



Pontificia Universidad Javeriana

Facultad de Estudios Ambientales y Rurales

Carrera de Ecología

Facultad de Ciencias

Carrera de Biología

Noviembre, 2018

Autor:

Claudia Alejandra Pinilla Mendoza

Directora:

Lilia Roa-Fuentes PhD

Priorización de áreas para la restauración ecológica. Estudio de caso en el territorio CAR

RESUMEN

La creciente presión antrópica sobre los recursos naturales ha generado altas tasas de deforestación y la pérdida de hábitat para muchas especies tanto en escala local como global. La transformación de los ecosistemas y las coberturas ha llegado a un punto crítico, por lo cual se ha visto la necesidad de responder a estas problemáticas a partir de estrategias abordadas a escalas mayores por medio de compromisos internacionales. La restauración surge como una opción para recuperar parte de estos ecosistemas; sin embargo, los recursos, tanto técnicos como financieros, para dichas prácticas son limitados. Así, se llega a abordar el dilema de qué se debe restaurar y dónde; por este motivo, en el presente estudio se determinaron las áreas con mayor prioridad para restauración en el territorio de la jurisdicción CAR, en Colombia, para lo cual se utilizó un análisis espacial multicriterio, teniendo en cuenta como base la factibilidad y la necesidad de restaurar, a partir de factores socioeconómicos y ecológicos que abarcaban desde los conflictos del suelo, pasando por viabilidad de la restauración, hasta los servicios ecosistémicos. Con esto finalmente se llegó a la conclusión de que el 0.5% del territorio tiene una prioridad alta, 2,7% moderada y 17,4% baja, siendo el ecosistema de paramo y bosque de galería los ecosistemas que necesitan mayor prioridad.

Palabras clave: restauración, análisis multicriterio, viabilidad, necesidad, socioeconómico.

ABSTRACT

The increasing anthropogenic pressure on natural resources have generated high rates of deforestation and habitat lost for many species both local and global scale. The transformation of the ecosystems and land cover have reached a critical point, whereby there's a necessity to respond to these problems through strategies in higher scales addressed by international commitments. Ecological restoration comes up as an option to recover part of these ecosystems; however, the financial and technical resources for these practices are limited. Thus, we get to address the dilemma of what should be restored and where; for this reason, in the present study the areas with the highest priority for restoration were determined in the territory of the CAR jurisdiction, in Colombia, for which a multicriterial spatial analysis was used, taking into account as a basis the feasibility and the need to restore, based on socio-economic and ecological factors, ranging from land conflicts and viability of restoration, to ecosystem services. Thereby, it was concluded that 0.5% of the territory has a high priority, 2.7% moderate and 17.4% low, the paramo ecosystem and gallery forest being the ecosystems that need the highest priority.

Key words: restoration, multicriteria analysis, feasibility, necessity, socioeconomical.

PRIORIZACION DE ÁREAS PARA LA RESTAURACIÓN ECOLÓGICA. ESTUDIO DE CASO EN EL TERRITORIO CAR

Pregunta de investigación

1. ¿Cuáles son las áreas prioritarias en el territorio CAR de Cundinamarca para la restauración ecológica?
2. ¿Cuáles son los criterios e indicadores más adecuados para la selección de áreas prioritarias para la restauración ecológica en el territorio?
3. ¿Cómo varían las áreas priorizadas para la restauración ecológica teniendo en cuenta enfoques contrastantes de valoración de criterios socioeconómicos y ecológicos?

OBJETIVOS

General

Identificar las áreas prioritarias para restauración ecológica para la jurisdicción CAR de Cundinamarca.

Específicos

- Establecer un set de criterios e indicadores efectivos a escala de paisaje para la selección de áreas prioritarias para la restauración de acuerdo con los objetivos departamentales.
- Determinar la variación de las áreas priorizadas para la restauración ecológica en escenarios contrastantes de valoración de criterios socioeconómicos y ecológicos.

**Identificación de áreas prioritarias para la restauración ecológica en el territorio CAR de
Cundinamarca, basado en análisis multicriterio**

Manuscrito V1

Pinilla, Claudia

Pontificia Universidad Javeriana

Resumen

La creciente presión antrópica sobre los recursos naturales ha generado altas tasas de deforestación y la pérdida de hábitat para muchas especies tanto en escala local como global, la restauración surge como una opción para recuperar parte de estos ecosistemas, sin embargo, los recursos para dichas prácticas es limitado con lo cual se llega al dilema de qué se debe restaurar, por este motivo en el presente estudio se determinaron las áreas con mayor prioridad para restauración en el territorio de la jurisdicción CAR, en Colombia, para lo cual se utilizó un análisis espacial multicriterio, teniendo en cuenta factores socioeconómicos y ecológicos que abarcaban desde los conflictos del suelo, pasando por viabilidad de la restauración, hasta los servicios ecosistémicos. Con esto finalmente se llegó a la conclusión de que el 0,5% del territorio tiene una prioridad alta, 2,7% moderada y 17,4% baja, siendo el ecosistema de paramo y bosque de galería los ecosistemas que conjuntamente necesitan mayor prioridad.

Highlights

- La priorización de áreas para restauración ecológica debe tener en cuenta tanto aspectos ecológicos de necesidad y viabilidad, como las posibles restricciones y beneficios que se pueden abstraer de un análisis socioeconómico
- En el territorio de la CAR de Cundinamarca, es posible y necesario restaurar aproximadamente 383.750 ha bajo un enfoque balanceado de componentes socioeconómicos y ecológicos
- La mayor prioridad de restauración corresponde a ecosistemas de páramos y bosques riparios, así como coberturas de pastos con un potencial.

1. Introducción

La transformación y degradación de los ecosistemas y paisajes, generada por el rápido crecimiento poblacional y de la demanda por recursos y tierra, es uno de los principales motores de cambio global (Hubert-Moy et al. 2002; Brown et al., 2014). Durante el periodo de 2010-2015, en América del Sur, la pérdida anual neta de bosques alcanzo los 2 millones de hectáreas, con las prácticas agrícolas como responsable de ~70% de esta deforestación (FAO 2016). Para Colombia, el cambio en el uso del suelo dio inicio en 1500 y se intensificó hacia 1800s, la mayor tasa de deforestación se reporta para la región Andina, por la agricultura y la ganadería extensiva, esta última considerada el mayor conductor de transformación del paisaje para el país y para los ecosistemas andinos y de bosque seco tropical (Etter et al., 2008). La velocidad de la transformación ha elevado la preocupación por los impactos que se generan sobre el clima global y en los ecosistemas, por lo cual se han movilizadofuerzos para abordar, detener y mitigar estas problemáticas.

La restauración ecológica (RE), definida como “el proceso de ayudar en el restablecimiento de un ecosistema que ha sido degradado, dañado o destruido” (SER, 2004), es una estrategia clave que permite recuperar el potencial natural de sistemas degradados, favoreciendo la recuperación de la biodiversidad y los servicios que pueden estar asociados al bienestar social (Jackson 1992; SER 2004; Méndez-Toribio et al. 2017). La RE es abordada como una alternativa para afrontar los objetivos del desarrollo sostenible y la mitigación del cambio climático (Murcia & Guariguata 2014; UICN & WRI 2014). Acuerdos internacionales como las Metas Aichi del Convenio sobre la Diversidad Biológica (CBD), el Reto Bonn del Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (UICN) y la Iniciativa 20x20 del World Resources Institute (WRI), destacan el compromiso de los diferentes países para alcanzar objetivos específicos de restauración para el 2020 y 2030. Colombia se ha comprometido con un millón de hectáreas a restaurar para el 2020 (CBD 2011; Méndez-Toribio et al. 2017; Murcia et al. 2017 2016; Murcia & Guariguata 2014). Para lograr dicha meta, el gobierno nacional formula el Plan Nacional de Restauración, que incluye estrategias de recuperación, rehabilitación y restauración (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible 2015).

En el contexto antes mencionado, se destacan dos aspectos en la planificación de la restauración. En primer lugar, el enfoque paisajístico para maximizar la relevancia nacional y regional de los proyectos. Y la selección de los sitios que generen mayores beneficios a menores costos. Colombia tiene un gran reto, ya que si bien existen numerosos proyectos de restauración a lo largo del país, no cuenta con una planeación para la distribución espacial de las iniciativas de restauración ecológica, lo cual lleva a tendencias como la centralización de acciones a la región Andina (94% de los proyectos reportados para el 2016), alrededor de la capital del país, cerca de centros de investigación y de gobierno financiadores y ejecutores (Murcia et al. 2016; Murcia & Guariguata, 2014).

Los recursos financieros y el capital humano destinados para diseñar y ejecutar proyectos de restauración ecológica son, en general, limitados. Se hace evidente la necesidad de la planeación eficiente y efectiva para enfocar los esfuerzos en las áreas donde se pueda producir mayor beneficio y se pueda garantizar mayor probabilidad de éxito de los proyectos. Esta además debe contar con los elementos suficientes, a partir de datos actuales, confiables y precisos, que le den herramientas a los tomadores de decisión para seleccionar los sitios prioritarios para realizar los proyectos de restauración ecológica (Fernández & Morales 2016; Méndez-Toribio et al. 2017; Murcia et al. 2016; Orsi et al. 2011b; Orsi & Geneletti, 2010; Tobón et al. 2017; Uribe et al. 2014). La priorización de áreas para la restauración ecológica responde a la necesidad de seleccionar sitios donde las acciones sean más viable teniendo en cuenta aspectos económicos, biofísicos y ecológicos, así como sitios considerados con mayor necesidad, por aspectos

ecológicos, biológicos y de servicios; esto para guiar la toma de decisiones y orientar políticas públicas con un valor real para la conservación y recuperación de los ecosistemas (Chávez González et al., 2015; Gómez et al., 2016; Méndez-Toribio et al., 2017; Orsi and Geneletti, 2010; SER et al., 2018; Tobón et al., 2016).

Se han planteado varios métodos y técnicas espaciales que permiten realizar el análisis o procesamiento de los criterios definidos para la priorización de sitios para la restauración ecológica, o en general la restauración. El más utilizado es el Análisis Espacial Multicriterio de Decisión (AEMD) o Análisis multicriterio, que consiste en un conjunto de técnicas que permite seleccionar y calificar un sinnúmero de criterios de acuerdo con su importancia. El análisis multicriterio incluye el ordenamiento jerárquicamente de los criterios, en un árbol para tomar decisiones, siguiendo un proceso transparente y justificado. De esta forma se generan alternativas de solución jerarquizadas (Chávez et al. 2015; Fernández & Morales 2016; Orsi & Geneletti 2010; Tobón et al. 2017; Uribe et al. 2014). El análisis multicriterio se complementa utilizando Sistemas de Información Geográfica para basarse en información georreferenciada y obtener resultados espacialmente explícitos (Geneletti et al. 2011).

A nivel institucional oficial a escala nacional se han llevado a cabo dos iniciativas complementarias de priorización para la RE, ambas realizadas por el Instituto Humboldt como parte de la fase de planificación del Plan Nacional de Restauración. Los mapas priorizan áreas teniendo en cuenta dos perspectivas: una de degradación y otra de ordenación. Se le da especial relevancia además al recurso hídrico. A partir de estos, se obtuvo un mayor porcentaje de prioridad en la zona de los Andes, Caribe y drenajes (Instituto de investigación en Recursos Biológicos Alexander Von Humboldt, 2014; Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2015).

El territorio de Cundinamarca y parte de Boyacá jurisdicción de la Corporación Autónoma Regional (CAR), históricamente han sufrido grandes transformaciones del paisaje por ser un foco de asentamiento humano (Etter et al. 2008). Actualmente solo el 12% del área es ocupada por ecosistemas naturales y se conforman en su mayoría por bosques secundarios fragmentados. Como parte del Plan de Gestión Ambiental Regional, se plantea la restauración desde varios enfoques, entre estos: biodiversidad, recursos ecosistémicos, bosques y ecosistemas de alta montaña, recurso hídrico y degradación de las áreas (Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca, 2012). Adicionalmente, de acuerdo con la priorización del Plan Nacional de Restauración, al territorio le corresponde restaurar, rehabilitar y recuperar 739.780,8 ha (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2015).

A nivel regional, se han llevado a cabo dos ejercicios de priorización de áreas para este territorio, uno para la reforestación protectora de la cuenca del Río Bogotá, es decir que solo cubre una parte del territorio, y el otro para la adquisición de predios con fines de conservación, preservación y recuperación de recursos naturales en toda el área. Para el caso de la priorización a nivel de cuenca del Río Bogotá, se realizó la identificación y priorización de áreas degradadas y potrerizadas, teniendo en cuenta la zonificación ambiental, de protección y de uso del suelo, definida institucionalmente a través del Plan de Ordenación y Manejo de Cuencas Hidrográficas (POMCA), Plan de Ordenamiento Territorial (POT), Esquema de Ordenamiento Territorial (EOT), y áreas de importancia ecológica, definidas a partir de diferentes criterios ecológicos, hídricos y físicos (Segura et al., 2016). De igual forma, la priorización a nivel departamental tuvo en cuenta la zonificación ambiental de los POMCA, un componente de vulnerabilidad hídrica y adicionalmente, las áreas de importancia ecosistémica definidas por figuras de protección, debido a su objetivo de conservación (Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca, 2011).

Ambos ejercicios son completos y acertados, y evidentemente, contemplan tanto la necesidad ecológica de restaurar como la viabilidad de que esta sea realizable en las áreas seleccionadas; sin embargo, no están planteados específicamente para la restauración ecológica, y para el caso de la cuenca, no se ajusta a una escala regional. Por otro lado, tienen en cuenta el componente ecológico y de importancia ecosistémica muy claro, no obstante, la relevancia de la priorización a nivel socioeconómico se evidencia solo a partir de los instrumentos institucionales y administrativos de planeación ambiental, lo cual solo habla de conflicto de uso y deja a un lado el beneficio sobre el bienestar humano.

En el presente trabajo, se realiza la identificación y selección de áreas prioritarias para restauración ecológica en el territorio CAR de Cundinamarca, con énfasis en servicios de soporte y recuperación de áreas degradadas, a partir de un análisis multicriterio de idoneidad teniendo en cuenta tanto necesidad de restauración (importancia ecológica, servicios) como factibilidad de esta (limitantes biofísicos y de uso del suelo), abordados desde tres escenarios con enfoque ecológico y socioeconómico, los cuales son comparados.

2. Materiales y métodos

2.1. Área de estudio

El territorio de la Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca abarca 98 de los 116 municipios del departamento de Cundinamarca, 6 municipios del departamento de Boyacá y el área rural del Distrito Capital de Bogotá. Está ubicado en el centro de la región Andina, sobre la cordillera oriental, con una

extensión de 1'870.640 ha. La elevación oscila entre 300 y 4500 m, y presenta un relieve tanto montañoso como plano (IGAC 2014).

Los ecosistemas naturales ocupan un 12% del territorio, del cual 7,26% (135.553 ha) es bosque secundario. Estos ecosistemas se encuentran en un alto grado de fragmentación, intervención y degradación debido a la alta transformación que han sufrido sus coberturas desde el siglo XIX para uso ganadero y agrícola (Etter et al., 2008). Según las coberturas vegetales y el uso del suelo, el resto del territorio se divide en: tierras artificializadas (64,2%), superficies de agua (1,4%), áreas húmedas (0,12%), áreas abiertas sin o con poca vegetación (1,3%) y áreas con vegetación herbácea y/o arbustiva (21,4%) (Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca, 2012). De los 45 ecosistemas de la región, 22 se encuentran representados en áreas protegidas, las cuales se distribuyen principalmente en páramo, bosque alto andino y andino, y los relictos de bosques seco del Valle de Magdalena. Con respecto al suelos, el 31,39% del territorio se ubica en suelos con aptitud de conservación; el 38,63% en aptitud forestal; el 10,75% en aptitud ganadera y el 19,23% en aptitud agrícola. Según estudios del IGAC, la mitad de los suelos (49,38%) deben dedicarse a actividades forestales sostenibles, incluyendo agroforestales y silvopastoriles, debido a sus condiciones biofísicas y climáticas (Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca, 2012).

El área actual ocupada en actividades de pastoreo y cultivos, donde dominan pastos, corresponde al 64% del territorio; sin embargo, como ya se mencionó, solo un 30% del suelo es considerado con potencial agropecuario, por lo tanto el territorio presenta un conflicto de uso por sobreutilización en el 34% de la jurisdicción, que además corresponde a suelos cuyo potencial es de conservación o forestal pues cuentan con fuertes pendientes y condiciones de suelo y clima que limitan otro tipo de uso (Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca, 2012).

2.2. Análisis multicriterio

Se llevó a cabo el análisis espacial de las capas de información a partir del uso de Sistemas de Información Geográfica. Se utilizó el método de Análisis Espacial Multicriterio de Decisión, la cual permite la generación de alternativas a partir de muchos criterios organizados de acuerdo con su importancia en un árbol de decisión (Chávez González et al., 2015; Fernández & Morales 2016; Orsi & Geneletti 2010; Tobón et al. 2017; Uribe et al. 2014).

Para este ejercicio, se usaron como base dos componentes importantes a tener en cuenta a la hora de seleccionar las áreas más idóneas: (1) la necesidad de la restauración por aspectos como la presencia de

especies raras y amenazas, el nivel de degradación, los servicios y la biodiversidad, etc., y (2) la factibilidad de la restauración, que va a depender de aspectos biofísicos como el suelo y otros socioeconómicos como la voluntad a restaurar de la región y el uso del suelo (Orsi et al. 2011b; Orsi & Geneletti 2010). Los diferentes criterios e indicadores que permitieron abarcar estos componentes fueron clasificados en ecológicos, es decir, variables referentes a procesos ecológicos de los ecosistemas, su composición y función, así como algunas variables biofísicas y ambientales; y socioeconómicos, que destacan aspectos limitantes como la configuración territorial o la oportunidad de generar beneficios al bienestar humano a partir de los servicios ecosistémicos (Aguilar-Garavito & Ramírez- Hernández 2016)

2.3. Selección de criterios

Para la selección de los criterios socioeconómicos y ecológicos utilizados en la priorización se llevaron a cabo tres estrategias diferentes. 1) Se consultó la opinión de un grupo de expertos en restauración ecológica en el país; 2) se llevó a cabo la revisión de información secundaria, y 3) se identificó la disponibilidad de datos cartográficos para el área de estudio. Para obtener información primaria acerca de la opinión de un grupo de expertos y conocedores de temas de restauración ecológica en el país y/o conocimiento del territorio (aspectos ambientales, biofísicos, socioeconómicos, etc.), se llevó a cabo un cuestionario vía web (Apéndice A) en el cual se consultó su preferencia con respecto a un listado de criterios, los cuales fueron tomados de Orsi et al. (2011) y están basados en la primera consulta general a un panel de expertos a nivel mundial en temas de restauración (Apéndice B). Para selección de los encuestados se tuvo en cuenta cuatro grupos, la academia (universidades), ONGs, entidades de investigación y a la Corporación Regional de Cundinamarca (CAR), los cuales se contactaron por correo electrónico.

Inicialmente los criterios fueron clasificados en dos componentes: ecológicos y socioeconómicos. Se detallaron 28 criterios ecológicos y 9 socioeconómicos, siguiendo los criterios recopilados por Orsi et al. (2011). Los encuestados fueron motivados a seleccionar cinco criterios para cada componente. Se solicitó que se seleccionaran aquellos que consideran más relevantes para identificar áreas prioritarias a restaurar en la región. También se les pidió categorizar cada criterio escogido en niveles de prioridad y escoger el criterio de mayor importancia relativa según su opinión.

Para complementar la opinión de los expertos, se llevó a cabo la revisión de información secundaria de artículos científicos relacionados con la selección de áreas prioritarias o priorización de áreas para restauración. Se seleccionaron siete artículos científicos, algunos relacionados con restauración ecológica directamente (Fernández and Morales, 2016; Instituto de investigación en Recursos Biológicos Alexander

Von Humboldt, 2014; Orsi and Geneletti, 2010), y otros orientada a la conservación (Tobón et al., 2017), y otros con la restauración del paisaje forestal (Orsi and Geneletti, 2010; SER et al., 2018; Uribe et al., 2014). Los artículos se clasificaron en componente ecológico, socioeconómico, de viabilidad, de necesidad, de importancia biológica y de idoneidad ecológica y de la tierra. Se tomaron los criterios propuestos en cada artículo y se organizaron en una tabla de acuerdo con la frecuencia de citación para determinar los criterios más citados.

Finalmente, de los criterios obtenidos de la revisión y la encuesta se seleccionaron los más citados, que además contaran con disponibilidad de datos georreferenciados para el área de estudio (Tabla 3). Para el componente socioeconómico, se seleccionaron tres criterios: (1) el conflicto de uso de la tierra, el cual está determinado cuando el uso actual y el uso potencial de la tierra no coinciden (Instituto Geográfico Agustín Codazzi - IGAC et al., 2012). Se tuvo en cuenta tanto la aptitud por uso actual, dada por la clasificación de coberturas según Corine Land Cover, y las áreas sin conflicto de uso, obtenidas a partir de la sustracción de coberturas aptas por uso actual y coberturas aptas por uso potencial. Estas últimas, obtenidas a partir de la zonificación ambiental dada por el POMCA (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2014). (2) la provisión de servicios ecosistémicos, que desde una perspectiva socioeconómica destaca los beneficios que estos generan para el bienestar humano, lo cual debe ser prioritario en los procesos de restauración (Barrera-Castaño and Valdés-López, 2007; Orsi and Geneletti, 2010; Uribe et al., 2014; Vargas, 2011). Se escogieron dos servicios principales: la protección de ronda hídrica por bosques riparios, que además incrementan la conectividad (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2015), y la recarga de acuíferos por páramos (Barrera et al., 2010; Vargas, 2008). (3) la accesibilidad a las áreas, medida a través de la distancia a vías, para facilitar la logística de la intervención y del posterior monitoreo, teniendo en cuenta al mismo tiempo que las vías representan una fuente de presión por ruido, por lo cual no se les da tanta prioridad a las distancias más cortas sino a las intermedias (Orsi and Geneletti, 2010; Uribe et al., 2014; Vargas, 2008).

Por otro lado, se seleccionaron 5 criterios ecológicos: (1) las condiciones biofísicas básicas del terreno, en este caso medida por la pendiente, ya que pendientes fuertes se consideran un factor limitante en la viabilidad de los procesos de restauración (Barrera et al., 2010). (2) El nivel de degradación, específicamente por erosión, que representa tanto una necesidad por recuperar el suelo como un limitante del éxito de la restauración, ya que tierras muy degradadas son más costosas de recuperar (Apéndice D, Figura D3) (Tobón et al., 2017; Vargas et al., 2008). (3) la conectividad, medida por la cercanía a parches remanentes de bosques, la cual está relacionada con la resiliencia del paisaje, lo que incrementa la efectividad de la restauración (Aguilar-Garavito & Ramírez, 2015). (4) el potencial natural de

regeneración, el cual va a depender en muchos casos del paisaje que rodea el sitio, por lo cual la cercanía a bosques naturales en buen estado puede aumentar la probabilidad de éxito de la restauración al considerarse una fuente de semillas y propágulos para el área a intervenir (Martínez-Garza & González-Montagut, 1999; Vargas et al., 2008). (5) el grado de amenaza, que incrementa con un paisaje adyacente perturbado, ya sea por cultivos, que son una barrera para la dispersión de semillas, o por zonas urbanas, que representan una amenaza por demanda de recursos y potencial expansión (Orsi and Geneletti, 2010; Vargas et al., 2012; Vargas, 2008). Por otro lado, se consideró la vulnerabilidad al cambio climático como un factor importante que a futuro puede amenazar con la viabilidad de la restauración (Fernández and Morales, 2016; Vargas et al., 2008).

2.4. Datos cartográficos

La información cartográfica para el área de estudio utilizada para los criterios fue publicada por la CAR y por el Sistema de Información Ambiental de Colombia (SIAC) del IDEAM. Se trabajó con capas a escala regional (1:25.000): todos los POMCAs del territorio, temperatura y precipitación en escenario A2 de cambio climático; y a escala nacional (1:100.000): coberturas de la tierra, ecosistemas continentales, marinos y costeros, y la zonificación de degradación de suelos por erosión (Apéndice D, Figura D3). Estas últimas fueron ajustadas, por medio de la herramienta *Recortar* del geoprocesamiento de ArcGIS, a la escala de la jurisdicción. Cabe mencionarse que se utilizaron las capas disponibles cuya fecha de construcción fuera la más reciente. Igualmente, para determinar las pendientes, se contó con imágenes de un Modelo de Elevación Digital ASTER GDEM del año 2009 de 30 m de resolución, cortesía del Centro de Archivos Activos Distribuidos de Procesos de la Tierra (LP DAAC) de la NASA. Todas las capas fueron proyectadas en Transverse Mercator, de Magna Colombia Bogotá con datum MAGNA, y se les aplicó un re-muestreo a una resolución de 30 m de píxel. Todo el procesamiento fue realizado en el software ArcGIS versión 10.5 (ESRI, 2017).

2.5. Modelo cartográfico

En general, este método fue adaptado de dos aproximaciones metodológicas de priorización aplicadas en México por Tobón et al., (2017) y por Uribe et al., (2014) (Fig. 1). La construcción del modelo de priorización se llevó a cabo por medio de varios pasos: la estandarización de los criterios, la asignación de pesos, la agregación de los mapas de criterios y la selección de los píxeles más calificados.

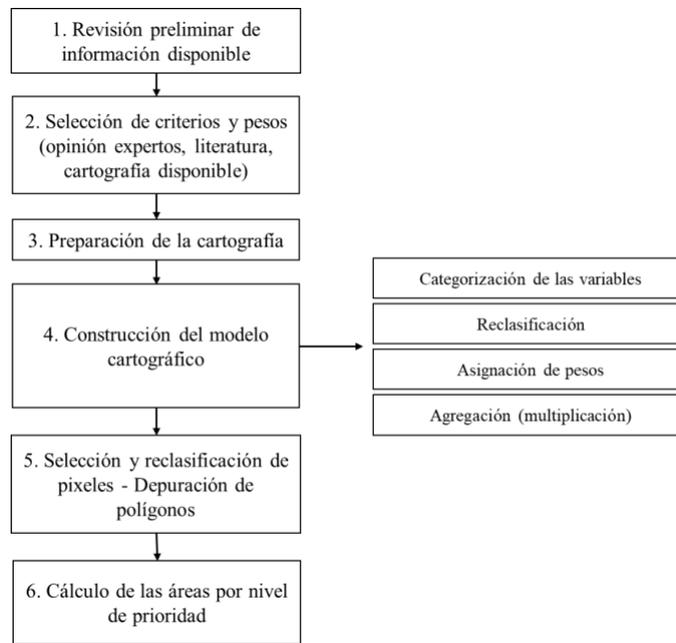


Figura 1. Diagrama metodológico de la priorización.

Para poder combinar los criterios en el análisis, es necesario que los valores se encuentren en unidades comparables. Para esto, los mapas de los indicadores fueron reclasificados en una escala de calificación de 1 a 5 según el nivel de prioridad definido para cada categoría, siendo 5 prioridad muy alta y 1 prioridad nula. Por otro lado, para determinar la importancia relativa de los criterios dentro de cada componente, se realizó una asignación de peso para cada indicador; para este caso, se intentó dar la misma importancia a todos los indicadores, sin embargo, se tuvo en cuenta la opinión de los expertos en el cuestionario para darle un peso un poco mayor a los indicadores más relevantes. También fue necesario realizar una ponderación para la construcción del mapa de prioridad que combinó los dos componentes evaluados, asignándoles el mismo peso a ambos (0,5) con el fin de que se generara un escenario de balance, el cual contiene las áreas más idóneas para restauración. Para la construcción de cada uno de los mapas, se llevó a cabo la agregación de los criterios por componente a partir de una multiplicación de cada indicador con su peso, utilizando la herramienta de Calculadora Raster de ArcGIS (ESRI, 2017). Esto permitió asignarle una calificación a cada píxel con el fin de evaluar su idoneidad.

Se utilizó una capa de restricción booleana para eliminar las áreas correspondientes a coberturas restringidas (zonas urbanas e industriales, cultivos, cuerpos de agua, afloramientos rocosos). Esta capa se multiplicó con cada uno de los mapas obtenidos en el paso anterior, excluyendo así un porcentaje del territorio restringido para el análisis. Finalmente, las capas obtenidas en la multiplicación de los criterios fueron reclasificadas a una escala de 1 a 4, donde 4 corresponde a los píxeles con mayor calificación, y 1

a los de menor calificación. Estas capas raster fueron convertidas a capas vectoriales para el cálculo final de las áreas. Fue necesario eliminar los polígonos con un área menor a 16 ha, debido a que este es el área mínima cartografiable definido para capas a escala 1:100.000 (Salitchev, 1979). Los polígonos con una valoración de 4 se clasificaron en prioridad alta, seguidos de los polígonos con prioridad moderada, con valoración de 3, y los de prioridad baja con valoración de 2. Las áreas calificadas con 1 fueron consideradas como áreas sin prioridad. Para cada una de estas capas se determinaron estadísticos descriptivos que permitieron determinar la suma de áreas priorizadas para el territorio.

3. Resultados

3.1. Cuestionario y revisión de criterios

Con el cuestionario se logró participación del 23% de los expertos consultados. En la Tabla 1 se resumen los criterios, tanto ecológicos como socioeconómicos con mayor votación. La conectividad, los servicios ecosistémicos, la tenencia de la tierra y la voluntad de la población local fueron los de mayor frecuencia. Para llevar a cabo el análisis se tuvo en cuenta, además del porcentaje de citación, la opinión específica de los expertos con respecto al criterio de mayor relevancia, donde destacaron los servicios ecosistémicos, el potencial natural de regeneración, la conectividad y el conflicto de uso. Esto se complementó con los resultados de la revisión de autores (tabla 2), donde se obtuvo una gran variedad de criterios que fueron agrupados por su similitud. Se destaca el nivel de erosión, distancia a vías y zonas urbanas, y el grado de fragmentación.

	<i>Criterios</i>	<i>Frecuencia</i>	<i>Citación (%)</i>
Ecológicos	Conectividad	6	85,7
	Servicios ecosistémicos	6	85,7
	Grado de amenaza	4	57,1
	Conflicto de uso del suelo	3	42,9
	Potencial natural de regeneración	3	42,9
	Diversidad paisaje y ecosistema	3	42,9
	Disponibilidad de hábitat	2	28,6
	Disturbio	2	28,6
	Degradación del paisaje	2	28,6
	Áreas protegidas	2	28,6
	Remanentes	2	28,6
	Tamaño	2	28,6
	Ecosistemas acuáticos	2	28,6
	Accesibilidad	2	28,6
	Nivel de degradación	2	28,6
	Suelo	2	28,6

Socioeconómicos	Tenencia de la tierra	7	100
	Voluntad población local	7	100
	Voluntad política	5	71,4
	Sustentabilidad económica	3	42,9
	Gobernanza forestal	3	42,9
	Costo de restauración	3	42,9
	Conocimiento técnico	3	42,9
	Monitoreo	2	28,6

Tabla 1. Frecuencia y porcentaje de citación de los criterios ecológicos y socioeconómicos más citados, basado en listado de criterios tomado de Orsi et al., (2011).

<i>Componente</i>	<i>Criterio</i>	<i>Frecuencia</i>	<i>Citación (%)</i>
Ecológico	Nivel/Riesgo de erosión	5	71,4
Socioeconómico	Distancia/adyacencia a carreteras/vías	4	57,1
Socioeconómico	Distancia/adyacencia a zonas urbanas	4	57,1
Viabilidad	Fragmentación del paisaje	4	57,1
Socioeconómico	Distancia/adyacencia a cultivos	3	42,9
Ecológico	Distancia a bosques	3	42,9
Necesidad	Riqueza de especies de árboles	3	42,9
Necesidad	Distancia a parches	3	42,9
Socioeconómico	Densidad humana	2	28,6
Viabilidad	Presencia/ausencia pastoreo ganadero	2	28,6
Necesidad	Distancia a áreas protegidas	2	28,6
Necesidad	Distancia a corredor ecológico	2	28,6
Viabilidad	Distancia a remanentes	2	28,6
Ecológico	Presencia spp amenazadas de árboles	2	28,6
Ecológico	Presencia spp invasoras	2	28,6
Importancia biológica	Presencia/ausencia de Sitios prioritario para conservación	2	28,6
Socioeconómico	Costo de conversión del uso de la tierra	2	28,6
Socioeconómico	Tipo de cobertura	2	28,6

Tabla 2. Frecuencia y porcentaje de citación de criterios más citados, propuestos por autores.

Los criterios seleccionados para el presente análisis multicriterio fueron aquellos obtenidos con la consulta de las fuentes cartográficas disponibles que permitieran una aproximación sencilla a cada criterio (Tabla 3). Para el componente socioeconómico se seleccionaron tres criterios y para el ecológico se seleccionaron cinco.

<i>Componente</i>	<i>Criterio</i>	<i>Peso</i>	<i>Indicador</i>	<i>Peso</i>	<i>Unidad/Descripción</i>
Socioeconómico	Conflicto uso	0,42	Cobertura	0,21	Tipo de cobertura CLC
			No conflicto	0,21	Aptitud/no aptitud
	Servicios ecosistémicos	0,42	Protección de ronda y cuenta	0,21	Bosque ripario: Presencia/ausencia
			Recarga de acuífero	0,21	Páramo: Presencia/ausencia

	Accesibilidad	0,16	Acceso vías	0,16	Distancia euclidiana
Ecológico	Condiciones biofísicas	0,16	Pendiente	0,16	Grados
	Nivel de degradación	0,16	Erosión	0,16	Nivel de erosión
	Conectividad	0,16	Distancia parches	0,16	Distancia euclidiana
	Potencial de regeneración	0,16	Distancia bosques (fuentes de semilla)	0,16	Distancia euclidiana
			Distancia a zonas urbanas	0,1	Distancia euclidiana
	Grado de amenaza	0,36	Distancia cultivos	0,1	Distancia euclidiana
			Cambio climático: precipitación	0,08	Cambio
		Cambio climático: temperatura	0,08	Cambio (°)	

Tabla 3. Criterios e indicadores de los componentes socioeconómico y ecológico seleccionados, con sus respectivos pesos y unidad de calificación.

3.2. Priorización

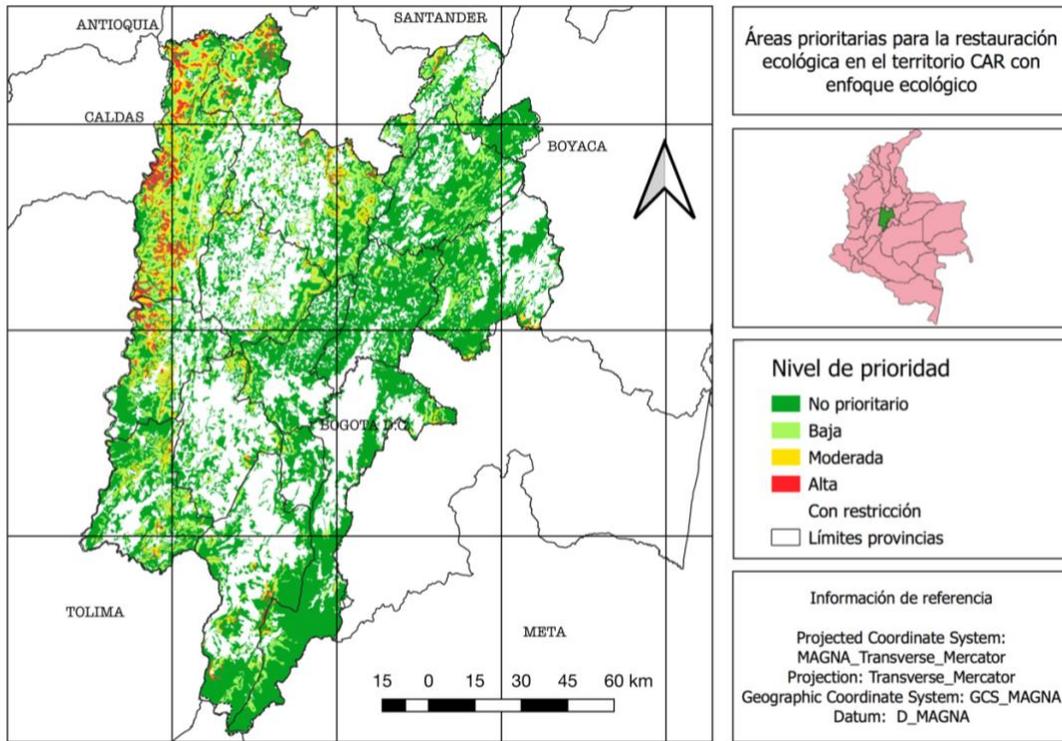
La extensión del territorio con potencial de restauración, después de excluir las áreas con restricción, es de 1.194.934 ha, lo que equivale a 64% del área de estudio. En promedio, las áreas priorizadas de los tres enfoques corresponden a 339.589 ha, es decir, el 28% del área potencial; así mismo, el mayor nivel de prioridad ocupa 18.885 ha, un 3% del territorio en general. Para el mapa de priorización obtenido a partir del enfoque ecológico, se encontró que 354.567 ha (19 %) corresponden áreas con prioridad (Tabla 4), con dominancia de áreas de baja prioridad, distribuidas en la zona nororiental del área de estudio (Fig. 2a). Las áreas con el nivel de prioridad alto solo abarcan el 1,6 % del territorio y se concentran en la zona occidental y noroccidental, acompañadas por áreas de prioridad moderada, con pequeños parches agrupados en los extremos norte, sur y oriental.

Nivel de prioridad	Enfoque ecológico		Enfoque socioeconómico		Enfoque balanceado	
	Superficie (ha)	Superficie (%)	Superficie (ha)	Superficie (%)	Superficie (ha)	Superficie (%)
Alto	30.796,3	1,6	16.842,1	0,9	9.017,0	0,5
Moderado	90.337,0	4,8	64.063,4	3,4	50.000,1	2,7
Bajo	233.433,2	12,5	199.538,6	10,7	324.740,2	17,4
Total priorizado	354.566,6	19,0	280.444,1	15,0	383.757,3	20,6
No prioritario	842.578,6	45,1	916.092,0	49,1	807.362,0	43,2

Tabla 4. Superficie de ocupación de las áreas con potencial de restauración (64% del territorio) según su nivel de prioridad para el enfoque ecológico, socioeconómico y balanceado.

Para el caso del enfoque socioeconómico (Fig. 2b), las áreas priorizadas corresponden al 15% del área de estudio, 16.842 ha con una alta prioridad, las cuales se ubican dispersas a lo largo del territorio, con una ligera acumulación en la zona suroccidental; en este costado también se aprecia una mayor proporción de áreas con prioridad moderada, mientras que las de prioridad baja se ubican en la zona sur. Además, se evidencia mayor proporción de áreas sin prioridad (49%) con respecto a los otros dos enfoques, así como una menor proporción de áreas con prioridad con respecto al enfoque ecológico.

(a)



(b)

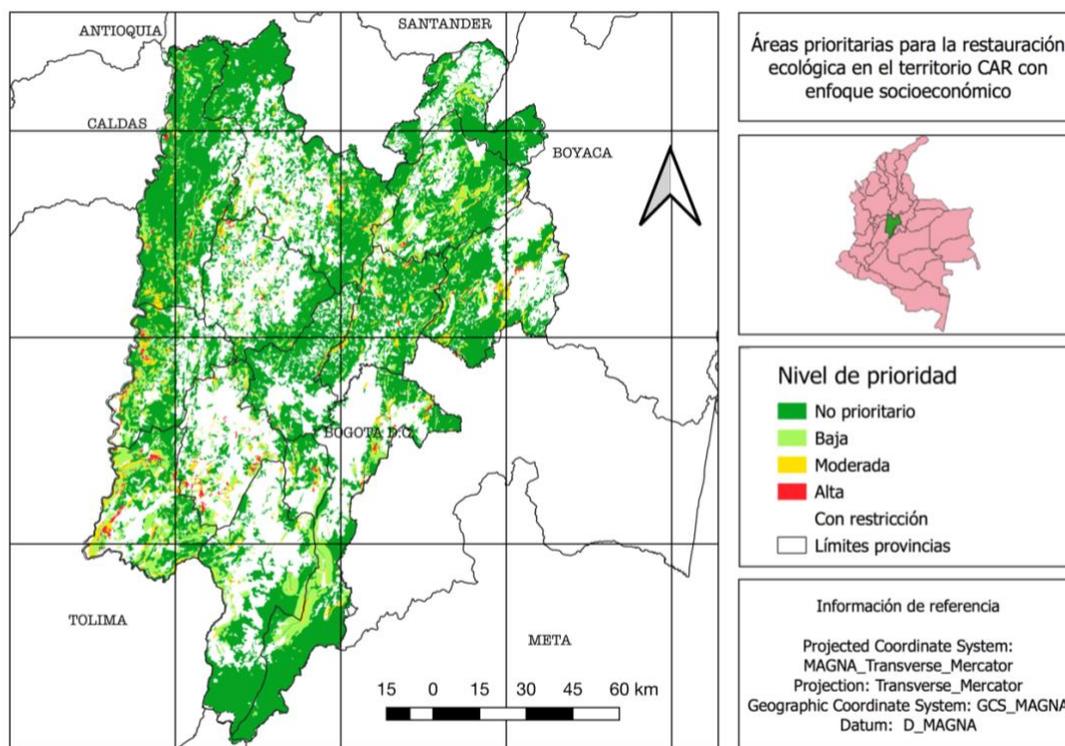


Figura 2. Mapas de las áreas de prioridad para la restauración ecológica (a) con un enfoque ecológico y (b) con un enfoque socioeconómico.

En la Figura 3 se muestra el mapa final de áreas priorizadas, teniendo en cuenta los mapas obtenidos a partir de los análisis anteriores, por lo cual es considerado como un enfoque de priorización balanceado. El área total priorizada en los tres niveles para este enfoque corresponde a 383.757 ha, es decir 20% del área de estudio. En este, las áreas con prioridad alta (0,5%) y moderada (2,7%) tienen menor representación en el territorio que las obtenidas para los dos enfoques anteriores; sin embargo, existe mayor proporción de áreas con prioridad baja (17,4%) para este enfoque, por lo cual resulta el escenario con una mayor cantidad de áreas priorizadas (20,6%). Estas se agrupan a lo largo del costado occidental, con algunas áreas ubicadas hacia el norte del territorio. Por su parte, la zona suroriental no se ve muy representada.

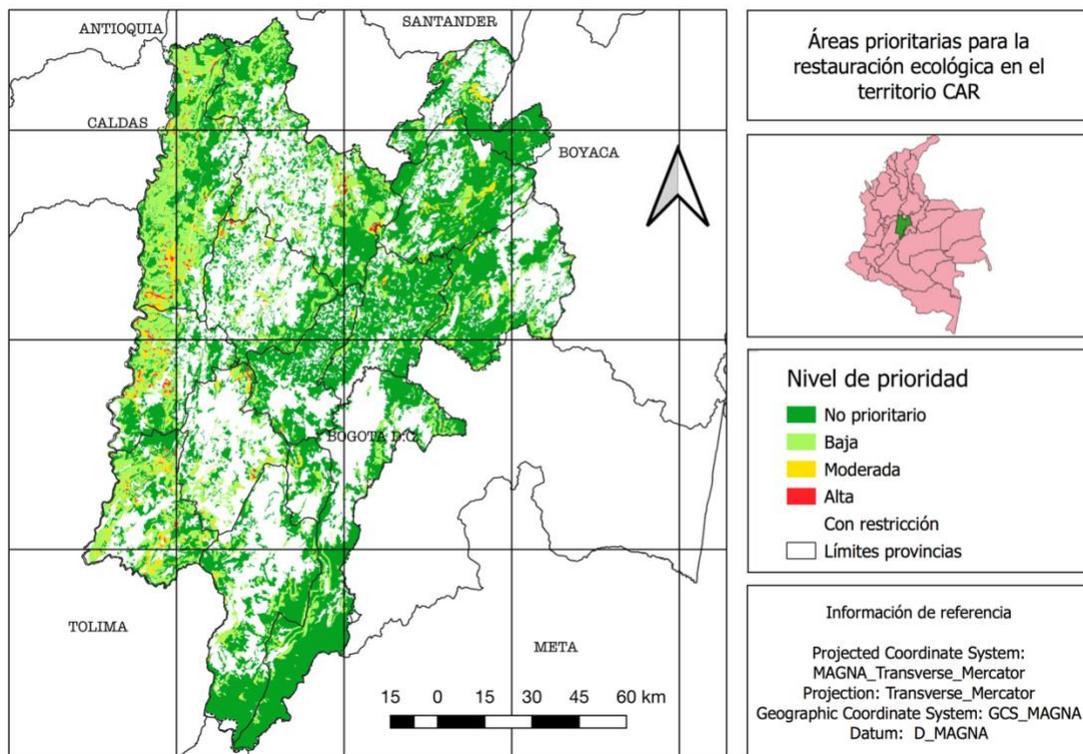
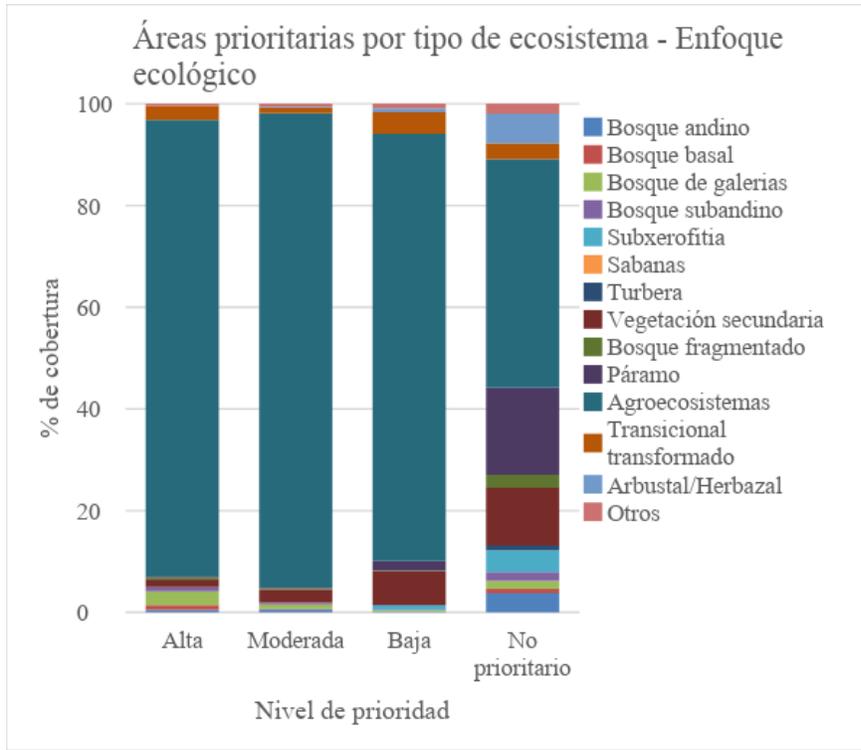
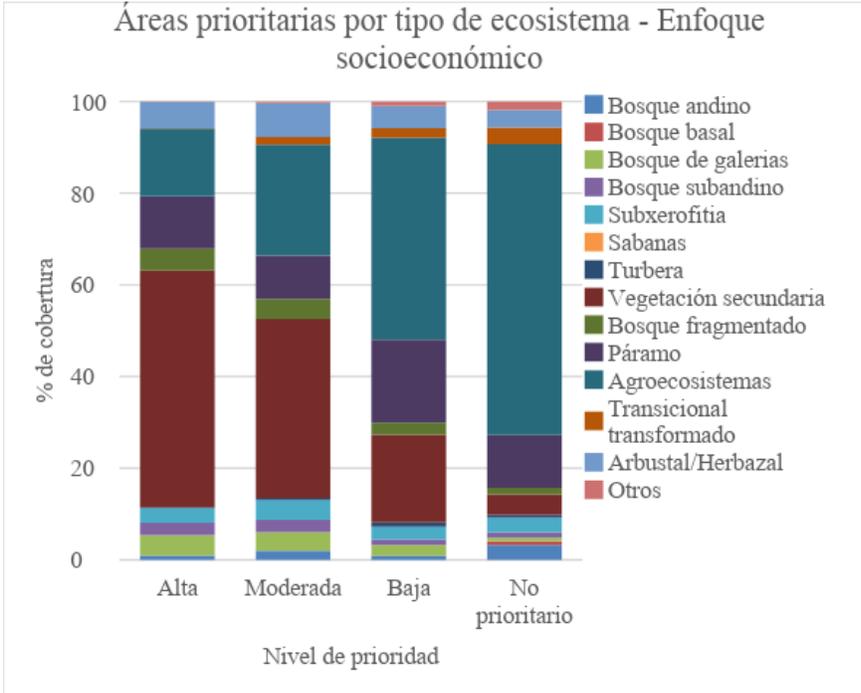


Figura 3. Mapa de áreas prioritarias para la restauración ecológica en el territorio CAR

Con respecto a los ecosistemas y coberturas representadas en la priorización (Fig. 4), es evidente la dominancia de agroecosistemas en los tres escenarios, especialmente para el enfoque ecológico, los cuales representan del 83 al 93% de las áreas seleccionadas. Estos agroecosistemas se clasifican en coberturas de pasturas limpias, enmalezadas y en mosaicos para ganadería, que en general abundan en el territorio. Se destacan también las coberturas de páramos y vegetación secundaria, que, para el caso de las áreas con enfoque socioeconómico, representan entre el 11 y el 18 % y entre el 19 y el 51%, respectivamente. En el escenario de enfoque balanceado, estas coberturas también son representativas, aunque en menor medida, mientras que para las prioridades del enfoque ecológico la proporción de páramo es mínima y de vegetación secundaria logra alcanzar solo un 6% de cobertura. Adicionalmente, los arbustales y herbazales en el escenario socioeconómico llegan a representar entre el 4.8 y el 7.3% de la cobertura, y los bosques de galerías hasta un 15% en total según la priorización balanceada, 10.8% para la socioeconómica y un 3.8% en las áreas de enfoque ecológico.



a.



b.

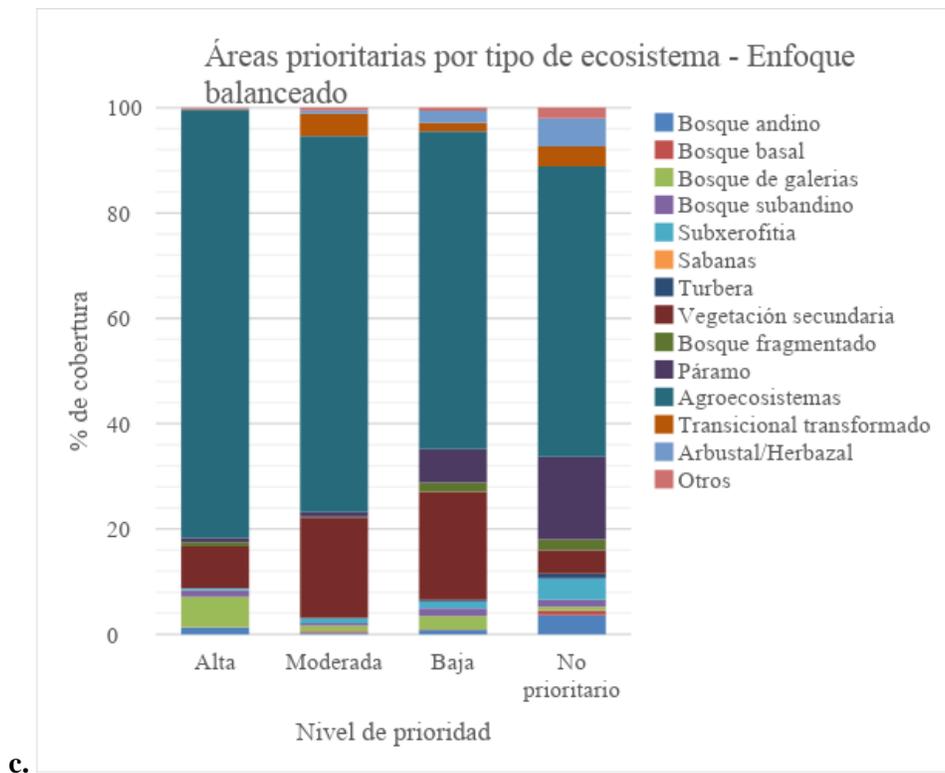


Figura 4. Representación de los ecosistemas y coberturas principales según el nivel de prioridad para las áreas seleccionadas, (a) enfoque ecológico, (b) enfoque socioeconómico y (c) enfoque balanceado.

4. Discusión

Debido a la dominancia de pastos con potencial de uso ganadero en la región, en el presente ejercicio de priorización representa una cobertura dominante en las áreas priorizadas en los tres enfoques de análisis, particularmente en mayor medida para el enfoque ecológico. Si bien este tipo de cobertura puede no ser apta para la restauración ecológica debido a su aptitud ganadera, es considerada como potencial y se debe verificar su uso actual para determinar si serán o no susceptibles a ser restauradas (Ministerio del Medio Ambiente, 2010).

El análisis desde el enfoque ecológico tiene en cuenta aspectos de *necesidad y viabilidad biofísica y ecológica*, mientras que el enfoque socioeconómico aborda la *viabilidad político-administrativa y socioeconómica* del territorio, por lo cual tiene en cuenta restricciones por uso y cobertura de la tierra, e incluso por posible conflicto de uso. Debido a esto, la asignación de valor a los píxeles correspondientes a áreas de coberturas con uso restringido fue menor en la priorización socioeconómico, pero no fue discriminada en la ecológica. Esto explica la alta predominancia de coberturas de pastos con potencial

ganadero como prioritarias para este enfoque de análisis. Por otro lado, en el enfoque socioeconómico se les dio mayor prioridad a los ecosistemas con algo de valor económico como los páramos y los bosques riparios, por lo cual estos están mejor representados bajo este enfoque.

Por lo anterior, se considera necesario combinar estos dos enfoques para generar áreas con suficiente consistencia ecológica, que excluyan previamente áreas inviables para restaurar de acuerdo con factores de restricción socioeconómicos (Orsi & Geneletti 2010; Uribe et al. 2014). Adicionalmente, es importante tener en cuenta la necesidad de restaurar, no solo para mejorar las condiciones ecológicas de los ecosistemas (i.e., composición, estructura y función), sino también desde una perspectiva socioeconómica de servicios ecosistémicos, donde se les asigna una alta importancia relativa pues generan beneficios al bienestar humano de alto valor económico (Barrera-Castaño & Valdés-López 2007; Orsi & Geneletti 2010; Uribe et al. 2014; Vargas 2011). De esta manera, se espera que el enfoque de balance obtenido en esta priorización logre el propósito de integrar todos los aspectos de necesidad y viabilidad que le darán el debido soporte a la selección, al tener en cuenta en igual medida tanto los criterios ecológicos como los socioeconómicos.

Por otro lado, como se mencionó antes, en el PNR se identifica un área total de 739.780,8 hectáreas susceptibles a restauración para el territorio, de las cuales solo el 30% (219.593,04 ha) corresponden a áreas con un manejo específico de restauración ecológica, mientras el resto se clasificaron en recuperación y rehabilitación (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2015). Además, estas se ubican en la zona norte central del territorio, al sur oriente, con algunos puntos distribuidos en el costado occidental (Apéndice D). Por su parte, el área equivalente bajo los tres niveles de prioridad (383.757,3 ha) obtenida en este estudio supera al área obtenida en el PNR, y se centran en el costado occidental del territorio, aunque se visualiza un punto en la zona norte central igualmente. Esta baja concordancia se debe a que el PNR basa la priorización en el cambio de las coberturas como perspectiva de degradación, y en métricas del paisaje. Si bien en este estudio se tuvo en cuenta el nivel de degradación, este se determinó por medio de un mapa de erosión; adicionalmente, no se tuvieron en cuenta métricas del paisaje. Sin embargo, el hecho de que en ambos estudios se utilicen diferentes criterios permite que estas áreas potenciales se puedan complementar.

Con respecto a los criterios socioeconómicos proporcionados para la encuesta, se resalta la dificultad por la carencia de los insumos de datos georreferenciados para abordar estos aspectos sociopolíticos y técnicos, a pesar de ser componentes de alta importancia para la toma de decisión con respecto a la restauración ecológica (Aguilar-Garavito & Ramírez-Hernández 2016; Aguilar-Garavito & Ramírez,

2015). Por ejemplo, el criterio de voluntad de la población local fue uno de los más citados por los encuestados. Varios autores hacen referencia a la importancia de escoger áreas de interés comunitario para garantizar la viabilidad de los proyectos (Barrera-Castaño & Valdés-López 2007; Vargas et al. 2012; Vargas 2008), por lo que se recomienda que, antes de tomar la decisión de intervenir alguna de las áreas priorizadas, se evalúe con la comunidad el interés por restaurar y participar en el proceso.

Cabe mencionar que los datos cartográficos escalados para el área de estudio, a pesar de que existen, no son de fácil acceso, lo que dificulta la posibilidad de trabajar a una resolución y con unos criterios que permitan un análisis más detallado del territorio y de las opciones de restauración. Para este tipo de estudios, se recomienda incrementar el esfuerzo invertido en la adquisición, generación y actualización de la información de base (Uribe et al. 2014), o, en su defecto, una verificación en campo de puntos aleatorios, ya sea previa a la priorización o seguida de esta, para garantizar la correspondencia entre las coberturas cartografiadas.

La priorización de áreas en restauración ecológica ha demostrado ser una herramienta útil a la hora de identificar sitios con potencial a ser restaurados, cuando se está evaluando un territorio de gran tamaño donde no se puede restaurar todo, ya sea por limitaciones económicas o de otro tipo, el cual se desea priorizar teniendo en cuenta parámetros específicos, como ocurre en este caso. Por otro lado, este método de priorización tiene la ventaja de poder ser modificado según los objetivos de restauración que se planteen, ya sea con respecto a una superficie o a un objeto de restauración específicos, pues permite realizar un análisis que integra múltiples variables y tiene en cuenta su importancia relativa, la cual se puede variar para obtener diferentes escenarios y debe estar preferiblemente basada en el criterio y conocimiento tanto de expertos como de las partes interesadas. De esta manera, resulta ser una herramienta primordial en la toma de decisión para seleccionar las áreas más deseables para un propósito, de forma sencilla y a la vez rigurosa (Orsi et al. 2011b; Orsi & Geneletti, 2010; Tobón et al. 2017; Uribe et al. 2014).

Finalmente, la restauración ecológica en todas sus fases debe procurar integrar tanto los contextos científicos y ecológicos, como los socioeconómicos, culturales y políticos para entender y abordar de forma más adecuada las alternativas de restauración, teniendo en cuenta una configuración territorial que depende en gran medida de los intereses y acciones de una sociedad en particular (Aguilar- Garavito and Ramírez- Hernández, 2016).

5. Conclusiones

En este estudio las áreas priorizadas a partir del enfoque ecológico se ubican en mayor proporción en coberturas de agroecosistemas, mientras las de enfoque socioeconómico lograron abarcar ecosistemas de paramos y bosques riparios. Es por esto que la priorización de áreas para restauración ecológica debe tener en cuenta tanto criterios ecológicos de necesidad y viabilidad, como las posibles restricciones y beneficios que se pueden abstraer de un análisis socioeconómico. Así se logró determinar en el territorio de la CAR de Cundinamarca, que es posible y necesario restaurar aproximadamente 383.750 ha bajo un enfoque balanceado de componentes socioeconómicos y ecológicos.

6. Agradecimientos

Agradezco la colaboración de mis colegas, profesores y tutora, pues sin sus aportes y constante apoyo no habría sido posible realizar esta investigación.

7. Referencias

- Adame, M.F., Hermoso, V., Perhans, K., Lovelock, C.E., Herrera-Silveira, J.A., 2015. Selecting cost-effective areas for restoration of ecosystem services. *Conserv. Biol.* 29, 493–502.
<https://doi.org/10.1111/cobi.12391>
- Aguilar- Garavito, M., Ramírez- Hernández, W., 2016. Fundamentos y consideraciones generales sobre restauración ecológica para Colombia. *Biodivers. EN LA Pract. Doc. Trab. del Inst. Humboldt* 1, 30.
- Aguilar-Garavito, M., Ramirez, W., 2015. Monitoreo a procesos de restauración ecológica, aplicado a ecosistemas terrestres. Instituto de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt (IAvH), Bogotá, D.C., Colombia.
- Armenteras, D., Vargas, O., 2016. PATRONES DEL PAISAJE Y ESCENARIOS DE RESTAURACIÓN EN COLOMBIA : ACERCANDO. *Acta Biológica Colombiana*.
<https://doi.org/10.15446/abc.v21n1Supl.50848>
- Barrera-Castaño, J.I., Valdés-López, C., 2007. Herramientas para abordar la Restauración Ecológica de Áreas disturbadas en Colombia. *Univ. Sci.* 12, 11–24.
- Barrera, J.I., Contreras, S.M., Garzón, N.V., Moreno, A.C., Montoya, S.P., 2010. Manual para la restauración ecológica de los ecosistemas disturbados del Distrito Capital.
- Brown, D.G., Polsky, C., Bolstad, P., Brody, S.D., Hulse, D., Kroh, R., Loveland, T., Thomson, A., 2014. Chapter 13: Land Use and Land Cover Change, in: Melillo, J.M., Terese, R., Yohe, G.W. (Eds.), *Climate Change Impacts in the United States: The Third Nacional Climate Assessment*. pp. 318–332. <https://doi.org/10.7930/J05Q4T1Q.On>
- Cardenas, J.C., Castaneda, J.L., Castillo Brieva, D., Laverde, C., Pereira, M.F., Rodriguez, L.A., 2012.

- Metodos complementarios para la valoracion de la biodiversidad : una aproximacion interdisciplinar, reponame:Repositorio Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt. CBD, 2011. Strategic Plan for Biodiversity 2011 – 2020 and the Aichi Targets 1–2.
- Chávez González, H., González Guillén, M. de J., Hernández de la Rosa, P., 2015. Metodologías para identificar áreas prioritarias para conservación de ecosistemas naturales. *Rev. Mex. Ciencias For.* 6, 8–23.
- Cimon-Morin, J., Darveau, M., Poulin, M., 2013. Conservation Biogeography of Ecosystem Services, Reference Module in Earth Systems and Environmental Sciences. Elsevier Inc. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-409548-9.09205-8>
- Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca, 2012. Plan de Gestión Ambiental Regional PGAR 2012 - 2023. Bogotá, D.C., Colombia.
- Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca, 2011. Metodología para la definición de áreas prioritarias para la adquisición de predios con fines de conservación, preservación y recuperación de los recursos naturales en la jurisdicción de la CAR.
- ESRI, 2017. ArcGIS 10.5.
- Etter, A., McAlpine, C., Possingham, H., 2008. Historical patterns and drivers of landscape change in Colombia since 1500: A regionalized spatial approach. *Ann. Assoc. Am. Geogr.* 98, 2–23. <https://doi.org/10.1080/00045600701733911>
- FAO, 2016. 2016 State of the World's Forests. Rome. <https://doi.org/10.1146/annurev-environ-020411-130608>
- Feddema, J.J., 2005. The Importance of Land-Cover Change in Simulating Future Climates. *Science* (80-.). 310, 1674–1678. <https://doi.org/10.1126/science.1118160>
- Fernández, I.C., Morales, N.S., 2016. A spatial multicriteria decision analysis for selecting priority sites for plant species restoration: a case study from the Chilean biodiversity hotspot. *Restor. Ecol.* 24, 599–608. <https://doi.org/10.1111/rec.12354>
- Foley, J.A., Defries, R., Asner, G.P., Barford, C., Bonan, G., Carpenter, S.R., Chapin, F.S., Coe, M.T., Daily, G.C., Gibbs, H.K., Helkowski, J.H., Holloway, T., Howard, E.A., Kucharik, C.J., Monfreda, C., Patz, J.A., Prentice, I.C., Ramankutty, N., Snyder, P.K., 2005. Global Consequences of Land Use. *Science* (80-.). 8, 570–574. <https://doi.org/10.1126/science.1111772>
- Geneletti, D., Orsi, F., Ianni, A.C., Newton, C., 2011. Identificación de Áreas Prioritarias para la Restauración de Bosques Secos, in: Newton, C., Tejedor, N. (Eds.), *Principios y Práctica de La Restauración Del Paisaje Forestal: Estudios de Caso En Las Zonas Secas de América Latina*. UICN, p. 436.
- Gómez, M.F., Moreno, L.A., Andrade, G.I., Rueda, C., 2016. BIODIVERSIDAD 2015: Estado y

- tendencias de la biodiversidad continental de Colombia, Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt Dirección. <https://doi.org/10.1017/CBO9781107415324.004>
- González Ovando, M.L., Escalante, F.O.P., Martínez-Trinidad, T., 2016. Áreas prioritarias para restauración ecológica y sitios de referencia en la región Chignahuapan-Zacatlán. *Madera y Bosques* 22, 41–52.
- Hern, Y., Ram, H., 2016. Risk Assessment of Physical Vulnerability Due To Hillside and 111–128.
- Hobbs, R.J., Harris, J. a, 2001. Restoration Ecology : Repairing the Earth ' s Ecosystems in the New Millennium. *Restor. Ecol.* 9, 239–246. <https://doi.org/10.1046/j.1526-100x.2001.009002239.x>
- Holl, K.D., Aide, T.M., 2011. When and where to actively restore ecosystems? *For. Ecol. Manage.* 261, 1558–1563. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2010.07.004>
- Instituto de investigación en Recursos Biológicos Alexander von Humboldt, 2014. Producto 9.1. Archivo cartográfico (formato shape) y documento anexo con la definición de los nodos biogeográficos a escala 1:100.000 para la implementación de los proyectos regionales de restauración, considerando los ecosistemas y los escenarios de dist. Bogotá, D.C., Colombia.
- Instituto Geográfico Agustín Codazzi - IGAC, Ministerio de Ambiente Vivienda y Desarrollo Sostenible, Instituto Colombiano de Desarrollo Rural, 2012. Estudio de los Conflictos De Uso Del Territorio Colombiano Escala 1:100.000 214.
- Jellinek, S., 2017. Using prioritisation tools to strategically restore vegetation communities in fragmented agricultural landscapes. *Ecol. Manag. Restor.* 18, 45–53. <https://doi.org/10.1111/emr.12224>
- Martinez-Garza, C., Gonzalez-Montagut, R., 1999. Seed rain from forest fragments into tropical pastures in Los Tuxtlas, Mexico. *Plant Ecol.* 145, 255–265. <https://doi.org/10.1023/A:1009879505765>
- Méndez-Toribio, M., Martínez-Garza, C., Ceccon, E., Guariguata, M.R., 2017. Planes actuales de restauración ecológica en Latinoamérica : avances y omisiones Current ecological restoration plans in Latin America : progress and omissions. *Rev. Ciencias Ambient.* 1–45. <https://doi.org/10.15359/rca.51-2.1>
- Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2015. Plan Nacional de Restauración. Restauración ecológica, rehabilitación y recuperación de áreas disturbadas, Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. Bogotá, D.C., Colombia.
- Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2014. Formulación de los Planes de Ordenación y Manejo de Cuencas Hidrográficas. Bogotá, D.C., Colombia.
- Ministerio del Medio Ambiente, 2010. Leyenda nacional de coberturas de la tierra.
- Mohamed, H., Omar, B., Abdessadek, T., Tarik, A., 2013. Approach to integration SOLAP tools and multicriteria analysis for spatial decision support, in: 2013 ACS International Conference on Computer Systems and Applications (AICCSA). pp. 1–6.

<https://doi.org/10.1109/AICCSA.2013.6616469>

- Mujica, S., Pacheco, H., 2013. Metodología para la generación de un modelo de zonificación de amenaza por procesos de remoción en masa, en la cuenca del río Camurí Grande, estado Vargas, Venezuela. *Rev. Invest. (Guadalajara)*. 37, 215–244.
- Murcia, C., Guariguata, M.R., 2014. La restauración ecológica en Colombia Tendencias , necesidades y oportunidades. CIFOR.
- Murcia, C., Guariguata, M.R., Andrade, Á., Andrade, G.I., Aronson, J., Escobar, E.M., Etter, A., Moreno, F.H., Ramírez, W., Montes, E., 2016. Challenges and Prospects for Scaling-up Ecological Restoration to Meet International Commitments: Colombia as a Case Study. *Conserv. Lett.* 9, 213–220. <https://doi.org/10.1111/conl.12199>
- Murcia, C., Guariguata, M.R., Quintero-Vallejo, E., Ramirez, W., 2017. La restauración ecológica en el marco de las compensaciones por pérdida de biodiversidad en Colombia: Un análisis crítico. <https://doi.org/10.17528/cifor/006611>
- Orsi, F., Church, R.L., Geneletti, D., 2011a. Restoring forest landscapes for biodiversity conservation and rural livelihoods: A spatial optimisation model. *Environ. Model. Softw.* 26, 1622–1638. <https://doi.org/10.1016/j.envsoft.2011.07.008>
- Orsi, F., Geneletti, D., 2010. Identifying priority areas for Forest Landscape Restoration in Chiapas (Mexico): An operational approach combining ecological and socioeconomic criteria. *Landsc. Urban Plan.* 94, 20–30. <https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2009.07.014>
- Orsi, F., Geneletti, D., Newton, A.C., 2011b. Towards a common set of criteria and indicators to identify forest restoration priorities: An expert panel-based approach. *Ecol. Indic.* 11, 337–347. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2010.06.001>
- Salitchev, A., 1979. Cartografía. Editorial Pueblo y Educación, La Habana, Cuba.
- Segura, G., Camargo, M., García, N., Ávila, L., Cantor, L., Gutierrez, A., Bohórquez, D., Sesquilé, E., López, K., 2016. Capítulo I: Priorización de zonas para restauración ecológica en la cuenca del Río Bogotá, in: *Identificación y Priorización de Las Áreas Para Reforestación Protectora Sobre La Cuenca Del Río Bogotá*. Bogotá, D.C., Colombia, p. 110.
- Şen, G., Güngör, E., Şevik, H., 2018. Defining the effects of urban expansion on land use/cover change: a case study in Kastamonu, Turkey. *Environ. Monit. Assess.* 190. <https://doi.org/10.1007/s10661-018-6831-z>
- SER, S. for E.R., 2004. Principios de SER International sobre la restauración ecológica. SER, Soc. Ecol. Restor. Int. 15.
- SER, S. for E.R., UICN, CEM, 2018. Forum on Biodiversity and Global Forest Restoration Summary Report and Plan of Action. Iguassu Falls.

- Tobón, W., Koleff, P., Urquiza-Haas, T., García Méndez, G., 2016. Propuesta metodológica para identificar prioridades de restauración en México, in: Ceccon, E., Martínez-Garza, C. (Eds.), *Experiencias Mexicanas En La Restauración de Los Ecosistemas*. Universidad Nacional Autónoma de México, Centro Regional de Investigaciones Multidisciplinarias; Universidad Autónoma del Estado de Morelos; Ciudad de México : Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad.
- Tobón, W., Urquiza-Haas, T., Koleff, P., Schröter, M., Ortega-Álvarez, R., Campo, J., Lindig-Cisneros, R., Sarukhán, J., Bonn, A., 2017. Restoration planning to guide Aichi targets in a megadiverse country. *Conserv. Biol.* 31, 1086–1097. <https://doi.org/10.1111/cobi.12918>
- UICN, WRI, 2014. Guía sobre la Metodología de evaluación de oportunidades de restauración (ROAM): Evaluación de las oportunidades de restauración del paisaje forestal a nivel nacional o subnacional. Documento de trabajo (edición de prueba). *Unión Int. para la Conserv. la Nat.* 125.
- Uribe, D., Geneletti, D., del Castillo, R.F., Orsi, F., 2014. Integrating stakeholder preferences and GIS-based multicriteria analysis to identify forest landscape restoration priorities. *Sustain.* 6, 935–951. <https://doi.org/10.3390/su6020935>
- van Diggelen, R., Grootjans, A.P., Harris, J.A., 2001. Ecological restoration: State of the art or state of the science? *Restor. Ecol.* 9, 115–118. <https://doi.org/10.1046/j.1526-100x.2001.009002115.x>
- Vargas, J.O., 2011. Restauración Ecológica: Biodiversidad y Conservación. *Acta Biológica Colomb.* 16, 221–246. <https://doi.org/10.1021/jf035290s>
- Vargas, O., Díaz, A., Trujillo, L., Velasco-linares, P., Díaz-Martín, R., León, O., Montenegro, A., 2008. Barreras para la Restauración Ecológica, in: *Estrategias Para La Restauración Ecológica*. Universidad Nacional de Colombia, pp. 57–82.
- Vargas, O., Díaz, J., Reyes, S., Gómez, P., 2012. Guías Técnicas para la Restauración ecológica de los ecosistemas de Colombia. Departamento de Biología, Facultad de Ciencias, Universidad Nacional de Colombia.
- Vargas, O., Mora, F., 2008. La restauración ecológica. Su contexto, definiciones y dimensiones. *Estrategias para la restauración ecológica del bosque altoandino* 19–40.
- Vargas, O.R., 2008. Guía metodológica para la restauración ecológica del bosque altoandino.
- Wei, B., Xie, Y., Jia, X., Wang, X., He, H., Xue, X., 2018. Land use/land cover change and its impacts on diurnal temperature range over the agricultural pastoral ecotone of Northern China. *L. Degrad. Dev.* 29, 3009–3020. <https://doi.org/10.1002/ldr.3052>
- Yoshioka, A., Akasaka, M., Kadoya, T., 2014. Spatial prioritization for biodiversity restoration: A simple framework referencing past species distributions. *Restor. Ecol.* 22, 185–195. <https://doi.org/10.1111/rec.12075>

7. Apéndices

7.1 Apéndice A

Tabla A1. Formato de cuestionario para la identificación y selección de criterios basada en la opinión de expertos.

1. Dirección de correo electrónico							
2. ¿A qué tipo de público pertenece? Seleccione una de las siguientes opciones.	Academia	Entidad investigadora		Entidad pública regional		ONG	Sociedad civil
3. ¿Cómo calificaría su conocimiento y experticia en el área de la Restauración Ecológica?	Nula	Moderada		Buena		Muy buena	
4. ¿Ha participado en la planeación de proyectos de restauración?	Si	No					
5. Mencione el área del país donde tenga mayor experiencia trabajando en restauración ecológica (región, departamento y/o municipio)							
6. ¿Cómo calificaría su conocimiento y experticia en el departamento de Cundinamarca? (Componente social, ambiental, político, territorial, biofísico)	Nulo	Moderado		Bueno		Muy bueno	
7. Por favor, seleccione 5 criterios ecológicos que considere que son más relevantes para identificar áreas prioritarias a restaurar.							
8. Para cada criterio ecológico escogido, por favor especifique: ¿Qué niveles del criterio reflejan una mayor prioridad para restauración? (Opcional)							
9. Para la priorización de las áreas se pueden usar muchos criterios, pero se les da más importancia a unos que a otros. Esta importancia relativa se representa en pesos o porcentajes, y este será mayor con respecto a los demás criterios. Teniendo en cuenta esto, ¿a cuál de los 5 criterios ecológicos que escogió le daría más peso a la hora de seleccionar estas áreas?							
10. ¿Tiene algún comentario que añadir con respecto a los criterios ecológicos?							
11. Por favor, seleccione 5 criterios socioeconómicos que considere que son más relevantes para identificar áreas prioritarias a restaurar.							
12. Para cada criterio socioeconómico escogido, por favor especifique: ¿Qué niveles del criterio reflejan una mayor prioridad para restauración? (Opcional)							
13. ¿A cuál de los 5 criterios socioeconómicos que escogió le daría más peso a la hora de priorizar las áreas a restaurar?							

14. ¿Tiene algún comentario que añadir con respecto a los criterios socioeconómicos?	
15. En caso de tener alguna sugerencia o retroalimentación que permita mejorar este estudio, deje su comentario aquí.	

7.2 Apéndice B

Tabla B1. Criterios e indicadores generales para el factor de necesidad generados a partir de la ronda Delphi número uno realizada por Orsi et al. (2011)

<i>Componente</i>	<i>Criterio</i>	<i>Indicador</i>
Necesidad	Condiciones climáticas	Humedad
		Precipitación
		Temperatura
	Corredores - conectividad	Cantidad de hábitat interior dentro de una unidad
		Longitud corredor
		Anchura corredor
		Distancia a áreas protegidas
		Distancia a bosque más cercano
		Conexión entre unidades de hábitat
		Presencia o ausencia de áreas salvajes conectadas a áreas restauradas
	Grado de amenaza	Tipo de conexión
		Área con especies amenazadas
		Número de sp en lista roja
		Presencia/ausencia sp (ecosistema) en lista roja
		% de bosque en peligro
		% de bosque remanente
		Cantidad de área registrada (ha)
	Disturbios	Área de tipo de vegetación después de disturbio/antes de disturbio
		Área/perímetro
		Distancia a vías
		Clasificación del disturbio
		Número de personas dependiendo del ecosistema
		Número de personas viviendo en el ecosistema
		Clasificación de Tipo de Disturbio Natural (NDT)
		Distancia a centros poblados
		Densidad poblacional
		Densidad de camino
	Diversidad (eco y paisaje)	% áreas de agricultura
		% área por clase de pendiente
		% sp invasoras
		% área poblada
		Variación altitudinal
		Heterogeneidad aspecto
Heterogeneidad de la elevación		
Heterogeneidad de la cobertura		
Cantidad de madera muerta		
Cantidad de árboles muertos		
Cobertura de canopy		
Diversidad del suelo		
Diversidad estructural del paisaje		

	Diversidad funcional del paisaje
	Presencia/ausencia de ecosistemas diversos
	Presencia/ausencia de agua
	Calidad de agua muerta
	Abundancia
	Presencia de sp árboles amenazadas
	Riqueza de sp árboles
	Edad
	Diversidad beta
	Equitatividad
	Alfa de Fisher
	Densidad del bosque
	Número de aves
Diversidad sp	Número de sp endémicas
	Número de interacciones entre spp
	Número de sp claves
	Número de sp claves perdidas
	Número de tipos de vegetación mayores
	Número de sp nativas/sp exóticas
	Número de TER sp
	Presencia/ausencia de sp no-game
	Diversidad de Shannon
	Riqueza de sp
	% vivos/muertos (mortalidad)
	Rasgos adaptativos
	Cobertura de canopy
Diversidad genética	Diversidad genética poblacional
	Isozimas
	Número de troncos por ha por clases de tamaño
	Marcadores neutrales, herencia nuclear, microsatélites específicos sp
	Secuestro de carbono/productividad
	Distancia a agua
Servicios ecosistémicos	Elevación
	Pendiente
	Retención de suelo (mass/ha)
	Provisión de agua (rendimiento)
	Áreas de fragmentos
	Área núcleo
	Densidad de parche de bosque
Fragmentación	Aislamiento
	Número de fragmentos
	Proximidad
	Representatividad del ecosistema en el mundo
	% tipo de ecosistema por tipo de hábitat por cuenca (500-5000 ha) (filtro fino)
Disponibilidad de hábitat	% tipo de ecosistema por tipo de hábitat por región (filtro medio)
	% tipo de hábitat por región (filtro grueso)
Área históricamente forestada	Área forestada históricamente
	Tasa de deforestación
	Área del parche
Degradación del paisaje	Área previamente forestada
	Estado sucesional
	Frecuencia de fuegos
	Frecuencia de deslizamientos

		Cambio del uso de la tierra (%)
		Índices de contaminación
		Densidad de camino
		Erosión del suelo
		Volumen de sedimentos-debris
	Áreas protegidas	Distancia a áreas protegidas
		Presencia/ausencia de áreas protegidas
		Presencia/ausencia sp raras
	Rareza	Representación de biotipos en paisajes amplios
		Índice de unicidad
		Valor de amenidad
	Recreación	Número de personas que visitan el área
		Evaluación de impacto visual
		Cantidad de bosque primario y secundario en distancias variables
		Distancia del borde del bosque
		Distancia a bosque con cierto tamaño
		Distancia a vegetación remanente
	Remanentes	Distancia a fuentes de semilla
		Presencia/ausencia de vegetación remanente
		Presencia/ausencia de áreas adyacentes con tipo de uso de la tierra adecuado para restauración
		Presencia/ausencia de dispersores de semilla
		Densidad de árboles y arbustos
	Tamaño	Área
		Área necesaria para restaurar un tipo de vegetación
		Contenido de N en el suelo
		Contenido de materia orgánica de horizonte superior del suelo
	Condiciones del suelo	Contenido de P en el suelo
		Abundancia de macrofauna del suelo
		Respiración del suelo
		Textura del suelo
		Distribución de alturas
		Estructura horizontal
		Cantidad, tamaño, nivel de descomposición de mantillo grueso
		Diversidad de estrato vegetal
	Estructura de la vegetación	Etapas estructurales
		Diámetro de árboles
		Estructura vertical
		Composición de sp vegetales
		Nivel
		Alcalinidad
		Banco de altura
		Profundidad de canal
	Ecosistema acuático	Anchura de canal
		O ₂ disuelto
		Distancia a ríos largos
		Longitud de cursos de agua en áreas restauradas

Tabla B2. Criterios e indicadores generales para el factor de viabilidad generados a partir de la ronda Delphi número uno realizada por Orsi et al. (2011)

<i>Componente</i>	<i>Criterio</i>	<i>Indicador</i>
Viabilidad	Accesibilidad	Distancia a centros de capacitación

	Distancia a infraestructura de transporte
	Distancia a ciudades
	Geomorfología
	Número de vehículos disponibles
	Tipo de vías
	Tipo de vegetación
	Parámetros de cambio climático
Clima	Lluvias
	Humedad relativa
	Vientos
	Cantidad de árboles viejos
	Cantidad de vegetación remanente
	Cantidad de dispersores de semilla
	Compactación
Nivel de degradación	Erosión del suelo top
	Número de sp pioneras
	Número de sp de árboles remanentes
	Agotamiento de nutrientes
	Fertilidad del suelo
	Riesgo de erosión
	Densidad de árboles
	Riqueza de sp
	Cantidad de herbívoros
	Frecuencia de fuegos
	Uso de la tierra
	Datos del ganado
	Presión por pastoreo
	Número de sp invasoras
Disturbios	Presencia/ausencia sp invasoras
	Riesgo predecible de deforestación
	Personas por km ²
	Presencia/ausencia hierba nociva
	Presencia/ausencia pestes o enfermedades en la región
	Habilidad de regeneración de sp invasoras
	Densidad de camino
	Tipo de ganado
	Diámetro
	Diversidad
	Composición y estructura histórica
	Encuesta de paisaje biológica de la vegetación (LaBiSV)
	Número de sp exóticas
	Número de parches de bosque
	Número de troncos por ha por clases de tamaño
	Distribución de parches
Características forestales	Presencia/ausencia sp de planta deseada
	Presencia/ausencia micorrizas
	Presencia/ausencia bosque de viejo crecimiento
	Presencia/ausencia bosque secundario
	Riqueza de sp
	Altura de árboles
	Bosque de edad desigual/edad igual
	% vivo/muerto
	% plantas amenazadas

	% árbol - composición de especies de plantas como una desviación de una línea de base tal como una serie de sitios o una comunidad de plantas tardíamente seral
	Tasas diferenciales de transformación de coberturas de uso de suelo
	Uso de la tierra
	Planes de desarrollo del paisaje
Conflictos de uso de la tierra	Presencia/ausencia tierras abandonadas
	Presencia/ausencia propiedades privadas
	Presencia/ausencia de utilidades (líneas eléctricas)
	Idoneidad de la tierra por usos alternativos
	Transformación de la matriz de cada tipo de cobertura
	Distancia a bosque natural
	Distancia a áreas protegidas
	Distancia a fuentes de semilla
	Distancia a remanentes
	Tipo de vegetación
	Clima
	Potencial crecimiento
	Número de aves
Potencial de regeneración potencial	Número de árboles y arbustos semilleros
	Adaptabilidad a pestes y enfermedades
	Presencia/ausencia de estructura biótica mínima
	Presencia/ausencia corredores biológicos
	Presencia/ausencia variantes genéticos únicos en la población
	Material de raíz y rizomas
	Densidad de plántulas
	Capacidad de supervivencia
	Clasificación de síndromes de la unidad de paisaje
	Dirección del viento
	% de sp con diferentes modos de dispersión
Tamaño de hábitat	Área
	Número de fragmentos
	Acidificación del substrato
	Altitud
	Aspecto
	Tipo de lecho rocoso
	Densidad aparente (bulk)
	Capacidad de intercambio de cationes
	Compactación
	Concentración de metales pesados
	Concentración de pesticidas
	Fluctuación de temperatura anual y diaria
Suelo	Profundidad
	Erosión
	Fertilidad
	Comunidad microbiana
	Materia orgánica (%)
	pH
	Fósforo disponible para plantas
	Precipitación
	Presencia/ausencia de químicos tóxicos
	Presencia/ausencia de toxinas
	Pendiente
	Pendiente menor 35%

	Tipo de suelo
	Estructura
	N total
	Precipitación anual
	Índice de aridez y humedad
	Distancia a ríos
Disponibilidad de agua	Elevación por encima del nivel promedio del agua subterránea
	Capacidad de campo del suelo
	Tasa de infiltración
	Distribución de la precipitación
	Profundidad del suelo
	Cantidad de comida provista
Sostenibilidad económica	Cantidad de madera provista
	Número de sp económicamente importantes
	Precio de productos
Gobernanza forestal	Inspecciones
	Leyes y regulaciones
	Área de propiedad
Propiedad de la tierra	Patrón de propiedad de tenencia
	Propietario público o privado
	Cantidad de fondos
Monitoreo	Asociación
	Cantidad de incentivos
	Cantidad de recursos invertidos
Voluntad política	Número de instituciones involucradas
	Presencia/ausencia de incentivos
	Subsidios o multas sobre actividad de restauración
	Área a ser restaurada
	Costo de cercas
	Valor económico de la tierra
Costos de restauración	Costo de labor
	Costo monetario
	Perímetro
	Costo de producción de plántulas
Conocimiento técnico	Presencia/ausencia de información técnica
	Cantidad de inversión de la comunidad
	Grado de interés
Complacencia de locales	Número de ONGs trabajando en el área
	Número de personas interesadas
	Número de programas de educación ambiental

7.3 Apéndice C

Tabla C1. Criterios e indicadores seleccionados para el análisis ecológico, con sus respectivos pesos y detalles de las capas utilizadas para su procesamiento

Ponderación general	Criterio	Peso del criterio (%)	Indicador	Categorías	Calificación	Nivel de prioridad	CAPA	Escala espacial de la capa	Fuente		
0,5	Grado de amenaza	0,8	Vulnerabilidad al cambio climático por cambio en	CT <=1	5	Muy alto	Temperatura bajo	1:25.000	CAR		
				1 < CT <= 2, 2 < CT <= 3	3	Intermedio	escenari A 2 de				
					3 < CT <= 4, CT > 4	2	Bajo	cambio climático 2011 -			
		0,8	Vulnerabilidad al cambio climático por cambio en	0,8	Escenarios: 0 < CP <= 10 y > 10 < CP <= 0	5	Alto	Precipitación bajo	1:25.000	CAR	
						3	Intermedio	escenari A 2 de			
						1	Bajo	cambio climático 2011 -			
						5	Muy alto				
		36	Distancia a cultivos	0,1	Distancia a cultivos	Distancia euclídeana: >5000 m	5	Muy alto	Mapa nacional de	1:100.000	IDEAM
						Distancia euclídeana: 1000 - 5000 m	4	Alto	coberturas Corine Land		
						Distancia euclídeana: 500 - 1000 m	3	Intermedio	Cover 2010-2012		
Distancia euclídeana: 250 - 500 m	2					Bajo					
Distancia euclídeana: 0 - 250 m	1					Nulo					
Distancia a territorios artificializados (urbano continuo, discontinuo,	5					Muy alto	Mapa nacional de	1:100.000	IDEAM		
Distancia euclídeana: >5000 m	4					Alto	coberturas Corine Land				
Distancia euclídeana: 2500 - 5000m	3					Intermedio	Cover 2010-2012				
Distancia euclídeana: 1000 - 2500 m	2					Bajo					
Distancia euclídeana: 500 - 1000 m	1					Nulo					
16	Nivel de degradación	0,16	Nivel de erosión	Muy severo	2	Bajo	Zonificación de suelos	1:100.000	IDEAM		
				Severo	3	Intermedio	degradados 2010-2011				
				Moderado	5	Muy alto					
				Ligera	5	Muy alto					
				No erosión	3	Intermedio					
16	Conectividad	0,16	Distancia a parches remanentes	Distancia euclídeana: 0 - 250 m	5	Muy alto	Mapa nacional de	1:100.000	IDEAM		
				Distancia euclídeana: 250 - 500 m	4	Alto	coberturas Corine Land				
				Distancia euclídeana: 500 - 2000 m	3	Intermedio	Cover 2010-2012				
				Distancia euclídeana: 2000-12000 m	2	Bajo					
				Distancia euclídeana: 12000 - 80000 m	1	Nulo					
16	Potencial natural de regeneración	0,16	Distancia a bosques fuente de semilla	Distancia euclídeana: 0 - 100 m	5	Muy alto	Mapa nacional de	1:100.000	IDEAM		
				Distancia euclídeana: 100 - 250 m	4	Alto	coberturas Corine Land				
				Distancia euclídeana: 250 - 500 m	3	Intermedio	Cover 2010-2012				
				Distancia euclídeana: 500 - 1000 m	2	Bajo					
				Distancia euclídeana: > 1000 m	1	Nulo					
16	Condiciones biofísicas básicas	0,16	Pendiente	Plano y semi ondulado (0 - 7°)	5	Muy alto	Modelo de elevación	30 m	NASA y METI		
				Ondulado (7 - 14°)	4	Alto	Digital				
				Colinado (14-35°)	3	Intermedio					
				Montañoso (35 - 55°)	2	Bajo					
			Escarpado (>55°)	1	Nulo						

Componente ecológico

Tabla C2. Criterios e indicadores seleccionados para el análisis socioeconómico, con sus respectivos

Ponderación general	Criterio	Peso del criterio (%)	Peso del indicador	Indicador	Categorías	Calificación	Nivel de prioridad	CAPA	Escala espacial de la capa	Fuente
0,5	Conflicto de uso	42	0,21	Idoneidad de la tierra por su cobertura	Bosque fragmentado, vegetación secundaria o en transición, mosaico de pastos con espacios naturales, pastos enmalezados	5	Muy alto	Mapa nacional de coberturas Corine Land Cover 2010-2012	1:100.000	IDEAM
					Pastos limpios, pastos arbolados, zonas quemadas, tierras desnudas y degradadas	3	Intermedio			
					Bosque galerías, bosque abierto, arbustal, plantaciones forestales	2	Bajo			
					Bosques, herbazales, arbustales	1	Nulo			
					Territorios artificializados, cultivos	1	Nulo			
					Áreas aptas por cobertura y por zonificación que coinciden	5	Muy alto			
					Áreas no coincidentes	1	Nulo			
					Cobertura: Bosque de galerías	5	Muy alto			
					Coberturas naturales	2	Bajo			
					Coberturas seminaturales y ritificadas, cuerpos de agua, afloramiento rocoso	1	Nulo			
Servicios ecosistémicos		42	0,21	Recarga de acuífero - Ecosistemas de alta montaña	Ecosistemas generales: Paramo y turberas de páramo	5	Muy alto	Mapa nacional de coberturas Corine Land Cover 2010-2012	1:100.000	IDEAM
					Ecosistemas naturales y vegetación secundaria	2	Bajo			
					Ecosistemas seminaturales o artificializados, cuerpos de agua, zonas arenosas y afloramientos rocosos	1	Nulo			
					0-100	1	Nulo			
					Distancia euclidiana entre 0 - 500 m	4	Alto			
					Distancia euclidiana entre 500 - 1000 m	5	Muy alto			
					Distancia euclidiana 1000 - 2500 m	3	Intermedio			
					Distancia euclidiana 2500 - 3500 m	2	Bajo			
					Distancia euclidiana > 3500 m	1	Nulo			
					Accesibilidad		16	0,16	Distancia a vías	Vías 2005

Componente socioeconómico

7.4. Apéndice D

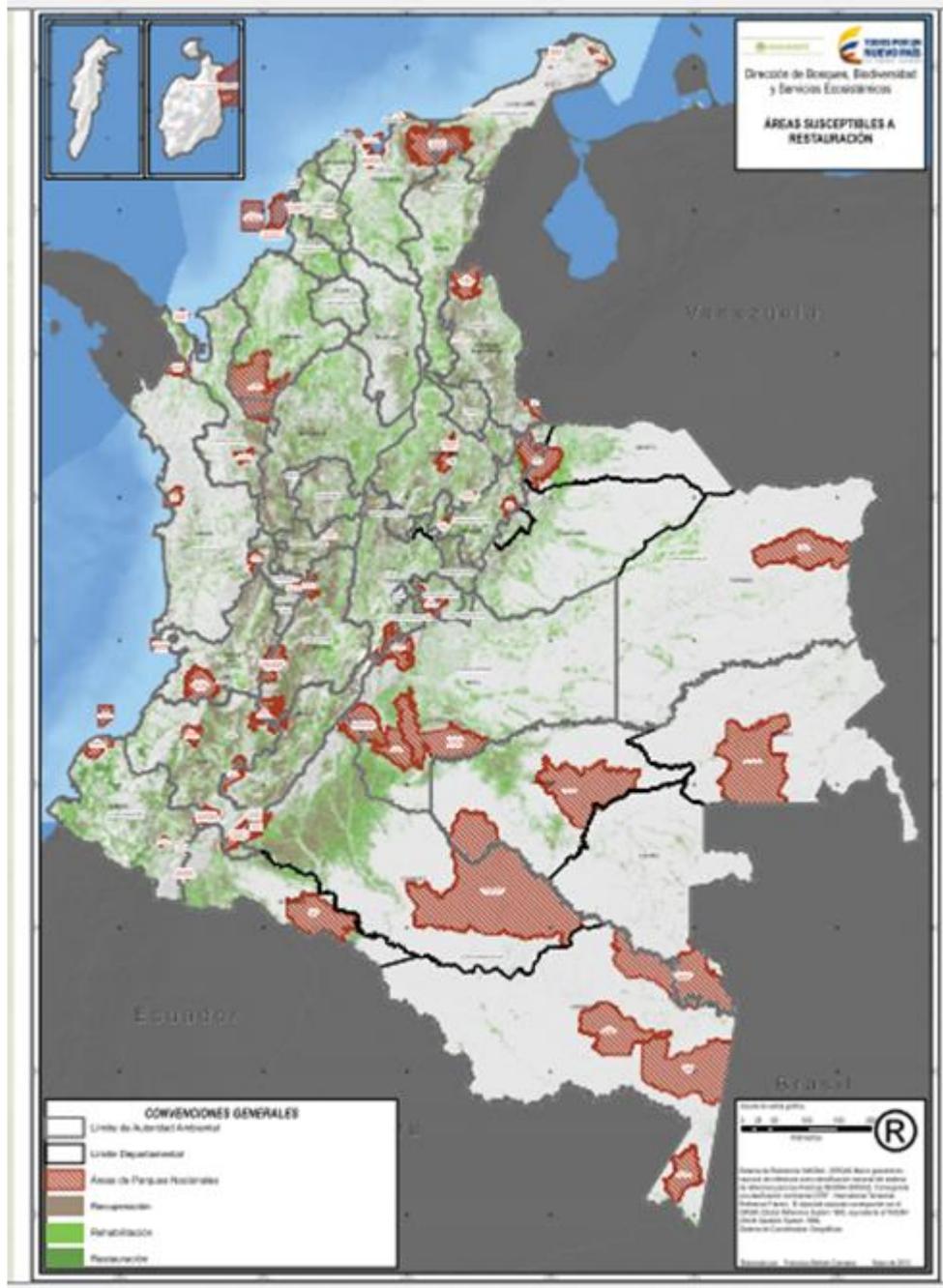


Figura D1. Mapa de áreas susceptibles a procesos de restauración del Plan Nacional de Restauración, identificadas a partir de una priorización a escala nacional. Tomado de Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible (2015).

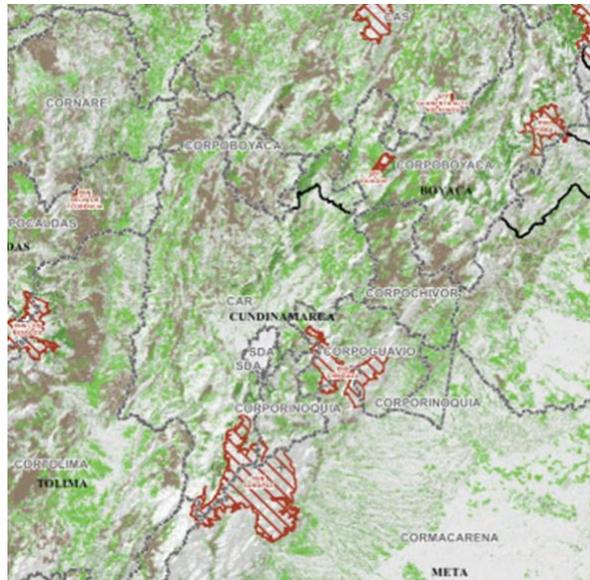


Figura D2. Mapa de áreas susceptibles a procesos de restauración del Plan Nacional de Restauración para el territorio CAR de Cundinamarca, identificadas a partir de una priorización a escala nacional. Tomado de Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible (2015).

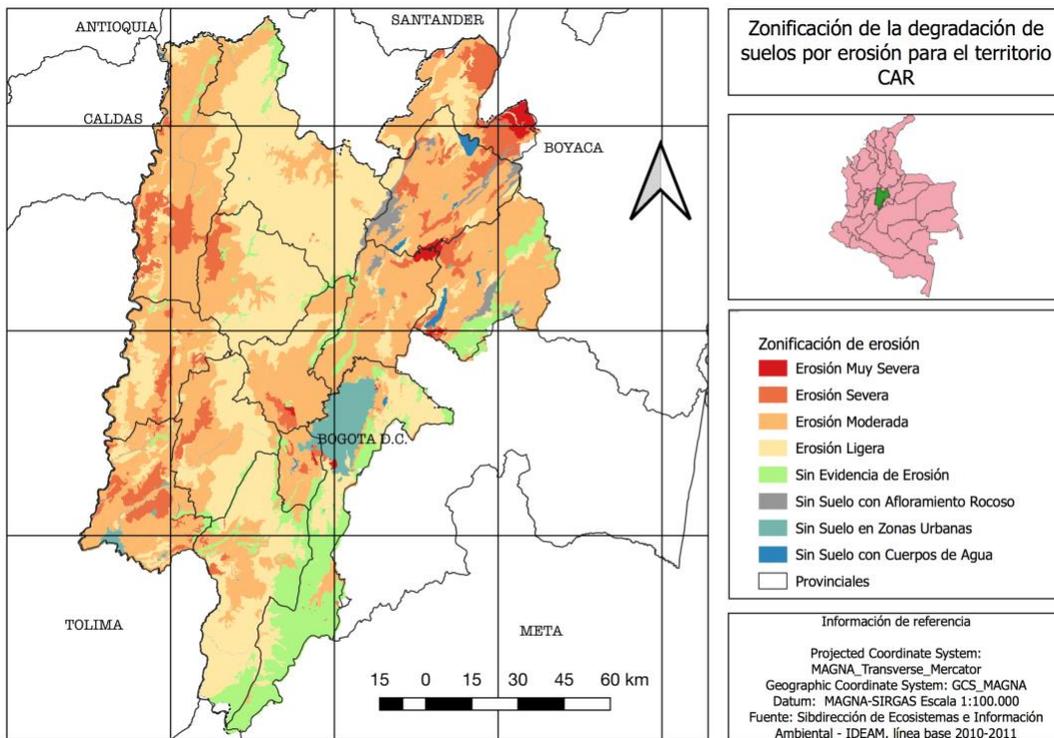


Figura D3. Mapa de zonificación de la degradación de suelos por erosión para el territorio CAR, el cual fue utilizado como criterio de Nivel de Degradación en el enfoque ecológico.

Anexo 1

FOREST ECOLOGY AND MANAGEMENT

Guide-for-authors

Peer review

Article structure

Subdivision

Divide your article into clearly defined and numbered sections. Subsections should be numbered 1.1 (then 1.1.1, 1.1.2, ...), 1.2, etc. (the abstract should not be included as part of section numbering). Use this numbering also for internal cross-referencing: do not just refer to "the text". Any subsection may be given a brief heading. Each heading should appear on its own separate line.

Introduction

State the objectives of the work and provide an adequate background, avoiding a detailed literature survey or a summary of the results.

Material and methods

Provide sufficient details to allow the work to be reproduced by an independent researcher. Methods that are already published should be summarized, and indicated by a reference. If quoting directly from a previously published method, use quotation marks and also cite the source. Any modifications to existing methods should also be described.

Results

Results should be clear and concise.

Discussion

This should explore the significance of the results of the work, not repeat them. A combined Results and Discussion section is often appropriate. Avoid extensive citations and discussion of published literature.

Conclusions

The main conclusions of the study may be presented in a short Conclusions section, which may stand alone or form a subsection of a Discussion or Results and Discussion section.

Appendices

If there is more than one appendix, they should be identified as A, B, etc. Formulae and equations in appendices should be given separate numbering: Eq. (A.1), Eq. (A.2), etc.; in a subsequent appendix, Eq. (B.1) and so on. Similarly for tables and figures: Table A.1; Fig. A.1, etc.

Essential title page information

- ***Title.*** Concise and informative. Titles are often used in information-retrieval systems. Avoid abbreviations and formulae where possible.

- ***Author names and affiliations.*** Please clearly indicate the given name(s) and family name(s) of each author and check that all names are accurately spelled. You can add your name between parentheses in your own script behind the English transliteration. Present the authors' affiliation addresses (where the actual work was done) below the names. Indicate all affiliations with a lower-case superscript letter immediately after the author's name and in front of the appropriate address. Provide the full postal address of each affiliation, including the country name and, if available, the e-mail address of each author.
- ***Corresponding author.*** Clearly indicate who will handle correspondence at all stages of refereeing and publication, also post-publication. This responsibility includes answering any future queries about Methodology and Materials. **Ensure that the e-mail address is given and that contact details are kept up to date by the corresponding author.**
- ***Present/permanent address.*** If an author has moved since the work described in the article was done, or was visiting at the time, a 'Present address' (or 'Permanent address') may be indicated as a footnote to that author's name. The address at which the author actually did the work must be retained as the main, affiliation address. Superscript Arabic numerals are used for such footnotes.

Abstract

A concise and factual abstract is required (not longer than 400 words). The abstract should state briefly the purpose of the research, the principal results and major conclusions. An abstract is often presented separately from the article, so it must be able to stand alone. For this reason, References should be avoided, but if essential, then cite the author(s) and year(s). Also, non-standard or uncommon abbreviations should be avoided, but if essential they must be defined at their first mention in the abstract itself

Graphical abstract

Although a graphical abstract is optional, its use is encouraged as it draws more attention to the online article. The graphical abstract should summarize the contents of the article in a concise, pictorial form designed to capture the attention of a wide readership. Graphical abstracts should be submitted as a separate file in the online submission system. Image size: Please provide an image with a minimum of 531×1328 pixels (h \times w) or proportionally more. The image should be readable at a size of 5×13 cm using a regular screen resolution of 96 dpi. Preferred file types: TIFF, EPS, PDF or MS Office files. You can view [Example Graphical Abstracts](#) on our information site.

Authors can make use of Elsevier's [Illustration Services](#) to ensure the best presentation of their images and in accordance with all technical requirements.

Highlights

Highlights are mandatory for this journal. They consist of a short collection of bullet points that convey the core findings of the article and should be submitted in a separate editable file in the online submission system. Please use 'Highlights' in the file name and include 3 to 5 bullet points (maximum 85 characters, including spaces, per bullet point). You can view [example Highlights](#) on our information site.

Abbreviations

Define abbreviations that are not standard in this field in a footnote to be placed on the first page of the article. Such abbreviations that are unavoidable in the abstract must be defined at their first mention there, as well as in the footnote. Ensure consistency of abbreviations throughout the article.

Acknowledgements

Collate acknowledgements in a separate section at the end of the article before the references and do not, therefore, include them on the title page, as a footnote to the title or otherwise. List here those individuals who provided help during the research (e.g., providing language help, writing assistance or proof reading the article, etc.).

Formatting of funding sources

List funding sources in this standard way to facilitate compliance to funder's requirements:

Funding: This work was supported by the National Institutes of Health [grant numbers xxxx, yyyy]; the Bill & Melinda Gates Foundation, Seattle, WA [grant number zzzz]; and the United States Institutes of Peace [grant number aaaa].

It is not necessary to include detailed descriptions on the program or type of grants and awards. When funding is from a block grant or other resources available to a university, college, or other research institution, submit the name of the institute or organization that provided the funding.

If no funding has been provided for the research, please include the following sentence:

This research did not receive any specific grant from funding agencies in the public, commercial, or not-for-profit sectors.

Units

SI (Système International d'unités) should be used for all units except where common usage dictates otherwise. Examples of non-SI that may be more appropriate (depending on context) in many ecological and forestry measurements are ha rather than m², year rather than second. Use Mg ha⁻¹, not tonnes ha⁻¹, and use &mgr;g g⁻¹, not ppm (or for volume, &mgr;L L⁻¹ or equivalent). Tree diameter will generally be in cm (an approved SI unit) rather than m. Units should be in the following style: kg ha⁻¹ year⁻¹, kg m⁻³. Non-SI units should be spelled in full (e.g. year). Do not insert 'non-units' within compound units: for example, write 300 kg ha⁻¹ of nitrogen (or N), not 300 kg N ha⁻¹.

Math formulae

Please submit math equations as editable text and not as images. Present simple formulae in line with normal text where possible and use the solidus (/) instead of a horizontal line for small fractional terms, e.g., X/Y. In principle, variables are to be presented in italics. Powers of e are often more conveniently denoted by exp. Number consecutively any equations that have to be displayed separately from the text (if referred to explicitly in the text).

Footnotes

Footnotes should be used sparingly. Number them consecutively throughout the article. Many word processors build footnotes into the text, and this feature may be used. Should this not be the case, indicate the position of footnotes in the text and present the footnotes themselves separately at the end of the article.

Artwork

Electronic artwork

General points

- Make sure you use uniform lettering and sizing of your original artwork.
- Preferred fonts: Arial (or Helvetica), Times New Roman (or Times), Symbol, Courier.
- Number the illustrations according to their sequence in the text.
- Use a logical naming convention for your artwork files.

- Indicate per figure if it is a single, 1.5 or 2-column fitting image.
- For Word submissions only, you may still provide figures and their captions, and tables within a single file at the revision stage.
- Please note that individual figure files larger than 10 MB must be provided in separate source files.

A detailed [guide on electronic artwork](#) is available.

You are urged to visit this site; some excerpts from the detailed information are given here.

Formats

Regardless of the application used, when your electronic artwork is finalized, please 'save as' or convert the images to one of the following formats (note the resolution requirements for line drawings, halftones, and line/halftone combinations given below):

EPS (or PDF): Vector drawings. Embed the font or save the text as 'graphics'.

TIFF (or JPG): Color or grayscale photographs (halftones): always use a minimum of 300 dpi.

TIFF (or JPG): Bitmapped line drawings: use a minimum of 1000 dpi.

TIFF (or JPG): Combinations bitmapped line/half-tone (color or grayscale): a minimum of 500 dpi is required.

Please do not:

- Supply files that are optimized for screen use (e.g., GIF, BMP, PICT, WPG); the resolution is too low.
- Supply files that are too low in resolution.
- Submit graphics that are disproportionately large for the content.

Color artwork

Please make sure that artwork files are in an acceptable format (TIFF (or JPEG), EPS (or PDF), or MS Office files) and with the correct resolution. If, together with your accepted article, you submit usable color figures then Elsevier will ensure, at no additional charge, that these figures will appear in color online (e.g., ScienceDirect and other sites) regardless of whether or not these illustrations are reproduced in color in the printed version. **For color reproduction in print, you will receive information regarding the costs from Elsevier after receipt of your accepted article.** Please indicate your preference for color: in print or online only. [Further information on the preparation of electronic artwork.](#)

Figure captions

Ensure that each illustration has a caption. A caption should comprise a brief title (**not** on the figure itself) and a description of the illustration. Keep text in the illustrations themselves to a minimum but explain all symbols and abbreviations used.

Tables

Please submit tables as editable text and not as images. Tables can be placed either next to the relevant text in the article, or on separate page(s) at the end. Number tables consecutively in accordance with their appearance in the text and place any table notes below the table body. Be sparing in the use of tables and ensure that the data presented in them do not duplicate results described elsewhere in the article. Please avoid using vertical rules and shading in table cells.

References

Citation in text

Please ensure that every reference cited in the text is also present in the reference list (and vice versa). Any references cited in the abstract must be given in full. Unpublished results and personal communications are not recommended in the reference list, but may be mentioned in the text. If these

references are included in the reference list they should follow the standard reference style of the journal and should include a substitution of the publication date with either 'Unpublished results' or 'Personal communication'. Citation of a reference as 'in press' implies that the item has been accepted for publication.

Reference links

Increased discoverability of research and high quality peer review are ensured by online links to the sources cited. In order to allow us to create links to abstracting and indexing services, such as Scopus, CrossRef and PubMed, please ensure that data provided in the references are correct. Please note that incorrect surnames, journal/book titles, publication year and pagination may prevent link creation. When copying references, please be careful as they may already contain errors. Use of the DOI is highly encouraged.

A DOI is guaranteed never to change, so you can use it as a permanent link to any electronic article. An example of a citation using DOI for an article not yet in an issue is: VanDecar J.C., Russo R.M., James D.E., Ambeh W.B., Franke M. (2003). Aseismic continuation of the Lesser Antilles slab beneath northeastern Venezuela. *Journal of Geophysical Research*, <https://doi.org/10.1029/2001JB000884>. Please note the format of such citations should be in the same style as all other references in the paper.

Web references

As a minimum, the full URL should be given and the date when the reference was last accessed. Any further information, if known (DOI, author names, dates, reference to a source publication, etc.), should also be given. Web references can be listed separately (e.g., after the reference list) under a different heading if desired, or can be included in the reference list.

Data references

This journal encourages you to cite underlying or relevant datasets in your manuscript by citing them in your text and including a data reference in your Reference List. Data references should include the following elements: author name(s), dataset title, data repository, version (where available), year, and global persistent identifier. Add [dataset] immediately before the reference so we can properly identify it as a data reference. The [dataset] identifier will not appear in your published article.

References in a special issue

Please ensure that the words 'this issue' are added to any references in the list (and any citations in the text) to other articles in the same Special Issue.

Reference management software

Most Elsevier journals have their reference template available in many of the most popular reference management software products. These include all products that support Citation Style Language styles, such as Mendeley and Zotero, as well as EndNote. Using the word processor plug-ins from these products, authors only need to select the appropriate journal template when preparing their article, after which citations and bibliographies will be automatically formatted in the journal's style. If no template is yet available for this journal, please follow the format of the sample references and citations as shown in this Guide. If you use reference management software, please ensure that you remove all field codes before submitting the electronic manuscript. [More information on how to remove field codes](#).

This journal supports Mendeley Data, enabling you to deposit any research data and materials (including raw and processed data, video, code, software, algorithms, protocols, and methods) associated with your manuscript in a free-to-use, open access repository. During the submission process, after uploading your

manuscript, you will have the opportunity to upload your relevant datasets directly to *Mendeley Data*. The datasets will be listed and directly accessible to readers next to your published article online.

For more information, visit the [Mendeley Data for journals page](#).

Users of Mendeley Desktop can easily install the reference style for this journal by clicking the following link:

<http://open.mendeley.com/use-citation-style/forest-ecology-and-management>

When preparing your manuscript, you will then be able to select this style using the Mendeley plug-ins for Microsoft Word or LibreOffice.

Reference formatting

There are no strict requirements on reference formatting at submission. References can be in any style or format as long as the style is consistent. Where applicable, author(s) name(s), journal title/book title, chapter title/article title, year of publication, volume number/book chapter and the article number or pagination must be present. Use of DOI is highly encouraged. The reference style used by the journal will be applied to the accepted article by Elsevier at the proof stage. Note that missing data will be highlighted at proof stage for the author to correct. If you do wish to format the references yourself they should be arranged according to the following examples:

Reference style

Text: All citations in the text should refer to:

1. *Single author:* the author's name (without initials, unless there is ambiguity) and the year of publication;
2. *Two authors:* both authors' names and the year of publication;
3. *Three or more authors:* first author's name followed by 'et al.' and the year of publication.

Citations may be made directly (or parenthetically). Groups of references can be listed either first alphabetically, then chronologically, or vice versa.

Examples: 'as demonstrated (Allan, 2000a, 2000b, 1999; Allan and Jones, 1999)... Or, as demonstrated (Jones, 1999; Allan, 2000)... Kramer et al. (2010) have recently shown ...'

List: References should be arranged first alphabetically and then further sorted chronologically if necessary. More than one reference from the same author(s) in the same year must be identified by the letters 'a', 'b', 'c', etc., placed after the year of publication.

Examples:

Reference to a journal publication:

Van der Geer, J., Hanraads, J.A.J., Lupton, R.A., 2010. The art of writing a scientific article. *J. Sci. Commun.* 163, 51–59. <https://doi.org/10.1016/j.Sc.2010.00372>.

Reference to a journal publication with an article number:

Van der Geer, J., Hanraads, J.A.J., Lupton, R.A., 2018. The art of writing a scientific article. *Heliyon.* 19, e00205. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2018.e00205>.

Reference to a book:

Strunk Jr., W., White, E.B., 2000. *The Elements of Style*, fourth ed. Longman, New York.

Reference to a chapter in an edited book:

Mettam, G.R., Adams, L.B., 2009. How to prepare an electronic version of your article, in: Jones, B.S., Smith, R.Z. (Eds.), *Introduction to the Electronic Age*. E-Publishing Inc., New York, pp. 281–304.

Reference to a website:

Cancer Research UK, 1975. Cancer statistics reports for the UK. <http://www.cancerresearchuk.org/aboutcancer/statistics/cancerstatsreport/> (accessed 13 March 2003).

Reference to a dataset:

[dataset] Oguro, M., Imahiro, S., Saito, S., Nakashizuka, T., 2015. Mortality data for Japanese oak wilt disease and surrounding forest compositions. Mendeley Data, v1. <https://doi.org/10.17632/xwj98nb39r.1>.

Journal abbreviations source

Journal names should be abbreviated according to the [List of Title Word Abbreviations](#).

Video

Elsevier accepts video material and animation sequences to support and enhance your scientific research. Authors who have video or animation files that they wish to submit with their article are strongly encouraged to include links to these within the body of the article. This can be done in the same way as a figure or table by referring to the video or animation content and noting in the body text where it should be placed. All submitted files should be properly labeled so that they directly relate to the video file's content. . In order to ensure that your video or animation material is directly usable, please provide the file in one of our recommended file formats with a preferred maximum size of 150 MB per file, 1 GB in total. Video and animation files supplied will be published online in the electronic version of your article in Elsevier Web products, including [ScienceDirect](#). Please supply 'stills' with your files: you can choose any frame from the video or animation or make a separate image. These will be used instead of standard icons and will personalize the link to your video data. For more detailed instructions please visit our [video instruction pages](#). Note: since video and animation cannot be embedded in the print version of the journal, please provide text for both the electronic and the print version for the portions of the article that refer to this content.

Data visualization

Include interactive data visualizations in your publication and let your readers interact and engage more closely with your research. Follow the instructions [hereto](#) find out about available data visualization options and how to include them with your article.

Supplementary material

Supplementary material such as applications, images and sound clips, can be published with your article to enhance it. Submitted supplementary items are published exactly as they are received (Excel or PowerPoint files will appear as such online). Please submit your material together with the article and supply a concise, descriptive caption for each supplementary file. If you wish to make changes to supplementary material during any stage of the process, please make sure to provide an updated file. Do not annotate any corrections on a previous version. Please switch off the 'Track Changes' option in Microsoft Office files as these will appear in the published version.

Research data

This journal encourages and enables you to share data that supports your research publication where appropriate, and enables you to interlink the data with your published articles. Research data refers to the results of observations or experimentation that validate research findings. To facilitate reproducibility and

data reuse, this journal also encourages you to share your software, code, models, algorithms, protocols, methods and other useful materials related to the project.

Below are a number of ways in which you can associate data with your article or make a statement about the availability of your data when submitting your manuscript. If you are sharing data in one of these ways, you are encouraged to cite the data in your manuscript and reference list. Please refer to the "References" section for more information about data citation. For more information on depositing, sharing and using research data and other relevant research materials, visit the [research data](#) page.

Data linking

If you have made your research data available in a data repository, you can link your article directly to the dataset. Elsevier collaborates with a number of repositories to link articles on ScienceDirect with relevant repositories, giving readers access to underlying data that gives them a better understanding of the research described.

There are different ways to link your datasets to your article. When available, you can directly link your dataset to your article by providing the relevant information in the submission system. For more information, visit the [database linking page](#).

For [supported data repositories](#) a repository banner will automatically appear next to your published article on ScienceDirect.

In addition, you can link to relevant data or entities through identifiers within the text of your manuscript, using the following format: Database: xxxx (e.g., TAIR: AT1G01020; CCDC: 734053; PDB: 1XFN).

Mendeley Data

This journal supports Mendeley Data, enabling you to deposit any research data (including raw and processed data, video, code, software, algorithms, protocols, and methods) associated with your manuscript in a free-to-use, open access repository. During the submission process, after uploading your manuscript, you will have the opportunity to upload your relevant datasets directly to *Mendeley Data*. The datasets will be listed and directly accessible to readers next to your published article online.

For more information, visit the [Mendeley Data for journals page](#).

Data in Brief

You have the option of converting any or all parts of your supplementary or additional raw data into one or multiple data articles, a new kind of article that houses and describes your data. Data articles ensure that your data is actively reviewed, curated, formatted, indexed, given a DOI and publicly available to all upon publication. You are encouraged to submit your article for *Data in Brief* as an additional item directly alongside the revised version of your manuscript. If your research article is accepted, your data article will automatically be transferred over to *Data in Brief* where it will be editorially reviewed and published in the open access data journal, *Data in Brief*. Please note an open access fee of 500 USD is payable for publication in *Data in Brief*. Full details can be found on the [Data in Brief website](#). Please use [this template](#) to write your Data in Brief.

MethodsX

You have the option of converting relevant protocols and methods into one or multiple MethodsX articles, a new kind of article that describes the details of customized research methods. Many researchers spend a significant amount of time on developing methods to fit their specific needs or setting, but often without getting credit for this part of their work. MethodsX, an open access journal, now publishes this information in order to make it searchable, peer reviewed, citable and reproducible. Authors are encouraged to submit their MethodsX article as an additional item directly alongside the revised version of their manuscript. If your research article is accepted, your methods article will automatically be

transferred over to MethodsX where it will be editorially reviewed. Please note an open access fee is payable for publication in MethodsX. Full details can be found on the MethodsX website. Please use [this template](#) to prepare your MethodsX article.

Data statement

To foster transparency, we encourage you to state the availability of your data in your submission. This may be a requirement of your funding body or institution. If your data is unavailable to access or unsuitable to post, you will have the opportunity to indicate why during the submission process, for example by stating that the research data is confidential. The statement will appear with your published article on ScienceDirect. For more information, visit the [Data Statement page](#).

Anexo 2.

MARCO TEÓRICO EXTENDIDO

Problema de investigación

El incremento poblacional y de las actividades humanas generan alta demanda por la tierra y los recursos naturales para satisfacer las necesidades humanas, que, sumado al aumento de impactos per cápita, ha generado la transformación de ecosistemas y paisajes en muchas regiones del mundo (Cimon-Morin et al., 2013; Uribe et al., 2014). Esto amenaza con la biodiversidad, los ecosistemas y los servicios que estos proveen para el bienestar humano (Cimon-Morin et al., 2013; Orsi and Geneletti, 2010).

La restauración ecológica surge como una oportunidad de recuperar el potencial natural de estos sistemas degradados a partir de componentes básicos de la estructura, la composición y el funcionamiento del sitio de interés, favoreciendo la recuperación de la biodiversidad y los servicios que pueden estar asociados al bienestar social (Jackson, 1992; (Méndez-Toribio et al., 2017; SER, 2004).

Por otra parte, debido a que se cuenta con recursos limitados (económicos, tiempo, personal, etc), se deben enfocar esfuerzos en áreas donde se pueda producir el mayor beneficio (Adame et al., 2015; Orsi et al., 2011b; Tobón et al., 2017).

A nivel mundial, se ha abordado esta problemática a partir de la meta Aichi 15, en la cual se plantea la restauración del 15% de los ecosistemas degradadas como un paso importante para recuperar la resiliencia y la captura de carbono (CBD, 2011). Colombia, por su lado, cuenta plan nacional de restauración, en el cual se espera lograr la restauración de 1 millón de hectáreas en un periodo de 20 años (Méndez-Toribio et al., 2017).

Los proyectos de restauración en el país, a pesar de que son numerosos, no cuentan con una planeación adecuada. Esto no permite que sean viables y sostenibles a largo plazo, por lo que no se logra escalar espacialmente para maximizar su relevancia nacional y regional (Murcia et al., 2016). Se ha contemplado la priorización de áreas dentro del proceso de planeación; sin embargo, no se han considerado aspectos de costo/beneficio, probabilidad de éxito ni el uso de suelos preexistente (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2015).

Estos, además, deben estar basados en aspectos ecológicos y socioeconómicos (Adame et al., 2015; Uribe et al., 2014). En otros países han utilizado modelos metodológicos espaciales multicriterio de decisión (SMCDA), que identifican áreas potenciales a ser restauradas a escala regional. Esta ha resultado ser una

herramienta útil para una planeación colectiva y efectiva de estos proyectos (Fernández and Morales, 2016; Tobón et al., 2017; Uribe et al., 2014).

Bajo este contexto de necesidad y planeación, con el presente estudio se pretende proponer áreas prioritarias a ser restauradas en el territorio CAR, teniendo en cuenta diferentes escenarios.

Justificación

Los recursos tanto financieros como humanos destinados para proyectos de restauración en general son limitados. Esto hace evidente la necesidad una planeación eficiente y efectiva para enfocar los esfuerzos en las áreas donde se pueda producir un mayor beneficio y se pueda garantizar mayor probabilidad de éxito de los proyectos. Esta además debe contar con los elementos suficientes, a partir de datos actuales, confiables y precisos, que les den herramientas a los tomadores de decisión para seleccionar los sitios más prioritarios para realizar los proyectos de restauración ecológica (Fernández and Morales, 2016; Méndez-Toribio et al., 2017; Orsi et al., 2011b; Orsi and Geneletti, 2010; Tobón et al., 2017; Uribe et al., 2014)

Antecedentes

En el marco de los acuerdos internacionales acerca de las metas de restauración ecológica, Colombia se ha destacado por su amplia participación y compromiso. A partir de la Iniciativa 20x20, el WRI y más de 15 instituciones están apoyando al país en el desarrollo e implementación de planes de restauración a nivel nacional (Méndez-Toribio et al., 2017; Murcia et al., 2017, 2016). De igual forma, en el 2015 es publicado el Plan Nacional de Restauración, con el cual se espera lograr la promoción de la restauración, rehabilitación y recuperación de ***un millón*** de hectáreas en un periodo de 20 años (Méndez-Toribio et al., 2017; Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2015).

Colombia tiene un gran reto frente a la selección de áreas prioritarias a la hora de planificar la restauración a gran escala ya que, si bien existen numerosos proyectos de restauración a lo largo del país, no cuentan con un proceso de consulta para la ubicación de las iniciativas de restauración ecológica, lo cual lleva a tendencias como la centralización de acciones en la región Andina (94% de los proyectos reportados para el 2016), alrededor de la capital del país, cerca de centros de investigación y de gobierno financiadores y ejecutores (Murcia et al., 2016; Murcia and Guariguata, 2014).

El territorio de la CAR, por su parte, ha sufrido grandes transformaciones del paisaje. Su tasa media anual de pérdida de ecosistemas por 13 años (1987 – 2000) fue de 2.810 ha/año, lo equivalente a 13,76% del total de los ecosistemas. Actualmente, sus ecosistemas naturales ocupan el 12 % del área y se conforman en su mayoría por bosques secundarios fragmentados e intervenidos. El tamaño promedio de los parches

es de 38 ha en las zonas con mayor fragmentación; solo existen aproximadamente 123.334,71 ha. de bosques en parches mayores a 500 ha (Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca, 2012).

La CAR cuenta con un Plan de Gestión Ambiental Regional para los años 2012 – 2023 en el cual se plantean múltiples programas con objetivos para la restauración y recuperación de los ecosistemas naturales de la región. A continuación, se mencionarán alguno de los planes y elementos destacados para la corporación.

En la planificación Ambiental con respecto al Objetivo 7 de Desarrollo Sostenible (Garantizar la Sostenibilidad del Medio Ambiente), y la meta 7 que busca reducir la pérdida de biodiversidad y de recursos del medio ambiente, se plantean como lineamiento/estrategia “*Fortalecer la protección y restauración de la biodiversidad y sus recursos ecosistémicos*” (Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca, 2012). Por otro lado, en las políticas de carácter ambiental adecuadas para la formulación y seguimiento de los Planes de Acción de las Corporaciones por el Ministerio de Ambiente, se plantea como política para Bosques un “*plan estratégico para la restauración y establecimiento de los bosques en Colombia Plan Verde*”, y para Ecosistemas y Biodiversidad el “*Programa para el manejo sostenible y restauración de ecosistemas de la alta montaña colombiana – 2002*”(Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca, 2012). Como parte del Plan de Desarrollo de la ciudad de Bogotá, se cuenta con un programa de Recuperación, Rehabilitación y Restauración de la Estructura Ecológica Principal y de los Espacios del Agua, el cual tiene como objetivo recuperar estos dos componentes a partir de 6 proyectos prioritarios en temas como: calidad hídrica, renaturalización de los espacios de agua, transición para los bordes urbano-rurales y uso sostenible de la biodiversidad. El Plan Departamental de Desarrollo para Boyacá en su programa de Ecosistemas Estratégicos incluye como parte del objetivo “la recuperación de áreas deforestadas y la restauración de zonas para el control de la erosión” (Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca, 2012).

Por otro lado, dentro de la visión de sostenibilidad de la car para su plan regional, se menciona la preservación y reforestación de las zonas de recarga y de cuencas hídricas, así como la recuperación general de todas las zonas deforestadas en toda la región

Cabe mencionar que el en Plan Nacional de Restauración, se priorizaron las áreas disturbadas como parte de relevante en procesos de adaptación al cambio climático. Se realizó la identificación de áreas con susceptibilidad para restauración, recuperación y rehabilitación a escala nacional (1:100.000), donde se realizó la zonificación de áreas principalmente disturbadas. El PNR pretende la restauración a escala del

paisaje por lo que se deben integrar acciones a nivel regional y nacional y se debe buscar garantizar la conectividad de los ecosistemas fragmentados.

Lo anterior destaca varios objetos claves que la corporación busca priorizar en sus diferentes proyectos de recuperación y restauración ecológica: la biodiversidad, los recursos (servicios) ecosistémicos, los bosques y ecosistema de alta montaña, el recurso hídrico y las áreas degradadas.

Finalmente, se consideran importantes aplicar estrategias de restauración ecológica para mejorar la interconexión geográfica entre parches de bosques (Conectividad), teniendo en cuenta la Estructura Ecológica Regional y su grado de amenaza a partir de las diversas fuentes de presión, por lo cual se deben determinar sitios donde existen menores o mayores presiones antrópicas, los cuales serán destinados a conservación o a preservación. Igualmente, se destacan de los corredores de importancia ambiental, que son 3, y concentran ecosistemas de bosque seco tropical, bosque húmedo, bosques montanos, bosques subandinos y andinos, y páramos (Fig. 1).

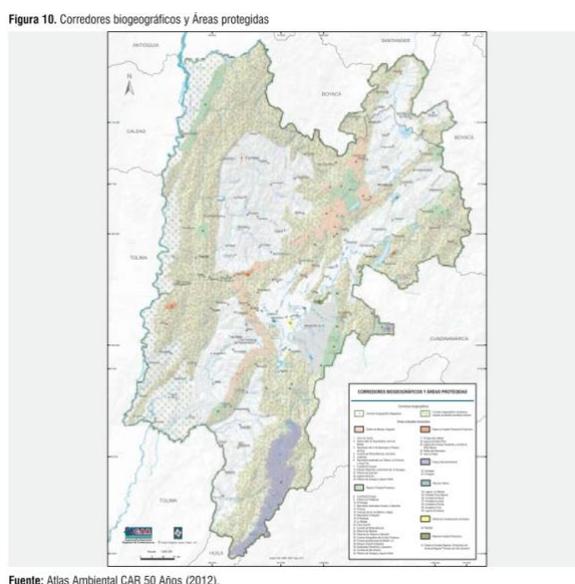


Figura 1. Mapa de corredores biogeográficos y áreas protegidas del territorio CAR. Tomado de Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca, (2012)

Teoría del cambio en el uso y cobertura de la tierra (LULCC)

Esta teoría hace referencia a la influencia del cambio del uso del suelo y de cobertura del suelo sobre los cambios ambientales globales, especialmente en el clima. El uso del suelo son las actividades humanas que se realizan sobre una determinada cobertura, las cuales pueden ser agricultura, ganadería, minería, uso urbano, entre otras, y su cambio está determinado por la planeación actual y futura sobre el territorio para fines socioeconómicos o funcionales. Por otro lado, la cobertura corresponde a las características físicas y

biológicas de la superficie de la tierra, que puede estar constituida por pastos, bosques, lagos, infraestructura, etc. Esta teoría está planteada para destacar la importancia de monitorear estas variables ambientales para el análisis de diferente tipo dentro de las problemáticas ambientales globales (Hubert-Moy, et al. 2002; Brown et al., 2014).

Con el rápido crecimiento poblacional, los niveles de consumo y en general las condiciones económicas, sociales y biofísicas actuales, los cambios en el uso y la cobertura de la tierra se han acelerado en las últimas décadas, convirtiéndose en una fuente de cambio ambiental global; se ha evidenciado que corresponde a uno de los principales drivers del cambio climático global, pues tiene un impacto significativo en el rango de temperatura diurna (DTR), en otras variables climáticas como temperatura del aire, precipitación, punto de rocío, humedad cerca de la superficie, y en la concentración de gases de efecto invernadero en la atmósfera. Este efecto se da por medio de procesos biogeoquímicos y biogeofísicos a escala local, regional y global. A partir de este fenómeno se ha incrementa la vulnerabilidad de los ecosistemas (Brown et al., 2014; Feddema, 2005; Foley et al., 2005; Wei et al., 2018).

Una aproximación metodológica al cambio en el uso del suelo es a partir de imágenes satelitales, fotos aéreas y herramientas de SIG para producir mapas de cobertura de la tierra y evaluarla a través del tiempo. La planeación urbana del paisaje resulta importante para determinar el cambio de la tierra en el tiempo y los efectos de las actividades humanas y factores naturales sobre esta (Şen et al., 2018).

Para Colombia, el cambio en el uso y las coberturas de la tierra inició desde 1500 y se intensificó hacia 1800s, donde la mayor tasa de deforestación se reporta para los Andes, principalmente por actividades como la agricultura y la ganadería extensiva, esta última considerada el mayor controlador de transformación del paisaje para el país (Etter et al., 2008).

Restauración ecológica

La restauración ecológica es definida como “el proceso de ayudar en el restablecimiento de un ecosistema que ha sido degradado, dañado o destruido” (SER, 2004). Mediante el uso de diferentes estrategias y tipos de intervención, se busca iniciar o acelerar el retorno del ecosistema a su trayectoria histórica o a un ecosistema de referencia, con la recuperación de componentes básicos de la estructura, la composición y el funcionamiento del sitio de interés, lo cual dependerá de las condiciones y las limitaciones actuales que pueden generar una trayectoria diferente (SER, 2004).

Con respecto a lo que se considera el “estado original” existe una discusión pues esto representa un problema práctico; se considera poco probable llevar al ecosistema a un estado original histórico, tanto por su naturaleza dinámica como por la gravedad de las perturbaciones que ha sufrido, pero si es posible

modificar algunos mecanismos de regeneración natural que impulsen el autoajuste del ecosistema a un estado natural (van Diggelen et al., 2001; Vargas and Mora, 2008; Vargas, 2008). Por esta razón la restauración, como es concebida actualmente, se basa en el manejo adaptativo, guiado en la historia del ecosistema, pero que contempla más de una trayectoria posible para este (Hobbs and Harris, 2001; Vargas and Mora, 2008).

Existen tres tipos de actividades de restauración, de acuerdo con su objetivo: restauración ecológica, rehabilitación ecológica y recuperación ecológica. La restauración ecológica, como se ha mencionado, tiene como finalidad la recuperación básica de tres componentes del ecosistema previo al disturbio, la composición, la estructura y la función. A pesar de ser una actividad asistida, luego de la intervención el ecosistema debe autosostenerse y debe garantizar la conservación de especies, ecosistemas y servicios. La rehabilitación busca la recuperación de procesos, servicios y la productividad del ecosistema, pero a diferencia de la restauración per se, no hace énfasis en la composición de especies de este, únicamente en la función del ecosistema y parcialmente en su estructura. Por otro lado, no pretende producir el ecosistema original, pero este sirve de referencia para mejorar las condiciones del sitio degradado. La recuperación o reclamación, por su parte, tienen propósitos de utilidad y funcionalidad en términos de servicios ecosistémicos de interés social y paisajístico, por lo cual resulta una estrategia que difiere de las anteriores al no tener como base el ecosistema original antes del disturbio, sino simplemente un ecosistema funcional. Además, este no es autosustentable (Barrera et al., 2010; SER, 2004; Vargas and Mora, 2008; Vargas, 2008).

De acuerdo con el grado de intervención, la restauración puede ser activa y pasiva. Cuando se realizan acciones para eliminar los factores tensionantes y así facilitar la recuperación natural de los procesos ecológicos, se considera una intervención pasiva. Si además de eliminar estas barreras también se reintroducen componentes que aceleren la recuperación y se asisten otros procesos, ya es considerada una restauración activa (SER, 2004; van Diggelen et al., 2001; Vargas and Mora, 2008).

Existen varios componentes básicos a tener en cuenta para realizar proyectos de restauración ecológica (Barrera-Castaño and Valdés-López, 2007; Hobbs and Harris, 2001; van Diggelen et al., 2001; Vargas and Mora, 2008; Vargas, 2008).

- a. La definición de los objetivos o atributos a restaurar, que debe basarse en las características y el potencial ecológico del sitio, en los recursos económicos y en el interés de restauración de la comunidad. Es importante que sean objetivos modestos y de carácter adaptativo.

- b. La selección del sitio a restaurar. Si se cuenta con un área grande, se realiza una zonificación según criterios climáticos, geomorfológicos, edáficos, de cobertura para determinar los sitios más apropiados.
- c. La identificación los factores tensionantes y limitantes, y los potenciadores
- d. La definición de las prácticas y técnicas de restauración
- e. El monitoreo y evaluación del éxito de las prácticas de restauración.
- f. La participación comunitaria a lo largo del proyecto, no solo como mano de obra sino también en la toma de decisiones, es importante para garantizar el éxito de los proyectos.

Por otro lado, Aguilar-Garavito and Ramírez Hernández (2015) plantean cuatro fases básicas de un proyecto de restauración: 1. La caracterización diagnóstica. 2. El establecimiento de las prácticas de restauración. 3. El diseño e implementación del monitoreo. 4. La inclusión de los actores sociales. De la primera fase se puede destacar la identificación y priorización de las áreas degradadas que se realiza a partir de una zonificación cartográfica (Aguilar- Garavito and Ramírez- Hernández, 2016).

La restauración ecológica es una estrategia clave que permiten recuperar el potencial natural de sistemas degradados, favoreciendo la recuperación de la biodiversidad y los servicios que pueden estar asociados al bienestar social (Jackson, 1992; Méndez-Toribio et al., 2017; SER, 2004). Con respecto a esto, ha surgido una aproximación innovadora a nivel regional, propuesta por la UICN y la WWF, la Restauración del Paisaje Forestal (FLR, por sus siglas en inglés), la cual pretende recuperar la integridad ecológica al tiempo que se mejora el bienestar humano; de esta forma se garantiza el beneficio en ambos aspectos. Parte importante de un proceso de RPF es la identificación de áreas donde es más probable producir un máximo beneficio, las cuales deben ser priorizadas para su intervención (Orsi et al., 2011a; Orsi and Geneletti, 2010; Uribe et al., 2014).

A nivel mundial, la restauración ecológica se ha abordado como una estrategia de manejo y conservación de la biodiversidad, resultando en una alternativa para afrontar los objetivos del desarrollo sostenible y la mitigación del cambio climático (Murcia and Guariguata, 2014; UICN and WRI, 2014). Entre las estrategias globales acordadas se destaca la meta 15 del Plan Estratégico para la Biodiversidad 2011-2020 y las Metas Aichi, en la cual se plantea la restauración del 15 % de los ecosistemas degradadas como un paso para recuperar la resiliencia y la captura de carbono a través de la biodiversidad (CBD, 2011). También existe el Reto de Bonn, que fue creado por Alemania y la UICN en 2011 para promover la restauración de 150 millones de hectáreas para el año 2020 y 350 millones de hectáreas para el año 2030. En Latinoamérica, además, se planteó la Iniciativa 20x20 por el World Resource Institute (WRI) a finales

del 2014 en apoyo al Reto de Bonn, y tiene como objetivo la restauración de 20 millones de hectáreas de tierra en América Latina y el Caribe, de las cuales a Colombia le corresponde un millón (Méndez-Toribio et al., 2017; Murcia et al., 2017, 2016; Murcia and Guariguata, 2014).

Estas iniciativas resaltan la necesidad de gestionar los recursos humanos y financieros disponibles a partir de la planeación de la restauración por medio de la priorización de los sitios con mayor potencial a ser restaurados (Murcia et al., 2016).

Priorización de áreas en la restauración

Surge como un paso necesario dentro de la selección del sitio a restaurar durante la planeación de la restauración ecológica debido a que normalmente para este tipo de iniciativas a gran escala existe limitación en el presupuesto, por lo cual resulta importante enfocar los esfuerzos económicos y técnicos en las áreas que puedan producir el mayor beneficio y donde se pueda garantizar el manejo y permanencia del proyecto (Méndez-Toribio et al., 2017; Murcia et al., 2016).

La priorización de áreas responde así a la necesidad de seleccionar sitios donde sea más viable económica, biofísica y ecológicamente realizar una restauración, así como donde se considere más necesario por aspectos ecológicos, biológicos y de servicios; esto para guiar la toma de decisiones y orientar políticas públicas con un valor real para la conservación y recuperación de los ecosistemas (Chávez González et al., 2015; Gómez et al., 2016; Méndez-Toribio et al., 2017; Orsi and Geneletti, 2010; SER et al., 2018; Tobón et al., 2016).

Se han planteado varios métodos y técnicas espaciales que permiten realizar el análisis o procesamiento de los criterios definidos para la priorización de sitios para la restauración ecológica, o en general la restauración. Incluso son aplicables a cualquier tipo de priorización, por ejemplo, de cuenca o de áreas para la conservación de la biodiversidad. El más utilizado es el Análisis Espacial Multicriterio de Decisión (ASMCD) o Análisis multicriterio, que consiste en un conjunto de técnicas que permite seleccionar y calificar un sinnúmero de criterios de acuerdo con su importancia, ordenándolos jerárquicamente en un árbol para tomar decisiones siguiendo un proceso transparente y justificado. De esta forma se generan alternativas de solución jerarquizadas (Chávez González et al., 2015; Fernández and Morales, 2016; Orsi & Geneletti, 2010; Tobón et al., 2017; Uribe et al., 2014).

También es común el uso de Álgebra de mapas, que se puede aplicar con cualquier objetivo de priorización y a cualquier escala, por lo que resulta útil para la restauración y la reforestación. Consiste en

la combinación de capas de mapas a partir de ciertas operaciones matemáticas para obtener un resultado compuesto. Sus desventajas radican en la incertidumbre y el error, y la incapacidad de repetir los resultados (Chávez González et al., 2015). Se destaca igualmente el Proceso Analítico Jerarquizado, que también es una técnica de evaluación multicriterio, pero permite el análisis de decisión en partes, a partir de la jerarquización del problema y técnicas de comparación pareadas dentro de cada jerarquía para su calificación (González Ovando et al., 2016). Por otro lado, se han utilizado otras herramientas como Marxan, muy reconocida en el ámbito de la conservación, y SOLAP, que permite un procesamiento analítico espacial en línea complementario al ASMCD (Adame et al., 2015; Jellinek, 2017; Mohamed et al., 2013; Yoshioka et al., 2014).

Ecología del paisaje en la restauración

Resulta importante el estudio de las dinámicas y la transformación de los paisajes pues han abierto paso al enfoque en el manejo de los paisajes para la conservación y la restauración ecológica o recuperación de sus servicios ecosistémicos. Por su parte, a la restauración ecológica le ha tocado cambiar de escalas locales a escalas regionales y paisajísticas para incrementar la relevancia nacional y regional, esto para alcanzar los compromisos internacionales, e incrementar el impacto de los proyectos (Armenteras and Vargas, 2016; Murcia et al., 2016).

Se considera que algunos atributos del paisaje como tamaño de parche, conectividad, ubicación relativa y efecto de borde determinan la riqueza de especies, abundancia y composición en paisajes modificados (Aguilar-Garavito and Ramirez, 2015).

REFERENCIAS

- Adame, M.F., Hermoso, V., Perhans, K., Lovelock, C.E., Herrera-Silveira, J.A., 2015. Selecting cost-effective areas for restoration of ecosystem services. *Conserv. Biol.* 29, 493–502.
<https://doi.org/10.1111/cobi.12391>
- Aguilar- Garavito, M., Ramírez- Hernández, W., 2016. Fundamentos y consideraciones generales sobre restauración ecológica para Colombia. *Biodivers. EN LA Pract. Doc. Trab. del Inst. Humboldt* 1, 30.
- Aguilar-Garavito, M., Ramirez, W., 2015. Monitoreo a procesos de restauración ecológica, aplicado a ecosistemas terrestres. Instituto de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt (IAvH), Bogotá, D.C., Colombia.
- Armenteras, D., Vargas, O., 2016. PATRONES DEL PAISAJE Y ESCENARIOS DE RESTAURACIÓN EN COLOMBIA : ACERCANDO. *Acta Biológica Colomb.*

<https://doi.org/10.15446/abc.v21n1Supl.50848>

- Barrera-Castaño, J.I., Valdés-López, C., 2007. Herramientas para abordar la Restauración Ecológica de Áreas disturbadas en Colombia. *Univ. Sci.* 12, 11–24.
- Barrera, J.I., Contreras, S.M., Garzón, N.V., Moreno, A.C., Montoya, S.P., 2010. Manual para la restauración ecológica de los ecosistemas disturbados del Distrito Capital.
- Brown, D.G., Polsky, C., Bolstad, P., Brody, S.D., Hulse, D., Kroh, R., Loveland, T., Thomson, A., 2014. Chapter 13: Land Use and Land Cover Change, in: Melillo, J.M., Terese, R., Yohe, G.W. (Eds.), *Climate Change Impacts in the United States: The Third Nacional Climate Assessment*. pp. 318–332. <https://doi.org/10.7930/J05Q4T1Q.On>
- Cardenas, J.C., Castaneda, J.L., Castillo Brieva, D., Laverde, C., Pereira, M.F., Rodriguez, L.A., 2012. Metodos complementarios para la valoracion de la biodiversidad : una aproximacion interdisciplinar. *reponame:Repositorio Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt*.
- CBD, 2011. Strategic Plan for Biodiversity 2011 – 2020 and the Aichi Targets 1–2.
- Chávez González, H., González Guillén, M. de J., Hernández de la Rosa, P., 2015. Metodologías para identificar áreas prioritarias para conservación de ecosistemas naturales. *Rev. Mex. Ciencias For.* 6, 8–23.
- Cimon-Morin, J., Darveau, M., Poulin, M., 2013. Conservation Biogeography of Ecosystem Services, Reference Module in Earth Systems and Environmental Sciences. Elsevier Inc. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-409548-9.09205-8>
- Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca, 2012. Plan de Gestión Ambiental Regional PGAR 2012 - 2023. Bogotá, D.C., Colombia.
- Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca, 2011. Metodología para la definición de áreas prioritarias para la adquisición de predios con fines de conservación, preservación y recuperación de los recursos naturales en la jurisdicción de la CAR.
- ESRI, 2017. ArcGIS 10.5.
- Etter, A., McAlpine, C., Possingham, H., 2008. Historical patterns and drivers of landscape change in Colombia since 1500: A regionalized spatial approach. *Ann. Assoc. Am. Geogr.* 98, 2–23. <https://doi.org/10.1080/00045600701733911>
- FAO, 2016. 2016 State of the World's Forests. Rome. <https://doi.org/10.1146/annurev-environ-020411-130608>
- Feddema, J.J., 2005. The Importance of Land-Cover Change in Simulating Future Climates. *Science* (80-.). 310, 1674–1678. <https://doi.org/10.1126/science.1118160>
- Fernández, I.C., Morales, N.S., 2016. A spatial multicriteria decision analysis for selecting priority sites for plant species restoration: a case study from the Chilean biodiversity hotspot. *Restor. Ecol.* 24,

- 599–608. <https://doi.org/10.1111/rec.12354>
- Foley, J.A., Defries, R., Asner, G.P., Barford, C., Bonan, G., Carpenter, S.R., Chapin, F.S., Coe, M.T., Daily, G.C., Gibbs, H.K., Helkowski, J.H., Holloway, T., Howard, E.A., Kucharik, C.J., Monfreda, C., Patz, J.A., Prentice, I.C., Ramankutty, N., Snyder, P.K., 2005. Global Consequences of Land Use. *Science* (80-.). 8, 570–574. <https://doi.org/10.1126/science.1111772>
- Geneletti, D., Orsi, F., Ianni, A.C., Newton, C., 2011. Identificación de Áreas Prioritarias para la Restauración de Bosques Secos, in: Newton, C., Tejedor, N. (Eds.), *Principios y Práctica de La Restauración Del Paisaje Forestal: Estudios de Caso En Las Zonas Secas de América Latina*. UICN, p. 436.
- Gómez, M.F., Moreno, L.A., Andrade, G.I., Rueda, C., 2016. BIODIVERSIDAD 2015: Estado y tendencias de la biodiversidad continental de Colombia, Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt Dirección. <https://doi.org/10.1017/CBO9781107415324.004>
- González Ovando, M.L., Escalante, F.O.P., Martínez-Trinidad, T., 2016. Áreas prioritarias para restauración ecológica y sitios de referencia en la región Chignahuapan-Zacatlán. *Madera y Bosques* 22, 41–52.
- Hern, Y., Ram, H., 2016. Risk Assessment of Physical Vulnerability Due To Hillside and 111–128.
- Hobbs, R.J., Harris, J. a, 2001. Restoration Ecology : Repairing the Earth ' s Ecosystems in the New Millennium. *Restor. Ecol.* 9, 239–246. <https://doi.org/10.1046/j.1526-100x.2001.009002239.x>
- Holl, K.D., Aide, T.M., 2011. When and where to actively restore ecosystems? *For. Ecol. Manage.* 261, 1558–1563. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2010.07.004>
- Instituto de investigación en Recursos Biológicos Alexander von Humboldt, 2014. Producto 9.1. Archivo cartográfico (formato shape) y documento anexo con la definición de los nodos biogeográficos a escala 1:100.000 para la implementación de los proyectos regionales de restauración, considerando los ecosistemas y los escenarios de dist. Bogotá, D.C., Colombia.
- Instituto Geográfico Agustín Codazzi - IGAC, Ministerio de Ambiente Vivienda y Desarrollo Sostenible, Instituto Colombiano de Desarrollo Rural, 2012. Estudio de los Conflictos De Uso Del Territorio Colombiano Escala 1:100.000 214.
- Jellinek, S., 2017. Using prioritisation tools to strategically restore vegetation communities in fragmented agricultural landscapes. *Ecol. Manag. Restor.* 18, 45–53. <https://doi.org/10.1111/emr.12224>
- Martinez-Garza, C., Gonzalez-Montagut, R., 1999. Seed rain from forest fragments into tropical pastures in Los Tuxtlas, Mexico. *Plant Ecol.* 145, 255–265. <https://doi.org/10.1023/A:1009879505765>
- Méndez-Toribio, M., Martínez-Garza, C., Ceccon, E., Guariguata, M.R., 2017. Planes actuales de restauración ecológica en Latinoamérica : avances y omisiones Current ecological restoration plans in Latin America : progress and omissions. *Rev. Ciencias Ambient.* 1–45.

<https://doi.org/10.15359/rca.51-2.1>

- Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2015. Plan Nacional de Restauración. Restauración ecológica, rehabilitación y recuperación de áreas disturbadas, Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. Bogotá, D.C., Colombia.
- Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2014. Formulación de los Planes de Ordenación y Manejo de Cuencas Hidrográficas. Bogotá, D.C., Colombia.
- Ministerio del Medio Ambiente, 2010. Leyenda nacional de coberturas de la tierra.
- Mohamed, H., Omar, B., Abdessadek, T., Tarik, A., 2013. Approach to integration SOLAP tools and multicriteria analysis for spatial decision support, in: 2013 ACS International Conference on Computer Systems and Applications (AICCSA). pp. 1–6.
<https://doi.org/10.1109/AICCSA.2013.6616469>
- Mujica, S., Pacheco, H., 2013. Metodología para la generación de un modelo de zonificación de amenaza por procesos de remoción en masa, en la cuenca del río Camurí Grande, estado Vargas, Venezuela. *Rev. Invest. (Guadalajara)*. 37, 215–244.
- Murcia, C., Guariguata, M.R., 2014. La restauración ecológica en Colombia Tendencias , necesidades y oportunidades. CIFOR.
- Murcia, C., Guariguata, M.R., Andrade, Á., Andrade, G.I., Aronson, J., Escobar, E.M., Etter, A., Moreno, F.H., Ramírez, W., Montes, E., 2016. Challenges and Prospects for Scaling-up Ecological Restoration to Meet International Commitments: Colombia as a Case Study. *Conserv. Lett.* 9, 213–220. <https://doi.org/10.1111/conl.12199>
- Murcia, C., Guariguata, M.R., Quintero-Vallejo, E., Ramirez, W., 2017. La restauración ecológica en el marco de las compensaciones por pérdida de biodiversidad en Colombia: Un análisis crítico.
<https://doi.org/10.17528/cifor/006611>
- Orsi, F., Church, R.L., Geneletti, D., 2011a. Restoring forest landscapes for biodiversity conservation and rural livelihoods: A spatial optimisation model. *Environ. Model. Softw.* 26, 1622–1638.
<https://doi.org/10.1016/j.envsoft.2011.07.008>
- Orsi, F., Geneletti, D., 2010. Identifying priority areas for Forest Landscape Restoration in Chiapas (Mexico): An operational approach combining ecological and socioeconomic criteria. *Landsc. Urban Plan.* 94, 20–30. <https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2009.07.014>
- Orsi, F., Geneletti, D., Newton, A.C., 2011b. Towards a common set of criteria and indicators to identify forest restoration priorities: An expert panel-based approach. *Ecol. Indic.* 11, 337–347.
<https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2010.06.001>
- Salitchev, A., 1979. Cartografía. Editorial Pueblo y Educación, La Habana, Cuba.
- Segura, G., Camargo, M., García, N., Ávila, L., Cantor, L., Gutierrez, A., Bohórquez, D., Sesquilé, E.,

- López, K., 2016. Capítulo I: Priorización de zonas para restauración ecológica en la cuenca del Río Bogotá, in: *Identificación y Priorización de Las Áreas Para Reforestación Protectora Sobre La Cuenca Del Río Bogotá*. Bogotá, D.C., Colombia, p. 110.
- Şen, G., Güngör, E., Şevik, H., 2018. Defining the effects of urban expansion on land use/cover change: a case study in Kastamonu, Turkey. *Environ. Monit. Assess.* 190. <https://doi.org/10.1007/s10661-018-6831-z>
- SER, S. for E.R., 2004. *Principios de SER International sobre la restauración ecológica*. SER, Soc. Ecol. Restor. Int. 15.
- SER, S. for E.R., UICN, CEM, 2018. *Forum on Biodiversity and Global Forest Restoration Summary Report and Plan of Action*. Iguassu Falls.
- Tobón, W., Koleff, P., Urquiza-Haas, T., García Méndez, G., 2016. Propuesta metodológica para identificar prioridades de restauración en México, in: Cecon, E., Martínez-Garza, C. (Eds.), *Experiencias Mexicanas En La Restauración de Los Ecosistemas*. Universidad Nacional Autónoma de México, Centro Regional de Investigaciones Multidisciplinarias; Universidad Autónoma del Estado de Morelos; Ciudad de México : Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad.
- Tobón, W., Urquiza-Haas, T., Koleff, P., Schröter, M., Ortega-Álvarez, R., Campo, J., Lindig-Cisneros, R., Sarukhán, J., Bonn, A., 2017. Restoration planning to guide Aichi targets in a megadiverse country. *Conserv. Biol.* 31, 1086–1097. <https://doi.org/10.1111/cobi.12918>
- UICN, WRI, 2014. *Guía sobre la Metodología de evaluación de oportunidades de restauración (ROAM): Evaluación de las oportunidades de restauración del paisaje forestal a nivel nacional o subnacional*. Documento de trabajo (edición de prueba). *Unión Int. para la Conserv. la Nat.* 125.
- Uribe, D., Geneletti, D., del Castillo, R.F., Orsi, F., 2014. Integrating stakeholder preferences and GIS-based multicriteria analysis to identify forest landscape restoration priorities. *Sustain.* 6, 935–951. <https://doi.org/10.3390/su6020935>
- van Diggelen, R., Grootjans, A.P., Harris, J.A., 2001. Ecological restoration: State of the art or state of the science? *Restor. Ecol.* 9, 115–118. <https://doi.org/10.1046/j.1526-100x.2001.009002115.x>
- Vargas, J.O., 2011. Restauración Ecológica: Biodiversidad y Conservación. *Acta Biológica Colomb.* 16, 221–246. <https://doi.org/10.1021/jf035290s>
- Vargas, O., Díaz, A., Trujillo, L., Velasco-linares, P., Díaz-Martín, R., León, O., Montenegro, A., 2008. Barreras para la Restauración Ecológica, in: *Estrategias Para La Restauración Ecológica*. Universidad Nacional de Colombia, pp. 57–82.
- Vargas, O., Díaz, J., Reyes, S., Gómez, P., 2012. *Guías Técnicas para la Restauración ecológica de los ecosistemas de Colombia*. Departamento de Biología, Facultad de Ciencias, Universidad Nacional

de Colombia.

Vargas, O., Mora, F., 2008. La restauración ecológica. Su contexto, definiciones y dimensiones.

Estrategias para la restauración ecológica del bosque altoandino 19–40.

Vargas, O.R., 2008. Guía metodológica para la restauración ecológica del bosque altoandino.

Wei, B., Xie, Y., Jia, X., Wang, X., He, H., Xue, X., 2018. Land use/land cover change and its impacts on diurnal temperature range over the agricultural pastoral ecotone of Northern China. *L. Degrad. Dev.* 29, 3009–3020. <https://doi.org/10.1002/ldr.3052>

Yoshioka, A., Akasaka, M., Kadoya, T., 2014. Spatial prioritization for biodiversity restoration: A simple framework referencing past species distributions. *Restor. Ecol.* 22, 185–195.

<https://doi.org/10.1111/rec.12075>

Anexo 3.

MÉTODOS EXTENDIDOS

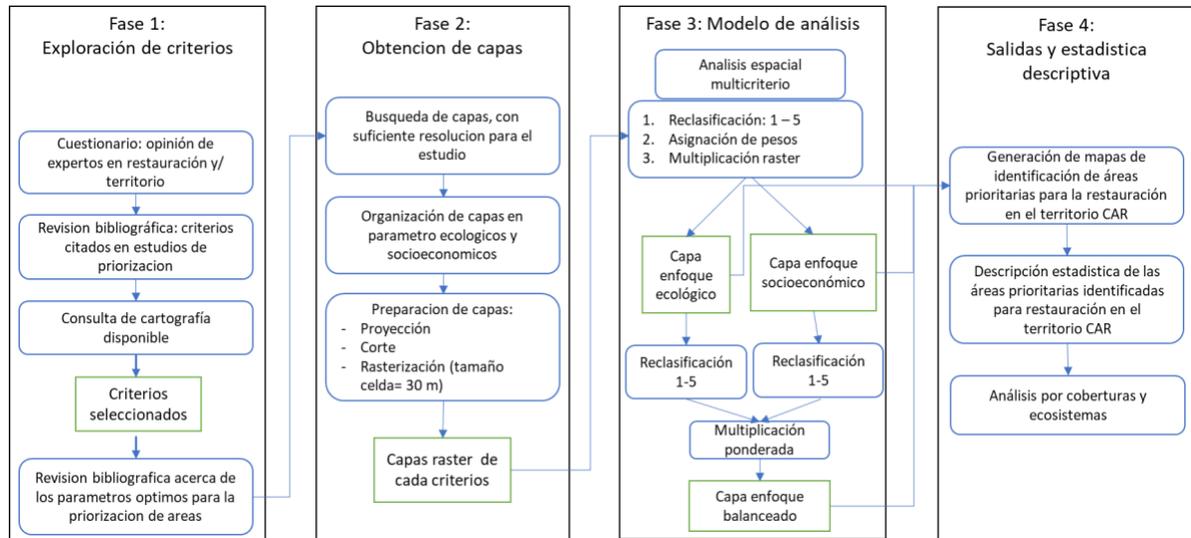


Figura 1. Fases del proyecto para la priorización de áreas para restauración ecológica en área CAR.

1. Métodos de recolección de datos o técnicas de captura de datos e instrumentos

1.1. Datos cartográficos

Se realizó una previa revisión de la información cartográfica de aspectos biofísicos, ambientales y socioeconómicos disponible para la región y para el país. Las bases de datos consultadas fueron: Datos Abiertos de la CAR, el Catálogo de mapas del Sistema de Información Ambiental de Colombia (SIAC), el Catalogador de Información Geográfica del Instituto Alexander von Humboldt (IAvH), Datos abiertos y Geocarto de Cartografía Básica del Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC), el Sistema de Información Biológica SIB Colombia.

La información consultada debía cumplir ciertos requisitos para ser utilizadas. Estar a una escala regional del territorio CAR preferiblemente; en algunos casos solo fue posible conseguir a escala nacional de 1:100.000 pero al ser capas indispensables (p.e. coberturas de la tierra) se ajustaron a la escala de la jurisdicción por medio de la herramienta Recortar de ArcGIS. Otro aspecto clave es el año de construcción; se buscaron las capas más recientes disponibles.

1.2. Selección de criterios

Para la selección de los criterios se tuvo en cuenta tres aspectos: la opinión de un selecto grupo de expertos, revisión de la literatura y la disponibilidad de los datos georreferenciados para el área de estudio.

Para este ejercicio, se usaron como base dos componentes importantes a tener en cuenta a la hora de realizar este proceso de selección: 1) la necesidad de la restauración, ya sea por la presencia de especies raras y amenazas, el nivel de degradación, los servicios y la biodiversidad, etc, y 2) la factibilidad de la restauración, que va a depender de aspectos biofísicos como el suelo y otros socioeconómicos como la voluntad a restaurar de la región (Orsi et al., 2011b; Orsi and Geneletti, 2010). Los diferentes criterios e indicadores que permitieron abarcar estos componentes fueron clasificados en ecológicos, es decir, variables referentes a procesos ecológicos de los ecosistemas, su composición y función, así como algunas variables biofísicas y ambientales; y socioeconómicos, que visualizan aspectos (Aguilar- Garavito and Ramírez- Hernández, 2016)

1.2.1. Cuestionario

Para la fase de selección de criterios para la priorización se plantean metodologías que implican la opinión de partes interesadas y expertos, pues son quienes mejor conocen las necesidades locales y/o los aspectos técnicos de la restauración a tener en cuenta para escoger estas áreas prioritarias para restaurar. Como herramienta de recolección de estos datos se realizaron encuestas sencillas o cuestionarios; este es un método cuantitativo de investigación que sirve para obtener información acerca de opiniones, actitudes y otros datos de una población objeto de estudio por medio de un cuestionario que permita obtener información representativa, objetiva y válida sobre el tema a investigar (Cardenas et al., 2012).

El cuestionario realizado se dividió en tres componentes: el tipo de público y nivel de conocimiento y experticia de los encuestados, la opinión para la selección de criterios ecológicos y la opinión para la selección de criterios socioeconómicos. Se seleccionó previamente un listado de criterios tomados de Orsi et al. (2011) basados en la consulta a un panel de expertos a nivel mundial en temas de restauración. Estos fueron clasificados en dos componentes: ecológicos y socioeconómicos, y a partir de esto, los encuestados seleccionaron 5 criterios para cada componente que en su opinión serían los más relevantes para identificar áreas prioritarias a restaurar (Tabla 1 y 2). También se les pidió categorizar cada criterio escogido en niveles de prioridad y escoger el criterio de mayor importancia relativa según su opinión.

En total se realizaron 14 preguntas, tanto abiertas como cerradas. Esta fue hecha a partir de un formulario en Google y distribuida vía web para mayor facilidad de los encuestados, a los cuales se contactó por correo. Se enviaron 30 cuestionarios y se recibieron 7 respuestas.

El grupo de objetivo para esta investigación fueron los expertos y conocedores sobre dos temas: la restauración ecológica, tanto en aspectos teóricos como con experticia en proyectos en el país, y/o el

territorio de Cundinamarca, donde se encuentra la mayor parte del área de jurisdicción de la CAR, en componentes ambientales, socioeconómicos, biofísicos y ecológicos en general. Para la muestra se seleccionaron personas pertenecientes a la academia (universidades) (2), ONGs (1), entidad de investigación (4) y a la corporación regional de Cundinamarca CAR, pero de este grupo no se obtuvo ninguna respuesta.

1.2.2. Revisión literaria de criterios

Se realizó una búsqueda bibliográfica de artículos científicos relacionados con la selección de áreas prioritarias o priorización de áreas para restauración. Se encontraron diversos artículos, de los cuales se seleccionaron 7, algunos relacionados con restauración ecológica per se (Fernández and Morales, 2016; Instituto de investigación en Recursos Biológicos Alexander von Humboldt, 2014; Orsi and Geneletti, 2010) u orientada a la conservación (Tobón et al., 2017), y otros con la restauración del paisaje forestal (Orsi and Geneletti, 2010; SER et al., 2018; Uribe et al., 2014). En estos artículos los criterios se clasificaron en componente ecológico, socioeconómico, de viabilidad, de necesidad, de importancia biológica y de idoneidad ecológica y de la tierra.

Se tomaron los criterios propuestos en cada artículo y se organizaron en una tabla de acuerdo con la frecuencia de citación para determinar los criterios más citados (Tabla 3).

1.2.3. Disponibilidad de información

Finalmente, de los criterios obtenidos de la revisión y la encuesta se seleccionaron los más citados, que además contarán con disponibilidad de datos georreferenciados para el área de estudio.

1.3. Definición de criterios, categorías de prioridad y pesos

A continuación se describen los criterios seleccionados para cada componente y el enfoque en que se abordan para restauración ecológica.

1.3.1. Criterios ecológicos

- i. Condiciones biofísicas: Es importante tener en cuenta aspectos básicos del terreno que pueden limitar los procesos de restauración y la viabilidad de llevarlos a cabo.
 - a. Pendiente: Entre mayor sea la pendiente, existe un mayor riesgo de que ocurra una remoción en masa. Por otro lado, según la literatura, pendientes de < 20% permiten facilitar el deshierbe (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2015). La clasificación de la pendiente usados se tomó de Hern and Ram (2016) y Mujica and Pacheco (2013).

- ii. Nivel de degradación: teniendo en cuenta la necesidad de restauración, las áreas degradadas son un objeto principal para restaurar; sin embargo, es importante tener en cuenta el grado de degradación en que se encuentra el sitio debido a que, en términos de viabilidad de los procesos de restauración, las tierras con alto grado de degradación son muy costosas para restaurar y además se disminuye la probabilidad de éxito de estos procesos. Por esta razón, a la hora de escoger dónde realizar restauración, lo mejor es darles mayor prioridad a áreas con un grado intermedio de degradación.
 - a. Nivel de erosión: está dado por el mapa de zonificación de suelos degradados para el país. Allí se clasifican en erosión muy severa, severa, moderada, ligera y sin evidencia, entre otras coberturas que no cuentan con suelo naturalmente. Se les da mayor prioridad a los suelos con niveles moderados y ligeros de erosión pues los suelos severamente erosionados pueden ser un limitante en términos de calidad (nutrientes, procesos) que reduce la viabilidad de la intervención (Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca, 2012; Tobón et al., 2017). La erosión es considerada una barrera para la restauración pues se pierde el banco de semillas del suelo y cambia la composición de nutrientes, lo cual puede dar paso a especies invasoras (Vargas et al., 2008).

- iii. Potencial natural de regeneración: El paisaje que rodea el área a restaurar es un factor crucial a la hora de determinar la viabilidad de la intervención, por lo cual estar a una distancia cercana a parches de bosque natural en buen estado puede resultar una estrategia positiva que aumente la probabilidad de éxito del proyecto y además genera conectividad paisajística se recomienda evaluar el potencial de restauración existente en el ecosistema especialmente en el caso de realizar restauración pasiva (Holl and Aide, 2011; Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2015)
 - a. Distancia a bosques fuente de semilla: para este criterio, los bosques adyacentes al área a intervenir se consideran una fuente de propágulos de especies nativas, por lo cual la cercanía a bosques y reservas incrementa el potencial natural de regeneración de un sitio. Esto va a depender directamente de las vegetales que se estén evaluando; para herbáceas, 100 m puede ser la mayor distancia a la que lleguen sus semillas, mientras que para árboles de gran porte pueden ser cientos de metros (Martínez-Garza and González-Montagut, 1999). Se considera que la llegada de semillas disminuye entre más extensa sea la matriz y a mayor distancia se encuentre la vegetación nativa (Vargas et al., 2008).

- iv. Grado de amenaza: Este viene dado especialmente por el paisaje adyacente al área a restaurar, por lo cual es importante ubicar los proyectos en espacios a cierta distancia de áreas perturbadas para de esta forma disminuir o eliminar los disturbios y facilitar la recuperación natural de la vegetación (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2015).
 - a. Distancia a cultivos: los cultivos y los pastos son considerados como una barrera para la dispersión de propágulos cuando son la matriz de un paisaje, además de ser la causa principal de fragmentación, por lo que se genera aislamiento entre parches. Por esto, y por ser una fuente antrópica de disturbio por cambio de coberturas en expansión, se recomienda ubicar los sitios a restaurar (Orsi and Geneletti, 2010; Vargas, 2008)
 - b. Distancia a zonas urbanas: así mismo, los centros poblados y urbanos representan una fuente de disturbio y además de demanda de recursos, por lo cual, en términos de viabilidad, entre más lejos se ubiquen las áreas de restauración, mejor (Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca, 2012; Vargas et al., 2012). Sin embargo, se debe tener en cuenta que la restauración activa requiere intervención de personas, que normalmente hacen parte de la comunidad, por lo que para facilitar la accesibilidad no se deben considerar distancias demasiado largas (Orsi and Geneletti, 2010).
 - c. Vulnerabilidad o adaptación frente al cambio climático: Está representada por cambios en temperatura y precipitación en escenarios de cambio climático A2 proyectados para los años 2040 – 2070. Actualmente se sabe que el cambio climático es el mayor impulsor antrópico de cambio de los ecosistemas, por lo cual es necesario tener en cuenta escenarios proyectados (Fernández and Morales, 2016). Las condiciones climáticas ambientales son un factor abiótico que puede ser una barrera. Por ejemplo, la sequía prolongada y las altas temperaturas pueden afectar el establecimiento y crecimiento de plántulas en los procesos de restauración, al igual que las heladas en bosques altoandino (Vargas et al., 2008).

- v. Conectividad: La conectividad es medida a partir de las conexiones físicas y la continuidad que hay entre parches de unidades espaciales similares, y es facilitada a menores distancias entre estos. Además, esta se relaciona con la resiliencia del paisaje, lo que incrementa la efectividad de la restauración (Aguilar-Garavito and Ramirez, 2015).
 - a. Distancia a parches de bosque: Según la clasificación de coberturas Corine Land Cover para Colombia, la distancia que hay entre fragmentos de un bosque fragmentado no debe ser mayor a 250 m (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2015; Ministerio del Medio Ambiente, 2010). Por otro lado, parches a distancias mayores a 500 m se

consideran altamente fragmentados. En Tobón et al. (2017), por su parte, se utiliza un rango de 0 – 27 km de distancia a parches de hábitat, con un valor intermedio de 0.27 km, por lo cual en este trabajo se utilizó una distancia intermedia de 0.5 - 2 km y máxima de 12 km.

1.3.2. Criterios socioeconómicos

- i. Conflicto de uso: Cuando el uso actual de la tierra y la aptitud de uso determinada no coinciden, se habla de conflicto de uso, el cual se refleja en sobreutilización o subutilización de la tierra (Instituto Geográfico Agustín Codazzi - IGAC et al., 2012). Se recomienda tener en cuenta este aspecto durante la priorización para incrementar la factibilidad de los posibles proyectos que se realicen en las áreas seleccionadas.
 - a. Cobertura actual de la tierra: se les da mayor peso a las coberturas aptas para los procesos de restauración ecológica, descartando aquellas donde su uso (p.e. urbano, agrícola, minero, etc.) restringe la posibilidad de recuperar las coberturas naturales.
 - b. Idoneidad de la tierra por usos: Esta se determinó de acuerdo con la zonificación ambiental determinada por los POMCA. En la zonificación del POMCA se identifican categorías de uso y manejo de diferentes unidades homogéneas del territorio basadas en varios aspectos: ecosistemas estratégicos, uso propuesto de la tierra por capacidad agrológica, índice de uso del agua, índice del estado actual de coberturas naturales (para determinar categorías de protección, restauración o uso sugerido), amenazas naturales y conflicto por uso de la tierra y por pérdida de cobertura natural, que, en caso de existir sobreutilización severa o alto y muy alto conflicto por pérdida, le dan una categoría de restauración al área inmediatamente (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2014).
 - c. Tierras sin conflicto: Se restaron las áreas aptas de las dos capas anteriores para obtener las áreas donde no existe conflicto de uso. Esto se utilizó como capa de restricción final para las áreas obtenidas en la ponderación de criterios.
- ii. Accesibilidad: se recomienda ubicar los proyectos en sitios accesibles para facilitar la logística de la intervención y el monitoreo por parte del personal encargado (Vargas, 2008), pero al mismo tiempo puede representar una amenaza por ser una fuente de disturbio (Orsi and Geneletti, 2010; Uribe et al., 2014).
 - a. Distancia a vías: Debe haber vías de acceso que faciliten el traslado de materiales e insumos para llevar a cabo la restauración. Sin embargo, se les da menor peso a las distancias más cercanas por ser una fuente de presión por ruido para la fauna, y mayor

peso a las distancias intermedias (Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca, 2012; Orsi and Geneletti, 2010; Uribe et al., 2014).

- iii. Servicios ecosistémicos: la provisión de servicios ecosistémicos desde una perspectiva socioeconómica destaca los beneficios que estos generan para el bienestar humano, lo cual debe ser prioritario en los procesos de restauración. Al mismo tiempo, es una necesidad ecológica para la recuperación de las funciones del ecosistema (Barrera-Castaño and Valdés-López, 2007; Orsi and Geneletti, 2010; Uribe et al., 2014; Vargas, 2011).
 - a. Ronda hídrica protectora: los bosques riparios sirven como uno del mecanismo más viable para restablecer la conectividad y ofrecen el servicio de protección de la ronda hídrica (Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca, 2012; Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2015).
 - b. Recarga de acuíferos en páramos: Los páramos con considerados los mayores productores de agua de la región, especialmente para el abastecimiento de agua potable en la ciudad. Más de 7 millones de personas en la capital dependen de los bienes y servicios ecosistémicos que ofrecen los páramos. Lo mismo ocurre en municipios aledaños, por lo cual la restauración de estos ecosistemas es considerada una necesidad y trae grandes beneficios socioeconómicos y ecológicos (Barrera et al., 2010; Vargas, 2008)

2. Preparación de datos

Se proyectaron todas las capas de información en Magna Colombia Bogotá, pues es el sistema de referencia oficial para la zona de estudio.

La capa de cobertura de la tierra con la clasificación Corine Land Cover que está disponible para la región es el mapa nacional publicado para los años 2010 - 2012, por lo cual se encuentra en escala 1:100.000. Debido a que no existe una capa escalada al territorio CAR disponible, fue necesario cortarla. Para esto se utilizó la herramienta *Recortar* del geoprocetamiento. Lo mismo ocurrió con la capa de suelos, disponible a escala 1:100.000 a nivel nacional. Se utilizó como entidad de recorte la capa de Jurisdicción de la CAR escala 1:25.000 (IGAC, 2015; CAR, 2017).

Se realizó una verificación visual de las coberturas de tierra del mapa nacional recortado, debido a que fue realizado a partir de imágenes Landsat de 2009 – 2012 y además, se considera necesaria la verificación en campo en caso de hacer ajustes en escala a las capas, pero en este caso no fue posible hacer este ejercicio (Instituto de investigación en Recursos Biológicos Alexander von Humboldt, 2014). A partir de la

recomendación de un experto en SIG, se contrastaron las coberturas visualmente contra imágenes de Google Earth de 2014 – 2018, de a partir de 70 puntos aleatorios.

El paso final de la preparación de los datos cartográficos fue la rasterización de las capas para el posterior análisis.

3. Análisis espacial de datos

Se realizó un análisis espacial de las capas de información a partir del uso de Sistemas de Información Geográfica. Se utilizó la metodología de Análisis Espacial Multicriterio de Decisión, la cual permite la generación de alternativas a partir de muchos criterios organizados de acuerdo con su importancia en un árbol de decisión (Chávez González et al., 2015; Fernández and Morales, 2016; Orsi and Geneletti, 2010; Tobón et al., 2017; Uribe et al., 2014). Es utilizado en conjunto con Sistemas de Información Geográfica para basarse en información georreferenciada y obtener resultados espacialmente explícitos (Geneletti et al., 2011). Esto además facilita el análisis de grandes territorios. Para este estudio, se utilizó como unidad mínima de análisis celdas raster de 900m² pues facilita la calificación de los sitios más idóneos a partir de los criterios.

4. Contexto del área de estudio

4.1. Territorial/geográfico

El territorio de la Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca abarca 98 de los 116 municipios del departamento de Cundinamarca, 6 municipios del departamento de Boyacá y el área rural del Distrito Capital de Bogotá. Está ubicado en el centro de la región Andina, sobre la cordillera oriental, con una extensión de 18.706,4 km². Limita con los departamentos de Boyacá (nororiente), Meta (suroriente), Huila (sur), Tolima (suroccidente) y Caldas (noroccidente) (Fig. 1) (Sociedad Geográfica de Colombia, 2011; IGAC, 2014).

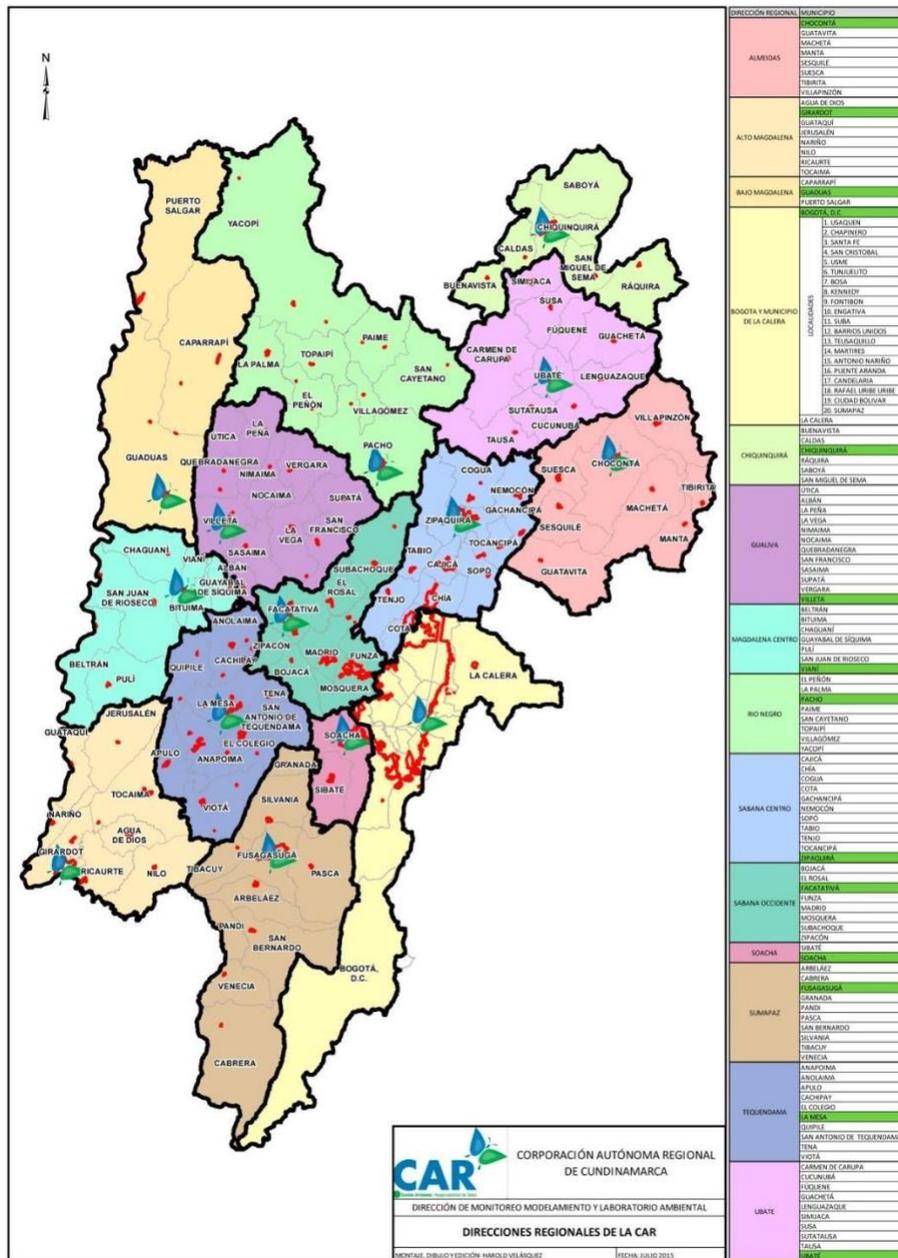


Figura 2. Mapa de jurisdicción de la Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca. Tomado de Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca, (2012).

5.2 Biofísico

Debido a que estos departamentos se ubican en la cordillera oriental, presenta relieves montañosos, planos y algunos bajos de ambos flancos de esta. Se identifican tres regiones fisiográficas: el flanco occidental, el más bajo y cálido, conformado por el valle del río Magdalena, es en este donde se ubica la mayor parte del BST representado por este departamento; el altiplano de Bogotá o también conocido como altiplano

cundiboyacense (Sabana de Bogotá y Valles de Ubaté, y Chiquinquirá); y el flanco oriental, que constituye las mayores elevaciones (más de 4000 m) (IGAC, 2014).

Contiene pisos térmicos que van desde los cálidos hasta páramo, entre los 300 m y 4.500 m de elevación. Su geología está conformada por roca sedimentaria, con un sistema de fallas sobre el levantamiento de la Cordillera Oriental. Está representado por nueve cuencas: los ríos Magdalena, Bogotá, Sumapaz, Ubaté-Suarez, Minero, Machetá, Blanco y Gachetá. El clima es influenciado por la Zona de Convergencia Intertropical. Se caracteriza por un régimen bimodal, donde los meses de lluvia corresponden a marzo-abril y octubre-noviembre, siendo el sector suroccidental el menos lluvioso (600 mm/año) (IGAC 2014). Los ecosistemas naturales ocupan un 12% del territorio, del cual 7,26% (135.553 ha) es bosque secundario, y se distribuyen en solo 76 municipios de la jurisdicción, los otros 28 municipios están desprovistos de coberturas naturales. Estos ecosistemas se encuentran en un alto grado de fragmentación, intervención y degradación debido a la alta transformación que han sufrido sus coberturas desde el siglo XIX para uso ganadero y agrícola, por estar ubicada en un foco de crecimiento demográfico del país (Etter et al., 2008). Según las coberturas vegetales y el uso del suelo, el resto del territorio se divide en: tierras artificializadas (64,2%), superficies de agua (1,4%), áreas húmedas (0,12%), áreas abiertas sin o con poca vegetación (1,3%) y áreas con vegetación herbácea y/o arbustiva (21,4%) (Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca, 2012).

De los 45 ecosistemas de la región, 22 se encuentran representados en áreas protegidas, las cuales se distribuyen principalmente en páramo, alto andino y andino, y los relictos de bosques seco del Valle de Magdalena. Con respecto a los suelos, el 31,39% del territorio se ubica en suelos con aptitud de conservación; el 38,63% en aptitud forestal; el 10,75% en aptitud ganadera y el 19,23% en aptitud agrícola. Según estudios del IGAC, la mitad de los suelos (49,38%) deben dedicarse a actividades forestales sostenibles, incluyendo agroforestales y silvopastoriles, debido a sus condiciones biofísicas y climáticas.

El área actual ocupada en actividades de pastoreo y cultivos, donde dominan pastos, corresponde al 64% del territorio; sin embargo, como ya se mencionó, solo un 30% del suelo es considerado con potencial agropecuario, por lo tanto el territorio presenta un conflicto de uso por sobreutilización en el 34% de la jurisdicción, que además corresponde a suelos cuyo potencial es de conservación o forestal pues cuentan con fuertes pendientes y condiciones de suelo y clima que limitan otro tipo de uso (Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca, 2012).

5.3 Socioeconómico

Según el censo de 2005, la población del territorio era de 2.236.433 habitantes, de los cuales del 65,6% residían áreas urbanas y el 34,4% se ubicaban en el sector rural. Actualmente, cuenta con cerca de 10.000.000 de habitantes incluyendo los 7.500.000 que habitan la capital. Se estima una densidad poblacional de 100 hab/km² en los municipios más poblados y menos de 15 hab/km² en los municipios escasamente poblados (Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca, 2012).

Las principales actividades económicas del departamento de Cundinamarca, que son paralelas al uso de la tierra, son la agricultura y ganadería, seguida de la industria, los servicios y el comercio. Se destacan los cultivos de café, caña, papa, maíz, plátano, arroz, flores, cebada, sorgo, trigo, hortalizas y frutales (IGAC 2014). Por otro lado, el sector minero se caracteriza por la extracción de carbón, calizas, arcillas, sal, mármol, oro, plata y esmeraldas. El mayor foco de localización de estas es en el altiplano cundinamarqués y las terrazas (IGAC 2014). La estructura de la propiedad de la tierra en el territorio CAR es minifundista, debido al gran volumen de población asentada en la zona, y en su mayoría su forma de tenencia es a partir de la propiedad (89,3%), seguido por el colonato, la aparcería y las titulaciones del Incora y el Incoder (6%) y por los arrendatarios (4,4%). (Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca, 2012)

REFERENCIAS

- Adame, M.F., Hermoso, V., Perhans, K., Lovelock, C.E., Herrera-Silveira, J.A., 2015. Selecting cost-effective areas for restoration of ecosystem services. *Conserv. Biol.* 29, 493–502.
<https://doi.org/10.1111/cobi.12391>
- Aguilar- Garavito, M., Ramírez- Hernández, W., 2016. Fundamentos y consideraciones generales sobre restauración ecológica para Colombia. *Biodivers. EN LA Pract. Doc. Trab. del Inst. Humboldt* 1, 30.
- Aguilar-Garavito, M., Ramirez, W., 2015. Monitoreo a procesos de restauración ecológica, aplicado a ecosistemas terrestres. Instituto de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt (IAvH), Bogotá, D.C., Colombia.
- Armenteras, D., Vargas, O., 2016. PATRONES DEL PAISAJE Y ESCENARIOS DE RESTAURACIÓN EN COLOMBIA : ACERCANDO. *Acta Biológica Colomb.*
<https://doi.org/10.15446/abc.v21n1Supl.50848>
- Barrera-Castaño, J.I., Valdés-López, C., 2007. Herramientas para abordar la Restauración Ecológica de Áreas disturbadas en Colombia. *Univ. Sci.* 12, 11–24.
- Barrera, J.I., Contreras, S.M., Garzón, N.V., Moreno, A.C., Montoya, S.P., 2010. Manual para la restauración ecológica de los ecosistemas disturbados del Distrito Capital.
- Brown, D.G., Polsky, C., Bolstad, P., Brody, S.D., Hulse, D., Kroh, R., Loveland, T., Thomson, A., 2014.

- Chapter 13: Land Use and Land Cover Change, in: Melillo, J.M., Terese, R., Yohe, G.W. (Eds.), *Climate Change Impacts in the United States: The Third National Climate Assessment*. pp. 318–332. <https://doi.org/10.7930/J05Q4T1Q>. On
- Cardenas, J.C., Castaneda, J.L., Castillo Brieva, D., Laverde, C., Pereira, M.F., Rodriguez, L.A., 2012. *Metodos complementarios para la valoracion de la biodiversidad : una aproximacion interdisciplinar*, reponame:Repositorio Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt.
- CBD, 2011. *Strategic Plan for Biodiversity 2011 – 2020 and the Aichi Targets 1–2*.
- Chávez González, H., González Guillén, M. de J., Hernández de la Rosa, P., 2015. Metodologías para identificar áreas prioritarias para conservación de ecosistemas naturales. *Rev. Mex. Ciencias For.* 6, 8–23.
- Cimon-Morin, J., Darveau, M., Poulin, M., 2013. *Conservation Biogeography of Ecosystem Services*, Reference Module in Earth Systems and Environmental Sciences. Elsevier Inc. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-409548-9.09205-8>
- Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca, 2012. *Plan de Gestión Ambiental Regional PGAR 2012 - 2023*. Bogotá, D.C., Colombia.
- Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca, 2011. *Metodología para la definición de áreas prioritarias para la adquisición de predios con fines de conservación, preservación y recuperación de los recursos naturales en la jurisdicción de la CAR*.
- ESRI, 2017. *ArcGIS 10.5*.
- Etter, A., McAlpine, C., Possingham, H., 2008. Historical patterns and drivers of landscape change in Colombia since 1500: A regionalized spatial approach. *Ann. Assoc. Am. Geogr.* 98, 2–23. <https://doi.org/10.1080/00045600701733911>
- FAO, 2016. *2016 State of the World's Forests*. Rome. <https://doi.org/10.1146/annurev-environ-020411-130608>
- Feddema, J.J., 2005. The Importance of Land-Cover Change in Simulating Future Climates. *Science (80-)*. 310, 1674–1678. <https://doi.org/10.1126/science.1118160>
- Fernández, I.C., Morales, N.S., 2016. A spatial multicriteria decision analysis for selecting priority sites for plant species restoration: a case study from the Chilean biodiversity hotspot. *Restor. Ecol.* 24, 599–608. <https://doi.org/10.1111/rec.12354>
- Foley, J.A., Defries, R., Asner, G.P., Barford, C., Bonan, G., Carpenter, S.R., Chapin, F.S., Coe, M.T., Daily, G.C., Gibbs, H.K., Helkowski, J.H., Holloway, T., Howard, E.A., Kucharik, C.J., Monfreda, C., Patz, J.A., Prentice, I.C., Ramankutty, N., Snyder, P.K., 2005. Global Consequences of Land Use. *Science (80-)*. 8, 570–574. <https://doi.org/10.1126/science.1111772>
- Geneletti, D., Orsi, F., Ianni, A.C., Newton, C., 2011. Identificación de Áreas Prioritarias para la

- Restauración de Bosques Secos, in: Newton, C., Tejedor, N. (Eds.), Principios y Práctica de La Restauración Del Paisaje Forestal: Estudios de Caso En Las Zonas Secas de América Latina. UICN, p. 436.
- Gómez, M.F., Moreno, L.A., Andrade, G.I., Rueda, C., 2016. BIODIVERSIDAD 2015: Estado y tendencias de la biodiversidad continental de Colombia, Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt Dirección. <https://doi.org/10.1017/CBO9781107415324.004>
- González Ovando, M.L., Escalante, F.O.P., Martínez-Trinidad, T., 2016. Áreas prioritarias para restauración ecológica y sitios de referencia en la región Chignahuapan-Zacatlán. *Madera y Bosques* 22, 41–52.
- Hern, Y., Ram, H., 2016. Risk Assessment of Physical Vulnerability Due To Hillside and 111–128.
- Hobbs, R.J., Harris, J. a, 2001. Restoration Ecology : Repairing the Earth ' s Ecosystems in the New Millennium. *Restor. Ecol.* 9, 239–246. <https://doi.org/10.1046/j.1526-100x.2001.009002239.x>
- Holl, K.D., Aide, T.M., 2011. When and where to actively restore ecosystems? *For. Ecol. Manage.* 261, 1558–1563. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2010.07.004>
- Instituto de investigación en Recursos Biológicos Alexander von Humboldt, 2014. Producto 9.1. Archivo cartográfico (formato shape) y documento anexo con la definición de los nodos biogeográficos a escala 1:100.000 para la implementación de los proyectos regionales de restauración, considerando los ecosistemas y los escenarios de dist. Bogotá, D.C., Colombia.
- Instituto Geográfico Agustín Codazzi - IGAC, Ministerio de Ambiente Vivienda y Desarrollo Sostenible, Instituto Colombiano de Desarrollo Rural, 2012. Estudio de los Conflictos De Uso Del Territorio Colombiano Escala 1:100.000 214.
- Jellinek, S., 2017. Using prioritisation tools to strategically restore vegetation communities in fragmented agricultural landscapes. *Ecol. Manag. Restor.* 18, 45–53. <https://doi.org/10.1111/emr.12224>
- Martínez-Garza, C., Gonzalez-Montagut, R., 1999. Seed rain from forest fragments into tropical pastures in Los Tuxtlas, Mexico. *Plant Ecol.* 145, 255–265. <https://doi.org/10.1023/A:1009879505765>
- Méndez-Toribio, M., Martínez-Garza, C., Ceccon, E., Guariguata, M.R., 2017. Planes actuales de restauración ecológica en Latinoamérica : avances y omisiones Current ecological restoration plans in Latin America : progress and omissions. *Rev. Ciencias Ambient.* 1–45. <https://doi.org/10.15359/rca.51-2.1>
- Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2015. Plan Nacional de Restauración. Restauración ecológica, rehabilitación y recuperación de áreas disturbadas, Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. Bogotá, D.C., Colombia.
- Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2014. Formulación de los Planes de Ordenación y Manejo de Cuencas Hidrográficas. Bogotá, D.C., Colombia.

- Ministerio del Medio Ambiente, 2010. Leyenda nacional de coberturas de la tierra.
- Mohamed, H., Omar, B., Abdessadek, T., Tarik, A., 2013. Approach to integration SOLAP tools and multicriteria analysis for spatial decision support, in: 2013 ACS International Conference on Computer Systems and Applications (AICCSA). pp. 1–6.
<https://doi.org/10.1109/AICCSA.2013.6616469>
- Mujica, S., Pacheco, H., 2013. Metodología para la generación de un modelo de zonificación de amenaza por procesos de remoción en masa, en la cuenca del río Camurí Grande, estado Vargas, Venezuela. *Rev. Invest. (Guadalajara)*. 37, 215–244.
- Murcia, C., Guariguata, M.R., 2014. La restauración ecológica en Colombia Tendencias , necesidades y oportunidades. CIFOR.
- Murcia, C., Guariguata, M.R., Andrade, Á., Andrade, G.I., Aronson, J., Escobar, E.M., Etter, A., Moreno, F.H., Ramírez, W., Montes, E., 2016. Challenges and Prospects for Scaling-up Ecological Restoration to Meet International Commitments: Colombia as a Case Study. *Conserv. Lett.* 9, 213–220. <https://doi.org/10.1111/conl.12199>
- Murcia, C., Guariguata, M.R., Quintero-Vallejo, E., Ramirez, W., 2017. La restauración ecológica en el marco de las compensaciones por pérdida de biodiversidad en Colombia: Un análisis crítico. <https://doi.org/10.17528/cifor/006611>
- Orsi, F., Church, R.L., Geneletti, D., 2011a. Restoring forest landscapes for biodiversity conservation and rural livelihoods: A spatial optimisation model. *Environ. Model. Softw.* 26, 1622–1638.
<https://doi.org/10.1016/j.envsoft.2011.07.008>
- Orsi, F., Geneletti, D., 2010. Identifying priority areas for Forest Landscape Restoration in Chiapas (Mexico): An operational approach combining ecological and socioeconomic criteria. *Landsc. Urban Plan.* 94, 20–30. <https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2009.07.014>
- Orsi, F., Geneletti, D., Newton, A.C., 2011b. Towards a common set of criteria and indicators to identify forest restoration priorities: An expert panel-based approach. *Ecol. Indic.* 11, 337–347.
<https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2010.06.001>
- Salitchev, A., 1979. Cartografía. Editorial Pueblo y Educación, La Habana, Cuba.
- Segura, G., Camargo, M., García, N., Ávila, L., Cantor, L., Gutierrez, A., Bohórquez, D., Sesquilé, E., López, K., 2016. Capítulo I: Priorización de zonas para restauración ecológica en la cuenca del Río Bogotá, in: Identificación y Priorización de Las Áreas Para Reforestación Protectora Sobre La Cuenca Del Río Bogotá. Bogotá, D.C., Colombia, p. 110.
- Şen, G., Güngör, E., Şevik, H., 2018. Defining the effects of urban expansion on land use/cover change: a case study in Kastamonu, Turkey. *Environ. Monit. Assess.* 190. <https://doi.org/10.1007/s10661-018-6831-z>

- SER, S. for E.R., 2004. Principios de SER International sobre la restauración ecológica. SER, Soc. Ecol. Restor. Int. 15.
- SER, S. for E.R., UICN, CEM, 2018. Forum on Biodiversity and Global Forest Restoration Summary Report and Plan of Action. Iguassu Falls.
- Tobón, W., Koleff, P., Urquiza-Haas, T., García Méndez, G., 2016. Propuesta metodológica para identificar prioridades de restauración en México, in: Ceccon, E., Martínez-Garza, C. (Eds.), Experiencias Mexicanas En La Restauración de Los Ecosistemas. Universidad Nacional Autónoma de México, Centro Regional de Investigaciones Multidisciplinarias; Universidad Autónoma del Estado de Morelos; Ciudad de México : Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad.
- Tobón, W., Urquiza-Haas, T., Koleff, P., Schröter, M., Ortega-Álvarez, R., Campo, J., Lindig-Cisneros, R., Sarukhán, J., Bonn, A., 2017. Restoration planning to guide Aichi targets in a megadiverse country. *Conserv. Biol.* 31, 1086–1097. <https://doi.org/10.1111/cobi.12918>
- UICN, WRI, 2014. Guía sobre la Metodología de evaluación de oportunidades de restauración (ROAM): Evaluación de las oportunidades de restauración del paisaje forestal a nivel nacional o subnacional. Documento de trabajo (edición de prueba). *Unión Int. para la Conserv. la Nat.* 125.
- Uribe, D., Geneletti, D., del Castillo, R.F., Orsi, F., 2014. Integrating stakeholder preferences and GIS-based multicriteria analysis to identify forest landscape restoration priorities. *Sustain.* 6, 935–951. <https://doi.org/10.3390/su6020935>
- van Diggelen, R., Grootjans, A.P., Harris, J.A., 2001. Ecological restoration: State of the art or state of the science? *Restor. Ecol.* 9, 115–118. <https://doi.org/10.1046/j.1526-100x.2001.009002115.x>
- Vargas, J.O., 2011. Restauración Ecológica: Biodiversidad y Conservación. *Acta Biológica Colomb.* 16, 221–246. <https://doi.org/10.1021/jf035290s>
- Vargas, O., Díaz, A., Trujillo, L., Velasco-linares, P., Díaz-Martín, R., León, O., Montenegro, A., 2008. Barreras para la Restauración Ecológica, in: Estrategias Para La Restauración Ecológica. Universidad Nacional de Colombia, pp. 57–82.
- Vargas, O., Díaz, J., Reyes, S., Gómez, P., 2012. Guías Técnicas para la Restauración ecológica de los ecosistemas de Colombia. Departamento de Biología, Facultad de Ciencias, Universidad Nacional de Colombia.
- Vargas, O., Mora, F., 2008. La restauración ecológica. Su contexto, definiciones y dimensiones. Estrategias para la restauración ecológica del bosque altoandino 19–40.
- Vargas, O.R., 2008. Guía metodológica para la restauración ecológica del bosque altoandino.
- Wei, B., Xie, Y., Jia, X., Wang, X., He, H., Xue, X., 2018. Land use/land cover change and its impacts on diurnal temperature range over the agricultural pastoral ecotone of Northern China. *L. Degrad.*

Yoshioka, A., Akasaka, M., Kadoya, T., 2014. Spatial prioritization for biodiversity restoration: A simple framework referencing past species distributions. *Restor. Ecol.* 22, 185–195.

<https://doi.org/10.1111/rec.12075>

Tabla 1. Frecuencia y porcentaje de citación de los criterios ecológicos de Orsi et al., (2011) y los propuestos por los encuestados (*).

Criterios ecológicos	Frecuencia	Citación (%)
Conectividad	6	85,7
Servicios ecosistémicos	6	85,7
Grado de amenaza	4	57,1
Conflicto de uso del suelo	3	42,9
Potencial natural de regeneración	3	42,9
Diversidad paisaje y ecosistema	3	42,9
Disponibilidad de hábitat	2	28,6
Disturbio	2	28,6
Degradación del paisaje	2	28,6
Áreas protegidas	2	28,6
Remanentes	2	28,6
Tamaño	2	28,6
Ecosistemas acuáticos	2	28,6
Accesibilidad	2	28,6
Nivel de degradación	2	28,6
Suelo	2	28,6
Condiciones climáticas	1	14,3
Diversidad spp	1	14,3
Fragmentación	1	14,3
Área históricamente forestada	1	14,3
Rareza	1	14,3
Recreación	1	14,3
Estructura de la vegetación	1	14,3
Características forestales	1	14,3
Tamaño del hábitat	1	14,3
Disponibilidad de agua	1	14,3

Dinámica de disturbios - factores de degradación (tensionantes y limitantes)*	1	14,3
Disponibilidad de hábitat de acuerdo a requerimientos de las spp*	1	14,3
Diversidad genética	0	0
Condiciones del suelo	0	0

Tabla 2. Frecuencia y porcentaje de citación de los criterios socioeconómicos de Orsi et al., (2011) y los propuestos por los encuestados (*)

Criterios socioeconómicos	Frecuencia	Citación (%)
Tenencia de la tierra	7	100,0
Voluntad población local	7	100,0
Voluntad política	5	71,4
Sustentabilidad económica	3	42,9
Gobernanza forestal	3	42,9
Costo de restauración	3	42,9
Conocimiento técnico	3	42,9
Monitoreo	2	28,6
Arraigo por la tierra*	1	14,3
Conocimiento local tradicional*	1	14,3
Potencial de integración con uso agropecuario sostenible*	1	14,3
Nivel de productividad actual del suelo	1	14,3
Costo de oportunidad*	1	14,3
Disponibilidad de recursos financieros (costo de la tierra, costo de compensación a propietario) *	1	14,3
Conflicto de uso del suelo*	1	14,3

Tabla 3. Frecuencia y porcentaje de citación de criterios propuestos por autores.

Componente				
1	Componente 2	Criterio	Frecuencia	Citación (%)
	Ambiental	Nivel/Riesgo de erosión	5	71,4285714
	Socioeconómico	Distancia/adyascencia a carreteras/vías	4	57,1428571
	Socioeconómico	Distancia/adyascencia a zonas urbanas	4	57,1428571
Viabilidad	Ecológico	(grado) Fragmentación del paisaje (densidad de borde)	4	57,1428571
	Socioeconómico	Distancia/adyascencia a cultivos	3	42,8571429
	Ambiental	Distancia a bosques	3	42,8571429
Necesidad	Ecológico	Riqueza de especies de árboles	3	42,8571429
Necesidad	Ecológico	Distancia a parches	3	42,8571429
	Socioeconómico	Densidad humana	2	28,5714286
Viabilidad	Socioeconómico	Presencia/ausencia pastoreo ganadero	2	28,5714286
		Área del parche	2	28,5714286
Necesidad	Ecológico	Distancia a áreas protegidas	2	28,5714286
Necesidad	Ecológico	Distancia a corredor ecológico	2	28,5714286
Viabilidad	Ecológico	Distancia a remanentes	2	28,5714286
Necesidad	Ecológico	Presencia spp amenazadas de árboles	2	28,5714286
Viabilidad	Ecológico	Presencia spp invasoras	2	28,5714286
Importancia biológica		Presencia/ausencia de Sitios prioritario para conservación	2	28,5714286
	Socioeconómico	Costo de conversión del uso de la tierra	2	28,5714286
		Tipo de cobertura	2	28,5714286
	Ambiental	Distancia a ríos	1	14,2857143
Viabilidad	Ambiental	Insolación	1	14,2857143
Viabilidad	Ambiental	Pendiente del terreno	1	14,2857143
Viabilidad	Ambiental	Clima	1	14,2857143
Viabilidad	Ambiental	Evapotranspiración potencial (PET)	1	14,2857143
Viabilidad	Ambiental	Posición en la cuenca (zonas de elevación)	1	14,2857143
	Ecológico	Mejoramiento de corredores ecológicos	1	14,2857143
		Promedio de compactación de parches forestales	1	14,2857143

Viabilidad	Ecológico	Densidad de árboles	1	14,2857143
Necesidad	Ecológico	Estado sucesional	1	14,2857143
Necesidad	Ecológico	Área previamente forestada	1	14,2857143
Necesidad	Ecológico	Heterogeneidad de coberturas de tierra	1	14,2857143
Necesidad	Ecológico	Heterogeneidad del aspecto	1	14,2857143
Necesidad	Ecológico	Heterogeneidad elevacional	1	14,2857143
Importancia				
biológica	Ecológico	Presencia/ausencia de Vegetación secundaria	1	14,2857143
	Paisaje	Forma del parche	1	14,2857143
	Socioeconómico	Índices de marginalización	1	14,2857143
	Socioeconómico	Mejoramiento de medios de vida	1	14,2857143
	Socioeconómico	Reducción de erosión del suelo	1	14,2857143
Viabilidad	Socioeconómico	Presencia/ausencia de agricultura	1	14,2857143
Viabilidad	Socioeconómico	Riesgo de deforestación	1	14,2857143
		Adyascencia a zonas intervenidas	1	14,2857143
		Conflicto de uso	1	14,2857143
		Tipo de cobertura en rondas hídricas	1	14,2857143
		Tipo de vegetación	1	14,2857143
Importancia				
biológica		Vegetación prioritaria	1	14,2857143
	Ecológico	Distribución potencial de la spp	1	14,2857143
	Ecológico	Distribución actual de la spp	1	14,2857143
Viabilidad	Ecológico	Costo de efectividad	1	14,2857143
	Ecológico	Disponibilidad de hábitat	1	14,2857143
		Valor cultural y económico de la		
	Socioeconómico	biodiversidad	1	14,2857143
	Socioeconómico	Captura de C	1	14,2857143
	Socioeconómico	Calidad de agua	1	14,2857143
	Socioeconómico	Generación de empleo	1	14,2857143
	Socioeconómico	Valores culturales	1	14,2857143
	Socioeconómico	Disposición institucional	1	14,2857143
	Socioeconómico	Disposición local	1	14,2857143

