaramillo Castillo, 2024).

La investigación realizada indica que la incorporación de una variedad de estrategias que incluyen la diversidad de especies nativas, la restauración de bordes y la conectividad de parches, permite que la fauna asociada, principalmente aves, insectos polinizadores y especies de bordes de bosque, retornen progresivamente. Las cercas vivas y corredores ecológicos en los paisajes productivos restaurados ayudan a restablecer los flujos ecológicos y a la dispersión de semillas. En la literatura, se ha reportado que los sistemas restaurados que incluyen una mezcla de especies alcanzan mayores índices de diversidad que aquellos sistemas que han sido intervenidos con monos cultivos de especies arbóreas, aun cuando estos últimos han logrado, en un principio, una cobertura rápida (Avella et al., 2019; González Jiménez y Choque Ladino, 2015).

La mejoría en las propiedades del suelo es uno de los aspectos más constantes y documentados en las zonas restauradas. Las áreas restauradas ecológicamente han mostrado incremento en la materia orgánica y en la agregación del suelo, además de un mejor comportamiento en la retención de humedad, especialmente cuando se incorporan especies fijadoras de nitrógeno y coberturas permanentes. Se ha reportado que los suelos con una baja

cantidad de materia orgánica y que no han sido enmendados, o que no han sido colonizados por especies vegetales pioneras, han mostrado una baja supervivencia del material vegetativo, lo que evidencia la relación directa que existe entre la recuperación del sustrato y el éxito restaurativo (Angulo-Ospina y Silva-Herrera, 2016; Suárez Ángel, 2020).

Sobre el secuestro de carbono, los estudios revisados señalan que los sistemas agroforestales, silvopastoriles y restauraciones multiestratos muestran mayor acumulación de biomasa, tanto aérea como subterránea, que sistemas ganaderos de tipo convencional. Las intervenciones con enriquecimiento arbóreo y restauración riparia muestran una recuperación de las funciones de captura de carbono y regulación térmica del suelo más rápidamente. Evaluaciones comparativas indican que parcelas restauradas mantienen mayor humedad superficial en periodos secos y, durante episodios de alta temperatura, evidencian una reducción en la temperatura del suelo, lo que demuestra beneficios de forma simultánea en mitigación y adaptación climática (Calderón et al., 2023).

En ecosistemas de humedal restaurados, la elección de especies nativas que se adapten al régimen de humedad del área local se traduce en mejores tasas de establecimiento y en la estabilidad funcional, comparados con especies que han sido introducidas, con efectos positivos en regulación hídrica, acumulación de biomasa y estabilización de sedimentos. Estos sistemas además presentan efectos colaterales en la mejora de la calidad del agua y en el hábitat (Cano et al., 2022). Los documentos coinciden en que los mayores impactos ambientales positivos ocurren cuando la restauración combina la diversidad de especies, ajustando la restauración a las especificidades del contexto, la gestión técnica y la participación de los locales en el mantenimiento. Las intervenciones post-restauración aisladas, breves o no monitoreadas muestran resultados menos estables a lo largo del tiempo.

Proponer Directrices para Fortalecer los Procesos de Restauración Ecológica Basados en la Resiliencia Climática Regional

A partir del análisis comparativo de experiencias documentadas de restauración ecológica en la Orinoquía y los resultados ambientales reportados, se identifican patrones metodológicos, técnicos e institucionales que permiten derivar directrices orientadas a fortalecer los procesos restaurativos con enfoque de resiliencia climática. Estas directrices emergen de la evidencia analizada en estudios de caso, protocolos institucionales y evaluaciones del desempeño ecológico y social incluidas en la matriz documental.

Una primera directriz recurrente es la priorización de la diversidad funcional de especies nativas como criterio para el diseño restaurativo. Los estudios coinciden en que las plantaciones mixtas con especies pioneras, fijadoras de nitrógeno, de crecimiento rápido y de dosel tardío, e incluso de primavera, generan una mayor estabilidad ecológica ante eventos climáticos extremos que las plantaciones homogéneas. La diversidad estructural mejora la regulación del microclima, la retención de humedad y la resistencia a perturbaciones, y acelera la recuperación de funciones del ecosistema. Este enfoque se reitera en protocolos técnicos para restauración participativa y guías metodológicas nacionales (Instituto Humboldt, 2019; Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2025).

Los planes a futuro deben tener en cuenta estudios y proyecciones regionales sobre el comportamiento del clima y sus componentes. Este primer plan tiene que analizar el comportamiento y la variabilidad del clima y cómo afectará la plantación. Estudios donde se observa el comportamiento del clima y que realizan pronósticos a los años que se llevan a realizar la siembra. Estos estudios pronostican el comportamiento de los cultivos, y la siembra de cultivos que se encuentran en situación de estrés, e inclusive se deben en ciertos casos de realizar

campos de contención. Las experiencias en la siembra de cultivos que dependiendo del comportamiento microclimático de la zona, se han observado que el microclima en la zona, que los cultivos han sobrevivido más que en casos donde la siembra se ha realizado de acuerdo a un plan administrativo.

El tercer orden en cuanto a la identificación de un orden de planes es la restauración, la fusión de la restauración ecológica sustentable con la ecológica de los sistemas productivos ecológicos, en particular, integrando los sistemas silvopastoriles, agroforestería y la restauración productiva de los corredores de franja riparia. Todos estos sistemas han demostrado que aumentan la probabilidad de que la restauración se sostenga, por el hecho de que los beneficios económicos que se obtienen de estas actividades productivas, y estos sistemas productivos restaurativos. Los sistemas productivos restaurativos muestran además beneficios que los sistemas se posicionan como sistemas de sistemas.

Otra directriz importante es el fortalecimiento de la conectividad ecológica como estrategia de resiliencia a través de biocorredores, cercas vivas y restauración de bordes forestales y riparios. Los estudios de revisión asocian la conectividad con una mayor movilidad faunística, flujo genético y capacidad adaptativa de las especies a los cambios en los gradientes climáticos. Los corredores restaurados sirven como refugios microclimáticos y rutas de desplazamiento ante la variabilidad térmica e hídrica, lo que aumenta la resiliencia del paisaje a escala regional.

Repetidamente, la literatura analizada señala que la participación comunitaria y el monitoreo local continuo son críticos. Las intervenciones con monitoreo participativo, viveros comunitarios y seguimiento social tienen tasas de supervivencia de plántulas más altas y menor abandono post-proyecto. Las directrices derivadas incluyen capacitación técnica local, el

establecimiento de comités territoriales de restauración y el uso de indicadores socio-ecológicos que combinan variables ecológicas, sociales y productivas.

De acuerdo a la información analizada, los sistemas interinstitucionales, la academia y los actores de la comunidad, deben implementar sistemas de monitores a largo plazo, que incluyan cobertura, biodiversidad, suelo y carbono. Esta falta de seguimiento después de la etapa de financiamiento ha sido reportada en varios documentos y limita la evaluación real de los impactos que existen en el clima y la ecología, y limita la posibilidad de ajuste adaptativo de las intervenciones.

Restauración adaptativa, que consiste en evaluar, ajustar y aprender para que en el futuro opere de la mejor manera, es el enfoque que mayor evidencia ha mostrado. Los proyectos que más éxito han tenido comparten la habilidad de implementar tecnología, adaptarse a las condiciones locales y recibir y actuar en base a la retroalimentación, más que en implementar procesos rígidos. Esta manera de actuar les permite responder de mejor manera a la incertidumbre y a la variabilidad. Por este motivo, la mejora de la restauración en la Orinoquía debe incluir la biología y otras ciencias relacionadas, el clima, los sistemas de monitorización, la ecología y la sociología.

Conclusiones

El análisis documental reveló la implementación de diversas estrategias y enfoques de restauración ecológica en la Orinoquia colombiana, que abarcan desde la regeneración natural asistida y la restauración pasiva de áreas degradadas hasta sistemas de producción sostenibles como los sistemas silvopastoriles y agroforestales, así como la restauración y el manejo de humedales. Estas iniciativas, adaptadas a las condiciones ecológicas y socioeconómicas locales, se caracterizan por la integración del conocimiento comunitario, la selección de especies nativas y la búsqueda de beneficios ambientales y sociales.

En cuanto a los efectos sobre las variables ambientales clave, se observó que las intervenciones de restauración contribuyeron al aumento de la biodiversidad, la mejora de la cobertura vegetal y el aumento del secuestro de carbono. La efectividad de estas prácticas está asociada a la planificación territorial basada en la funcionalidad del paisaje, la conectividad ecológica y el uso de indicadores de monitoreo que incorporan aspectos biofísicos y socioecológicos. Además, la participación comunitaria ha demostrado ser un factor determinante para garantizar la sostenibilidad de los procesos, aumentar la apropiación social y asegurar la sostenibilidad a largo plazo de los resultados.

Con base en los resultados, se proponen directrices para fortalecer los procesos de restauración ecológica bajo un enfoque regional de resiliencia climática. Esto incluye la planificación adaptativa ante escenarios de cambio climático, la priorización de áreas estratégicas para la conectividad y la provisión de servicios ecosistémicos, el fortalecimiento de la gobernanza ambiental mediante estructuras participativas y la creación de fondos permanentes para garantizar la continuidad de las acciones.

En general, los resultados demuestran que la restauración ecológica en la Orinoquia no solo es una herramienta esencial para la adaptación y mitigación del cambio climático, sino también un elemento clave para el desarrollo territorial sostenible. Su éxito depende de la integración de la ciencia, el conocimiento local, la voluntad política y el compromiso comunitario, lo que requiere superar las brechas institucionales y financieras existentes. En definitiva, invertir en la restauración ecológica en esta región no solo es un imperativo ambiental, sino una estrategia fundamental para garantizar la resiliencia climática, salvaguardar la biodiversidad y asegurar el bienestar socioecológico de las generaciones presentes y futuras.

Recomendaciones

Con base en los resultados del análisis documental, se presentan recomendaciones, organizadas en tres niveles: técnico, de políticas públicas y de gestión comunitaria, para fortalecer los procesos de restauración ecológica en la Orinoquía colombiana como respuesta estratégica al cambio climático.

Nivel Técnico

Es prioritario consolidar enfoques integrados y multisistémicos que combinen prácticas de producción sostenibles con objetivos ecológicos, como lo demuestran las experiencias exitosas con sistemas agroforestales, silvopastoriles y ecoagroturísticos. Estas iniciativas promueven la recuperación de la funcionalidad ecológica del paisaje, diversificando la economía rural y, por consiguiente, aumentando la sostenibilidad a largo plazo.

Asimismo, se recomienda priorizar el uso de especies nativas adaptadas a las condiciones locales y con alto potencial de regeneración, integrando criterios ecológicos, productivos y socioculturales. Esto debe complementarse con el fortalecimiento de las capacidades técnicas para la propagación de especies, el monitoreo participativo y el manejo adaptativo, asegurando que los procesos de restauración se basen en información científica sólida y conocimiento local validado. Otra acción técnica fundamental es el fortalecimiento de la conectividad ecológica mediante corredores biológicos y barreras vivas, lo que facilitará el flujo genético, la movilidad de especies y la resiliencia del paisaje ante eventos climáticos extremos.

Nivel de Política Pública

Se propone la institucionalización de mecanismos de planificación participativa que incorporen herramientas como el mapeo social, la zonificación de áreas críticas y el análisis de

servicios ecosistémicos. Esto permitirá una asignación más eficiente de recursos y maximizará el impacto ecológico y social de las intervenciones.

Asimismo, es necesario fortalecer la gobernanza territorial, garantizando la participación de las autoridades ambientales, las instituciones académicas, las organizaciones comunitarias y el sector privado. Esto debe ir acompañado de marcos regulatorios flexibles y adaptables que permitan adaptar las estrategias de restauración a las especificidades ecológicas, culturales y socioeconómicas de cada zona.

Nivel de Gestión Comunitaria

Es fundamental promover la apropiación social del conocimiento para que las comunidades no solo implementen, sino que también lideren activamente los procesos de restauración. Para lograrlo, es necesario fortalecer las capacidades locales mediante programas de capacitación práctica, intercambio de conocimientos y la promoción del liderazgo comunitario. La combinación del conocimiento científico y la sabiduría tradicional debe ser un principio transversal, reconociendo que la sostenibilidad a largo plazo depende de la aceptación y el compromiso local. Además, la implementación de sistemas de monitoreo colaborativo permitirá evaluar la efectividad de las intervenciones, promover el aprendizaje colectivo y garantizar la continuidad de los procesos más allá de los ciclos cortos de financiación.

En conjunto, estas recomendaciones buscan promover una restauración ecológica más efectiva, resiliente y socialmente justa en la Orinoquía colombiana, contribuyendo así a la adaptación y mitigación del cambio climático.

Limitaciones y Aplicaciones Futuras

Este estudio se basó en una revisión documental cualitativa de 15 fuentes publicadas entre 2015 y 2025. Si bien permitió un análisis actualizado y relevante, presenta ciertas limitaciones. Estas incluyen la posible exclusión de experiencias locales no documentadas formalmente o publicadas en medios de baja circulación, así como la dependencia de la calidad y exhaustividad de la información disponible en las fuentes consultadas. Además, la naturaleza no experimental del estudio impide establecer relaciones causales directas entre las estrategias de restauración y sus impactos, limitando el análisis a las asociaciones y tendencias identificadas en la literatura.

En el futuro, se recomienda complementar este enfoque con investigación de campo que incluya el monitoreo ecológico y socioeconómico de los proyectos en curso, así como evaluaciones a largo plazo que midan la verdadera efectividad de las estrategias implementadas. De igual manera, sería valioso explorar la integración de herramientas de modelado climático y conectividad ecológica para anticipar escenarios de cambio y desarrollar planes de restauración más adaptativos. Estas futuras aplicaciones pueden contribuir a la generación de evidencia más sólida y al fortalecimiento de políticas y prácticas de restauración ecológica en la Orinoquia colombiana y en regiones con características similares.

Referencias Bibliográficas

- Aguilar-Garavito, M., & Ramírez-Hernández, W. (2016). Fundamentos y consideraciones generales sobre restauración ecológica para Colombia. *Biota Colombiana. Biodiversidad en la práctica*, 1(1), 147–176.
<https://revistas.humboldt.org.co/index.php/BEP/article/view/50>
- Aguilar-Garavito M. y W. Ramírez (eds.) 2015. Monitoreo a procesos de restauración ecológica, aplicado a ecosistemas terrestres. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt (IAvH). Bogotá D.C., Colombia. 250 pp.
https://www.cifor-icraf.org/publications/pdf_files/Books/BGuariguata150101.pdf
- Andrade Pérez, Germán Ignacio, G. I. (2011). Estado del conocimiento de la biodiversidad en Colombia y sus amenazas. *Revista de la Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales*, 135(137), 491-507
- Angulo-Ospina, C. A., & Silva-Herrera, L.J. (2016). Crecimiento de cuarenta especies forestales nativas, aptas para restauración en la Orinoquia colombiana." *Colombia Forestal*, 19(1), 1-15.
<https://go.gale.com/ps/i.do?p=IFME&u=anon~391830f9&id=GALE%7CA514617177&v=2.1&it=r&sid=googleScholar&asid=8c556c4e>
- Aragón Sánchez, M. N., & Burgos Contento, J. E. (2024). Integración de paisajes y estrategias multidisciplinarias para la restauración ecológica y reforestación en la selva central de Perú y la región de la Orinoquía. FAO AGRIS.
<https://agris.fao.org/search/en/providers/124649/records/66e84583cd53c72de2ca183f>
- Armenteras, Dolors, D., Murcia, U., González, T. M., Barón, O. J., & Arias, J. E. (2019). Scenarios of land use and land cover change for NW Amazonia: Impact on forest

- intactness. *Global Ecology and Conservation*, 17(1), 1–10.
<https://doi.org/10.1016/j.gecco.2019.e00567>
- Aronson, J., Clewell, A. F., Blignaut, J. N., & Milton, S. J. (2006). Ecological restoration: A new frontier for nature conservation and economics. *Journal for Nature Conservation*, 14(3–4), 135–139. <https://doi.org/10.1016/j.jnc.2006.05.005>
- Avella, M. A., García, G. N., Fajardo-Gutiérrez, F., & González-Melo, A. (2019). Secondary successional patterns in an inter-Andean dry tropical forest of Colombia: Implications for ecological restoration. *Caldasia*, 41(1), 12-27.
<https://doi.org/10.15446/caldasia.v41n1.65859>
- Berkes, Fikret, F. (2017). *Sacred ecology* (4th ed.). Routledge.
<https://doi.org/10.4324/9781315114644>
- Calderón-Balcázar, A., Cárdenas, C. D., Díaz-Vasco, O., Fandiño, E., Márquez, T., & Pizano, C. (2023). Biomass and carbon stocks of four vegetation types in the Llanos Orientales of Colombia (Mapiripán, Meta). *Trees, Forests and People*, 12(1), 1-11.
<https://doi.org/10.1016/j.tfp.2023.100380>
- Calle, Z., Murgueitio, E., Chará, J. (2012). integración de las actividades forestales con la ganadería extensiva sostenible y la restauración del paisaje. *Unasilva*, 63(1), 32– 40.
<https://silo.tips/download/z-calle-e-murgueitio-y-j-chara>
- Calvo-Alvarado, Julio C., J. C., McLennan, B., Sánchez-Azofeifa, G. A., & Garvin, T. (2009). Deforestation and forest restoration in Guanacaste, Costa Rica: Putting conservation policies in context. *Forest Ecology and Management*, 258(6), 931-940.
DOI: 10.1016/j.foreco.2008.10.035

- Cano, Y., Herrera, A., Rey, J., Rincón, A., Pérez, C., & Vitar, J. (2022). Restauración ecológica de un bosque húmedo tropical en el piedemonte llanero, vereda La Unión, Villavicencio-Meta. DOI:10.13140/RG.2.2.24416.81929
- Cardozo Martínez, Y. J. (2025). Análisis de estrategias de sostenibilidad en la cuenca del Orinoco colombiano basados en experiencias aplicadas en otras cuencas. Universidad Santo Tomás. <http://hdl.handle.net/11634/66794>
- Castañeda González, A. M. (2005). Modelación del cambio climático en el departamento del Meta mediante la clasificación de zonas de vida de Holdridge. *Guarracuco revista científica*, 15(1), 45–54.
<http://publicaciones.unimeta.edu.co/index.php/gua/article/view/218/202>
- Castro Carreño, A., Delgado Londoño, D. M., & González Forero, R. (2022). La degradación del suelo, impactos y contexto normativo. Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca (CAR). <https://sie.car.gov.co/items/0ecfd596-5a05-4e36-b6d4-2c078a461d13>
- Castro-Garzón, H., Contreras, E. J., & Rodríguez, J. P. (2020). Análisis ambiental: impactos generados por los residuos agrícolas en el municipio de El Dorado (Meta, Colombia). *Revista Espacios*, 41(38), 42-50. DOI: 10.48082/espacios-a20v41n38p05
- Clewell, A. F., & Aronson, J. (2013). Ecological restoration: Principles, values, and structure of an emerging profession (2nd ed.). Island Press.
- Durigan, G., & Ratter, J. A. (2016). The need for a consistent fire policy for Cerrado conservación. *Journal of Applied Ecology*, 53(1), 11–15. <https://doi.org/10.1111/1365-2664.12559>

- FAO. (2015). *Restauración de bosques y paisajes*. (2015). *Unasylva*. 66(3), 3-9
<https://openknowledge.fao.org/server/api/core/bitstreams/510e12f8-3405-4ba4-bd66db2c72b49634/content>
- FAO. (2017). The future of food and agriculture: Trends and challenges. Food and Agriculture Organization of the United Nations.
<https://openknowledge.fao.org/server/api/core/bitstreams/2e90c833-8e84-46f2-a675ea2d7afa4e24/content>
- FAO. (2019). Agroforestry. Food and Agriculture Organization of the United Nations.
<https://www.fao.org/agroforestry/es>
- Gann, G. D., McDonald, T., Walder, B., Aronson, J., Nelson, C. R., Jonson, J., ... Dixon, K. W. (2019). International principles and standards for the practice of ecological restoration. *Restoration Ecology*, 27(S1), S1–S46. <https://doi.org/10.1111/rec.13035>
- Gill, Sarah E., S. E., Handley, J. F., Ennos, A. R., & Pauleit, S. (2007). Adapting cities for climate change: The role of green infrastructure. *Built Environment*, 33(1), 115–133.
<https://www.jstor.org/stable/23289476>
- Gómez-Jiménez, G. L., Moreno-Hurtado, F. H., & Osorio-Vélez, L. F. (2024). Factors associated with the increase in volume of native species in a process of ecological restoration in Colombia. *Acta Biológica Colombiana*, 29(3). <https://doi.org/10.15446/abc.v29n3.117-128>
- González Jiménez, G., & Choque Ladino, N. (2015). Condiciones actuales en términos de pérdida de biodiversidad en corredores biológicos de la granja agroecológica UNIMINUTO. *Revista de Investigación Agraria y Ambiental*, 6(1), 239–252.
<https://hemeroteca.unad.edu.co/index.php/riaa/article/view/1283/1619>

- González, O. F., Baquero-Echeverri, S., & Caicedo-García, J. P. (2024). Soil quality: an indicator of recovery in a nature reserve in the Colombian Andes. *Agroforestry Systems*, 98, 1153–1166. <https://link.springer.com/article/10.1007/s10457-023-00951-y>
- González-Molina, H. Z., Trilleras, J. M., Pyszczyk, O. L., & Romero-Duque, L. P. (2022). Participatory ecological restoration and cultural ecosystem services: A necessary relationship. *Acta Botánica Mexicana*, 129(1), 1-22
<https://abm.ojs.inacol.mx/index.php/abm/article/view/1929/4177>
- IDEAM. (2015). *Tercera comunicación nacional de cambio climático*. Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales.
<http://www.cambioclimatico.gov.co/3racomunicacion-cambio-climatico>
- IDEAM. (2023). *Monitoreo de la deforestación en Colombia 2022*. Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales. [Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales](#)
- Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt (Ed.). (2023). *Biodiversidad en cifras: región Orinoquía*. <https://reporte.humboldt.org.co/biodiversidad/>
- Intergovernmental Science-Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services IPBES. (2019). *Global assessment report on biodiversity and ecosystem services*. IPBES Secretariat. <https://doi.org/10.5281/zenodo.3831673>
- IPCC. (2021). *Climate change 2021: The physical science basis*. Cambridge University Press. <https://doi.org/10.1017/9781009157896>
- Jaramillo Castillo, L. (2024). Apoyo en el diseño y ejecución de proyectos de reforestación con especies nativas en la Orinoquía. Universidad Distrital Francisco José de Caldas.
<https://repository.udistrital.edu.co/server/api/core/bitstreams/e36c96ea-aa1d-4279-a1f0->

[3b6e1b99ca83/content](#)

- Jiménez, G. G., & Ladino, N. C. (2015). Condiciones actuales en términos de pérdida de biodiversidad en corredores biológicos de la Granja Agroecológica UNIMINUTO. *Revista de Investigación Agraria y Ambiental*, 6(1), 239–252.
- Jones, Hewlett S., H. P., & Schmitz, Oswald J., O. J. (2009). Rapid recovery of damaged ecosystems. *PLoS ONE*, 4(5), e5653. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0005653>
- Junk, J., W. J., An, S., Finlayson, C. M., Gopal, B., Květ, J., Mitchell, S. A., Mitsch, W. J., & Robarts, R. D. (2012). Current state of knowledge regarding the world's wetlands and their future under global climate change. *Aquatic Sciences*, 75(1), 151–167. <https://doi.org/10.1007/s00027-012-0278-z>
- Knowles, M. d. (2016). Cambio climático: una mirada desde las políticas y la gestión ambiental en Colombia. Universidad Distrital Francisco José de Caldas. <http://hdl.handle.net/11349/22824>
- MEA (Millennium Ecosystem Assessment). (2005). *Ecosystems and human well-being: Synthesis*. Island Press. <https://www.millenniumassessment.org/documents/document.356.aspx.pdf>
- Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. (2021). Orinoquía, un proyecto para la restauración ecológica de ecosistemas. <https://www.minambiente.gov.co/gef-orinoquiaun-proyecto-para-la-restauracion-ecologica-de-ecosistemas/>
- Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. (2024). Estrategia Nacional de Restauración. https://patrimonionatural.org.co/wp-content/uploads/2024/10/ENR-2023-2026_05MAY2024.pdf

- Moreno-Fonseca, C. J., Noriega, J. A., & García-Suabita, W. (2025). Postfire scenarios shape dung beetle communities in the Orinoquia riparian forest–savannah transition. *Biology*, *14*(4), 423–430 doi: 10.3390/biology14040423
- Moreno-Mateos, David, D., Barbier, E. B., Jones, P. C., Jones, H. P., Aronson, J., LópezLópez, J. A., ... Rey Benayas, J. M. (2017). Anthropogenic ecosystem disturbance and the recovery debt. *Nature Communications*, *11*(1), 1–8. DOI : [10.1038/ncomms14163](https://doi.org/10.1038/ncomms14163)
- Murgueitio, E., Calle, Z., Uribe, F., Calle, A., & Solorio, B. (2011). Native trees and shrubs for the productive rehabilitation of tropical cattle ranching lands. *Forest Ecology and Management*, *261*, 1654–1663. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2010.09.027>
- Nair, P. K. R. (2011). Agroforestry systems and environmental quality: Introduction. *Journal of Environmental Quality*, *40*(1), 784–790. <https://access.onlinelibrary.wiley.com/doi/pdf/10.2134/jeq2011.0076>
- Organización de las Naciones Unidas. (2015). *Transformar nuestro mundo: la Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible*. Naciones Unidas. <https://sdgs.un.org/2030agenda>
- Ostrom, E. (2009). A general framework for analyzing sustainability of social-ecological systems. *Science*, *325*(5939), 419–422. <https://doi.org/10.1126/science.1172133>
- Rey Benayas, J. M., Newton, A. C., Diaz, A., & Bullock, J. M. (2009). Enhancement of biodiversity and ecosystem services by ecological restoration: A meta-analysis. *Science*, *325*(5944), 1121–1124. <https://doi.org/10.1126/science.1172460>
- Salamanca-Carreño, A., Pérez-López, O., Vélez-Terranova, M., Vargas-Corzo, O. M., ParésCasanova, P. M., & Castillo-Pérez, A. F. (2024). Assessment of the response to

- fertilization for the sustainable management of native grasses from flooded savannah ecosystem Arauca, Colombian Orinoquia. *Sustainability*, 16(20), 8915.
<https://doi.org/10.3390/su16208915>
- Shibu, J. (2009). Agroforestry for ecosystem services and environmental benefits: An overview. *Agroforestry Systems*, 76, 1–10. <https://link.springer.com/content/pdf/10.1007/s10457-009-9229-7.pdf>
- Suárez Ángel, Á. M. (2020). Identificación de los puntos críticos de deforestación del caño Camoa como insumo para el diseño e implementación de programas de restauración ecológica. Universidad Santo Tomás. <http://hdl.handle.net/11634/23578>
- Suárez, R. S., & Vargas, R. O. (2019). Floristic composition and ecological relationships of plant species of edge, patches, and remnant trees in a dry tropical forest in Colombia: Implications for ecological restoration. *Caldasia*, 41(1), 53–70.
<https://doi.org/10.15446/caldasia.v41n1.71281>
- Taylor, D., P. D., Fahrig, L., Henein, K., & Merriam, G. (1993). Connectivity is a vital element of landscape structure. *Oikos*, 68(3), 571–573. <https://doi.org/10.2307/3544927>
- UNDP- Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo. (2021). *Human Development Report 2020: The next frontier—Human development and the Anthropocene*. PNUD.
<https://hdr.undp.org>
- UNEP- Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente. (2019). *Global Environment Outlook 6: Healthy Planet, Healthy People*. Cambridge University Press.
<https://doi.org/10.1017/9781108627146>
- Vargas Ríos, O. (2011). Restauración ecológica: biodiversidad y conservación *Acta Biológica Colombiana*, 16(2), 221-246 <http://scielo.org.co/pdf/abc/v16n2/v16n2a17.pdf>