

Artículo original

Escenarios y alternativas de restauración ecológica en paisajes andinos degradados: el caso de la cuenca alta del río Bogotá (Suesca, Cundinamarca)

Scenarios and alternatives for ecological restoration in degraded Andean landscapes: the case of the upper basin of the Bogotá River (Suesca, Cundinamarca)

✉ Esperanza Ruiz-Marín, ✉ Alejandro Peña, ✉ Sabina Alejandra Hernández-Abril,
✉ Lina María Pachón-Blanco, ✉ Orlando Vargas-Ríos, ✉ Nelly Rodríguez-Eraso*

Laboratorio de Restauración ecológica, Departamento de Biología, Universidad Nacional, Bogotá, Colombia

Resumen

La intensificación agrícola y la expansión urbana han provocado la pérdida de hábitat en ecosistemas tropicales, afectando negativamente la biodiversidad, los servicios ecosistémicos y las condiciones de vida de las personas. En la región andina de Colombia, la dinámica socioecológica y la fragmentación del paisaje hacen necesarios enfoques integrales de restauración ecológica que involucren a la comunidad para mejorar la resiliencia y sostenibilidad del territorio. Este estudio integra una metodología participativa, cuyos resultados se derivaron de encuestas, entrevistas, talleres y recorridos de campo. Se determinaron y tipificaron unidades y estrategias de restauración frente a dos escenarios participativos: la conectividad ecológica y la transición agroecológica, que buscan recuperar la biodiversidad y los procesos ecológicos relacionados con el agua, el suelo, la agricultura y la ganadería (polinización, control natural de plagas, confort térmico) asociando estrategias específicas de restauración y especies vegetales. Concluimos que los escenarios participativos fomentan la gestión comunitaria del territorio en pro de soluciones colaborativas en torno a la restauración ecológica. Consideramos que el estudio puede replicarse en otros paisajes andinos degradados, donde el conocimiento de la comunidad y el acompañamiento de la academia son esenciales para mejorar la efectividad de la restauración.

Palabras clave: Comunidad local; Percepción social; Estrategias de restauración; Sucesión ecológica; Sistema socioecológico.

Abstract

The intensification of agriculture and urban expansion have reduced habitats in tropical ecosystems resulting in the loss of biodiversity and ecosystem services and impacting on the living conditions of people. In the Andean region of Colombia, the socio-ecological dynamics and fragmentation of the landscape underscore the necessity for comprehensive ecological restoration approaches engaging local communities to bolster territories resilience and sustainability. Here we used a participatory methodology to investigate communities' perspectives on the future restoration of their environment. We derived our findings from surveys, interviews, workshops, and field trips. We identified and categorized areas and restoration strategies and we proposed two complementary future scenarios: ecological connectivity and agro-ecological transition aimed at recovering biodiversity and ecological processes associated with water, soil, agriculture, and livestock (pollination, natural pest control, thermal comfort), associating specific restoration strategies and plant species. Our findings indicated that participatory scenarios facilitate community management of territories towards collaborative solutions related to ecological restoration. We believe the study can be replicated in other degraded Andean landscapes where communities' knowledge and academia's support are essential to improve restoration effectiveness.

Keywords: Local communities; Social perceptions; Restoration strategies; Ecological succession; Social-ecological system.

Citación: Ruiz-Marín E, *et al.*
Escenarios y alternativas de restauración ecológica en paisajes andinos degradados: el caso de la cuenca alta del río Bogotá (Suesca, Cundinamarca). Revista de la Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales. 48(189):871-885, octubre-diciembre de 2024. doi: <https://doi.org/10.18257/raccefyn.2671>

Editor: Néstor García

***Correspondencia:**

Nelly Rodríguez Erasos;
nrodriguez@unal.edu.co

Recibido: 17 de junio de 2024

Aceptado: 18 de noviembre de 2024

Publicado en línea: 9 de diciembre de 2024



Este artículo está bajo una licencia de Creative Commons Reconocimiento-NoComercial-Compartir Igual 4.0 Internacional

Introducción

Se estima que la intensificación del uso del suelo agrícola ha provocado la pérdida de ecosistemas tropicales (**Rodríguez-Echeverry & Leiton**, 2021). Cerca del 33 % de los ecosistemas terrestres y al menos un 40 % de las tierras agrícolas a nivel global están degradados (**Abhilash**, 2021; **Leal Pacheco *et al.***, 2018), lo que produce efectos negativos en la biodiversidad y las funciones de los ecosistemas, en el suelo y el agua, así como la pérdida de servicios ecosistémicos (**Intergovernmental Science-Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services-IPBES**, 2018; **Shimamoto *et al.***, 2018), afectando las condiciones de vida de dos quintas partes de la población mundial en términos sociales y económicos (**IPBES**, 2018).

En la región andina de Colombia el paisaje actual es el resultado de una larga historia de uso del suelo (**Etter & Villa**, 2020), que dio paso a la conversión de los bosques para establecer pastos y tierras agrícolas (**Rodríguez *et al.***, 2013) y, en las últimas décadas, a la expansión urbana y periurbana (**Barrera-Causil & González-Montañez**, 2023). Como consecuencia, la pérdida y fragmentación del hábitat han modificado la disponibilidad de recursos y los procesos ecológicos, afectando la resiliencia de los remanentes naturales (**Calbi *et al.***, 2020). Los fragmentos, generalmente bosques secundarios, son pequeños (de 3,1 a 3,9 ha) y aislados, ubicados en zonas pendientes y vulnerables (**Rubiano *et al.***, 2017; **Calbi *et al.***, 2020).

Ante este panorama, los esfuerzos de restauración ecológica han cobrado importancia y se convierten en una estrategia para restablecer procesos ecológicos estructurales y funcionales (**Vargas**, 2011) que mejoran la presencia de organismos en cerca de 25 %, las reservas de carbono y los atributos del suelo (**Benayas *et al.***, 2009; **Shimamoto *et al.***, 2028), integrando, además, componentes sociales y económicos (**Ceccon**, 2020). Recientemente, se ha definido la restauración ecológica como “un proceso planificado que tiene como objetivo recuperar la funcionalidad y mejorar el bienestar humano en paisajes degradados” (**Schweizer *et al.***, 2021). Su finalidad es mejorar la resiliencia del paisaje y los socioecosistemas, concepto este que reconoce la interdependencia entre las actividades humanas y el medio ambiente en aras de la sostenibilidad (**Mansourian**, 2021). Sin embargo, la restauración ecológica también presenta nuevos desafíos y paradigmas, e implica una mirada más amplia desde el ámbito social (**Ceccon *et al.***, 2020; **Chazdon *et al.***, 2021). En las dos últimas décadas estos enfoques han incorporado la participación de las personas para legitimar el conocimiento, facilitar la implementación de la restauración ecológica (**Ceccon**, 2013; **Fox & Cundill**, 2018), fomentar el aprendizaje y la construcción colectiva de la gestión del territorio (**Oteros-Rozas *et al.***, 2015) y lograr que las iniciativas de restauración sean más exitosas y sostenibles a largo plazo (**Oteros-Rozas *et al.***, 2015; **Aguilar & Ramírez**, 2021).

Asimismo, la restauración ecológica exitosa debe contemplar diferentes escalas espaciales y temporales y la comprensión del entorno local y regional, por lo que la planificación de los proyectos debe tener en cuenta el contexto del paisaje para definir escenarios, áreas y estrategias de restauración (**Tambosi & Metzger**, 2013). Las opciones metodológicas deben definirse de acuerdo con los múltiples resultados deseados, considerando la incidencia de la dinámica y complejidad del socioecosistema a la hora de tomar decisiones (**Chazdon & Guariguata**, 2018). Por último, la sociedad en general tiene la capacidad de planificar a futuro el paisaje, actuando de manera conjunta sobre él y reconociendo los vínculos con la naturaleza y los agroecosistemas como las fuerzas que direccionan la resiliencia ecológica y social frente al cambio global (**Biggs *et al.***, 2015; **Wang *et al.***, 2018; **Viñals *et al.***, 2023).

Este estudio hace parte del proyecto “Manos a la cuenca (MAC): laboratorio social para la gestión integrada del agua y del territorio en Suesca (Cundinamarca)”, una iniciativa local de los habitantes, las ONG, la Junta de Acción Comunal (JAC), las asociaciones de usuarios de agua, las instituciones educativas y la Universidad Nacional de Colombia, cuya primera fase se inició en el periodo 2016-2018 y continuó en una segunda fase en el

periodo 2022-2024. El eje central del trabajo fue el modelo propuesto por Metzger *et al.* (2017) (Figura 1) a partir de un enfoque participativo en los temas relacionados con (1) el agua, (2) la restauración y (3) la agroecología, el cual constituye una herramienta en torno a la solución colaborativa de los problemas de gobernabilidad del paisaje de Suesca y el mejoramiento de la resiliencia del paisaje frente al cambio climático, el agua y la seguridad alimentaria.

Contando con la participación de la comunidad para la recopilación de la información (recorridos de campo, entrevistas, visitas a predios y talleres), se determinaron las preguntas centrales del estudio: ¿Cuáles serían los escenarios de restauración ecológica que las comunidades locales perciben como importantes para estos paisajes andinos altamente transformados?, y para cada escenario específico: ¿Cuáles serían las estrategias de restauración ecológica y las especies más adecuadas para la gestión del territorio? Se espera que el trabajo ayude a determinar puntos en común en paisajes locales y regionales andinos interesados en la restauración ecológica participativa.

Materiales y métodos

Área de estudio

La zona de estudio comprendió las veredas de Santa Rosita, Tenería, Güita y Tausaquirá en el municipio de Suesca (Cundinamarca), las cuales hacen parte de la cuenca alta del río Bogotá (Figura 2), entre los 2.500 y 3.200 m s.n.m. Su precipitación media anual es de 850 mm y la temperatura media anual de 13 °C. Según las características geomorfológicas y climáticas, las cuatro veredas comprenden dos zonas: la zona seca, con alta filtración y compactación del suelo (Güita y Tausaquirá), y la zona húmeda, con buena retención hídrica (Santa Rosita y Tenería), separadas por el curso del río Bogotá y afectadas diferencialmente por vientos. La región ha sido escenario de intensos cambios a nivel ambiental y socioeconómico que se intensificaron en el siglo XIX por las dinámicas de transformación en el uso del suelo y el crecimiento demográfico (Tobón, 2013).

La economía es principalmente de subsistencia, con empresas de carácter familiar. Domina un uso agropecuario de media productividad, con sistemas de agricultura tradicional y semimecanizada, cultivos de papa en rotación y pastos no mejorados para pastoreo intensivo y semintensivo dedicado a la producción de leche (Alcaldía de Suesca, 2023). La floricultura constituye un importante renglón productivo, y tiene un fuerte impacto socioeconómico debido a las altas tasas de generación de empleo (Tobón, 2013); también lo es la expansión urbana.

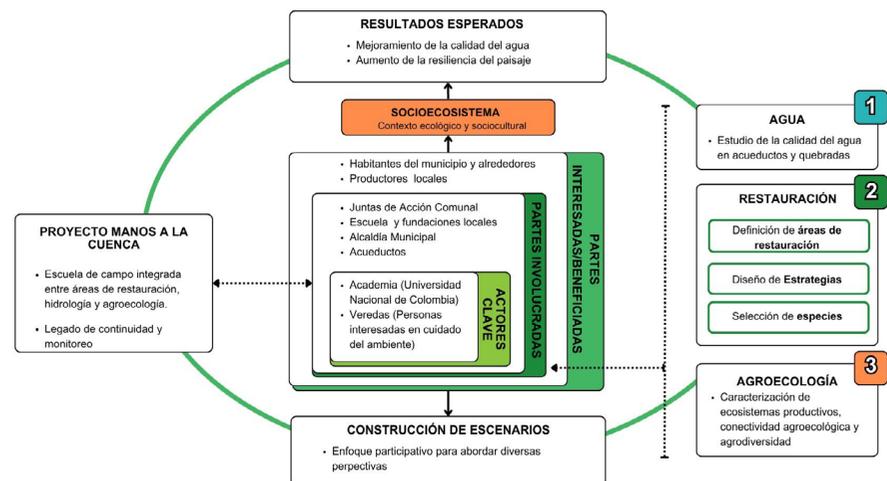


Figura 1. Marco de trabajo del proyecto-modelo de restauración enfocado en la construcción de escenarios participativos (adaptado de Metzger *et al.*, 2017).

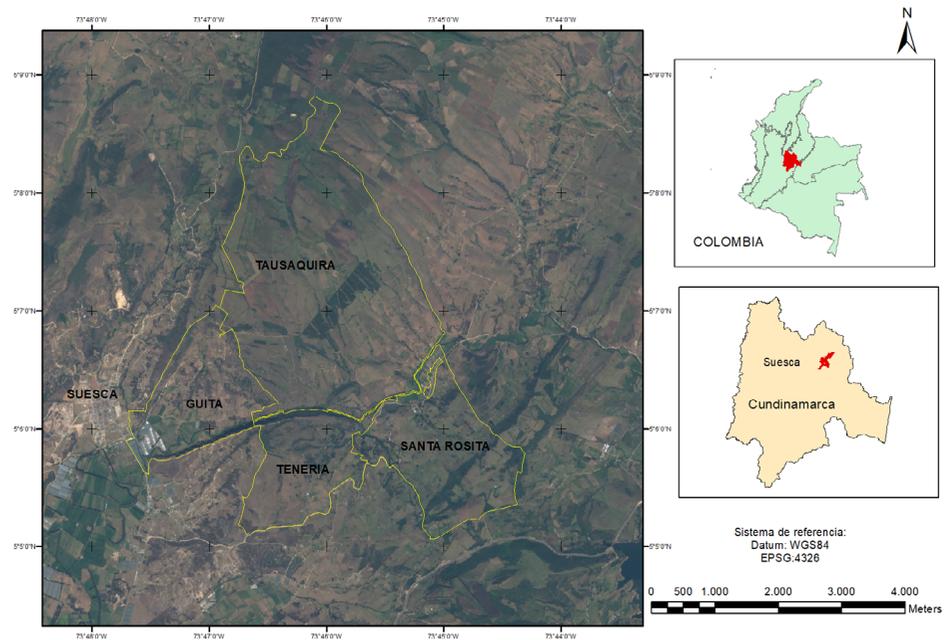


Figura 2. Localización del área de estudio

Fuente: imagen de satélite Landsat 8 (Colección USGS, <https://www.usgs.gov/landsat-missions/landsat-collection-2>. Tier 1 TOA Reflectance, 2020).

La presencia de relictos boscosos andinos es casi inexistente, aunque hay pequeños corredores de especies arbustivas y plantaciones forestales de bajo rendimiento. Se evidencian prácticas antiguas de extracción minera tradicional y el ecoturismo se ha convertido en motor de desarrollo (Tobón, 2013). Dados los niveles de transformación, existe una gran presión sobre el agua y el suelo asociada con la agricultura campesina y ganadera empresarial, la canalización del río Bogotá, los sistemas de riego, el uso de pesticidas y, por último, la floricultura y el cultivo de la papa (Tobón, 2013).

Metodología

La metodología del estudio se resume en la **figura 3**. Se hicieron recorridos de campo, entrevistas y talleres con la comunidad y se establecieron escenarios y estrategias de restauración ecológica de manera participativa.

Intereses y percepción de la comunidad frente a la restauración ecológica

Durante el primer semestre de 2023 se efectuaron visitas y entrevistas en 12 fincas (tres en cada vereda) con personas interesadas en adelantar procesos de restauración para determinar las problemáticas percibidas por la comunidad y los intereses expresados frente a posibles estrategias de manejo asociadas con la restauración ecológica. Entre octubre y noviembre de 2023 realizamos, además, 75 entrevistas presenciales semiestructuradas (18 a 20 por vereda) a grupos de actores previamente identificados en el proyecto MAC: propietarios y arrendatarios rurales de fincas productivas, comunidad escolar, juntas de acción comunal y asociaciones de usuarios del agua (acueductos veredales) y colectivos ciudadanos asociados a organizaciones no gubernamentales del municipio. Toda la información recopilada fue previamente autorizada por escrito mediante consentimiento informado.

Unidades de restauración y especies

Entre febrero y abril de 2023 se efectuaron recorridos en el área para identificar unidades de restauración ecológica basadas en los patrones actuales de cobertura y uso del suelo siguiendo la metodología propuesta por Vargas (2007). A cada unidad se le asociaron

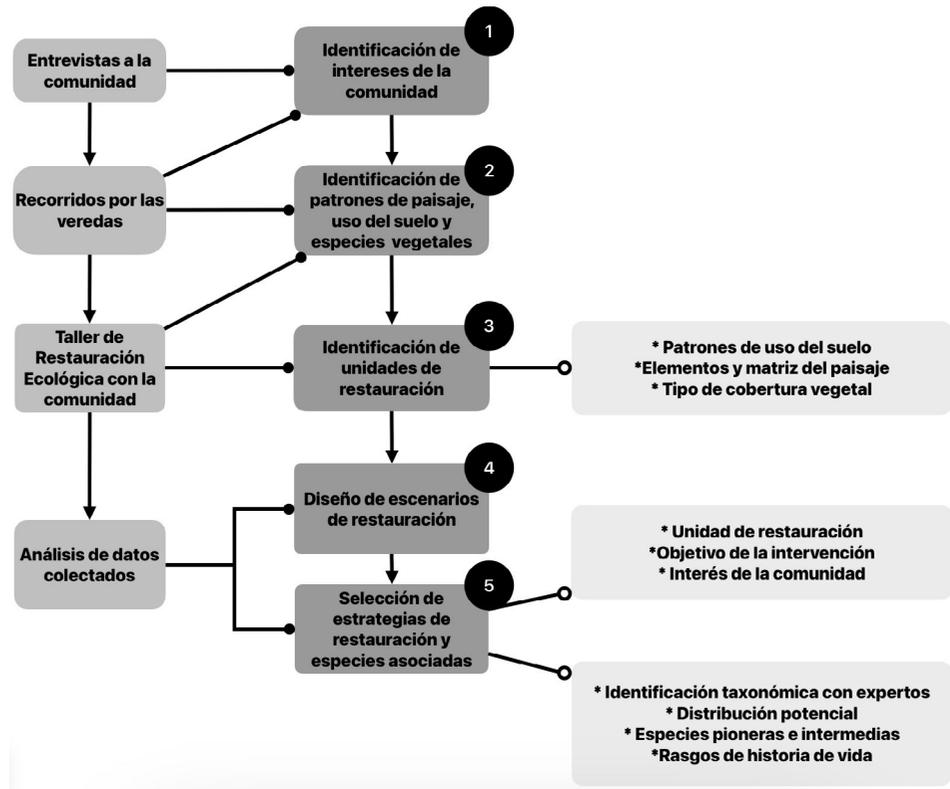


Figura 3. Resumen metodológico del estudio. Los conectores con flecha (↓) denotan procesos secuenciales; los conectores circulares negros (●) denotan productos o resultados de una actividad y los conectores circulares blancos (○) denotan criterios de selección o identificación.

las especies de flora encontradas, su historia de vida y su estado sucesional (temprana, intermedia y tardía). Las especies fueron identificadas en campo con apoyo de diferentes guías taxonómicas (Álvarez *et al.*, 2006; Rivera-Díaz *et al.*, 2012,) y algunas de ellas fueron fotografiadas para compararlas con las del repositorio digital del Herbario Nacional Colombiano (COL) y consultar a expertos en flora andina. El listado de especies se complementó con la revisión de literatura (Instituto Humboldt, 2017; Sierra, 2020) relativa a ecosistemas altoandinos y estudios realizados en Suesca.

Diseño de escenarios

Adoptamos la propuesta de escenarios participativos de Metzger *et al.* (2017) definidos como una herramienta que involucra a las comunidades locales en la planificación y desarrollo de futuros posibles, permitiéndoles influir directamente en las soluciones y estrategias más adecuadas de restauración y conservación de su entorno (Durrant *et al.*, 2023). En el taller participativo en el marco de “Escuela de campo”, se establecieron las alternativas futuras proyectadas al año 2030 (corto plazo) teniendo en cuenta el patrón actual del paisaje y la variedad de estrategias de restauración a implementar.

Selección de estrategias de restauración y especies

Las estrategias de restauración ecológica se basaron en la propuesta de Stanfur *et al.* (2014) y Armenteras & Vargas (2016), que incluyen las condiciones ecológicas, sociales y económicas locales y del entorno (Shimamoto *et al.*, 2018). Estas estrategias se asociaron a la restauración activa, que consiste en una sucesión dirigida o asistida mediante técnicas de restauración que aceleran la recuperación de la vegetación. Se incluyó una amplia gama de estrategias como la regeneración natural asistida, la ampliación de borde,

el enriquecimiento de parches y para ambientes muy perturbados, la nucleación, la cual implica la introducción de pequeños grupos de plantas pioneras (núcleos) que facilitan la sucesión ecológica (Díaz-Triana *et al.*, 2023). Además, se tuvo en cuenta el éxito de algunas estrategias aplicadas en otras experiencias (Aguilar & Ramírez, 2021; Vargas, 2021). Las especies vinculadas a cada estrategia se seleccionaron según los siguientes criterios: flora observada durante los recorridos veredales, dominancia y persistencia en el paisaje, especies capaces de colonizar exitosamente hábitats fragmentados y perturbados, preferencia de la comunidad y disponibilidad de material vegetal en viveros locales.

Taller de restauración ecológica

Como parte de la estrategia pedagógica “Escuela de campo” del MAC, se organizaron talleres que incentivaron el intercambio de conocimientos e impulsaron la participación de la comunidad en la construcción colectiva de soluciones para los desafíos ambientales y en los que pusimos a consideración de los participantes la información previamente obtenida. El taller final de restauración contó con la participación de 21 personas de la comunidad y 10 personas de la Universidad Nacional; después de explicar el objetivo y conformar cinco grupos de trabajo, se realizaron las siguientes actividades: i) reconocimiento del paisaje y de los patrones y tipologías de cobertura y uso; ii) medición de rasgos de las especies de flora presentes en el área “herbario rápido”; iii) determinación de las unidades de paisaje a restaurar y escenarios futuros; iv) propuesta de estrategias de acuerdo a cada escenario y unidad a restaurar, y v) discusión y retroalimentación del taller (S1, <https://www.raccefyn.co/index.php/raccefyn/article/view/2671/4481>).

Resultados

El 87,5 % de la comunidad valora la cantidad y la calidad del agua como recurso primordial para su bienestar (juntas de acueductos comunales, Alcaldía), así como el mantenimiento del suelo y la agrobiodiversidad (habitantes locales rurales). Solo un 28,8 % de los entrevistados consideró relevantes el mejoramiento de la biodiversidad asociada a las aves, los polinizadores y las especies de flora (habitantes locales neorrurales y ONG interesadas en el ambiente). Se expresó preocupación por la erosión del suelo y la contaminación del agua debidas a prácticas agrícolas intensivas, y un 85,7 % de los entrevistados consideró la participación comunitaria en iniciativas de restauración como un modelo efectivo de gestión del municipio en torno al agua y la seguridad alimentaria.

Los patrones actuales del paisaje permitieron establecer seis unidades de restauración: i) zonas de potreros y laderas erosionadas dominadas por pastos no manejados con procesos de compactación del suelo; ii) matrices heterogéneas de cultivos y pastos; iii) plantaciones forestales de acacia, eucalipto y ciprés; iv) corredor ripario asociado al río Bogotá; v) árboles aislados en una matriz de pastos y vi) parches de bosques (Figura 4).

En la vereda de Güita, donde la humedad es menor, las especies asociadas a parches de vegetación, arbustos aislados y matrices agropecuarias son: *Aloe arborescens*, *Austrocylindropuntia subulata*, *Baccharis latifolia* y *Escallonia paniculata*, de porte bajo y medio, y atrayentes para diversos polinizadores. Se destacan cercas vivas y pequeños núcleos de *Alnus acuminata*, *Acacia decurrens*, *Canna indica*, *Lafoensia acuminata* y *Pleroma urvilleana*, con un crecimiento relativamente vigoroso en condiciones más húmedas. En la vereda de Tausaquirá, con suelos más arenosos e incidencia de vientos fuertes, dominan potreros, laderas erosionadas y algunas plantaciones forestales (*Acacia decurrens*) entremezcladas con matorrales cerca del río Bogotá con especies como *B. latifolia*, *Dahlia imperialis*, *Duranta mutisii*, *Lycianthes lycioides* y *Myrsine guianensis* (cañón de las lechuzas).

En Santa Rosita y Tenería, con mayor retención hídrica y cobertura de vegetación, se observó la regeneración del cordoncillo (*Piper barbatum*); los parches de vegetación conformados por matorrales de poca extensión (< 1-2 ha) contienen especies como *Dodonaea viscosa*, *Baccharis nitida*, *B. latifolia*, *Cotoneaster panosus*, *D. mutisii*, *E. paniculata*, *Juglans neotropica*, *Monnina affinis*, *M. guianensis* y algunas especies invasoras. En los

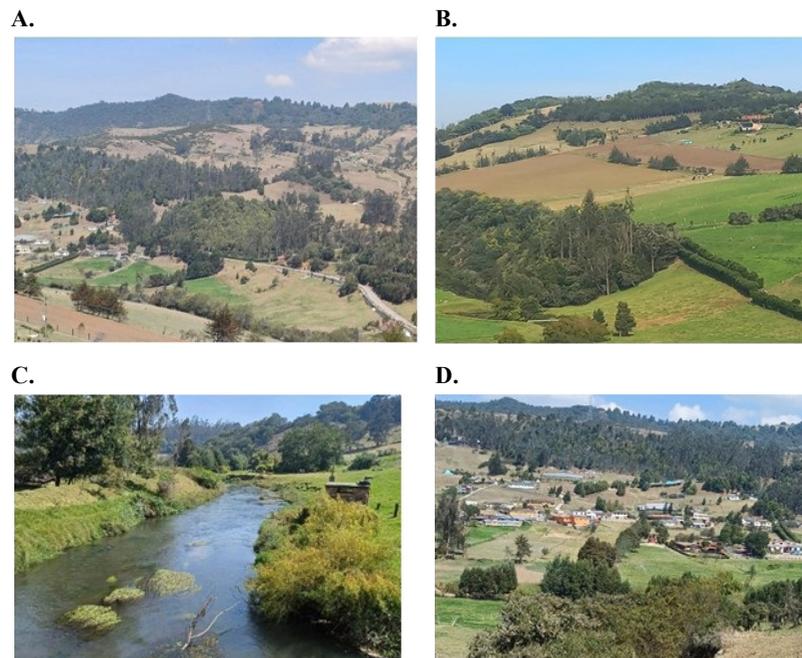


Figura 4. Vista general de los patrones asociados a la restauración ecológica en las veredas de Santa Rosa, Tenería, Tausaquirá y Güita (municipio de Suesca, Cundinamarca). **A.** Dominancia de potreros y laderas erosionadas con plantaciones forestales. **B.** Matrices heterogéneas de cultivos y pastos y, en primer plano, parches de arbustales. **C.** Corredor ripario asociado al río Bogotá. **D.** Árboles aislados y parches de bosques en medio de matrices antrópicas.

huertos familiares se encuentran frutales (curuba, pera, manzano). A una mayor altitud (2.700 m s.n.m.), se presenta una franja de bosque secundario (vereda de Los Alpes) con especies de bosque altoandino y alguna flora de subpáramo como *Cavendishia pubescens*, *Macleania rupestris*, *Oreopanax incisus*, *Vallea stipularis*, *Viburnum tinoides* y *Lepechinia salviifolia*, que puede servir como ecosistema de referencia para la zona de estudio.

Se propusieron dos escenarios bajo las denominaciones de “Conectividad ecológica” (CE) y “Hacia una transición agroecológica” (TA); no se determinaron escenarios a corto y mediano plazo asociados a la conservación. La **tabla 1** y la **figura 5** presentan la síntesis de estos resultados y el **S2**, <https://www.raccefyn.co/index.php/raccefyn/article/view/2671/4481> el listado de las especies propuestas, ilustrando las características que las hacen ideales para cada unidad de restauración y escenario.

En el escenario de “Conectividad ecológica” se propone incrementar la conexión futura de elementos naturales a escala tanto de paisaje como de finca, recuperando y mejorando la biodiversidad, la agrodiversidad, el ecoturismo y el flujo de procesos ecológicos asociados al agua y los suelos. Este escenario se desarrollaría en los parches de vegetación, el corredor ripario y algunas zonas de matrices heterogéneas de cultivos, pastos y plantaciones forestales con árboles aislados y se proyecta para el corto y mediano plazo; los actores vinculados serían la Alcaldía, las JAC, la comunidad local, los propietarios de los predios, miembros de las instituciones educativas y las ONG ambientales. El eje del escenario “Hacia una transición agroecológica” es la promoción de la recomposición y recuperación de las funciones ecológicas asociadas a la agricultura y la ganadería (polinización, control natural de plagas, confort térmico) con miras a mejorar su resiliencia; este escenario se plantea a mediano y largo plazo y pretende asociar la restauración ecológica con prácticas agrícolas y ganaderas sostenibles sin necesidad de reducir tales actividades en zonas de potreros y laderas erosionadas, así como a matrices heterogéneas de cultivos y pastos con propietarios o arrendatarios de fincas.

Tabla 1. Escenarios participativos de restauración ecológica relacionados con las estrategias y especies propuestas. Información adaptada de Vargas (2011, 2021), Ceccon (2013) y Diaz et al. (2023)

Escenario	Estrategia	Especies claves	Características	
Conectividad ecológica	Ampliación de borde de bosques y conectividad entre parches	<i>Lepechinia salviifolia</i>	Aumenta el área de los parches de vegetación y mantiene conexiones entre hábitats de vida silvestre	
		<i>Baccharis latifolia</i>		
		<i>Baccharis nitida</i>		
	Nucleación	Simple en pastizal abierto y laderas erosionadas	<i>Baccharis latifolia</i>	Árboles o arbustos aislados dentro del paisaje para servir de percha de aves y murciélagos o cumplir con una función de facilitación para el paso de especies y la dispersión de semillas. A largo plazo, aumento de la conectividad ecológica tanto para fauna como flora
			<i>Baccharis nitida</i>	
			<i>Lupinus bogotensis</i>	
		Con nodriza	<i>Alnus acuminata</i>	
			<i>Baccharis latifolia</i>	
			<i>Viburnum tinoides</i>	
	Corredores riparios	<i>Alnus acuminata</i>		
		<i>Citharexylum subflavescens</i>		
		<i>Montanoa quadrangularis</i>		
Cerca viva alrededor de predios		<i>Baccharis latifolia</i>	Mejora la conectividad entre parches boscosos o de arbustales e incrementa la permeabilidad de la matriz, facilitando los flujos de intercambio entre parches de hábitat natural	
		<i>Baccharis nitida</i>		
		<i>Dodonaea viscosa</i>		
		<i>Duranta mutisii</i>		
Enriquecimiento en plantaciones forestales con especies nativas (incluye aprovechamiento de especies maderables)		<i>Clusia multiflora</i>	Estrategia que aprovecha el microclima de la plantación para la reintroducción de especies nativas que disminuyan los procesos de erosión que en ocasiones causan estas especies	
		<i>Oreopanax incisus</i>		
		<i>Vallea stipularis</i>		
		<i>Monnina aestuans</i>		
Nucleación intensiva: bosques frutales		<i>Acca sewollana</i>	Provee un suministro de especies para usos domésticos y alimentación, mejorando la agrobiodiversidad de las fincas	
		<i>Pyrus communis</i>		
		<i>Psidium guajava</i>		
		<i>Erythrina rubrinervia</i>		
Nucleación	Pastos con ganado y laderas erosionadas	<i>Duranta mutisii</i>	Consiste en tener árboles o arbustos que sirven para forraje y sombra del ganado y favorecen la acción de organismos descomponedores para la recuperación de suelos	
		<i>Cavendishia bracteata</i>		
		<i>Baccharis nitida</i>		
	Corredores riparios	<i>Lepechinia salviifolia</i>	Busca formar microhábitats (núcleos) que aumenten las interacciones entre organismos, cultivos y el suelo y la aparición de interacciones biológicas (polinizadores y control biológico)	
		<i>Cavendishia bracteata</i>		
		<i>Smallantus pyramidalis</i>		
Hacia una transición agroecológica	Cerca viva	Área ganadera	<i>Sambucus peruviana</i>	Mejora la permeabilidad de la matriz ganadera y facilita los flujos de intercambio entre el sistema agrícola y la avifauna asociada a especies nativas de árboles o arbustos
			<i>Duranta mutisii</i>	
			<i>Monnina aestuans</i>	
	Huertas caseras y zonas de cultivo	<i>Lepechinia salviifolia</i>		
		<i>Baccharis nitida</i>		
		<i>Lupinus bogotensis</i>		
	Reservorios	<i>Xylosma spiculifera</i>		
		<i>Alnus acuminata</i>		
		<i>Sambucus peruviana</i>		
		<i>Monnina aestuans</i>		

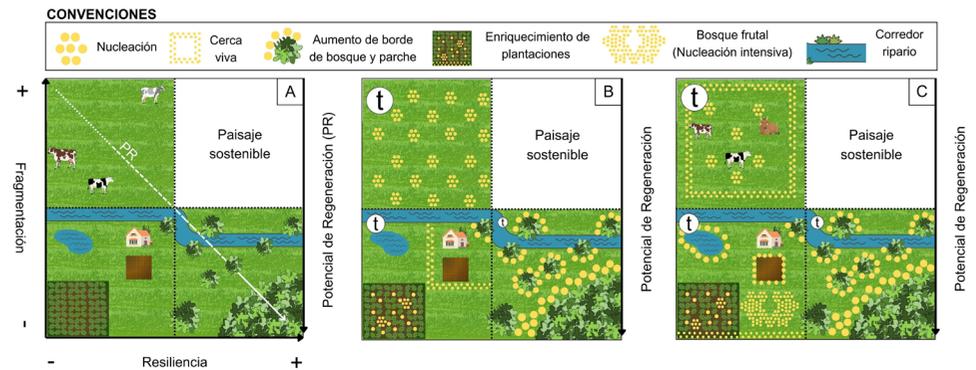


Figura 5. Escenarios propuestos a partir de las características de resiliencia y la fragmentación. **A.** Presente. **B.** Escenario de conectividad ecológica y **C.** Escenario de transición agroecológica. El tiempo para alcanzar cada escenario está representado por la letra “t”, cuyo tamaño indica si el proceso se proyecta a corto plazo (tamaño pequeño), mediano (tamaño mediano) o largo (tamaño grande). El potencial de regeneración (PR) se representa con la línea punteada blanca. El paisaje sostenible lo constituyen sistemas escasamente representados que incorporan la multifuncionalidad del paisaje en términos de producción agropecuaria y mantenimiento de funciones ecológicas, maximizando beneficios para la población y el ambiente. Fuente: Elaboración propia

La **figura 5A** presenta el escenario actual con las unidades de restauración que se identificaron, las cuales corresponden a actividades ganaderas con alto grado de perturbación, mayor fragmentación y menor resiliencia (esquina superior izquierda). Las zonas de menor fragmentación y resiliencia (esquina inferior izquierda) corresponden a laderas y plantaciones forestales, con un grado de perturbación intermedio que puede afectarse con la agricultura semimecanizada. La unidad de restauración más optimista (esquina inferior derecha) se encuentra asociada con parches de bosque con un grado de perturbación menor donde el potencial de regeneración aumenta en tanto la resiliencia es mayor y la fragmentación menor.

En la **figura 5B** se señalan las estrategias encaminadas a aumentar la conectividad ecológica: en el caso de mayor perturbación, dominado por pastizales (esquina superior izquierda), la nucleación puede facilitar el paso de especies de fauna y aumentar la dispersión de semillas, asegurando la conectividad ecológica a largo plazo; en las laderas y las unidades de plantaciones y agricultura local (esquina inferior izquierda), las cercas vivas alrededor de los predios pueden aumentar la diversidad, mejorar la conectividad y prevenir la pérdida de integridad del suelo, en tanto que la nucleación con nodrizas o niñeras en la unidad de árboles aislados favorece el establecimiento de las especies nativas a introducir y, junto con la nucleación simple y el enriquecimiento de especies nativas en plantaciones, ayuda a recuperar la flora nativa o frutal y la diversidad funcional con miras a la soberanía alimenticia. Por último, en la unidad de parches de vegetación se propusieron las estrategias de ampliación de borde de los parches boscosos para aumentar el área del parche de vegetación.

Las estrategias para incentivar la transición agroecológica (**Figura 5C**) en las unidades de mayor perturbación (pastizales, esquina superior izquierda) son las cercas vivas y la nucleación simple con especies de forraje y sombra para el ganado; en las laderas y las unidades de plantaciones y agricultura local (esquina inferior izquierda), se propusieron estrategias de cercas vivas alrededor de los linderos del predio, cultivos y reservorios de agua, nucleación con nodrizas en unidades de árboles aislados, nucleación simple, aprovechamiento maderable con enriquecimiento de especies nativas y frutales en plantaciones y nucleación intensiva para la creación de bosques frutales. Finalmente, en la unidad de parches de vegetación (esquina inferior derecha), se aplicarían estrategias similares a las de la **figura 5B**. El paisaje donde la resiliencia y la fragmentación son altas

(esquina superior derecha en **figura 5 A, B y C**) es poco representativo en la actualidad y correspondería a predios agrícolas que han adelantado procesos agroecológicos bajo principios de sostenibilidad, con mejoras en la estructura y conectividad ecológicas.

Discusión

Los patrones encontrados en el municipio de Suesca, donde los hábitats originales se han perdido casi en un 90 %, indican que tanto la conectividad como la resiliencia del paisaje son críticas. La permanencia de una cobertura de pastizales y zonas agrícolas homogéneas estables en los últimos 20 años, según información de la comunidad, indica que la zona no muestra una tendencia hacia la recuperación de bosques o matorrales como lo reportaron **Rubiano *et al.* (2017)** y **Calbi *et al.* (2020)** en el altiplano de Bogotá en zonas de cultivo abandonadas. Por otra parte, los escenarios propuestos de manera participativa están en línea con lo encontrado en la zona andina colombiana, donde la cuenca es prioritaria para el mejoramiento de la calidad del agua y la conservación de suelos (**Hagger *et al.*, 2017**; **Barrera-Causil & González-Montañez, 2023**). A diferencia de otros estudios que evidencian sinergias entre biodiversidad, recursos hídricos y suelos (**Hagger *et al.*, 2017**), en el nuestro no se percibió la mejora de la biodiversidad como la principal motivación para la restauración ecológica, posiblemente porque los bosques son el componente más fragmentado y aislado del paisaje, lo que coincide con los patrones de algunos municipios cercanos a Suesca (**Rubiano *et al.*, 2017**).

La degradación del paisaje conlleva una baja resiliencia por la presencia de barreras a la restauración que impiden, limitan o desvían la sucesión natural (**Vargas, 2011**). Es el caso de escenarios con alta fragmentación y baja resiliencia, donde la intensidad del uso del suelo, los incendios recurrentes y los efectos de borde y aislamiento de parches de vegetación son acentuados. Esto incide en la ausencia de procesos sucesionales, al limitarse los mecanismos de regeneración y colonización de especies (dispersión de propágulos, establecimiento de plántulas y persistencia de individuos y poblaciones de plantas) (**Leal *et al.*, 2014**; **Arroyo-Rodríguez *et al.*, 2017**; **Aguilar *et al.*, 2024**), y alterarse las dinámicas ecohidrológicas, la disponibilidad de agua y la recarga de acuíferos (**García-Leoz *et al.*, 2018**). A ello se suma que las barreras sociales, económicas y políticas limitan la resiliencia y afectan la seguridad alimentaria e hídrica de la región ante cambios globales (**Córdoba *et al.*, 2029**).

Los escenarios propuestos pueden considerarse una estrategia para mejorar la composición del paisaje y la calidad de la matriz integrando corredores riparios, parches de bosque, y cercas vivas en predios productivos, entre otros. Algunos autores indicaron que en paisajes altamente transformados la matriz es una prioridad para su sostenibilidad a largo plazo, y las estrategias establecidas en este trabajo van en consonancia con propuestas de diseño de escenarios de paisaje amigables con la biodiversidad (**Arroyo-Rodríguez *et al.*, 2017, 2020**). Al mejorar el tamaño y disminuir el aislamiento de los fragmentos, el escenario de conectividad ecológica garantiza, a mediano plazo, el movimiento de especies y flujos de materia y energía en el paisaje, como lo han evidenciado **Calbi *et al.* (2020)** en el altiplano. A nivel de los predios, este escenario puede ser valioso para proveer servicios imprescindibles para la agricultura y soportar la transición agroecológica incidiendo en la abundancia y riqueza de especies relacionadas con los procesos de dispersión o competencia (**Acevedo-Osorio *et al.*, 2024**).

También se ha demostrado que la estructura del paisaje alrededor de los huertos incide en la polinización y el control de plagas (**Miñarro *et al.*, 2023**) y en los servicios relacionados con el suelo (**Acevedo-Osorio *et al.*, 2024**). A nivel de finca, el establecimiento de cercas vivas o nucleación con nodrizas disminuye la distancia a los parches de bosques y mejora las interacciones entre cultivo y especie (**Grass *et al.*, 2019**). **Acevedo-Osorio *et al.* (2024)** señalan que la agroecología como enfoque busca conservar las funciones ecológicas y permite los procesos de transición agroecológica; en este caso, apunta a rediseñar los sistemas productivos (parcela, finca y paisaje) a través de la configuración del paisaje (**Marasas *et al.*, 2014**), y es acá donde la restauración juega un papel importante en ausencia de fuentes de diversidad.

En cuanto al potencial de regeneración de las especies (conjunto de especies nativas y sus trayectorias sucesionales en un paisaje; Vargas, 2011), las especies más importantes en el escenario actual son las especies pioneras, primeras en colonizar áreas perturbadas, debido a su rápida tasa de crecimiento y su capacidad de dispersión, siendo las únicas que impulsan trayectorias sucesionales en áreas muy alteradas (Sierra *et al.*, 2020; Ruiz-Marín *et al.*, 2021; Vargas, 2021). Por otra parte, la selección de especies para cada estrategia estuvo ligada a un gradiente adquisitivo-conservador en el uso de recursos en las plantas, en el cual las especies adquisitivas crecen rápido y utilizan recursos rápidamente, en tanto que las conservadoras crecen lentamente y almacenan recursos (Díaz *et al.*, 2004).

En áreas degradadas con condiciones de sequía como Suesca, las especies pioneras arbustivas (estrategia adquisitiva) toleran potenciales hídricos negativos, lo que las hace tolerantes a la sequía (*B. nitida*, *Dodonea viscosa*, *L. salviifolia*, *Miconia squamulosa*, *Ageratina tinifolia*, *D. mutisii*, entre otras; S2, <https://www.raccefyn.co/index.php/raccefyn/article/view/2671/4481>). Además, tienen tejidos de vida corta y tienden a aumentar las tasas de descomposición y la abundancia de macrofauna, ayudando a la recuperación del suelo (Pérez-Harguindeguy *et al.*, 2000) y desarrollando sistemas de raíces más profundos y almacenamiento de agua en el tallo. Estas especies preparan el suelo y el microambiente para el establecimiento de las especies intermedias y tardías (estrategia conservativa), muy escasas en el área de estudio y cuya estrategia se basa en la explotación lenta de los recursos para generar tejidos de gran capacidad de almacenamiento como lo son maderas densas, hojas gruesas, mayor tamaño y longevidad (*Weinmannia tomentosa*, *Clusia multiflora*, *Clethra fagifolia*, entre otras). Como lo indica Vargas (2021), las especies intermedias y tardías se introducirían en el mediano y largo plazo, cuando esté consolidado el proyecto de restauración y las especies pioneras estén establecidas y de suficiente tamaño para proveer un ambiente propicio a nuevas plantas dentro de las diferentes estrategias de restauración.

Llama la atención que la comunidad no percibe la recuperación de áreas como prioritaria, posiblemente debido a la ausencia de ecosistemas de referencia en buen estado y la presencia de una sucesión muy lenta y detenida con bajo potencial de brindar servicios ecosistémicos. Solo se observa una tendencia hacia la recuperación de la biodiversidad y la cobertura vegetal en zonas dedicadas a la restauración y asociadas al turismo de la naturaleza como parte de iniciativas privadas, lo que coincide con lo encontrado por Calbi *et al.* (2020), quienes señalan que la creación de áreas protegidas en la región puede impulsar la recuperación de parches de bosque. Aunque la sostenibilidad de las estrategias propuestas depende del compromiso comunitario a largo plazo y los cambios en las prioridades o recursos pueden afectar la continuidad de las acciones de restauración, los esfuerzos por mantener una gobernanza del paisaje en Suesca empiezan a dar sus frutos como lo demuestran diferentes acciones de las comunidades en torno a la restauración y la transición hacia la agroecología.

Conclusiones

Ante los patrones actuales de paisajes altamente transformados, la opción futura consiste en aumentar la resiliencia y los servicios ecosistémicos a través de la restauración ecológica y la agroecología orientadas al restablecimiento y mantenimiento de la diversidad biológica. La restauración ecológica permite recuperar diversas funciones ecológicas como la regulación hídrica y la protección del suelo que son de gran interés en nuestro estudio. La agroecología permite maximizar los beneficios a nivel local (finca) y regional (paisaje) creando sistemas con mayor diversidad y heterogeneidad y, por ende, más resilientes.

La concordancia de los diferentes actores en los escenarios propuestos valida el proceso en busca de mejores opciones para la zona. Sin embargo, es necesario captar la participación representativa y sistemática de otras partes interesadas, entre ellas, las autoridades ambientales y los sectores productivos para respaldar la validez y

efectividad de los escenarios participativos propuestos y monitorear su incorporación en la planificación del paisaje. Recomendamos vincular los rasgos funcionales de las diferentes especies de plantas relacionadas con la estrategia adquisitiva para optimizar las estrategias de restauración, así como su resistencia frente a la sequía y eventos extremos como el fuego.

Dado que las iniciativas locales y regionales son fundamentales en los procesos participativos, las redes de colaboración, como La Red Colombiana de Restauración Ecológica (REDCRE), y los marcos regulatorios y las políticas públicas, pueden facilitar la cooperación entre diversos actores y garantizar el éxito de la restauración (Aguilar *et al.*, 2015; Aguilar & Ramírez, 2021), incorporando y fomentando los escenarios participativos. Replicar esta metodología en otros paisajes altamente transformados y deteriorados no solo en la región andina, sino en zonas de posconflicto, convierte la restauración ecológica en una estrategia crucial para la recuperación del capital natural y social, tal como lo plantea Aguilar *et al.* (2015), fomentando el interés de la comunidad en la gestión de su territorio y asumiendo un rol activo en la selección del escenario futuro que mejor se adapte a sus necesidades y contextos socioecológicos.

Información suplementaria

Ver la información suplementaria en <https://www.raccefyn.co/index.php/raccefyn/article/view/2671/4481>

Agradecimientos

A la Universidad Nacional de Colombia-Sede Bogotá, por la financiación del Proyecto “Manos a la cuenca, Laboratorio social para la gestión integrada del agua y el territorio en Suesca - Fase 2” (Convocatoria Nacional de Extensión Solidaria 2022). A los profesores Martha Cristina Bustos y Álvaro Acevedo por compartir sus conocimientos para lograr un trabajo en equipo efectivo y ameno. Nuestro reconocimiento especial a Leyla Johanna Cárdenas y Carolina Tobón, siempre en busca de mejorar el entorno y el bienestar de la comunidad. Al experto botánico Orlando Rivera, asociado al Herbario Nacional, por el gran apoyo en la identificación de flora. A todas las personas y organizaciones de las veredas Santa Rosita, Tenería, Güita y Tausaquirá, por brindarnos la oportunidad de compartir sus espacios, percepciones y expectativas y participar de manera entusiasta en todo el proceso. A Greunal, quien ha sido inspiración para trabajar en la restauración participativa y a los estudiantes del curso en Biodiversidad y servicios ecosistémicos II-2023. El Proyecto obtuvo la aprobación del Comité de ética de la Universidad Nacional de Colombia y la autorización previa de los participantes para el tratamiento de los datos mediante consentimiento informado.

Contribución de los autores

ER, OV y NR: conceptualización, diseño del estudio y participación en la discusión de los resultados, redacción y revisión final del manuscrito. ER y AP: caracterización de fincas y entrevistas a los diferentes actores. AP: muestreo y determinación de las especies de flora. ER, SAH, LMP y AP: diseño y realización del taller de restauración ecológica. Los autores revisaron, corrigieron y aceptaron la versión final del manuscrito.

Conflicto de intereses

Los autores manifiestan no tener conflicto de intereses asociados con el presente artículo.

Referencias

Abhilash, P. C. (2021). Restoring the un-restored: Strategies for restoring global land during the un decade on ecosystem restoration (un-der). *Land*, 10(2), 1-17. MDPI AG. <https://doi.org/10.3390/land10020201>

- Acevedo-Osorio, Á., Cárdenas, J.S., Martín-Pérez, A.M.** (2024). Agroecological planning of productive systems with functional connectivity to the ecological landscape matrix: two Colombian case studies. *Frontiers in Sustainable Food Systems*, 8, 1257540. <https://doi.org/10.3389/fsufs.2024.1257540>
- Aguilar, M., Sierra, J., Ramírez, W., Vargas, O., Calle, Z., Vargas, W., Calle, Z., Vargas, W., Murcia, C., Aronson, J., Barrera-Cataño, J. I.** (2015). Toward a post-conflict Colombia: restoring to the future. *Restoration Ecology*, 23(1), 4-6. <https://doi.org/10.1111/rec.12172>
- Aguilar-Garavito M., Ramírez W.** (Eds.) (2021). *Evaluación y seguimiento de la restauración ecológica en el páramo andino. 1 edición.* Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt.
- Aguilar, M., Sesquillé, E., Cortina-Segarra, J., Leguizamo, Á., Ruiz-Santacruz, J. S.** (2024). Producción y germinación de bellotas del roble andino *Quercus humboldtii* (Fagaceae) afectado por incendios recurrentes. *Revista de Biología Tropical*, 72, e53407.
- Alcaldía de Suesca.** (2023). *Esquema de Ordenamiento Territorial EOT.* Municipio de Suesca.
- Álvaro, W., Díaz, M., Zabala J.** (2006). *Florula de la reserva protectora El Malmo, Tunja, Boyacá.* Tunja. Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia.
- Armenteras, D. & Vargas, O.** (2016). Patrones del paisaje y escenarios de restauración: acercando escalas. *Acta Biológica Colombiana*, 21(1), 229-239.
- Arroyo-Rodríguez, V., Melo, F.P.L., Martínez-Ramos, M., Bongers, F., Chazdon, R.L., Meave, J.A., Norden, N., Santos, B.A., Leal, I.R., Tabarelli, M.** (2017). Multiple successional pathways in human-modified tropical landscapes: new insights from forest succession, forest fragmentation and landscape ecology research. *Biological Reviews* 92, 326-340. <https://doi.org/10.1111/brv.12231>
- Arroyo-Rodríguez, V., Fahrig, L., Tabarelli, M., Watling, J.I., Tischendorf, L., Benchimol, M., Cazetta, E., Faria, D., Leal, I.R., Melo, F.P.L., Morante-Filho, J. C., Santos, B.A., Arasa-Gisbert, R., Arce-Peña, N., Martín J. Cervantes-López, M.J., Cudney-Valenzuela, S., Galán-Acedo, C., San-José, M., Vieira, I.C., Slik, J.W., Nowakowski, A.J., Tschardt, T.** (2020). Designing optimal human-modified landscapes for forest biodiversity conservation. *Ecology letters* 23, 1404–1420. <https://doi.org/10.1111/ele.13535>
- Barrera-Causil, C. & González-Montañez, J.** (2023). Harmonization Approach to Spatial and Social Techniques to Define Landscape Restoration Areas in a Colombian Andes Complex Landscape. *Forests*, 14, 1913. <https://doi.org/10.3390/f14091913>
- Benayas, J.M., Newton, A.C., Diaz, A., Bullock, J.M.** (2009). Meta-Analysis Services by Ecological Restoration: An Enhancement. *Science* 325, 1121. <https://doi.org/10.1126/science.1172460>
- Biggs, R., Schlüter, M., Schoon, I.** (2015). *Principles for Building Resilience. Sustaining Ecosystem Services in Social-Ecological Systems.* Cambridge University Press.
- Calbi, M., Clerici, N., Borsch, T., Brokamp, G.** (2020). Reconstructing Long Term High Andean Forest Dynamics Using Historical Aerial Imagery: A Case Study in Colombia. *Forests*. 11(8), 788. <https://doi.org/10.3390/f11080788>
- Ceccon, E.** (2013). *Restauración En Bosques Tropicales: Fundamentos Ecológicos, Prácticos y Sociales.* Díaz dos Santos.
- Ceccon, E., Méndez-Toribio, M., Martínez-Garza, C.** (2020). *Social Participation in Forest Restoration Projects : Insights from a National Assessment in Mexico.* Human Ecology.
- Córdoba-Vargas, C. A., Hortúa-Romero, S., León-Sicard, T.** (2019). Resilience to climate variability: the role of perceptions and traditional knowledge in the Colombian Andes. *Agroecology and Sustainable Food Systems*, 44(4), 419-445. <https://doi.org/10.1080/021683565.2019.1649782>
- Chazdon, R. L., Wilson, S. J., Brondizio, E., Guariguata, M. R., Herbohn, J.** (2021). Key challenges for governing forest and landscape restoration across different contexts. *Land Use Policy*, 104, 104854. <https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2020.104854>
- Chazdon, R. & Guariguata, M.** (2018). *Herramientas de apoyo a decisiones para la restauración del paisaje forestal: Estado actual y futuro.* CIFOR. <https://doi.org/10.17528/cifor/007002>
- Díaz, S., Hodgson, J. G., Thompson, K., Cabido, M., Cornelissen, J. H. C., Jalili, A., Montserrat-Martí, G., Grime, J. P., Zarrinkamar, F., Asri, Y., Band, S. R., Basconcelo, S., Castro-Díez, P., Funes, G., Hamzehee, B., Khoshnevi, M., Pérez-Harguindeguy, N., Pérez-Rontomé, M. C., Shirvany, F. A., Zak, M. R.** (2004). The plant traits that drive ecosystems: Evidence from three continents. *Journal of Vegetation Science*, 15(3), 295-304. <https://doi.org/10.1111/j.1654-1103.2004.tb02266.x>

- Díaz-Triana, J. E., Vargas-Ríos, O., Rodríguez-Eraso, N.** (2023). La nucleación: Una alternativa para la restauración ecológica de bosques neotropicales. *Ecología Austral*, 33(3), 867-886. <https://doi.org/10.25260/EA.23.33.3.0.2134>
- Durrant, E., Howson, P., Puttick, B., Potts, S., Shennan-Farphón, Y., Sari, N., Allen, N., Jo, Y., Grainger, M., Arn Teh, Y., Pfeifer, M.** (2023). Existing evidence on the use of participatory scenarios in ecological restoration: a systematic map. *Environmental Evidence*, 12, 27. <https://doi.org/10.1186/s13750-023-00314-1>
- Etter, A. & Villa, L.A.** (2020). Andean forests and farming systems in part of the Eastern Cordillera (Colombia). *Mountain Research and Development*, 20(3), 236-246. [https://doi.org/10.1659/0276-4741\(2000\)020\[0236:AFAFSI\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1659/0276-4741(2000)020[0236:AFAFSI]2.0.CO;2)
- Fox, H. & Cundill, G.** (2018). Towards Increased Community-Engaged Ecological Restoration: A Review of Current Practice and Future Directions. *Ecological Restoration*, 36(3), 208-218. <https://doi.org/10.3368/er.36.3.208>
- García-Leoz, V., Villegas, J.C., Suescún, D., Flórez, C.P., Merino-Martín, L., Betancur, T., León, J.D.** (2018). Land cover effects on water balance partitioning in the Colombian Andes: improved water availability in early stages of natural vegetation recovery. *Regional Environmental Change*, 18, 1117-1129. <https://doi.org/10.1007/s10113-017-1249-7>
- Grass, L., Loos, J., Baensch, S., Batáry, P., Librán-Embid, F., Ficiciyan, A., Klaus, F., Riechers, M., Rosa, J., Tiede, J., Udy, K., Westphal, C.** (2019). Land-sharing/-sparing connectivity landscapes for ecosystem services and biodiversity conservation. *People and Nature*, 1, 262-272. <https://doi.org/10.1002/pan3.21>
- Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt** (2017). *Composición florística de tres fragmentos de bosque altoandino en los alrededores de la Sabana de Bogotá*. 4510 registros, aportados por: Norden, N. (Contacto del recurso), Muñoz, J.C. (Creador del recurso, Autor), Hurtado, A.B. (Autor), Hernández, M. (Autor). Versión 1.0. http://i2d.humboldt.org.co/ceiba/resource.do?r=rrbb_bogota_plantae_2017
- Intergovernmental Science-Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services-IPBES** (2018). *Resumen para los responsables de la formulación de políticas del informe sobre la evaluación temática de la degradación y la restauración de la tierra de la Plataforma Intergubernamental Científico-normativa sobre Diversidad Biológica y Servicios de los Ecosistemas*. R. Scholes, L. Montanarella, A. Brainich, N. Barger, B. ten Brink, M. Cantele, B. Erasmus, J. Fisher, T. Gardner, T. G. Holland, F. Kohler, J. S. Kotiaho, G. Von Maltitz, G. Nangendo, R. Pandit, J. Parrotta, M. D. Potts, S. Prince, M. Sankaran y L. Willems (eds.). Secretaría de la IPBES.
- Leal-Pacheco, F.A., Sanches, L.F., Farias, R., Valera, C.A., Tarlé, T.C.** (2018). Land degradation: Multiple environmental consequences and routes to neutrality. *Current Opinion in Environmental Science & Health*, 5, 79-86. <https://doi.org/10.1016/j.coesh.2018.07.002>
- Mansourian, S.** (2021). Disciplines, sectors, motivations and power relations in forest landscape. *Ecological Restoration*, 39(1&2), 16-26. <https://www.muse.jhu.edu/article/793656>
- Marasas, M., Blandi, M. L., Dubrovsky, D., Fernández, V.** (2014). Transición Agroecológica: de sistemas convencionales de producción a sistemas de producción de base ecológica. Características, criterios y estrategias. En *Agroecología: bases científicas para el diseño y manejo de agroecosistemas sustentables*. S. Sarandón and C. Flores (Eds.) Universidad de La Plata.
- Metzger, J. P., Esler, K., Krug, C., Arias, M., Tambosi, L., Crouzeilles, R., André, L.A., Brancalion, P., D'Albertas, F., Teixeira, G., Couto, L., Grytnes, J. A., Hagen, D., Fleuri, A. V., Kamiyama, C., Latawiec, A.E., Ribeiro, R., Ruggiero, P., Sparovek, G., Strassburg, B., Saraiva, A.M., Joly, C.** (2017). Best practice for the use of scenarios for restoration planning. *Current Opinion in Environmental Sustainability*, 29, 14-25. <https://doi.org/10.1016/j.cosust.2017.10.004>
- Miñarro, M., García, D., Rosa-García, R.** (2023). Pollination of exotic fruit crops depends more on extant pollinators and landscape structure than on local management of domestic bees. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 347, 108387. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2023.108387>
- Oteros-Rozas, E., Martín-López, B., Daw, T. M., Bohensky, E. L., Butler, J. R. A., Hill, R., Martín-Ortega, J., Quinlan, A., Ravera, F., Ruiz-Mallén, I., Thyresson, M., Mistry, J., Palomo, I., Peterson, G. D., Plieninger, T., Waylen, K. A., Beach, D. M., Bohnet, I. C., Hamann, M., ... Vilardey, S. P.** (2015). Participatory scenario planning in place-based social-ecological research: Insights and experiences from 23 case studies. *Ecology and Society*, 20 (4), Art. 32. <https://doi.org/10.5751/ES-07985-200432>

- Pérez-Harguindeguy, N., Díaz, S., Cornelissen, J. H., Vendramini, F., Cabido, M., Castellanos, A.** (2000). Chemistry and toughness predict leaf litter decomposition rates over a wide spectrum of functional types and taxa in Central Argentina. *Plant and Soil*, 218(1-2), 21-30.
- Quintero-Urbe, L., Navarro, L.M., Pereira, H.M., Fernández, N.** (2022). Participatory scenarios for restoring European landscapes show a plurality of nature values. *Ecography* 4, e06292. <https://doi.org/10.1111/ecog.06292>
- Rivera-Díaz, O. Parra-O, C., A. V. Rojas-Rojas.** (2012). *Guía de Campo de las plantas con flores de la Granja Ecológica el Porvenir, región del Tequendama (Cundinamarca, Colombia)*. Serie de guías de campo del Instituto de Ciencias Naturales No 10. Universidad Nacional de Colombia.
- Rodríguez-Echeverry, J. & Leiton, M.** (2021). State of the landscape and dynamics of loss and fragmentation of forest critically endangered in the tropical Andes hotspot: implications for conservation planning. *Journal of Landscape Ecology*, 14(1), 73. <https://doi.org/10.2478/jlecol-2021-0005>
- Rodríguez-Eraso, N., Armenteras-Pascual, D., Alumbrosos, J.R.** (2013). Land use and land cover change in the Colombian Andes: Dynamics and future scenarios. *Journal of Land Use Science*, 8, 154-174.
- Rubiano, K., Clerici, N., Norden, N., Etter A.** (2017). Secondary Forest and Shrubland Dynamics in a Highly Transformed Landscape in the Northern Andes of Colombia (1985–2015). *Forests*, 8(6), 216. <https://doi.org/10.3390/f8060216>
- Ruiz-Marín, E., Benavides-Tocarruncho J. P., Mongui-Vallejo, M. F.** (Eds.). (2021) *Cápsulas de Restauración Ecológica: El cerro San Marcos de Villa de Leyva*. Universidad Nacional de Colombia.
- Schweizer, D., van Kuijk, M., Ghazoul, J.** (2021). Perceptions from non-governmental actors on forest and landscape restoration, challenges and strategies for successful implementation across Asia, Africa and Latin America. *Journal of Environmental Management*, 286(15), 112251. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2021.112251>
- Shimamoto, C. Y., Padial, A. A., da Rosa, C. M., Marques, M. C. M.** (2018). Restoration of ecosystem services in tropical forests: A global meta-analysis. *PLOS ONE*, 13(12), e0208523. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0208523>
- Sierra, J. A., Marín, D., Salazar, D., Garcés, M., Quijano-Abril, M.** (2020). Especies Pioneras, Persistentes y Ensayos De Germinación En Bosques Montanos De La Cordillera Central, Colombia. *Ciencia en Desarrollo*, 11. <https://doi.org/10.19053/01217488.v11.n2.2020.10645>
- Stanturf, J.A., Palik, B.J., Dumroese, R.K.** (2014). Contemporary forest restoration: A review emphasizing function. *Forest Ecology and Management*, 331, 292-323. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2014.07.029>
- Tambosi, L. R., Metzger, J. P.** (2013). A framework for setting local restoration priorities based on landscape context. *Natureza a Conservação*, 11, 152-157. <https://doi.org/10.4322/natcon.2013.024>
- Tobón, C.** (2013). *Metabolismo social para el manejo sostenible de los recursos naturales. El agua en la Cuenca Alta del Río Bogotá*. Tesis de Magíster en Medio Ambiente y Desarrollo. Universidad Nacional de Colombia.
- Vargas, O.** (2011). Restauración ecológica: Biodiversidad y conservación. *Acta Biológica Colombiana*, 16(2), 221-246.
- Vargas-Ríos O.** (Ed.). (2021). Bases ecológicas y sociales para la restauración de los páramos. Facultad de Ciencias, Universidad Nacional de Colombia.
- Viñals, S., Maneja, R., Martí, R., Martí, M., Puy, N.** (2023). Reviewing social-ecological resilience for agroforestry systems under climate change conditions. *Science of the Total Environment*, 869, 161763. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2023.161763>
- Wang, S.W., Lee, W.K., Kim, J.G.** (2018). Understanding the relationships in nature-human systems to improve social-ecological resilience in the Hindu-Kush Himalayas. *Asian Journal of Conservation Biology*, 7(1), 17-27.