O.N.G TIBOUCHINA

QUÍMBAYA

DOCUMENTO



CONVENIO DE ASOCIACIÓN N° CA-002 - 2025

PLAN DE RESTAURACIÓN ECOLÓGICA PARA LA COBERTURA HERBAZAL DOMINADA POR PASTO IMPERIAL

PROYECTO:

MEJORAMIENTO DE LA SOSTENIBILIDAD Y CONOCIMIENTO DE LA OFERTA AMBIENTAL DE LAS ÁREAS DE CONSERVACIÓN Y MANEJO DEL MUNICIPIO DE QUIMBAYA

PLAN DE RESTAURACIÓN ECOLÓGICA PARA LA COBERTURA HERBAZAL DOMINADA POR PASTO IMPERIAL

CONVENIO DE ASOCIACIÓN N° CA-002 DE 2025

“AUNAR ESFUERZOS TÉCNICOS, ADMINISTRATIVOS, OPERATIVOS Y FINANCIEROS PARA EL INCREMENTO, SOSTENIBILIDAD Y CONOCIMIENTO DE LA OFERTA AMBIENTAL DE LAS ÁREAS DE CONSERVACIÓN Y MANEJO DEL MUNICIPIO DE QUIMBAYA”

OCTUBRE 2025

JUAN MANUEL RODRÍGUEZ BRITO
Alcalde
Municipio de Quimbaya

CRISTIAN EDUARDO RAMOS HERRERA
Secretario de Despacho de Competitividad y Desarrollo Agropecuario
Municipio de Quimbaya

DIANA VANESSA VÁSQUEZ GALVIS
Representante Legal
Corporación Ambiental, Cultural y Social Tibouchina

ANDRÉS FELIPE OROZCO CARDONA
Coordinador Equipo Científico

Jheferson Herrera-Echeverry
COMPONENTE FENOLOGÍA

Alexis Marulanda-Andrade
COMPONENTE FLORA

Jean Wilman Parra
COMPONENTE AVIFAUNA

Angie Lorena Salazar-Oliveros
Valentina Rosero-Marín
COMPONENTE EDUCACIÓN AMBIENTAL

Santiago Fernández-Ángel
Carol Tatiana Morales-Lotero
José David Quiñonez-Gómez
Daniela Giraldo-Otalvaro
Albert Ospina-Duque
Erika Julieth Sánchez-Rojas
Santiago David Leguizamón-Mesa
Juan Gabriel Arroyave-Zuluaga
Kevin Joseph López-Molina
Valeria Valencia-Agudelo
Luis Felipe Sánchez-Alvarán
PROFESIONAL DE APOYO

TABLA DE CONTENIDO

PRESENTACIÓN 6
INTRODUCCIÓN 7
ANTECEDENTES 9
RESTAURACIÓN ECOLÓGICA 9
BOSQUES MONTANOS 12
Especies indicadoras y referencias locales 12
PROBLEMÁTICAS DE LOS BOSQUES MONTANOS 14
- Pérdida y fragmentación del hábitat 15
- Potrerización 16
- Erosión 18
- Especies invasoras 20

BARRERAS REHABILITACIÓN Y RESTAURACIÓN ECOLÓGICA DEL BOSQUE MONTANO 22
FASE DE DISPERSIÓN 22
FASE DE ESTABLECIMIENTO 24
FASE DE PERSISTENCIA 26
BARRERAS SOCIALES 28
CONOCIMIENTO ACTUAL DE LAS ÁREAS DE ESTUDIO 30
MARCO JURÍDICO LEGAL 32
OBJETIVOS DE LA RESTAURACIÓN Y REHABILITACIÓN ECOLÓGICA 37
Objetivo General 37
Objetivos Específicos 37
JUSTIFICACIÓN 38
ESCENARIO DE CAMBIO CLIMÁTICO 39
DESCRIPCIÓN DE LAS ÁREAS DE CONSERVACIÓN DE PROPIEDAD DEL MUNICIPIO DE QUIMBAYA 41
ESCALAS Y NIVELES DE ORGANIZACIÓN 43
ESCALAS Y JERARQUÍAS DE DISTURBIO 43
METODOLOGÍAS USADAS PARA LA REALIZACIÓN DEL DIAGNÓSTICO DE LAS COBERTURAS PRESENTES EN LAS ÁREAS DE CONSERVACIÓN 44
Componente Florístico 45
Componente Avifauna 46
Recorridos libres 47
Registros auditivos 48
COBERTURAS VEGETALES 49
RECURSO HÍDRICO 54
CARACTERIZACIÓN BIOLÓGICA DE LA COBERTURA VEGETAL HERBAZAL 58
BARRERAS FISICAS PARA LA REHABILITACIÓN GEOLOGICA 58

COMPONENTE FLORÍSTICO 61
BARRERAS Y ESTRATEGIAS DE RESTAURACIÓN Y REHABILITACIÓN 64
COMPONENTE AVIFAUNA 68
BARRERAS Y ESTRATEGIAS A LA RESTAURACIÓN Y REHABILITACIÓN 69
CONTEXTO Y CARACTERÍSTICAS SOCIALES DE LA PROBLEMÁTICA DE RESTAURACIÓN 70
FACTOR SOCIAL Y CULTURAL 71
PROBLEMÁTICAS 72
ESTRATEGIAS Y HERRAMIENTAS METODOLÓGICAS PARA LA PARTICIPACIÓN COMUNITARIA 73
MONITOREO DEL PLAN DE REHABILITACIÓN ECOLÓGICA 76
MONITOREO PARTICIPATIVO EN LA REHABILITACIÓN ECOLÓGICA 78
Indicadores Socioeconómicos de la Restauración 79
MONITOREO DEL COMPONENTE FLORÍSTICO 82
Reconocimiento del Área y los Procesos de Restauración, Rehabilitación y Recuperación Ecológica 83
Marcación de Individuos Vegetales 84
TOMA DE DATOS 85
MONITOREO DE LA AVIFAUNA 90
MÉTODOS PROPUESTOS 90
Registros Visuales 90
BIBLIOGRAFÍA 96

PRESENTACIÓN

Colombia es reconocida como un país megadiverso por su extraordinaria riqueza biológica y ecosistémica. De acuerdo con el IAvH (2013), concentra una proporción destacada de la biodiversidad mundial, a pesar de que su territorio representa apenas el 0,22 % de la superficie terrestre del planeta. No obstante, la deforestación y la transformación no sostenible del territorio han puesto esta riqueza en riesgo. Se estima una pérdida anual cercana a 300.000 hectáreas de bosque (Van Eynde & Blomley, 2015). Entre las principales causas se encuentran la expansión de la frontera agropecuaria, procesos de colonización, cultivos ilícitos, proyectos de infraestructura, desplazamiento de poblaciones, minería, extracción legal e ilegal de madera, incendios forestales y ganadería; esta última ha sido determinante en el cambio de la cobertura del suelo: en cinco décadas se pasó de 14,6 millones a 39 millones de hectáreas destinadas a esta actividad (World Bank, 2010).

Este ritmo de transformación compromete el desarrollo sostenible, la prestación de servicios ecosistémicos y la integridad de la biodiversidad. En respuesta, el Gobierno nacional, a través del Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, impulsa el Plan Nacional de Restauración Ecológica, Rehabilitación y Recuperación de Áreas Degradadas (PNR), que busca articular a las entidades del Sistema Nacional Ambiental (SINA), los gremios, la sociedad civil y la academia para invertir la tendencia de degradación y recuperar funcionalidad ecológica.

En este marco, se presenta el Plan de Restauración y Rehabilitación Ecológica para la cobertura herbazal dominada por pasto imperial en las Áreas de Conservación de Propiedad del Municipio de Quimbaya, el cual propone estrategias orientadas a potenciar los atributos bióticos y abióticos de los predios y a proteger el recurso hídrico municipal.

El plan estructura acciones de control de presiones, restauración activa y pasiva, y monitoreo adaptativo, con metas verificables y mecanismos de coordinación interinstitucional que permitan asegurar la sostenibilidad en el tiempo de los resultados.

INTRODUCCIÓN

En Colombia, la restauración ecológica comenzó a abordarse desde mediados de los años noventa, incluso antes de que el término fuese definido internacionalmente, motivada principalmente por la recuperación de bosques protectores de cuencas hidrográficas (Murcia et al., 2017). En las últimas décadas, el país ha avanzado en la definición y estudio de su biodiversidad y en la comprensión de las causas de su pérdida. Aunque Colombia es uno de los 14 países megadiversos del mundo, gracias a su amplia diversidad ecosistémica (Andrade, 2011), y posee una trayectoria destacada en restauración en los Andes del norte (Murcia et al., 2017), gran parte de sus ecosistemas naturales han sido transformados y degradados por la deforestación.

Entre las causas de este fenómeno se encuentran el uso inadecuado del suelo en actividades agroindustriales y agropecuarias, la minería a cielo abierto, la expansión urbana y de infraestructura, así como la introducción de especies invasoras que alteran el equilibrio de los sistemas ecológicos (MINAMBIENTE, 2015). Esta conversión acelerada ha conllevado la pérdida de biodiversidad, la disminución en calidad y cantidad de los recursos hídricos, la degradación de los suelos y la contaminación de las aguas (Brown, 1997).

En el departamento del Quindío, la transformación del paisaje a gran escala se intensificó desde la segunda mitad del siglo XIX con la colonización antioqueña, orientada a la ampliación de la frontera agrícola y al desarrollo vial. Este proceso impulsó la migración, la ocupación y el establecimiento de monocultivos intensivos, principalmente de café, en Salento y otras zonas del norte del departamento (MINCULTURA, 2011). A comienzos de la década de 1950 se instauraron en Colombia las primeras figuras de conservación mediante zonas forestales de utilidad pública y protección de cuencas en el departamento de Caldas (Murcia et al., 2017). En el Quindío, hacia finales de esa década, se emprendieron procesos tempranos de restauración ecológica, aplicando herramientas de manejo del paisaje (HMP) (CRQ, 2016). El reemplazo de bosques tropicales nativos por plantaciones con fines productivos o de protección generó tres preocupaciones centrales: los efectos sobre la biodiversidad, los suelos y los recursos hídricos (Cavalier & Santos, 1999).

Actualmente, el Quindío encabeza la lista de departamentos con mayor transformación de sus ecosistemas nativos: se estima que 81 % han sido modificados (MINAMBIENTE, 2015). En los suelos transformados predominan los pastos (47,8 %), seguidos de cultivos permanentes (39,2 %), plantaciones forestales (3,8 %) —principalmente en la zona andina—, áreas agrícolas heterogéneas (2,9 %), obras de infraestructura (4,7 %) y tierras degradadas (0,2 %) (CRQ & Fundación Las Mellizas, 2012).

Frente a este contexto, resulta necesario formular planes de restauración, rehabilitación y/o recuperación ecológica que sirvan como marco de referencia para orientar acciones concretas que contrarresten los efectos negativos acumulados en el departamento —derivados del deterioro de los ecosistemas— y contribuyan a mejorar la calidad de vida de las comunidades.



Figura 1. Fotografía panorámica de las áreas de conservación para el recurso hídrico Cajones-Quimbaya.

ANTECEDENTES

RESTAURACIÓN ECOLÓGICA

La restauración ecológica es un proceso destinado a recuperar ecosistemas que han sufrido degradación, daño o destrucción (SER, 2004). Este proceso busca iniciar o acelerar la recuperación de un ecosistema en términos de su estructura (como la composición de especies, propiedades del suelo y del agua) y funcionalidad (como la productividad, el flujo de energía y el ciclo de nutrientes). Los objetivos generales de la restauración ecológica incluyen la recuperación o el restablecimiento de la "integridad ecológica" (Woodley, 2010). Aunque el término "restauración ecológica" suele utilizarse como sinónimo de "restauración de ecosistemas" (SER, 2008), algunos proyectos dentro de áreas protegidas pueden tener objetivos más específicos, como la recuperación de especies raras o la intervención activa mediante acciones como la siembra de vegetación, el restablecimiento de especies extintas localmente o la eliminación de especies exóticas invasoras. Por ello, la restauración ecológica frecuentemente involucra esfuerzos de remediación o rehabilitación del ecosistema (IDEAM, 1997).

De forma más amplia, la restauración contribuye a la recuperación del capital natural del cual dependen los seres humanos (Aronson et al., 2007) y aumenta la resiliencia de los ecosistemas (Lamb et al., 2011). El origen de esta disciplina se remonta al principio del siglo XX en Estados Unidos, cuando Aldo Leopold (1934) propuso que el primer paso era "reconstruir una muestra de lo que teníamos en un principio", como parte de los esfuerzos de reforestación. No obstante, la restauración ecológica comenzó a formalizarse como una disciplina en la década de 1980, con un enfoque que no solo abogaba por la recuperación de la cobertura boscosa, sino también de los ecosistemas en su totalidad (Jordan III et al., 1996). En la década de los 90, se observó un crecimiento significativo en las publicaciones científicas sobre ecología de la restauración (Young et al., 2005), concentrándose en revistas especializadas como Restoration Ecology, Ecological Management and Restoration, y Ecological Restoration.

En el ámbito de la política internacional, los beneficios de la restauración ecológica han sido ampliamente reconocidos. A principios de los 2000, la Comisión de Manejo de Ecosistemas de la IUCN incluyó la restauración ecológica dentro de su estrategia global de conservación de la biodiversidad (SER, 2006; IUCN Commission on Ecosystem Management, 2004). Recientemente, el Convenio sobre la Diversidad Biológica (CBD) incluyó explícitamente la restauración ecológica en las 20 Metas de Aichi de conservación de la biodiversidad (CBD, 2010). También ha sido reconocida por el Convenio Marco de Cambio Climático de las Naciones Unidas como una herramienta clave para mitigar los efectos del cambio climático (ONU, 2013).

En el contexto nacional, Colombia tiene una larga trayectoria en restauración ecológica, comenzando en 1951 con la aprobación de la Ley 4, que declaró de utilidad pública una zona cercana al río Otún (municipio de Pereira, Risaralda) para la repoblación forestal. En los años 60 y 70, se inició un proceso de restauración para el control de la erosión en la Reserva de Río Blanco, en el departamento de Caldas. No obstante, la restauración ecológica en el país se formalizó a nivel nacional en 1998 con la creación de dos documentos clave. El primero fue el Plan Estratégico para la Restauración Ecológica y el Establecimiento de Bosques en Colombia, también conocido como el Plan Verde, elaborado por el Ministerio de Medio Ambiente. Este plan tenía como objetivo generar las bases para integrar la restauración ecológica, la reforestación y la agroforestería en el ordenamiento territorial, con metas como restaurar 245,000 hectáreas de tierras degradadas (MINAMBIENTE, 1998).

El segundo documento clave de 1998 fue la propuesta "Colombia, Biodiversidad Siglo XXI", que sugirió la creación de un Plan Nacional de Restauración de Ecosistemas y la recuperación de especies, con un enfoque ecológico para recuperar la biodiversidad (Fandiño & Ferreira Miani, 1998). Esta propuesta fue la base de la Política Nacional de Biodiversidad, aprobada en 1995 por el Consejo Nacional Ambiental.

A nivel práctico, el Plan Nacional de Restauración Ecológica, Rehabilitación y Recuperación de Áreas Disturbadas fue presentado en 2012 con el objetivo de promover la restauración ecológica, la recuperación y rehabilitación de áreas degradadas, con un enfoque en la conservación de la diversidad biológica y la sostenibilidad ambiental (MINAMBIENTE, 2012). Además, se adoptaron políticas adicionales como la Política Nacional para la Gestión Integral de la Biodiversidad y el Manual para la Asignación de Compensaciones por Pérdida de Biodiversidad (MINAMBIENTE, 2012). En 2014, el Centro para la Investigación Forestal Internacional (CIFOR) publicó un informe que recopila experiencias de restauración en Colombia, destacando la importancia de las CAR y el IDEAM en la identificación de áreas prioritarias para la restauración (CIFOR, 2014).

El Plan Nacional de Desarrollo 2022-2026 incluyó la restauración ecológica como una herramienta clave de manejo ambiental, incorporando la estrategia de crecimiento verde, con énfasis en la protección de ecosistemas y la mitigación del cambio climático. En la región Eje Cafetero, por ejemplo, se promovió la producción sostenible y la conservación de los ecosistemas estratégicos como parte de un enfoque integral para la sostenibilidad ambiental. En términos de tendencias históricas, entre 1951 y 2013, se identificaron 102 proyectos de restauración ecológica en Colombia, con un aumento significativo de proyectos en el período 2006-2013. Este aumento se debe en gran parte a las iniciativas

de restauración urbana lideradas por la Alcaldía de Bogotá (Murcia & Guariguata, 2014) (Figura 2).

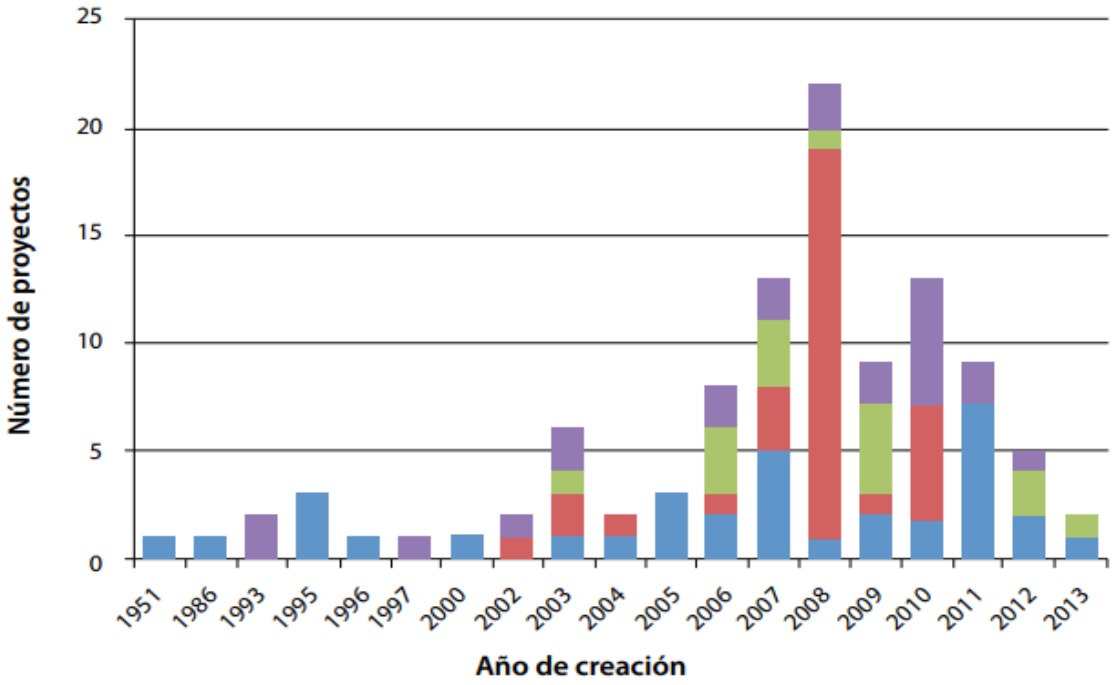


Figura 2. Número de proyectos generados por la Secretaría Distrital de Ambiente (rojo), Parques Nacionales (verde) y ONG (violeta), relativo a la totalidad de los proyectos (N = 102). Las barras en azul corresponden a proyectos generados por el sector académico, corporaciones, institutos, otras entidades gubernamentales y no gubernamentales y comunidades e individuos.

En el Eje Cafetero, el Plan de Manejo Ambiental para la Reconstrucción del Eje Cafetero de 2002, desarrollado por diversas CARs, el IDEAM y IngeoMinas, se centró en mitigar los impactos ambientales y promover la sostenibilidad de la región tras el terremoto de 1999. Este plan estableció metas para incorporar la dimensión ambiental en el ordenamiento territorial y asegurar la oferta suficiente de recursos naturales para la reconstrucción, al tiempo que disminuye la vulnerabilidad ante desastres naturales.

En el Quindío, los procesos de restauración ecológica tienen más de 60 años de trayectoria, aplicando herramientas como la conservación de bosques, la reconversión ganadera, la creación de corredores biológicos, y el establecimiento de plantaciones protectoras y sistemas agroforestales (CRQ, 2016). El Plan de Gestión Regional Ambiental 2020-2039 (PGAR) y el Plan de Acción Institucional 2020-2023 han sido fundamentales en la gestión y restauración de ecosistemas en la región.

A su vez, el Plan Departamental de Desarrollo 2024-2027 destaca el compromiso con el desarrollo sostenible y la paz territorial, priorizando la restauración de áreas de alta importancia ecológica como parte de la visión del Quindío como Territorio Verde y el Plan de Desarrollo Municipal de Quimbaya 2024-2027 ‘’Quimbaya con Corazón’’ plantea dentro de sus proyectos estratégicos Gobernanzas territoriales alrededor del agua y los bosques, orientado a adquirir las áreas para conservación y restauración de bocatomas conforme a ley 99 de 1993 en su artículo 111.

BOSQUES MONTANOS

En el departamento del Quindío, los bosques montanos se distribuyen de forma continua en laderas y cañones entre ~1.650 y 2.600 m s. n. m., con inmersión frecuente en nubes a partir de ~1.800–2.000 m. Estos rangos altitudinales están documentados para Barbas–Bremen (1.650–2.600 m; 1.500–2.100 m en el núcleo cañón) y para su franja principal (1.800–2.005 m), lo que representa bien el piso montano en el Quindío.

La vegetación es pluriestratificada y el dosel mantiene alta carga de epífitas (musgos, helechos, orquídeas y bromelias) debido a la elevada humedad orográfica y a la captación de niebla; en el estrato arbóreo son comunes Lauraceae (*Ocotea, Nectandra*), Melastomataceae y otras familias típicas de este piso. Estas condiciones dan lugar a bosques con estructura compleja, abundantes lianas y sotobosque denso con chusques (*Chusquea spp*.) en claros y bordes.

Desde el punto de vista funcional, los bosques montanos del Quindío interceptan agua de niebla y lluvia horizontal a través del dosel y de sus epífitas, aportando humedad adicional al sistema durante periodos secos y amortiguando la estacionalidad hídrica a nivel de microcuencas. Esta función hidrológica—bien documentada para los bosques montanos nublados de los Andes tropicales—contribuye al mantenimiento del caudal base y a la regulación del microclima.

Por su diversidad y endemismo, los bosques montanos del norte de los Andes albergan ensamblajes florísticos únicos a lo largo del gradiente altitudinal; a partir de ~1.500 m se observa un recambio florístico marcado respecto a tierras bajas, con comunidades características del piso montano. Este patrón regional está ampliamente descrito para los Andes del Norte y Centro.

Especies indicadoras y referencias locales

En el Quindío se reconocen varias especies indicadoras y/o focales del piso montano y su transición al altoandino, útiles para diagnóstico ecológico y restauración:

Magnolia hernandezii (molinillo), árbol propio de bosque de niebla; en la región del Valle del Cauca–Viejo Caldas se registra entre ~1.700–2.600 m y es prioritaria para conservación.

- *Cedrela montana* (cedro de montaña), frecuente en bosque montano húmedo; rango altitudinal en Colombia ~1.350–3.000 m.

- *Juglans neotropica* (nogal andino/cedro negro), típico de montano bajo; rango ~1.800–2.800 m.

- Helechos arborescentes (*Cyathea spp.*) y chusques (*Chusquea spp.*) como elementos estructurales del sotobosque montano, claves en procesos de regeneración.

A nivel institucional y de planeación, el Plan Departamental de Gestión Integral de la Biodiversidad del Quindío (PDGIB) reconoce a estas formaciones y especies focales (incluyendo palma de cera y *Magnolia hernandezii*) como prioridades de manejo en el territorio, articuladas con el DCS Barbas–Bremen y otras figuras de conservación.



Figura 3. *Juglans neotropica* especie de alto interés y presencia en las áreas de conservación Cajones-Quimbaya.

PROBLEMÁTICAS DE LOS BOSQUES MONTANOS

Los bosques montanos de los Andes colombianos se encuentran hoy altamente fragmentados y embebidos en matrices agropecuarias (pastos, cultivos y plantaciones), con pérdida de conectividad estructural y funcional a escala de paisaje; este patrón fue documentado desde inicios de los 2000 y sigue vigente en diagnósticos recientes para la región andina.

Aunque el mayor núcleo de deforestación anual se concentra en la Amazonia, las presiones crónicas sobre los montanos persisten por expansión de la frontera agropecuaria, tala selectiva, infraestructura y minería, entre otras. El reporte oficial del Gobierno (IDEAM/MADS) para 2024 confirma un alza interanual de la deforestación nacional —113.608 ha— tras el mínimo histórico de 2023, con focos que, si bien son amazónicos, mantienen efectos indirectos y fugas de presión sobre los Andes.

A estas presiones se suman perturbaciones climáticas. El episodio El Niño 2023–2024 incrementó la ocurrencia y severidad de incendios de cobertura vegetal en regiones andinas durante la temporada seca, afectando dosel, regeneración y suelos. Boletines y reportes del IDEAM durante 2024 registraron amplias alertas por incendios y condiciones de sequía inusuales.

En los sectores nublados del piso montano, la sensibilidad hidrometeorológica es crítica: evidencias recientes muestran tendencias en nubes bajas que pueden reducir la precipitación horizontal y la intercepción de niebla, procesos que sostienen el microclima y el caudal base en bosques montanos nublados; un levantamiento de la base de nubes implicaría estrés hídrico para epífitas y árboles adaptados a alta humedad.

La invasión biológica y el reemplazo por plantaciones exóticas agravan la degradación. En laderas y bordes, retamo espinoso/liso (Ulex europaeus, Genista monspessulana) colonizan post-fuego y desplazan la regeneración nativa; el MADS estableció lineamientos nacionales de prevención y manejo dada su alta peligrosidad. En paralelo, la sustitución del bosque por pino/eucalipto modifica suelos, luz y hojarasca, condicionando la recuperación de la diversidad nativa.

En términos de recuperación, análisis andinos de 2023 evidencian que la recuperación del bosque montano suele ser interrumpida o fallida en múltiples paisajes (por aislamiento de parches, suelos degradados e invasiones), con consecuencias para la biodiversidad y los servicios ecosistémicos.

- **Pérdida y fragmentación del hábitat**

La fragmentación del hábitat provoca la interrupción y discontinuidad de los ecosistemas, afectando el flujo de energía, la distribución espacial y las condiciones que influyen en la ocupación, reproducción o supervivencia de grupos específicos de especies (Lord & Norton, 1990). Este proceso conlleva la reducción de los bosques naturales a pequeñas áreas de vegetación, separadas por actividades humanas como cultivos o pastizales (Figura 4). Esto impacta negativamente la movilidad de las especies y, en consecuencia, la dinámica de las poblaciones (Wilcove et al., 1986). Las especies que requieren un hábitat continuo no pueden atravesar áreas modificadas por el ser humano (Kattan, 2002). Además, las interacciones entre plantas y animales se ven alteradas por estos cambios espaciales y temporales, influyendo en el comportamiento de los organismos (Restrepo et al., 1997).

La reducción del área forestal transforma la conformación del paisaje, provocando cambios en las características físicas y climáticas a gran escala, así como la pérdida de individuos, poblaciones o especies a escalas más pequeñas (Lord & Norton, 1990). Estos efectos no solo están implicados en la modificación de la estructura del paisaje, sino también en su funcionamiento, ya que cada fragmento adquiere características propias, distintas de las que presentaban los bosques originales (Velasco-Linares & Vargas, 2008).

El efecto de borde genera propiedades y dinámicas surgidas del contacto entre los fragmentos de bosque y la matriz externa, convirtiendo los bordes en hábitats diferentes a los del interior del fragmento (Cadenasso et al., 2003; Hilty et al., 2006). Las diferencias entre el borde y el interior se deben a la capacidad de los bordes para modular (facilitar o inhibir) los flujos e interacciones en el paisaje, influyendo en el movimiento de organismos (López-Barrera et al., 2007; Broadbent et al., 2008; Ries & Sisk, 2010). Desde una perspectiva positiva, esta propiedad promueve la mezcla entre las especies del exterior e interior, así como la aparición de nuevas especies propias de ambientes de borde. No obstante, los efectos pueden ser negativos debido al decrecimiento de organismos especializados en hábitats conservados y la invasión de especies exóticas (Cadenasso & Pickett, 2000; Ries et al., 2004).

En conclusión, tanto la fragmentación como la pérdida del hábitat generan cambios en la composición vegetal, ejerciendo presión directa sobre las condiciones abióticas, tales como la distribución de los vientos, el aumento de la temperatura superficial del suelo, y la disminución tanto de la precipitación como de la evaporación, lo que provoca cambios microclimáticos, la modificación del hábitat y la disponibilidad de fuentes de refugio y alimento (Hewson & Noble, 2009). También afectan las condiciones bióticas, como la estructura de las comunidades de borde, en términos de abundancia y densidad de

individuos, así como la interacción entre estos, alterando procesos ecológicos como la dispersión de semillas, la polinización, el crecimiento de las plantas, los patrones de supervivencia o la migración de especies (Turner, 1996; López-Barrera et al., 2007; Ries & Sisk, 2010).



Figura 4. Pérdida y fragmentación de hábitat en las áreas de conservación Cajones-Quimbaya.

- **Potrerización**

En Colombia, alrededor del 40% del territorio ha sido transformado debido al aumento demográfico y al cambio en el uso del suelo. En la región Andina, la deforestación ha afectado y transformado al menos el 60% del área original de los ecosistemas (IvH, 2016). En los últimos 50 años, la superficie destinada a la ganadería ha pasado de 14,6 millones a 39 millones de hectáreas, reemplazando bosques por pasturas degradadas (World Bank, 2010). Entre enero y diciembre de 2023, Colombia registró una superficie deforestada de bosque natural de 120.933 hectáreas. Este bosque ha sido transformado principalmente en coberturas de pastos, seguidas de vegetación secundaria y áreas agrícolas heterogéneas.

Como efecto de la deforestación, extensas zonas de Colombia presentan un proceso de potrerización, es decir, el reemplazo de los bosques por potreros dominados por especies herbáceas exóticas. Esta formación de potreros puede ser consecuencia del abandono de zonas utilizadas para cultivos o ganadería, que son rápidamente colonizadas por especies de pastos (Figura 5).

Según Vargas (2008), este cambio en la cobertura vegetal tiene un fuerte impacto sobre el flujo de agua debido a la compactación del suelo y la pérdida de materia orgánica por erosión, lo cual afecta la capacidad de infiltración y retención de agua. Además, la temperatura superficial del suelo aumenta, disminuye la evapotranspiración y la precipitación, lo que prolonga la estación seca y eleva las temperaturas extremas, cambiando la frecuencia de incendios (Ataroff & Rada, 2000; Cavelier et al., 2001; Kattan, 2002). De este modo, los principales efectos ambientales de una matriz continua de pastos incluyen el aumento en la frecuencia de incendios y la reducción en la mineralización de nutrientes y el agua disponible en el suelo debido al incremento de la escorrentía superficial (Woodward, 1996).

Kleijn (2003) afirma que la vegetación que compone estos pastizales está formada principalmente por pastos y hierbas exóticas, previamente utilizadas en la agricultura y para el forrajeo del ganado. Estas plantas poseen formas de vida, estrategias de crecimiento y reproducción que las hacen altamente competitivas, mejor adaptadas para crecer en lugares con limitaciones de recursos. La cobertura de estas plantas forma un manto denso que actúa como barrera física, impidiendo la llegada de las semillas dispersadas al suelo y su posterior implantación (Dalling, 2001; Melli, 2003). Además, contribuye al aumento de la depredación de semillas tras su dispersión (Holl, 1999) y retrasa la llegada de especies sucesionales tempranas y tardías (Kleijn, 2003).

Como consecuencia de la pérdida de la cobertura vegetal por el uso continuo de la agricultura y el pastoreo, en los pastizales aumenta la temperatura del suelo, la radiación solar y los niveles de aluminio intercambiable, mientras que disminuyen la humedad relativa, los niveles de nutrientes, la concentración de cationes, el pH, la difusión de gases y la concentración de carbono (Holl, 1999). Estas condiciones dificultan el establecimiento de plántulas en los pastizales (Nepstad et al., 1996), ya que obstaculizan el crecimiento radicular (Cavelier et al., 2001), eliminan el banco de plántulas y de semillas de especies forestales (Dalling, 2001; Vargas et al., 2006) y afectan a las micorrizas del suelo, esenciales para la germinación y el crecimiento de la mayoría de las plantas vasculares (Aide & Cavelier, 1994).



Figura 5. Referencia del proceso de potrerización que se puede encontrar en las áreas de conservación Cajones-Quimbaya.

- **Erosión**

La erosión es la remoción y desaparición del material superficial del suelo causada por el viento o el agua, y en ocasiones puede dejar expuesta la roca madre (Duque, 2003; FAO, 1983). La degradación de la estructura del suelo provoca efectos como la pérdida de materia orgánica y nutrientes, la disminución en la capacidad de retención de agua y la reducción de la profundidad efectiva, entre otros (Tenberg et al., 1997). Estos efectos se consideran consecuencias directas de la tala de los bosques altoandinos, generando inestabilidad en las formaciones superficiales y causando rupturas que pueden derivar en deslizamientos (Waldron, 1977).

En Colombia, se identifican categorías de erosión que van desde muy ligera hasta muy severa, afectando cerca del 52 % del territorio nacional, con un 86 % de la región andina en alguno de estos grados (IGAC, 1988). Se ha informado que el país pierde anualmente 2.300.000 hectáreas de suelo a una tasa de 1,8 toneladas/km² (Montenegro & Olmos, 1988). Factores como el clima, el relieve y las malas prácticas agrícolas y forestales son las principales causas de la erosión en el país (Lecarpentier et al., 1997; FAO, 1990) (Figura 6).

La región andina concentra la mayor parte de la población colombiana debido a su desarrollo socioeconómico, su clima y la alta productividad de sus suelos (Rivera & Sinisterra, 2005). Esta alta concentración humana impone un uso excesivo de los suelos, lo que interrumpe el equilibrio natural de los drenajes, concentrando las aguas de escorrentía y generando derrumbes, deslizamientos y erosión superficial (Rivera & Sinisterra, 2005). La pérdida de este recurso es irrecuperable, ya que el suelo no es renovable, lo que lo convierte en un problema insostenible para las generaciones presentes y futuras (Velasco-Linares & Vargas, 2008).



Figura 6. Erosión presentada en las áreas de conservación Cajones-Quimbaya.

- **Especies invasoras**

Las invasiones biológicas son reconocidas como la segunda causa global de pérdida de biodiversidad. Los efectos de las especies invasoras sobre las especies nativas suelen ser irreversibles, ya que resultan en el desplazamiento, la extinción de especies y la pérdida del acervo genético. Esto ocurre como consecuencia de la competencia por recursos como la luz o el alimento, la depredación directa, la hibridación y la sustitución de especies nativas por organismos vivos modificados (MADS, 2011). En Colombia se registran 298 especies invasoras de fauna y flora, pero solo se cuenta con información geográfica para 88 de ellas.

La invasión ocurre cuando las especies colonizadoras superan todas las barreras impuestas por el ambiente, logran establecerse y mantener sus poblaciones (Ríos & Vargas, 2003; Ríos, 2005). Los efectos de las plantas invasoras incluyen la reducción en la abundancia y riqueza de plantas nativas, lo que provoca cambios en la estructura de la comunidad (Holmes & Cowling, 1997). Además, desplazan a las especies nativas al ocupar su nicho de manera más eficiente (Castro-Díez et al., 2004), degradan los hábitats al alterar el ecosistema en el que se establecen (Vitousek et al., 1997; Wilcove et al., 1998) y modifican las interacciones entre las especies de la comunidad, alterando sus dinámicas poblacionales.

En los ecosistemas montanos, se han introducido varias especies de plantas que ahora son invasoras. Algunas de estas especies son gramíneas de origen africano utilizadas como forraje para el ganado, como *Pennisetum clandestinum*, *Melinis minutiflora*, y *Panicum maximum*, entre otras. Para su uso, se transformaron los bosques mediante la eliminación de vegetación nativa para el establecimiento de pastizales.

Plantas nativas con alta capacidad competitiva también pueden volverse invasoras, especies del género *Axonopus* forman grandes poblaciones en los bordes de los bosques que limitan con los pastizales, debido a su preferencia por la luz. En particular, *Axonopus spocarius* (Figura 7) es una planta altamente competitiva que retarda la regeneración natural del bosque. Su entramado de raíces limita la entrada de luz al suelo y la necromasa atrapa las semillas, reduciendo las posibilidades de germinación y desarrollo de otras especies (Trujillo, 2004).

El manejo de este tipo de plantas incluye la eliminación mecánica, la aplicación de sustancias químicas, el control biológico, el manejo del hábitat y el manejo integrado (McNeely et al., 2001). Sin embargo, estos métodos suelen ser costosos a gran escala y pueden tener consecuencias ambientales no deseadas (Castro-Díez et al., 2004).



Figura 7. Axonopus spocarius, especie invasora que se encuentra presente en las áreas de conservación Cajones-Quimbaya.

Con base en los puntos mencionados previamente, las áreas de conservación de propiedad del municipio de Quimbaya enfrentan las siguientes problemáticas:

- Pérdida y Fragmentación de Hábitat
- Erosión
- Especies invasoras

BARRERAS REHABILITACIÓN Y RESTAURACIÓN ECOLÓGICA DEL BOSQUE MONTANO

Los ecosistemas se recuperan por sí solos cuando no existan o se eliminan tensionantes o barreras que impiden su regeneración, en un proceso conocido como restauración pasiva o sucesión natural. Es por esto que una de las primeras acciones para recuperar un ecosistema es retirar factores que impiden la expresión de mecanismos de regeneración natural (Vargas, 2011). Por tensionantes o barreras a la restauración ecológica se entienden todos aquellos factores que impiden, limitan o desvían la sucesión natural en áreas alteradas por disturbios naturales y antrópicos (Vargas et al., 2007).

Los tensionantes para la restauración ecológica se clasifican en dos tipos: ecológicos y socioeconómicos. Los de tipo ecológico son los factores bióticos y abióticos resultantes del régimen de disturbios natural y antrópico, los cuales influyen en los diferentes mecanismos de regeneración y colonización de las especies, es decir, los procesos necesarios para que ocurra dispersión de propágulos (principalmente semillas), establecimiento de plántulas y persistencia de individuos y poblaciones. Los de tipo socioeconómico son todos los factores políticos, económicos y sociales que limitan los procesos de regeneración natural, principalmente los tipos de uso de la tierra. Todo esto afecta la riqueza de especies en la comunidad, la estructura espacial de las poblaciones y la dinámica de la composición de especies a través del tiempo (Vargas, 2008).

FASE DE DISPERSIÓN

Los ecosistemas andinos montañosos son los más afectados entre los ecosistemas colombianos, principalmente por actividades antropogénicas como la ganadería y la agricultura; la continuidad de la matriz boscosa se ve interrumpida aumentado de esta forma la fragmentación ecosistémica (Armenteras & Villarreal, 2003), en consecuencia la interacción ecológica de estas coberturas vegetales se ve interrumpida por el mismo estado de fragmentación, lo que en muchos casos se traduce en ausencia de relaciones tróficas importantes como lo es **planta-polinizador** (Vargas et al., 2007; Galetto et al., 2007). Esto se debe a que los altos grados de fragmentación causan decrecimiento en la abundancia y diversidad de polinizadores (Grez & Zaviezo, 2002), este recambio de polinizadores afecta la productividad, de este modo las plantas con interacciones específicas tienden a ser mucho más vulnerables, generando baja productividad de frutos (Figura 8).

Por consiguiente, la producción de semillas disminuye drásticamente, ocasionando problemas en los **bancos de semillas** que se dan naturalmente en los suelos de los bosques andinos. la importancia de esto yace en el resguardo de semillas en espera de eventos que beneficien su germinación y posteriormente su persistencia en el ambiente;

es uno de los principales mecanismos de regeneración en los ecosistemas forestales, además la composición y dinámica del banco de semillas puede predecir el curso de las sucesiones secundarias cuando se presentan perturbaciones (Moscoso & Diez, 2005; Montenegro & Ríos, 2005), este mecanismo comprende una amplia gama de estrategias según su persistencia, abarcando desde bancos de semillas transitorios, semillas que germinan en el curso de un año luego de ser dispersadas, bancos de semillas pseudo persistentes y persistentes, con semillas que se mantienen viable en el suelo por un año o más (Gómez, 2005).

No obstante, el suelo del bosque andino es más susceptible de perder sus bancos de semillas ya que éstos son estratificados, disminuyendo su diversidad a medida que el suelo se hace más profundo; es por esto que las alteraciones en éste, como la entresaca y en general la deforestación aumentan la erosión y con esto la pérdida de estos bancos (Vargas et al., 2007).

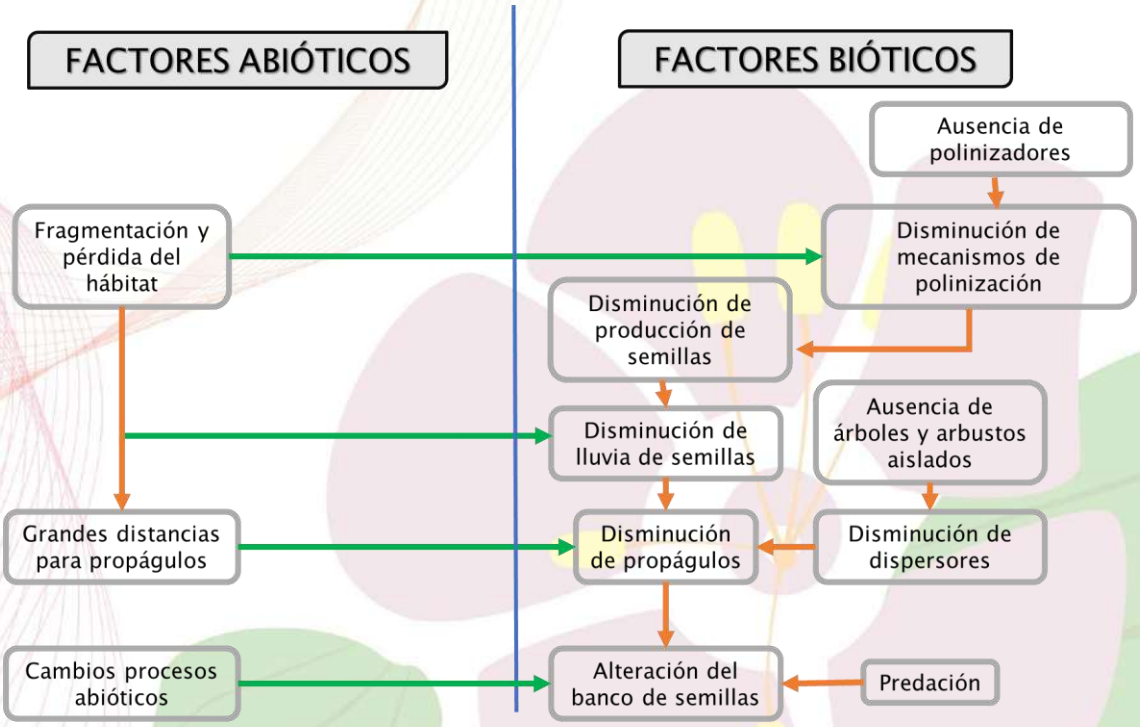


Figura 8. Barreras para la fase de dispersión. Tomado de Vargas et al., (2007).

Además, la capacidad de las plantas niñeras como facilitadoras y catalizadoras de la sucesión es consecuencia de los cambios que provocan en las condiciones microclimáticas, las propiedades del suelo y las interacciones entre las especies con respecto a las áreas dominadas por los pastos, constituyéndose así en micrositios favorables para la germinación y el establecimiento de las especies del bosque, que ayudan en la interceptación de la niebla en su follaje cuando no hay lluvia, depositando esta humedad en el suelo, ayudando a la germinación y desarrollo de especies a su

alrededor que progresivamente se van expandiendo hacia la matriz de pastos (Rigg et al., 2002).

Uno de los problemas con mayor impacto de la fragmentación es una menor capacidad de carga de estos relictos para soportar una mayor diversidad de organismos y a su vez una mayor abundancia de estos, además es bien conocido que a medida que aumenta la fragmentación el efecto de borde incrementa debido a este último efecto en bosques tropicales la dispersión de semillas declina tanto en cantidad y diversidad, y por consiguiente la recuperación del bosque y a largo plazo su dinámica (Vargas et al., 2007); la **dispersión de semillas** es un mecanismo fundamental para la persistencia de las especies vegetales que sustentan los bosques (Andresen, 2000; Howe & Smallwood, 1982; Martínez et al., 2009), las características que le confieren ventajas adaptativas son:

1. **Escape:** entre mayor distancia exista entre la planta madre y la semilla, esta última tiene menor riesgo de ser depredada.

2. **Colonización:** entre mayor variabilidad de sitios y mayor tasa de dispersión aumenta la probabilidad de éxito.

3. **Endozoocoria:** exclusivamente por actividad faunística.

Por otra parte la fauna asociada a estos relictos puede ejercer presiones como **depredación de las semillas** , esto sumado a los factores anteriormente mencionados la representatividad de semillas es baja en este tipo de bosques, aunque la tasa de depredación cambia en ocasiones drásticamente de una especie a otra por cuestiones adaptativas, donde algunas plantas han desarrollado diferentes estrategias para evitar la depredación, desde una alta producción de semillas, hasta el desarrollo de estructuras y sustancias protectoras (Vargas et al., 2007).

FASE DE ESTABLECIMIENTO

El proceso conocido como fase de establecimiento comprende la germinación de las semillas, el crecimiento y sobrevivencia de la plántula (Vargas et al., 2007). Como periodo, es uno de los más importantes en el desarrollo de la planta y factores que inciden sobre este son: abióticos y bióticos (Figura 9). El primer caso es claro, que desde el momento en que el propágulo se separa de su madre, éste debe llegar a un sitio seguro para su germinación, por eso la disponibilidad de **micrositios**. Las condiciones del sitio relacionadas con el microambiente y el suelo se constituyen en un segundo filtro, los eventos macroclimáticos estocásticos como las heladas de la época seca también son factores abióticos que se deben tener en cuenta (Grubb, 1977).

Existen algunos estudios que indican que las altas temperaturas y la baja humedad en los pastizales, comparados con el bosque, pueden generar estrés hídrico en éstas (Woodward, 1996). Adicionalmente, en suelos compactados la oferta de agua en el suelo es menor acentuando aún más la desecación de las plántulas. Igualmente, si la región tiene periodos de sequía prolongados, el déficit hídrico es un factor aún más limitante. Por otro lado, la mayor radiación solar dentro de los pastizales, no sólo trae consecuencias fisiológicas relacionadas con el déficit de agua, sino que además la fotoinhibición se convierte en una barrera para el óptimo desarrollo de las plantas ya que puede presentarse clorosis y reducción en el área de las hojas (Woodward, 1996).

Grubb (1977) demuestra que entre las especies existen escalas de discriminación muy finas según el grado de microheterogeneidad ambiental, y que la abundancia de una especie en particular depende de la frecuencia de aparición de un microambiente particular. En los potreros no hay suficientes micrositios con las características mencionadas anteriormente, y aunque existan en un principio, son rápidamente ocupadas por plantas herbáceas que tienen tasas de crecimiento más rápido. De esta forma el potrero es en sí una barrera al establecimiento de plántulas (Uhl, 1987).

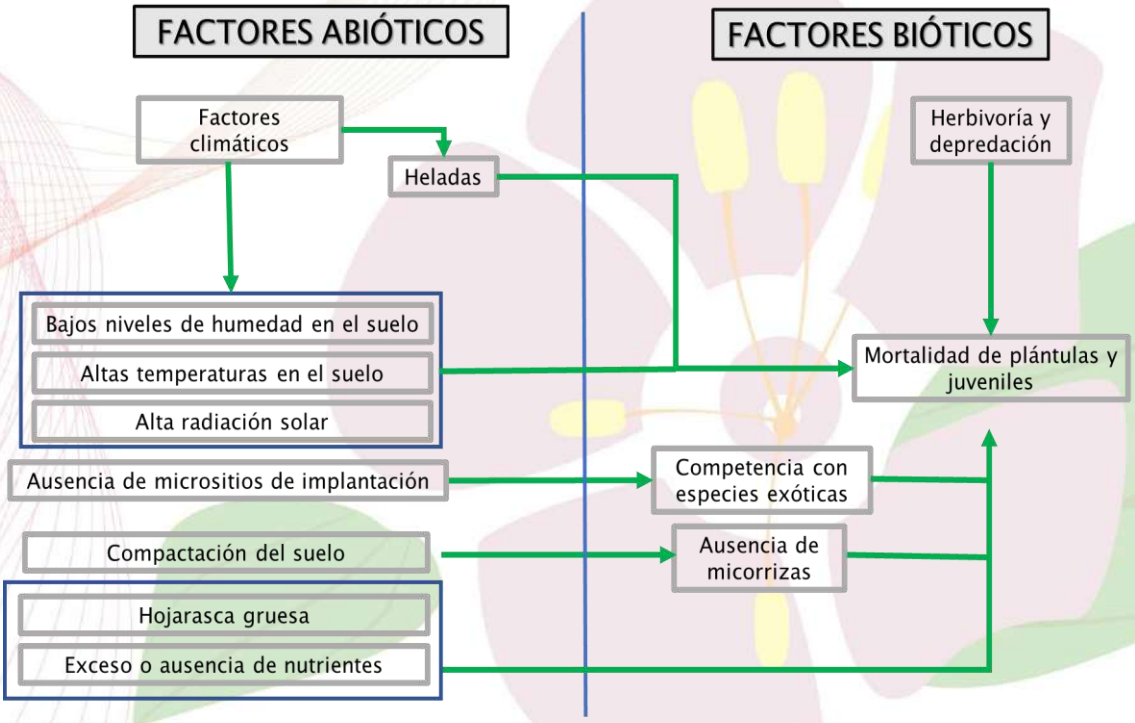


Figura 9. Barreras para la fase de establecimiento. Tomado de Vargas et al., (2007).

Así mismo, factores como la deforestación, la quema y el pisoteo continuo del ganado ocasionan la pérdida en la estructura del suelo (Basset et al., 2005), es decir, aumenta la densidad real y disminuye la porosidad. Las deficiencias en la estructura del suelo pueden limitar el establecimiento de árboles, en consecuencia, la compactación del suelo

perturba el desarrollo de la planta a través del incremento de la fuerza del suelo, y la disminución en el recurso de oxígeno y agua. Por otro lado, al amplificar la resistencia mecánica del suelo y comprimir el número de macropóros y la continuidad de éstos, la planta debe aumentar la fuerza para que la raíz penetre, esto trae como resultado, entre otros, que se disminuya la regulación de elongación de la raíz y el volumen del suelo explotado (Aide et al., 1995; Guariguata & Ostertag, 2001; Basset et al. 2005).

Se documenta que la disminución en la porosidad del suelo, afecta denegadamente la abundancia de artrópodos, decreciendo aún más la formación de nuevos poros; a su vez, la reducción en la porosidad y la continuidad de los poros, genera impactos sobre la infiltración del agua, lo que trae como consecuencia un incremento de la escorrentía superficial y finalmente la erosión del suelo. Equivalentemente, la reducción de los poros puede formar estrés por anaerobiosis o la acumulación de gases tóxicos. En este sentido, un menor enraizamiento, debido a la resistencia física de un suelo compacto, hace a las plántulas, más susceptible a la sequía, a las vacilaciones ambientales y/o a la deficiencia de sustentos y por ende se vuelven menos competitivas con respecto a las malezas (Basset et al., 2005).

FASE DE PERSISTENCIA

Las barreras que se pueden encontrar, para que las especies establecidas persistan, pueden variar según la fuente de proveniencia (Klein et al., 2013). Estas pueden ser ocasionadas por las condiciones atmosféricas (Figura 10), clasificándose dentro del grupo de Restricciones climáticas. Una de estas restricciones, son las temporadas de altas temperaturas y bajas precipitaciones, conocidas como temporadas de sequía; dichos eventos se están viendo alterados por el cambio climático, evitando que algunas especies puedan tener tiempos suficientes de recuperación o adaptación; considerando este factor, es posible que ocurra un estrés hídrico en las plantas, lo que conllevaría a una inanición del carbono en respuesta al cierre de los estomas, ocasionando finalmente la muerte de algunas plantas y, posteriormente, se produzca una afección en la producción sobre el suelo (Báez et al., 2015), dado que el recurso hídrico es insuficiente en las capas más superficiales del mismo (Mejía et al., 2014).

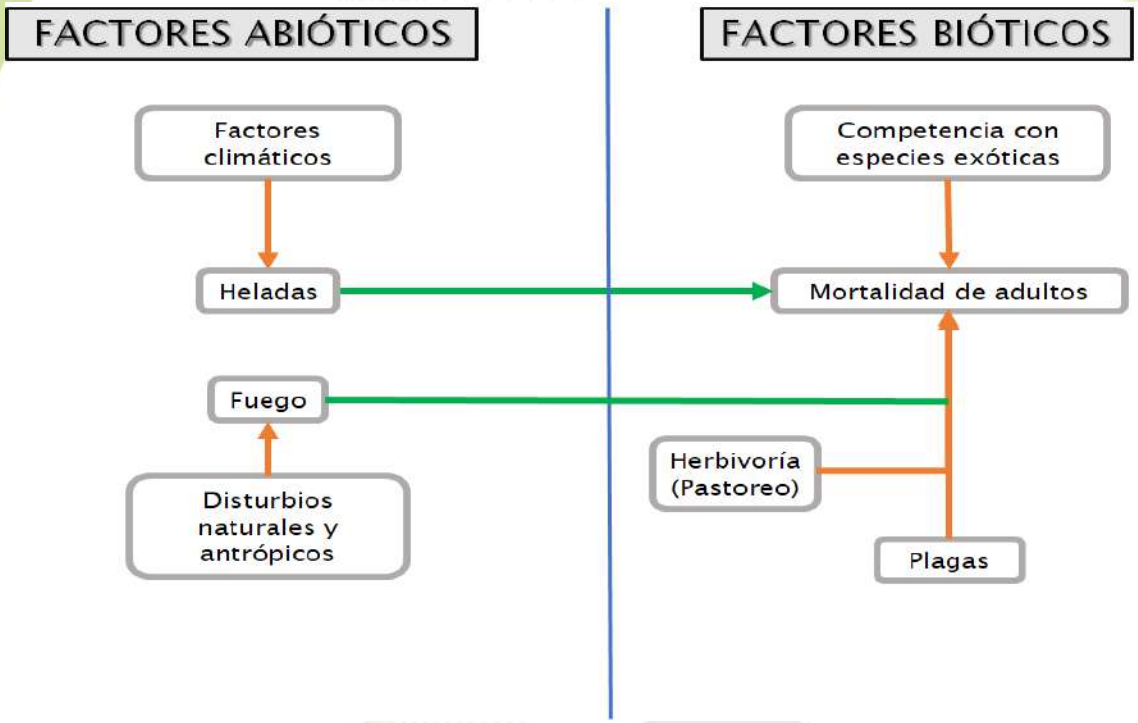


Figura 10. Barreras para la fase de persistencia. Tomado de Vargas et al., (2007).

Estas sequías, también generan una probabilidad alta en la producción de incendios, que acarrean consigo la pérdida de varios elementos, tales como el carbono o el nitrógeno, esenciales tanto para la materia orgánica viva, como para la muerta; cuyos restos son proyectados a los ecosistemas atmosféricos, de forma gaseosa, y a los cuerpos de agua, en formas sólidas, ocasionando consigo graves contaminaciones, consecuencias que, finalmente, generan alteraciones en la bioquímica de los ecosistemas y que fomentan una lenta recuperación en el medio que puede llevar incluso años (Schlesinger et al., 2016).

Así como existen sequías, existen temporadas donde la lluvia es intensa y las temperaturas no son muy altas; estas condiciones junto a una baja filtración, por parte del suelo, pueden generar inundaciones en las zonas más bajas de las montañas (Villón, 2006), llevándose consigo plantas con tallos que no presenten algún grado de lignificación, acción que ocasionará algunas modificaciones en las comunidades de plantas, generando así, efectos tanto directos, como indirectos sobre el reciclaje de nutrientes (De Jager et al., 2015).

Del mismo modo, la humedad generada por las continuas lluvias y por la niebla, característica de los bosques montañosos situados en áreas elevadas, recae sobre las capas superficiales del suelo, produciendo una característica constantemente húmeda en éste (Nadkami & Wheelwright, 2000); esta particularidad en extremo, puede generar estrés en algunas plantas, dejándolas vulnerables, aún en sus estados tardíos, y

disponibles a cualquier patogenicidad o depredador; esto, finalmente, se ve reflejado en la limitación de la distribución de ciertas especies en los bosques (Rotem & Palti, 1969; Loose et al., 2017; Simon et al., 2017).

Las heladas también forman parte de las restricciones climáticas; estas pueden formarse tanto por la humedad, como por las bajas temperaturas y elevaciones por encima de los 2.600 m.s.n.m.; este fenómeno meteorológico puede causar alteraciones en los suelos y a su vez en las plantas, a través de la muerte de las hojas y órganos, y la ralentización o paralización de las funciones vitales (Martin et al., 2007; Aguilar, 2014).

Además de tales restricciones, se pueden encontrar otros factores que provienen de fuentes biológicas. En el primero de estos casos está la competencia, uno de los mayores problemas para la restauración ecológica ya que con la presencia de algunas plantas invasoras o exóticas, se ve afectado significativamente el número, la distribución y la diversidad de ectomicorrizas, beneficiosas para la protección y extensión del área superficial de las raíces (FAO, 2002, Parladé et al., 2004). Además, la presencia de este tipo de plantas, puede atraer más organismos herbívoros de lo normal, generando una pérdida en la producción del follaje de la planta e impidiendo que esta tenga tiempos adecuados de recuperación; estas últimas características, tanto la herbivoría, como las pestes, son factores importantes que han de tenerse en cuenta, dentro de este tipo de barreras (Midoko-Iponga, et al. 2005).

Así mismo, existen factores intrínsecos concernientes al número de individuos o tamaño de la población que pretenda persistir, ya que aquellas poblaciones con un tamaño inferior al mínimo, pueden reducir la variabilidad genética de las especies y que estas empiecen a sufrir una depresión endogámica, haciéndolas más vulnerables y reduciendo su capacidad de defenderse contra diferentes adversidades, como las mencionadas anteriormente; de la misma manera, un tamaño reducido en la población, la hace más susceptible a la deriva génica, lo que conllevaría a la extinción de la misma (Vargas et al., 2007).

BARRERAS SOCIALES

La restauración de bosques remanentes debe ser un proceso abierto que involucre a todos los sectores que vayan a resultar afectados por el proyecto (comunidades locales, intereses sectoriales, autoridades competentes) es necesario el fomentarse la participación plena en el proyecto de restauración, desde sus primeras etapas hasta su custodia a largo plazo, comprendida la etapa de implementación. En muchos casos, contar con el apoyo de la comunidad local puede suponer un factor clave que determina el éxito o fracaso del proyecto. La colaboración con los implicados directos y con las

organizaciones potencialmente afectadas por el proyecto pueden ayudar a conseguir el apoyo necesario para promover la restauración y la protección del área restaurada a largo plazo (USEPA, 2000).

Por todas estas razones, el proyecto de restauración no estará completo si no se contemplan en su planificación, medidas para promover la concienciación e influir en los comportamientos prácticas que provocaron la degradación del ecosistema implicado. Reducir al mínimo el impacto de las actividades que redundan en la degradación de los sistemas como el uso excesivo e incorrecto de pesticidas y fertilizantes inapropiados, la falta de saneamiento, la desecación litosférica y la tala excesiva de bosques (Figura 11) constituyen un mecanismo adicional para hacer partícipes del proyecto de restauración a propietarios de tierras, usuarios de los recursos y comunidades circundantes y lograr así, que tengan en cuenta las causas y los efectos de la degradación.



Figura 11. Transformación del paisaje. Tomado de Forest service.

CONOCIMIENTO ACTUAL DE LAS ÁREAS DE ESTUDIO

El paisaje, es conocido como una fracción de territorio caracterizada principalmente debido a que su apariencia se determina por las interacciones y acciones hombre-naturaleza (Castelli & Spallasso, 2007). Precisamente, un paisaje es importante ya que, conforme a su condición, pueden establecerse interacciones entre los factores bióticos y abióticos de un lugar; a pesar de ello, para que se establezca esta correlación se debe conocer su estado actual (Muñoz, 2012).

Una gran parte del departamento del Quindío se encuentra como Figura de Reserva Forestal Central (CRQ, 2009). Las cuencas del Río Quindío, Navarco y sus afluentes, se declararon mediante actos administrativos de interés público antes de la Ley 2° de 1959 (CRQ, 2009). El Distrito Regional de Manejo Integrado de Salento, presenta una importancia ecológica relevante de estos afluentes, ya que es allí donde se originan las principales fuentes importantes en la regulación hídrica para los pantanos del Quindío, Laguna los Arenales del Quindío, Laguna del Cráter, Laguna Escondida, Laguna de la Virgen, Laguna de Frontino, entre otras que hacen parte del entorno local de los complejos de páramo “Los Nevados” (CRQ, 2015).

Posteriormente, a través del Acuerdo No. 002 de 2005 del Consejo Directivo de la CRQ se crea el Sistema Departamental de Áreas Protegidas del Quindío. El objetivo del SIDAP es “articular las políticas, las áreas y los actores sociales e institucionales, que tienen relación e interés en el manejo y conservación de espacios naturales, para fortalecer la conservación y uso sostenible de la diversidad biológica en el departamento del Quindío” (Orquídea y Asociación Red Colombiana de Reservas Naturales de la Sociedad Civil, 2006).

En ellas, encontrados dos áreas de conservación que fueron adquiridos por el Municipio de Quimbaya, que se encuentran en una zona de vida de transición de bosque andino a que corresponde a las zonas de montaña localizadas aproximadamente entre los 1800 y 2800 msnm (CRQ, 2012); allí, se realizan actividades de conservación y desempeñan una importancia ecológica relevante ya que son zonas de transición y funcionan como corredor biológico para especies de flora y fauna (CRQ, 2015). La adquisición de estas áreas de conservación hace parte de los esfuerzos por proteger y conservar el recurso hídrico del municipio de Quimbaya (Figura 12).

En la actualidad las áreas de conservación del municipio de Quimbaya son consideradas zonas estratégicas ya que proporcionan una variedad de servicios ecosistémicos entre ellos una buena calidad y abastecimiento de agua para el municipio, alta producción de oxígeno, regulación de clima, regulación de los ciclos biogeoquímicos, protección y

regulación hídrica, entre otros. La presencia de parches para la apertura y expansión de zonas para ganado, degradación de parches para el crecimiento de pastos y derrumbes generados por la erosión de la tierra, puede explicar la presencia y/o ausencia de características vegetales que determinen estados sucesionales importantes para la implementación de un proceso de rehabilitación, que permita recuperar las funciones ecosistémicas pérdidas en el tiempo.



Figura 12. Áreas de conservación Cajones-Quimbaya**.**

MARCO JURÍDICO LEGAL

NORMAS, POLÍTICAS, PLANES Y PROGRAMAS RELACIONADOS

A continuación, se presentan los principales decretos, leyes y resoluciones considerados relevantes para la formulación del Plan de Restauración y Rehabilitación ecológica para las Áreas de Conservación de Propiedad del Municipio de Quimbaya.

MARCO CONSTITUCIONAL	
Norma	**Comentario**
Artículo 8	"Es obligación del Estado y de las personas proteger las riquezas culturales y naturales de la Nación"
Artículo 79	"Todas las personas tienen derecho a gozar de un ambiente sano. La ley garantizará la participación de la comunidad en las decisiones que puedan afectar. Es deber del Estado proteger la diversidad e integridad del ambiente, conservar las áreas de especial importancia ecológica y fomentar la educación para el logro de estos fines".
Artículo 80	"El Estado planificará el manejo y aprovechamiento de los recursos naturales, para garantizar su desarrollo sostenible, su conservación, restauración o sustitución. Además, deberá prevenir y controlar los factores de deterioro ambiental, imponer las sanciones legales y exigir la reparación de los daños causados. Así mismo, cooperará con otras naciones en la protección de los ecosistemas situados en las zonas fronterizas".
Artículo 313	Corresponde a los Concejos: "9. Dictar las normas necesarias para el control, la preservación y defensa del patrimonio ecológico y cultural del municipio".

MARCO LEGAL	
Leyes	
Norma	**Artículo/Comentario**
Ley 2 de 1959	"Sobre economía forestal de la Nación y conservación de recursos naturales renovables".

Ley 23 de 1973	Por la cual se conceden facultades extraordinarias al presidente de la República para expedir el Código de Recursos Naturales y Protección al Medio Ambiente y se dictan otras disposiciones. Artículo 1. “Es objeto de la presente Ley prevenir y controlar la contaminación del medio ambiente y buscar el mejoramiento, conservación y restauración de los recursos naturales renovables […]”.
Decreto-Ley 2811 de 1974	Por el cual se dicta el Código Nacional de Recursos Naturales Renovables y de Protección al Medio Ambiente. “Artículo 2. Fundado en el principio de que el ambiente es patrimonio común de la humanidad y necesario para la supervivencia y el desarrollo económico y social de los pueblos, este Código tiene por objeto: 1. Lograr la preservación y restauración del ambiente y la conservación, mejoramiento y utilización racional de los recursos naturales renovables, según criterios de equidad que aseguran el desarrollo armónico del hombre y de dichos recursos, la disponibilidad permanente de estos, y la máxima participación social para beneficio de la salud y el bienestar de los presentes y futuros habitantes del territorio Nacional […]”. “Artículo 13. “Con el objeto de fomentar la conservación, mejoramiento y restauración del ambiente y de los recursos naturales renovables, el Gobierno establecerá incentivos económicos”.
Ley 99 de 1993	“Por la cual se crea el Ministerio del Medio Ambiente, se reordena el Sector Público encargado de la gestión y conservación del medio ambiente y los recursos naturales renovables, se organiza el Sistema Nacional Ambiental, SINA, y se dictan otras disposiciones”. Artículo 1. Principios generales ambientales: la política ambiental colombiana seguirá los siguientes principios generales: […] 7. El Estado fomentará la incorporación de los costos ambientales y el uso de instrumentos económicos para la prevención, corrección y restauración del deterioro ambiental y para la conservación de los recursos naturales renovables”.
Ley 164 de 1994	“Por medio de la cual se aprueba la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático”, hecha en Nueva York EL 9 de mayo de 1992”

Ley 165 de 1994	Por medio de la cual se aprueba el “Convenio sobre la Diversidad Biológica”, hecho en Río de Janeiro el 5 de junio de 1992”. Artículo 8. Conservación *in situ.* Cada parte contratante, en la medida de lo posible y según proceda: […] f. Rehabilitará y restaurará ecosistemas degradados y promoverá la recuperación de especies amenazadas, entre otras cosas mediante la elaboración y la aplicación de planes y otras estrategias de ordenación”
Ley 388 de 1997	Define el Ordenamiento Territorial como: “… un conjunto de acciones político-administrativas y de planificación física concertadas, en orden a disponer de instrumentos eficientes para orientar el desarrollo del territorio bajo su jurisdicción y regular la utilización, transformación y ocupación del espacio, de acuerdo con las estrategias de desarrollo socioeconómico y en armonía con el medio ambiente y las tradiciones históricas y culturales. (Artículo 5).
Ley 1454 de 2011	**“**Por la cual se dictan normas orgánicas sobre ordenamiento territorial y se modifican otras disposiciones”. Esta ley tiene por objeto dictar las normas orgánicas para la organización político administrativa del territorio colombiano
Ley 2294 de 2023	Por el cual se expide el Plan Nacional de Desarrollo 2022-2026 “Colombia Potencia Mundial de la Vida”. Que se expide por medio de la presente ley, tiene como objetivo sentar las bases para que el país se convierta en un líder de la protección de la vida a partir de la construcción de un nuevo contrato social que propicie la superación de injusticias y exclusiones históricas, la no repetición del conflicto, el cambio de nuestro relacionamiento con el ambiente y una transformación productiva sustentada en el conocimiento y en armonía con la naturaleza.
Decretos	
Decreto 1449 de 1977	“Por el cual se reglamentan parcialmente el inciso 1 del numeral 5 del artículo 56 de la Ley 135 de 1961 y el Decreto Ley No. 2811 de 1974”. Artículo 7 apartado 2: En relación con la protección y conservación de los suelos, los propietarios de predios están obligados a: Proteger los suelos mediante técnicas adecuadas de cultivos y manejo de suelos, que eviten la salinización, compactación, erosión,

	contaminación o revenimiento y en general la pérdida o degradación de los suelos.
Decreto 622 de 1977	“Por el cual se reglamentan parcialmente el capítulo V, título II, parte XIII, libro II del Decreto- Ley número 2811 de 1974 sobre «sistema de parques nacionales»; la Ley 23 de 1973 y la Ley 2a de 1959”. Artículo 1: Este decreto contiene los reglamentos generales aplicables al conjunto de áreas con valores excepcionales para el patrimonio nacional, que debido a sus características naturales y en beneficio de los habitantes de la nación, se reserva y declara dentro de alguno de los tipos de áreas definidas y en el artículo 329 del Decreto- Ley número 2811 de 1974.
Decreto 1200 de 2004	"Por el cual se determinan los Instrumentos de Planificación Ambiental y se adoptan otras disposiciones". Artículo 4°. PLAN DE GESTIÓN AMBIENTAL REGIONAL -PGAR -. El Plan de Gestión Ambiental Regional es el instrumento de planificación estratégico de largo plazo de las Corporaciones Autónomas Regionales para el área de su jurisdicción, que permite orientar su gestión e integrar las acciones de todos los actores regionales con el fin de que el proceso de desarrollo avance hacia la sostenibilidad de las regiones.
Decreto 2272	“Por el cual se reglamenta el Decreto Ley 2811 de 1974, la Ley 99 de 1993, la Ley 165 de 1994 y el Decreto Ley 216 de 2003, en relación con el Sistema Nacional de Áreas Protegidas, las categorías de manejo que lo conforman y se dictan otras disposiciones”.
Decreto 953 de 2011	‘’Por el cual se reglamenta el artículo 111 de la Ley 99 de 1993 modificado por el artículo 210 de la Ley 1450 de 2011’’.
Resoluciones	
Resolución 0192 de 2014	“Por la cual se establece el listado de las especies silvestres amenazadas de la diversidad biológica colombiana que se encuentran en el territorio nacional, y se dictan otras disposiciones”.
Resolución 06 de 2021	´´’’Por medio del cual se adopta el documento: Lineamientos para la formulación de esquemas de pago por servicios ambientales en jurisdicción de la CRQ’’.
Informes y Planes	

Plan Nacional de Restauración PNR 2015	El cual tiene por objetivo general: “Orientar y promover la restauración ecológica, la recuperación y la rehabilitación de áreas disturbadas de Colombia en un marco amplio de conservación de la biodiversidad y la adaptación a los cambios globales”
Informe de Gestión –Plan de Acción- Protegiendo el Futuro. 2024-2027	El presente Informe de Gestión se presenta en cumplimiento de la Ley 99 de 1993, en sus artículos 25 y 29, literal C y numeral 10 respectivamente, en donde se establece, que la Asamblea Corporativa conocerá y aprobará el informe de gestión de la administración y a su vez, le confiere al Director General la función de “Rendir informes al Ministerio del Medio Ambiente, en la forma que éste lo determine, sobre el estado de ejecución de las funciones que corresponde a la Corporación y los informes generales y periódicos o particulares que solicite, sobre las actividades desarrolladas y situación general de la Entidad”.
Planes de manejo predio adquirido por la alcaldía de Quimbaya en el municipio de Filandia Artículo 111, Ley 99 de 1993	Garantizar la sostenibilidad del recurso hídrico, mediante una gestión y un uso eficiente y eficaz, articulados al ordenamiento y uso del territorio y a la conservación de los ecosistemas que regulan la oferta hídrica, considerando el agua como factor de desarrollo económico y de bienestar social.

OBJETIVOS DE LA RESTAURACIÓN Y REHABILITACIÓN ECOLÓGICA

Objetivo General

Diseñar el plan de Restauración y Rehabilitación Ecológica para la cobertura herbazal dominada por pasto imperial con potencial para la implementación de estrategias que contribuyan a la conservación de la diversidad y, a su vez, mejoren y promuevan la disponibilidad de los servicios ecosistémicos, en las Áreas de Conservación de propiedad del municipio de Quimbaya.

Objetivos Específicos

- Evaluar el estado actual de la biodiversidad (flora, avifauna) en la cobertura herbazal dominada por pasto imperial para la Restauración y Rehabilitación de las Áreas de Conservación del municipio de Quimbaya.

- Identificar las barreras ecológicas (Bióticas y Abióticas) que pueden impedir el proceso de rehabilitación de la cobertura.

- Diseñar estrategias que permitan superar las barreras ecológicas para intervenir el área con potencial para la rehabilitación.



JUSTIFICACIÓN

En Colombia, el reemplazo de amplias coberturas nativas por sistemas de producción y obras de infraestructura ha configurado paisajes en mosaico donde los procesos ecológicos coexisten y se entrelazan con dinámicas culturales (Mendoza et al., 2006). Esta conversión acelerada ha provocado pérdida de biodiversidad, disminución de la calidad y disponibilidad del recurso hídrico y degradación de suelos; el Quindío se cuenta entre los departamentos con mayor transformación de sus ecosistemas nativos (MINAMBIENTE, 2015). Frente a ello, la restauración ecológica surge como una estrategia clave para revertir la pérdida de hábitat, mejorar los servicios ecosistémicos y mitigar el cambio climático, contribuyendo al restablecimiento y la recuperación de ecosistemas degradados (Larsen, 1995).

En el marco de la política ambiental nacional, el Plan Nacional de Restauración Ecológica, Rehabilitación y Recuperación de Áreas Disturbadas promueve acciones orientadas a la integridad y salud ecológica de los ecosistemas y a la conservación de la biodiversidad (MINAMBIENTE, 2015; Vargas, 2007). Esta orientación responde a las condiciones de disturbio acumuladas desde la década de 1950 en los bosques altoandinos, asociadas a la expansión de sistemas agropecuarios (Cavelier & Santos, 1999). En consecuencia, se requiere consolidar estrategias de restauración que, además de conservar la biodiversidad, garanticen la provisión sostenible de servicios ecosistémicos.

Desde una perspectiva de gestión del riesgo, los procesos de restauración contribuyen a prevenir y mitigar amenazas que afectan directamente a las comunidades: cambios en la cantidad y calidad de agua, erosión y remoción en masa, inundaciones y sequías, pérdidas en productividad y afectaciones socioeconómicas (DNP, 2011). La participación comunitaria en el diseño y la implementación incrementa la pertinencia y sostenibilidad de las acciones, y orienta la restauración hacia la seguridad hídrica y el bienestar (Vargas, 2007).

En el contexto local, las Áreas de Conservación de propiedad del Municipio de Quimbaya han sido reconocidas como estratégicas para la conservación, recuperación y protección del recurso hídrico (SIRAP-EC, 2007). Su localización y historia de disturbio las convierten en escenarios prioritarios para implementar estrategias de rehabilitación con impactos positivos a corto, mediano y largo plazo sobre la biodiversidad y los servicios ecosistémicos.

Finalmente, el departamento mantiene déficits de cobertura boscosa y, por ende, de los recursos naturales asociados al bosque (suelo, agua, flora, fauna y comunidades humanas). Resulta imprescindible fortalecer y ampliar el uso de Herramientas de Manejo

del Paisaje (HMP) —conectividad ecológica, manejo de bordes, control de invasoras, restauración activa y pasiva, y monitoreo adaptativo— para avanzar hacia la sostenibilidad regional (CRQ, 2016). Por lo anterior, la presente propuesta de restauración se justifica como un instrumento operativo y técnico para orientar decisiones, optimizar inversiones y asegurar resultados verificables en la recuperación de los ecosistemas del municipio de Quimbaya.

ESCENARIO DE CAMBIO CLIMÁTICO

Colombia no es ajena a la variabilidad y efectos del cambio climático. A pesar de que el país contribuye con una mínima parte a las emisiones globales de dióxido de carbono, representando solo el 0,25% de las emisiones globales (IDEAM, 2010), no está exento de sufrir sus impactos. Según la primera comunicación nacional sobre cambio climático, se determinó que los ecosistemas colombianos más vulnerables a estos efectos son los de alta montaña.

Con base en este informe, estudios realizados en el departamento del Quindío evidencian que para el año 2050, el 41% de la población no tendrá acceso suficiente a agua potable (García et al., 2009). Esto ha impulsado la adquisición de terrenos con fines de conservación como las áreas de conservación del municipio de Quimbaya, centradas en la protección del recurso hídrico.

La variabilidad climática, observable en los últimos 10 años, ha mostrado eventos extremos como los fenómenos de El Niño y La Niña, que han impactado negativamente los procesos fisiológicos de las especies vegetales, los suelos y los recursos hídricos. Estos cambios afectan la biodiversidad, la estabilidad ambiental y económica, y, por ende, a las comunidades en general. Este panorama ha intensificado la necesidad de una planificación ambiental más efectiva, reconociendo la importancia de las áreas boscosas y la urgencia de incrementar su defensa, tanto para conservar los servicios ecosistémicos como para asegurar la sostenibilidad a largo plazo (CRQ, 2016).

Por otra parte, las condiciones naturales y antropogénicas del Quindío lo hacen un sistema natural frágil. Los efectos globales del cambio climático ponen en riesgo sus recursos naturales y su ambiente, incrementando las probabilidades de extinción de especies de flora y fauna, pérdida de suelos, contaminación y desabastecimiento de agua, degradación de ecosistemas, deterioro de la calidad del aire y la pérdida del paisaje natural que caracteriza a la región. Además, el departamento enfrenta riesgos naturales asociados a la sismicidad, vulcanismo, vendavales, deslizamientos, avalanchas e inundaciones (CRQ, 2016).

A pesar de esta vulnerabilidad, Quindío cuenta con un plan integral de gestión de adaptación al cambio climático territorial 2030, una propuesta para contribuir a que el departamento pueda mejorar su capacidad de adaptarse al aumento de la temperatura media y a la variación en precipitaciones como consecuencia del cambio climático, de igual forma desarrollar las acciones pertinentes para reducir las emisiones de Gases de Efecto Invernadero (GEI) responsables del calentamiento global, de acuerdo con los compromisos de Colombia adquiridos por la firma del Acuerdo de París. Este, se convierte en un instrumento orientador que permite generar el conocimiento y las herramientas para incorporar el cambio climático en la gestión del desarrollo, creando una acción articulada y eficaz para la consolidación de territorios más sostenibles, adaptados y resilientes a este evento.

Según los escenarios climáticos presentados para los departamentos que conforman el nodo regional de cambio climático, se proyecta que en la ecorregión del Eje Cafetero se registrarán los principales aumentos de precipitación del país hacia el año 2100 (IDEAM, 2015). Este incremento en las lluvias, acompañado de un aumento progresivo de las temperaturas, hará que el clima de la región sea más cálido y húmedo. Estos cambios afectarán los sistemas territoriales, pero sus impactos podrían mitigarse mediante el incremento de la cobertura vegetal, a través de procesos de restauración y rehabilitación ecológica.



DESCRIPCIÓN DE LAS ÁREAS DE CONSERVACIÓN DE PROPIEDAD DEL MUNICIPIO DE QUIMBAYA

Los predios Cajones y Quimbaya forman parte de las áreas de importancia estratégica para la conservación del recurso hídrico. Están ubicados en la vereda Fachadas, en el municipio de Filandia. Espacialmente, el predio limita al norte con la coordenada 4°39'59.84"N, al sur con 4°39'40.09"N, al este con -75°40'16.72"O, y al oeste con -75°40'42.41"O. El predio Quimbaya tiene un área de 13.142 ha, el predio Cajones tiene un área de 11.281 ha, en total el área presenta una extensión de 24.423 ha. Estas áreas están destinadas exclusivamente a la preservación de los recursos naturales, en especial el agua, y provee valiosos servicios ecosistémicos como la regulación del clima, del ciclo hidrológico y de los suelos, así como el aprovisionamiento del recurso hídrico para el municipio de Quimbaya. La cobertura vegetal predominante corresponde a guaduales, seguida por bosque secundario, áreas reforestadas y pastos enmalezados.

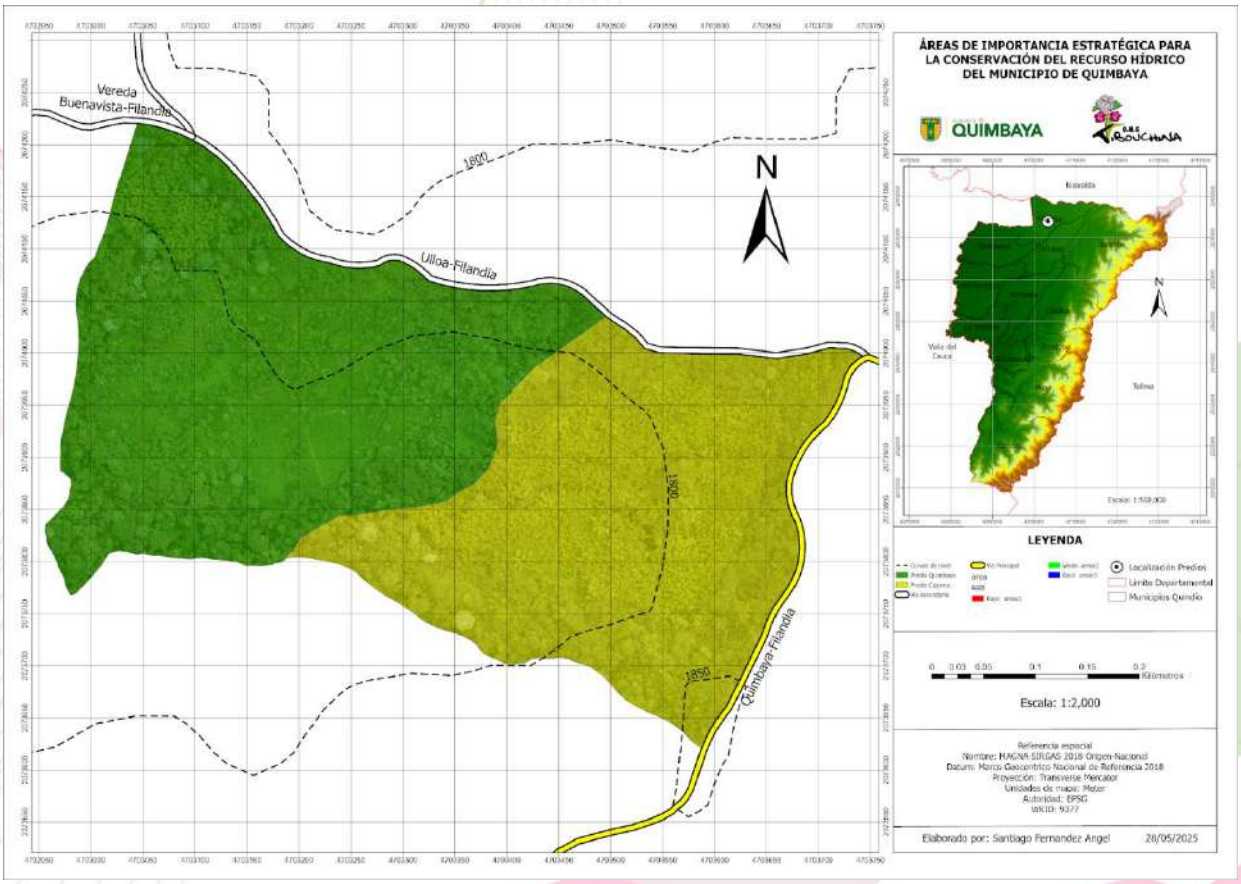


Figura 13. Mapa de localización de los predios Cajones y Quimbaya.

El relieve del área presenta un pendiente promedio del 47,11 % (equivalente a aproximadamente 25,25°), determinada a partir de una diferencia altitudinal de 375 metros entre los puntos más bajo (1478 m s. n. m.) y más alto (1853 m s. n. m.), a lo largo

de una distancia horizontal de 796 metros, lo que evidencia una topografía fuertemente inclinada, típica de zonas de recarga hídrica en ecosistemas andinos.

De acuerdo con la clasificación de zonas de vida de Holdridge adaptada para Colombia, el ecosistema presente en los predios Cajones y Quimbaya corresponde a un Bosque Húmedo Montano Bajo (bh-MB). Esta zona de vida se caracteriza por ubicarse entre los 1000 y 2000 m s. n. m., con una precipitación anual superior a los 2000 mm y temperaturas medias entre 12 y 18 °C. Estas condiciones favorecen una alta diversidad biológica y funcional, siendo un ecosistema clave para la regulación hídrica, la protección del suelo y el mantenimiento de procesos ecológicos esenciales en la región andina. La vegetación predominante, como guaduales y bosques secundarios, es coherente con esta zona de vida, que suele presentar una alta productividad biológica y ser prioritaria para acciones de conservación y restauración ecológica.



Figura 14. Ecosistema de Bosque Húmedo Montano Bajo presente en los predios Cajones-Quimbaya.

ESCALAS Y NIVELES DE ORGANIZACIÓN

Los proyectos de restauración ecológica comprenden una mirada holística que involucre diferentes escalas espaciales, niveles de organización y diversas disciplinas dentro de un marco específico (Herrmann & Osinski, 1999). Por lo tanto y de acuerdo a las características presentes en las áreas de estudio, las estrategias y las actividades de restauración a desarrollar se orientarán a una escala regional o nivel ecosistémico, buscando la recuperación de algunas funciones del ecosistema, su estructura y composición de forma asistida y proponiendo y apoyando actividades encaminadas a su conservación, a través del manejo, protección de los ecosistemas y biodiversidad; integrando los procesos a gran escala con los de pequeña escala (Herrick et al., 2006). Esta perspectiva posee la ventaja al visualizar procesos fundamentales de funcionamiento de un ecosistema, especialmente en los procesos ligados a las sucesiones naturales, garantizando un sistema autosostenible en los servicios ecosistémicos asociados (Cairns, 1987; Aguilar-Garavito & Ramírez-Hernández, 2016).

ESCALAS Y JERARQUÍAS DE DISTURBIO

Los ecosistemas actuales son mosaicos de hábitats que varían en espacio y tiempo. Los disturbios naturales y antrópicos afectan los patrones de estos mosaicos de vegetación y los procesos a escala de paisaje. Debido a que las escalas de disturbios y su extensión son impredecibles es importante tener en cuenta que la restauración es un proceso complejo y se intenta descifrar identificando los disturbios naturales y antrópicos del paisaje (Vargas, 2007). De esta manera, en los disturbios naturales se logran identificar terremotos, deslizamientos, tormentas, lluvias, fuertes vientos, heladas, disturbios producidos por animales y fuegos naturales que modifican la dinámica de los ecosistemas terrestres y dulceacuícolas.

Por esta razón, los disturbios identificados en las áreas de conservación del municipio de Quimbaya están dimensionados en espacio y tiempo tales como:

- **Disturbios raros:** Terremotos, fuegos naturales, disturbios por animales, sobreexplotación de recursos biológicos, deslizamientos.
- **Disturbios continuos:** Lluvias.
- **Disturbios recurrentes:** Ataque de plagas, vientos fuertes.

METODOLOGÍAS USADAS PARA LA REALIZACIÓN DEL DIAGNÓSTICO DE LAS COBERTURAS PRESENTES EN LAS ÁREAS DE CONSERVACIÓN

Las metodologías implementadas en los planes de restauración ecológica deben enfocarse en elaborar diagnósticos de la estructura y funcionalidad de los ecosistemas integrando aspectos económicos, administrativos, históricos, sociales entre otros (Avendaño et al., 2007). De esta manera se pueden definir e identificar los impactos más relevantes y determinar las acciones de intervención pertinentes.

Una de estas intervenciones, se enfoca en entender cómo funciona un ecosistema inicial en el estudio de las comunidades biológicas, tomando la especie y sus relaciones interespecíficas con el medio, teniendo en cuenta que cada especie está estrechamente relacionada con su entorno natural, convirtiéndose no sólo en modeladora del paisaje, sino en insumo primordial para el funcionamiento y la productividad del ecosistema y poder determinar con mayor certeza los lineamientos para su adecuado manejo y su conservación (Lozano-Zambrano, 2009).

De esta manera para la elaboración del presente documento se tomaron como metodologías base, las expuestas en el Plan Nacional de Restauración Ecológica y la Guía técnica para la restauración ecológica de los ecosistemas de Colombia. En el análisis espacial a nivel local en las áreas de conservación, se hizo uso de las evaluaciones en campo, a partir del establecimiento de coberturas vegetales según la metodología de CORINE Land Cover, adaptada para Colombia, a escala 1:100.000, ya que permite describir, caracterizar, clasificar y comparar las características de las coberturas (IDEAM, 2010). Se identificaron los componentes imprescindibles para el plan de rehabilitación (sistema flora y avifauna) y su dinámica en el ecosistema, por lo tanto, se utilizaron las siguientes metodologías para evaluar factores bióticos como Flora y Avifauna.

Componente Florístico

Inicialmente se realizó una fase previa de revisión de fuentes secundarias que incluyeran información acerca de la flora presente en las áreas de conservación del municipio de Quimbaya. Posteriormente se efectuó un recorrido para el reconocimiento general de la flora y se identificaron las coberturas predominantes a través de la metodología de CORINE Land Cover (Figura 15). Una vez establecidas las coberturas (Bosque Abierto BA, Guadual-G, Helechal-H y Herbazal-HZ) se realizaron recorridos libres para la cobertura de herbazal para determinar la flora arbórea y arbustiva que pudieran identificar la salud de este ecosistema.



Figura 15. Representante de la Familia Melastomataceae.

Para ello, se tomaron registros fotográficos y en una tabla de datos elaborada en Excel, se consignó su respectivo código para cada uno de los individuos, en la que se incluyó el estrato y cobertura vegetal. Principalmente se prefirieron individuos en estado de floración o fructificación, e individuos que por sus características únicas fueran de fácil reconocimiento. La determinación taxonómica de estos individuos se llevó a cabo por medio de Guía Ilustrada de las Plantas de las Montañas del Quindío y los Andes Centrales (Vargas, 2002).

De acuerdo a las características presentadas, se identificaron los posibles tensionantes y barreras a la restauración, además de las oportunidades para la regeneración natural del bosque.

Componente Avifauna

El monitoreo de la avifauna en las áreas de conservación del municipio de Quimbaya (Figura 16) se llevó a cabo utilizando el método de conteo por puntos, basado Bibby et al. (1992) y Ralph et al. (1996). Este método permitió obtener datos representativos de la riqueza de aves presentes en cada área.



Figura 16. Cuco ardilla (*Piaya cayana*).

Procedimiento para cada cobertura, se definieron puntos de conteo separados por una distancia de 150 metros entre sí. La ubicación de estos puntos de conteo se seleccionó estratégicamente para abarcar sitios con alta actividad de aves, priorizando aquellos que cuenten con coberturas vegetales donde las especies encuentren recursos nutritivos, como fructificación y floración. En cada punto, se llevará a cabo una observación directa de la avifauna durante diez minutos. Durante este tiempo se obtuvo una muestra representativa de las especies presentes y facilitará la cobertura de una mayor área. Durante los conteos, se registraron todas las aves observadas y escuchadas en una radio no mayor a 50 metros aproximadamente desde el punto de observación. Este radio permitió incluir las aves que se encuentran en las proximidades del punto sin que se superpongan los registros de diferentes puntos de conteo (Figura 17).

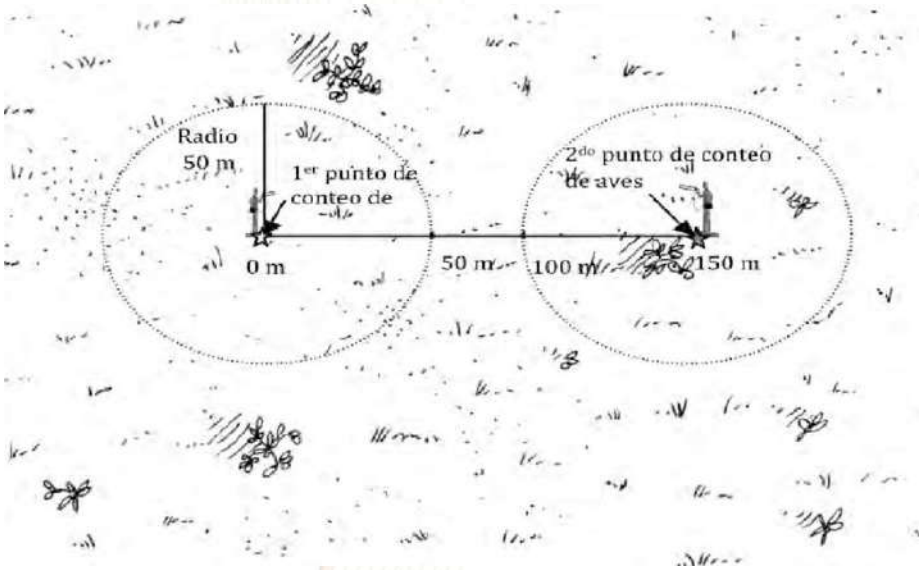


Figura 17. Metodología de puntos de conteo utilizada para las áreas de conservación del municipio.

Recorridos libres

Los recorridos libres se implementaron como un método efectivo para el monitoreo de las especies de aves seleccionadas por su rol ecológico en las áreas de conservación del municipio de Quimbaya. Este método permite un muestreo esporádico y amplio de los hábitats, lo que resulta especialmente relevante para evaluar la importancia ecológica de la avifauna en estos ecosistemas. Se establecieron transectos de aproximadamente dos kilómetros de longitud, continuos y sin estimar distancias de detección. Estos transectos serán trazados por diferentes hábitats representativos dentro de las áreas protegidas. Se evitará retroceder durante el recorrido para asegurar la independencia de las observaciones. Este procedimiento se llevará a cabo caminando lentamente a lo largo de uno o varios trayectos, atravesando diversos hábitats presentes en el área.

Durante el recorrido, se identificaron y registraron todas las especies de aves observadas o escuchadas. Para garantizar una cobertura adecuada de los hábitats, se establecerá un distanciamiento entre transectos de 150 a 200 metros en áreas densas y de 250 a 500 metros en áreas más abiertas. Esto permitirá cubrir una amplia variedad de hábitats y maximizar la detección de especies presentes. (Bibby, 1992; Bibby, 1992) (Ralph et al.,1996) (Williams, 1998) (Figura 18).

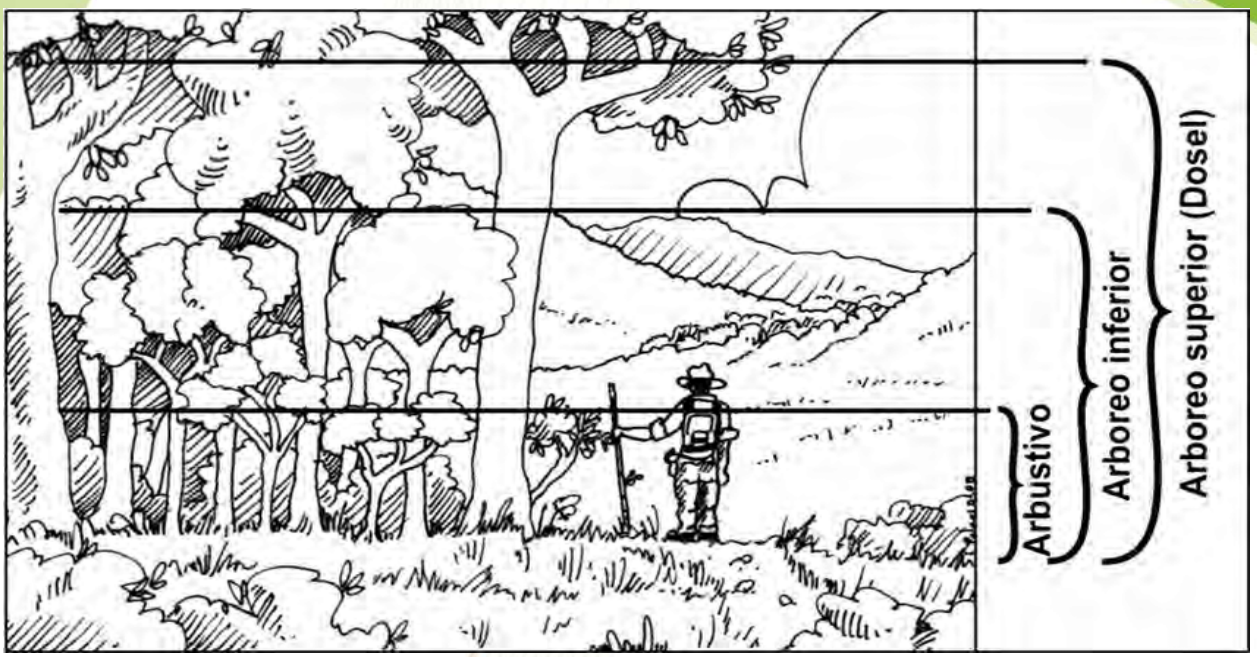


Figura 18. Diagrama de la metodología por recorridos libres. Tomado de Lozano-Zambrano (2009).

Registros auditivos

Para registrar los cantos se realizarán detecciones y si es posible grabaciones constantes a la hora del amanecer durante periodos de 30 minutos entre las 5:30 y 6:00 a.m. según las recomendaciones del IAVH (Villareal et al., 2004). Se registrará la actividad vocal de los individuos identificados durante los recorridos libre y puntos de conteo. Las grabaciones en caso de realizarse serán digitalizadas, catalogadas, identificadas y si es posible archivadas en formatos digitales. Estos mismos serán comparados con guías auditivas existentes para el país como las de Álvarez (2000), Álvarez & Córdoba (2002), Córdoba & Álvarez (2003), Strewe et al. (2006) y Álvarez-Rebolledo et al. (2007). Igualmente, se emplea la base de cantos de aves sudamericanas Xenocanto. Los cantos serán analizados a través del software Raven Pro (Charif et al., 2010).

COBERTURAS VEGETALES

En el área de estudio se identificaron cinco (5) coberturas vegetales principales. Cuatro de ellas corresponden a las tipologías establecidas en la metodología *Corine Land Cover* adaptada para Colombia, la cual permite una clasificación estandarizada del territorio con base en características estructurales y funcionales de la vegetación. Estas coberturas son: bosque ripario, bosque abierto, herbazal y helechal. La quinta cobertura, aunque no está incluida dentro de la clasificación oficial del *Corine Land Cover*, corresponde a guadual, una formación vegetal predominada por especies del género *Guadua*, cuya presencia es significativa tanto ecológica como culturalmente en la región andina, particularmente en el departamento del Quindío, donde forma parte del paisaje tradicional del Paisaje Cultural Cafetero Colombiano (PCCC) (Figura 19).

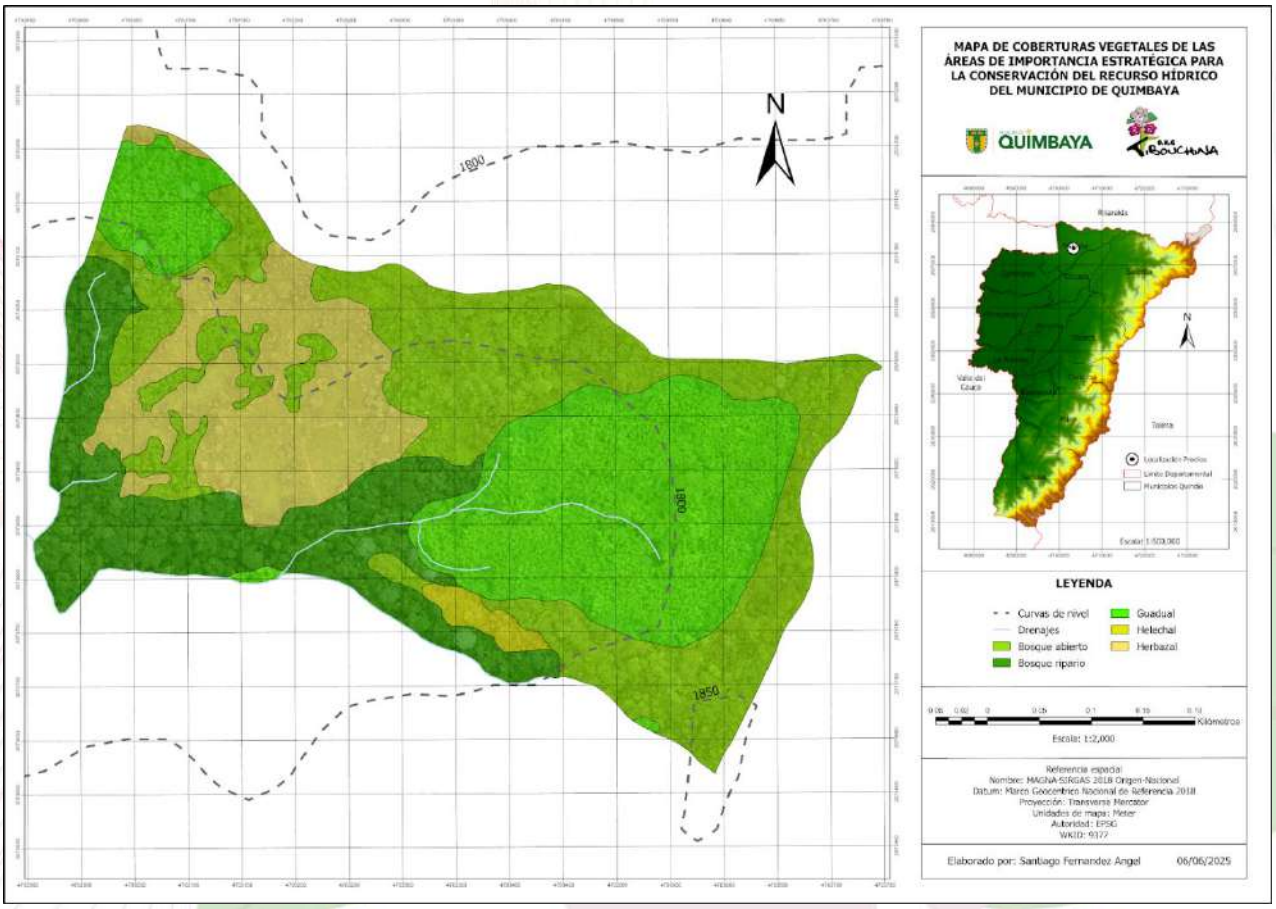


Figura 19. Mapa de coberturas de vegetales de los predios Cajones y Quimbaya.

Las coberturas vegetales fueron clasificadas y cuantificadas mediante análisis SIG, con los siguientes resultados ordenados de mayor a menor extensión:

1. **Bosque abierto (33.3%, 8.136 ha):** Esta cobertura corresponde a formaciones arbóreas con copas abiertas, cuya densidad foliar es inferior al 70%, lo que permite una mayor penetración de luz al sotobosque. Generalmente, estas áreas se asocian a bosques secundarios, en procesos de regeneración natural o con grados variables de intervención antrópica. Su valor ecológico es alto, ya que funcionan como hábitat para diversas especies de fauna, actúan como corredores biológicos y mantienen importantes reservas de biodiversidad. En el área de estudio, la presencia de bosque abierto obedece, en gran medida, a procesos continuos de restauración ecológica implementados por la administración municipal desde la adquisición de los predios, lo que evidencia una recuperación progresiva de la cobertura forestal y sus funciones ecosistémicas (Figura 20).



Figura 20. Toma aérea del Bosque Abierto.

2. **Guadual (30.0%, 7.328 ha):** Aunque el guadual no está incluido formalmente en la metodología *Corine Land Cover*, se trata de una formación vegetal relevante y distintiva del paisaje del Quindío, compuesta principalmente por especies del género *Guadua*. Los guaduales desempeñan un papel fundamental en la prestación de servicios ecosistémicos como la estabilización de taludes, la regulación del régimen hídrico, la captura de carbono y la provisión de materiales renovables. Además, representan un componente clave de la identidad cultural y

de la arquitectura tradicional en el contexto del Paisaje Cultural Cafetero (PCC). En los predios analizados, los guaduales crecen en forma de colonias, con una distribución expansiva desde la adquisición de los terrenos. No obstante, en su interior se observa el establecimiento natural de especies arbóreas que, con el tiempo, podrían superar en altura y densidad a la guadua, promoviendo un control natural de su propagación y una transición hacia formaciones forestales más complejas (Figura 21).



Figura 21. Toma aérea del Guadual.

3. **Bosque ripario (18.5%, 4.511 ha):** Ubicado a lo largo de los márgenes de la red hídrica, el bosque ripario constituye un corredor ecológico de gran importancia para la conectividad del paisaje, la conservación de cuencas hidrográficas y la regulación natural de eventos como inundaciones y erosión. Esta cobertura incluye especies vegetales propias de los ecosistemas de bosque montano húmedo, siendo el *yarumo blanco* (*Cecropia telenitida*) una de las especies más representativas. En este caso particular, el bosque ripario se encuentra asociado al área de ronda y acotamiento de la quebrada Buenavista, presentando características de bosque secundario en proceso de maduración, lo cual refuerza su rol como zona de protección ambiental y refugio de biodiversidad (Figura 22).



Figura 22. Toma aérea del Bosque Ripario.

4. **Herbazal (16.9%, 4.14 ha):** El herbazal está conformado por formaciones vegetales dominadas por gramíneas y otras especies herbáceas, típicamente localizadas en áreas con antecedentes de uso agropecuario, pastoreo o abandono de cultivos. Estas zonas representan fases tempranas de sucesión ecológica y pueden actuar como reservorios de regeneración vegetal si se les permite evolucionar naturalmente. En el área de estudio, los herbazales presentan un claro predominio del pasto imperial (*Axonopus scoparius*) y algunas especies arbóreas dispersas, que indican un potencial para procesos de revegetalización asistida. Esta cobertura requiere intervenciones específicas de restauración, orientadas al establecimiento de especies forestales nativas que refuercen las funciones ecológicas del ecosistema y mejoren su conectividad (Figura 23).



Figura 23. Toma aérea del Herbazal.

5. **Helechal (1.3%, 0.308 ha):** Esta cobertura, aunque de reducida extensión, está conformada por helechos que prosperan en ambientes con alta humedad relativa y sombra constante. Los helechales pueden actuar como microhábitats para fauna especializada y constituyen indicadores ecológicos de condiciones edáficas específicas. Sin embargo, en el área de estudio, la densidad excesiva de esta vegetación puede limitar la regeneración natural de otras especies, debido a la escasa entrada de luz y competencia por nutrientes. Por tanto, se recomienda realizar acciones de manejo ecológico que favorezcan la diversificación estructural del sotobosque y permitan la germinación y establecimiento de especies leñosas nativas que enriquezcan la cobertura vegetal (Figura 24).



Figura 24. Toma aérea del Helechal.

Este análisis permite caracterizar la estructura del paisaje y sirve como insumo técnico fundamental para procesos de planificación territorial, conservación de ecosistemas y definición de estrategias de manejo sostenible del suelo y la vegetación.

RECURSO HÍDRICO

A pesar de que las áreas objeto de estudio no poseen una gran extensión superficial, presentan una oferta hídrica notable, lo que resalta su valor ecológico y estratégico dentro de la microcuenca. El análisis espacial realizado a partir de cartografía temática y verificación en campo permitió identificar que el principal eje hídrico de la zona es la quebrada Buenavista, cuyo nacimiento se localiza dentro de los predios analizados y cuyo cauce fluye en dirección oeste hacia el municipio de Quimbaya. La Figura 25 muestra el mapa de drenaje generado a partir del modelo de elevación y los datos recolectados en campo, donde se observa claramente la red hídrica jerarquizada y su relación con las coberturas vegetales y el relieve del terreno.

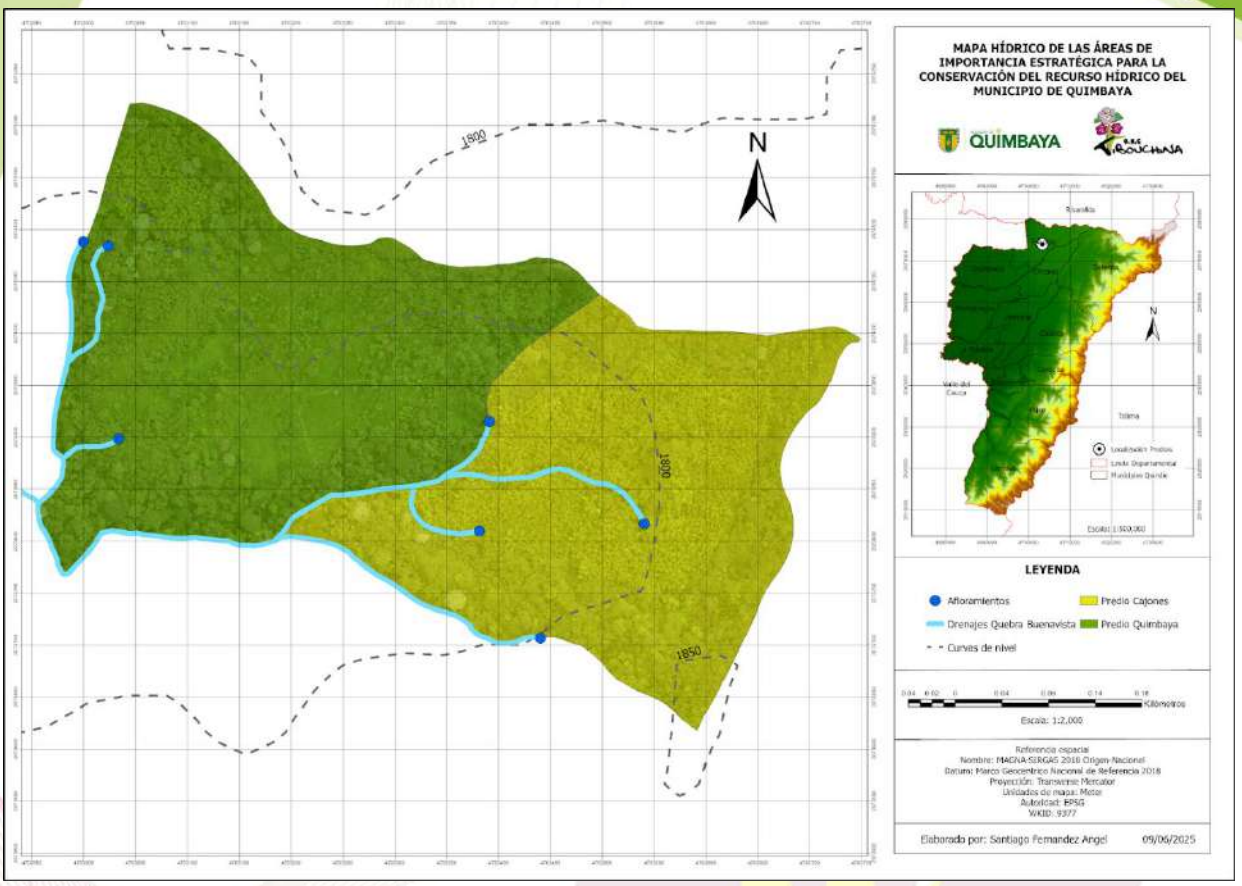


Figura 25. Mapa hídrico de los predios Cajones y Quimbaya.

Se documentaron siete (7) afloramientos o nacimientos de agua, distribuidos estratégicamente a lo largo del predio, los cuales alimentan directamente la quebrada Buenavista y garantizan su caudal base incluso en temporadas secas. Estos nacimientos representan puntos críticos para la conservación, ya que son altamente sensibles a cambios en la cobertura vegetal, compactación del suelo o alteraciones en el uso del territorio. En la Figura X, se presentan fotografías georreferenciadas de los afloramientos identificados, acompañadas de sus respectivas coordenadas y descripciones, lo cual permitirá priorizar acciones de protección y restauración en cada uno de estos puntos.



Figura 26. Afloramientos de la quebrada Buenavista.

Adicionalmente, se identificaron siete (7) ramales secundarios que funcionan como tributarios de la quebrada Buenavista, contribuyendo a su caudal mediante escorrentías superficiales y flujos subterráneos interceptados. En conjunto, la red hídrica alcanza una longitud total de 1.516,908 metros lineales, consolidando una malla de drenaje funcional, con alto potencial para el mantenimiento de la biodiversidad acuática y la regulación del ciclo hidrológico local. En la Figura X, se incluye una fotografía panorámica de la quebrada Buenavista en su tramo inicial, donde puede apreciarse su estado de conservación, cobertura vegetal asociada y características geomorfológicas relevantes para el diseño de estrategias de manejo y conservación.



Figura 27. Panorámica de la quebrada Buenavista.

CARACTERIZACIÓN BIOLÓGICA DE LA COBERTURA VEGETAL HERBAZAL

BARRERAS FISICAS PARA LA REHABILITACIÓN GEOLOGICA

Barreras

- La presencia continua de Pastos y Malezas que impide el establecimiento de especies vegetales que aporte a la producción y reciclaje de la capa orgánica y mejore la disponibilidad de micro y macro nutrientes (Figura 28).



Figura 28. Cobertura de pastos presente en las áreas de conservación.

- La pendiente de esta cobertura puede generar una zona de mal drenaje por lo tanto pérdida hídrica por infiltración, la poca retención hídrica es un factor limitante para la productividad o fertilidad en estos suelos, en consecuencia, pueden presentar alta lixiviación y por lo tanto pérdida de nutrientes.

Estrategias

Remoción de Pastos y Malezas

Las estrategias para el mejoramiento de las características edáficas en la cobertura de herbazal, generalmente se basan en el establecimiento de especies vegetales y la adición de materiales orgánicos como fertilizantes, sin embargo primero se debe realizar la adecuación del terreno y la preparación del suelo eliminando todas las limitaciones y problemas que se presenten en el área en donde se va a realizar la siembra, controlando las pasturas naturales o cultivadas no deseadas y eliminando los obstáculos como troncos, piedras, etc, que afectan el área (Franco et al., 2007).

Es recomendable que la erradicación se haga de manera mecánica y manual utilizando implementos como azadones, palas y picas. De acuerdo a las curvas de nivel se deben establecer transectos lineales en parcelas rectangulares de 100 x 25 m, separadas por 20 m entre ellas (Figura 29), en cada parcela se establecerán cultivos de especies vegetales (Núcleos de vegetación), este tipo de siembra de plantas en grupos es una modificación de la técnica de grupos de Anderson (1953), la cual busca incrementar la diversidad interna de los fragmentos desprovistos de vegetación en las áreas de restauración.

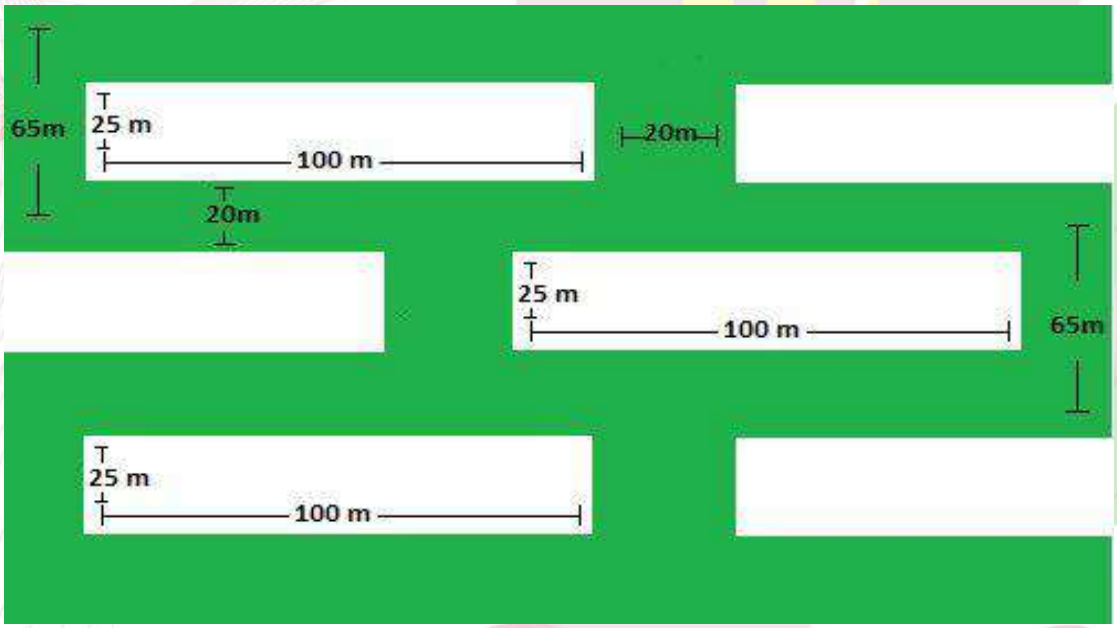


Figura 29. Distribución de los sitios de siembra de las plántulas en la cobertura de Herbazal, técnica modificada de Anderson (1953).

Enmiendas orgánicas

La gallinaza es la principal fuente de hidrógeno de los abonos fermentados, igualmente aporta fósforo, potasio, calcio, magnesio, hierro, manganeso, zinc, cobre y boro, este tipo de abono orgánico es uno de los más adecuados en cuanto a proporciones de cantidad de abono y aporte nutricional para suelos de textura franco arenosa (López et al., 2001); además presenta ventajas importantes ya que no existen diferencias significativas en la cantidad de nitrógeno que puede aportar entre gallinaza fresca y de 24 meses, por lo que su producción orgánica resulta mucho más rentable.

La cantidad adecuada en promedio en la que se debe de aplicar la gallinaza es de 4 t ha -1 para obtener óptimos resultados, se remueve la tierra en capas superficiales o capas mucho más profundad según la necesidad, es aconsejable aplicarlo 2-3 semanas antes de la siembra, de esta forma se obtiene una constante liberación de nutrientes durante 1 o 2 años; (López et al., 2001). Para preparar la gallinaza fresca se mezcla con aserrín de pino, este contiene 50-60% de agua, 1-1.5% N, 0.25% P (P205), 0.5-1.0% K (K20) con una relación C: N de 12. 100 qq de gallinaza mejora la estructura del suelo a mediano plazo (Uribe et al., 2016).

Fertilizantes Orgánicos

Entre las acciones para proteger el suelo de los ecosistemas y prevenir su degradación, la aplicación de abonos orgánicos tiene una importancia significativa, pues resulta inevitable que la materia orgánica y particularmente el humus, sean el sostén básico para la vida en este medio y puede definir su potencial productivo; por lo tanto, se incluyen: estiércoles animales, residuos de cosechas, compost y humus de lombriz, entre otros (Julca-Otiniano et al., 2006).

En esta cobertura en especial por sus requerimientos nutricionales se pueden implementar dos tipos de abonos orgánicos como son el BIOXINIS (Producto empresa BIOAGRINSUMOS S.A.S), el cual es un abono o fertilizante orgánico mineral líquido de suelos, preparado con base en materiales orgánicos de origen vegetal y animal compostados e inoculados con microorganismos eficientes y nitrificantes oxidantes; al igual que AVISANA (Producto empresa BIOAGRINSUMOS S.A.S), abono orgánico mineral sólido de suelos hecho a base de materiales orgánicos con una mezcla de microorganismos liofilizados con microorganismos eficientes nitrificantes y oxidantes.

Micorrizas

Es importante resaltar que este tipo de hongos son llamados micorrizógenos y son uno de los principales microorganismos beneficiosos para mejorar el establecimiento y

desarrollo de las plantas (Figueroa, 2004). Las ventajas que proporciona el hongo a las plantas son de vital importancia, como una mayor absorción de agua y nutrientes; los hongos micorrizógenos poseen un gran valor para la mayoría de plantas superiores (desarrollo y establecimiento), además contribuyen en la formación del suelo y genera refugio para muchas bacterias fijadoras de macro y micronutrientes (Laverde et al., 2014).

Se recomiendan tres formas de aplicación en plantas: en plantas soqueadas, en bandas laterales cerca de las raíces o incorporarlo directamente en el sitio de trasplante. Por hectárea en esta cobertura, se sugiere agregar 100 kg de micorrizas, aunque esto va a depender de cantidad de plántulas sembradas que se establecerán según la modificación de la metodología de Anderson (1953).

COMPONENTE FLORÍSTICO

En total, se registraron 13 especies distribuidas en 9 familias con hábitos arbustivos y arbóreos; en esta cobertura la familia Poaceae es la más abundante. Entre las especies registradas *Cinchona officinalis* se encuentran en estado de amenaza (LC) según la UICN (Tabla 1).

Tabla 1. Listado de plantas registradas en la cobertura de Herbazal, incluye el hábitat, la categoría de amenaza según la IUCN por especie y el nombre común

TAXÓN	HÁBITO	UICN	N. COMÚN
Araliaceae			
Orepanax incisus (Willd. ex Schult.) Decne. & Planch.	Árbol	LC	Mano de Oso
Asteraceae			
Ageratina sp.	Arbusto	--	Amargoso
Baccharis latifolia (Ruiz & Pav.) Pers.	Arbusto	DD	Chilco común
Fabaceae			
Inga densiflora	Árbol	--	Guamo
Jacaranda caucana	Árbol	--	Gualanday
Fagaceae			
Quercus humboldtii Bonpl.	Árbol	DD	Roble
Melastomataceae			
Miconia caudata (Bonpl.) DC.	Arbusto	DD	Hoja de Lanza

Miconia sp.	Arbusto	--	
Papaveraceae			
Bocconia frutescens L.	Árbol	DD	Trompeto
Poaceae			
Axonopus spocarius Hichtc.	Hierba	DD	Falsa poa
Pennisetum clandestinum Hochst. ex Chiov.	Hierba	DD	Pasto
Rosaceae			
Rubus glaucus Benth.	Trepa/rastre	DD	Mora silvestre
Rubiaceae			
Cinchona officinalis L.	Árbol	LC	Quina

Dentro de la alternancia vegetal presente en esta cobertura se encontró una baja diversidad vegetal disponible, la cobertura se caracterizó por carecer de dosel arbóreo, poseer una alta dominancia de poáceas y presencia de algunas plantas rastreras, así como de arbustos con una altura menor a los 3 m distribuidos en forma dispersa (Figura 30).



Figura 30. Matriz de pastos al interior de la cobertura vegetal de Herbazal.

Lo dominancia de gramíneas en esta cobertura se debe en gran parte a la acción antrópica y el uso anterior de esta, ya que las especies registradas, son tradicionalmente empleadas en la actividad de pastoreo, principalmente en la producción bovina en el trópico (Molina, 2011). Además, estás a nivel nacional poseen un amplio rango altitudinal que va desde los 1500 hasta los 4000 msnm, siendo consideradas tanto Axonopus spocarius especies exóticas invasivas con capacidad de cubrir grandes áreas dado a la facilidad de dispersión, lo cual les ha permitido adaptarse a un amplio rango de suelos y extraer nutrientes de aquellos más pobres, siendo además tolerante a ciertos niveles de acidez (Bemhaja, 1993; Fuentes et al., 2014).

Dentro de las especies que conforman la cobertura, el roble (Quercus humboldtti) (Figura 31) es una especie nativa Colombiana de crecimiento lento y de gran porte con alturas promedio de 40 m; posee una amplia distribución altitudinal entre 1100 a los 3200 m.s.n.m. Presta servicios ecosistémicos asociados a la regulación y oferta hídrica, protección de los suelos y, al encontrarse un establecimiento de varios individuos conformando asociaciones monoespecíficas llamadas robledales, son considerados “refugio” de otras especies vegetales endémicas o en amenaza como Ceroxylum quinduense (Palma de cera), juglans neotropica, Cedros (Cedrela montana), Laureles pertenecientes a los géneros Andea y Persea, Encenillos (Weinmannia) entre otras plantas no vasculares como las briofitas; el Roble puede crecer en suelos con diferentes características, desde suelo fértiles hasta con principios de degradación, por lo cual generar el aumento de su tamaño poblacional permitirá una mejor viabilidad ecosistémica (Gil & Morales, 2014; Bossa & Garavito 2016; Muñoz, 2016).



Figura 31. Roble (*Quercus humboldtii*).

La Mano de Oso (Oreopanax incisus) (Figura 32) se caracteriza por promover procesos de preparación del suelo por el fenómeno conocido como ciclaje nutricional, es usualmente visitada y dispersada por aves lo que le permite establecerse fácilmente en diferentes puntos de las matrices y favorece a procesos de sucesión ecológica (Peralta, 2016).



Figura 32. *Orepanax incisus* presente en la cobertura de Herbazal.

BARRERAS Y ESTRATEGIAS DE RESTAURACIÓN Y REHABILITACIÓN

Barreras

- El efecto de la exposición directa a la radiación solar debido a la ausencia de plantas leñosas de gran porte, generadoras de dosel y materia orgánica que permitan establecer micrositios al interior de la cobertura, para garantizar el crecimiento y desarrollo tanto de propágulos como de plantas niñeras, sobre todo aquellas que poseen un crecimiento lento y que tienden a ser susceptibles a la intensidad de la radiación solar.

- La dominancia de las gramíneas que además de generar una competencia directa tanto por los recursos alimenticios como espaciales, inhiben el establecimiento de los bancos de semillas y la germinación de nuevas especies en la cobertura.

- La baja diversidad y presencia de polinizadores que permitan la fecundación para la obtención de semillas y dispersión de las misma con el fin de aumentar la diversidad vegetal en la cobertura.

Estrategias

De acuerdo a la metodología propuesta por Salamanco y Camargo (2010), una estrategia fundamental para generar núcleos de facilitación en pastos abiertos es la plantación seral, la cual consiste en plantar las especies en orden sucesional apretado, es decir, una muy cerca de la otra; introduciendo cada población y su etapa cuando las condiciones ambientales lo permitan, priorizando el tratamiento de los puntos y franjas más favorables. Por ejemplo, plantar simultáneamente precursores leñosos de crecimiento rápido, entremezclados con inductores preclimáicos de crecimiento más lento; esto permite que los primeros apoyen el crecimiento de los segundos y que estos ya estén establecidos para acelerar su crecimiento en el momento en que las condiciones creadas por los precursores heliófilos lo propicien.

Patrón Espacial

Teniendo en cuenta la topografía en la matriz dentro de la cobertura se sugiere implementar el patrón de plantación de tresbolillo (Figura 33), constituyendo estratos alto, medio y bajo, formando líneas que siguen las curvas de nivel, debido a que este diseño ofrece la mayor oposición al barrido de los vientos y la escorrentía superficial.

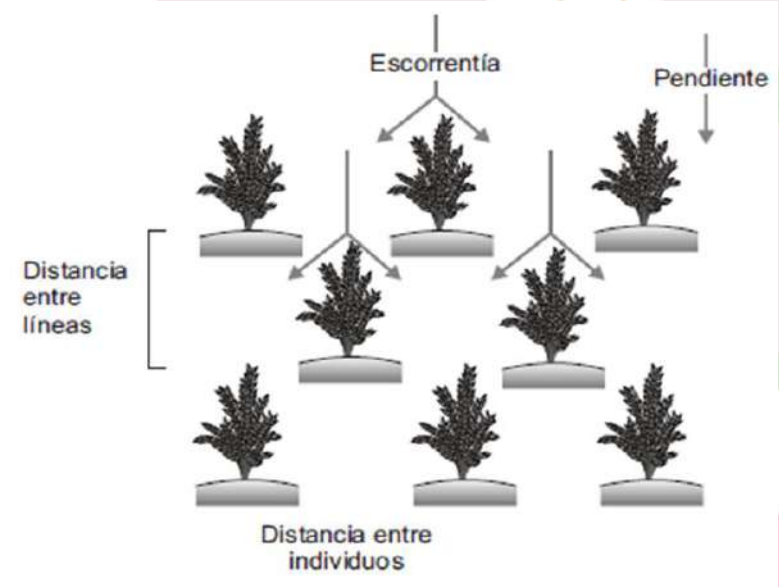


Figura 33. Patrón de plantación al tresbolillo para la matriz. Tomado de Salamanco y Camargo (2010).

El trasplante se debe realizar cuando los individuos tengan una altura de 1.50 m, esto con el fin de garantizar su supervivencia en campo. Siguiendo el patrón de tresbolillo se deben efectuar filas paralelas, de modo que cada fila correspondan al medio de los huecos de la fila inmediata, conformando así triángulos equiláteros entre ellas; después del trazado (Figura 34), se procede a la erradicación de las malezas en un radio mínimo de 80 cm, seguido a esto, se efectúa la apertura de los hoyos donde se plantarán los árboles, estos deben tener 0.60 cm de diámetro por 60 cm de profundidad como mínimo y/o acorde con el tamaño del árbol a sembrar.

A priori, se deben tener en cuenta las estrategias planteadas para los suelos de estas coberturas y finalmente se siembra la planta al hoyo que se ha preparado, teniendo en cuenta que la base del tallo quede al nivel de la superficie del suelo, cuidando que las raíces queden completamente cubiertas, el suelo alrededor del tronco se debe compactar manualmente procurando que el árbol conserve la posición vertical.

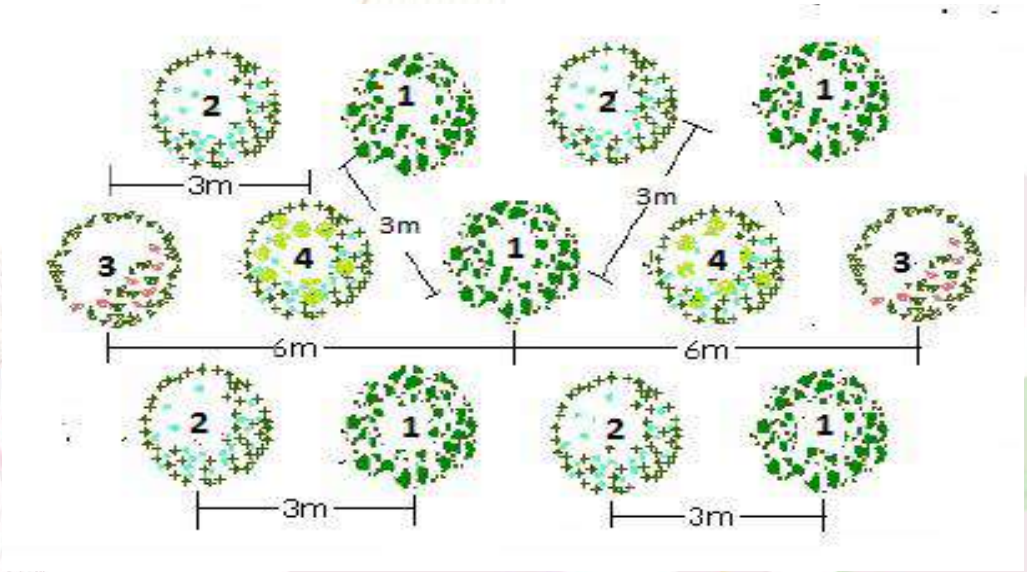


Figura 34. Propuesta de trazado para la rehabilitación vegetal de la matriz de pastos con individuos de 1. *Inga densiflora*; 2. *Baccharis latifolia*, 3. *Miconia caudata*; 4. *Quercus humboldtii*.

Este arreglo dominado por el guamo (*Inga densiflora*) y el Roble (*Quercus humboldtii*) tienen la finalidad de servir como precursores leñosos generadores de dosel, además de estar acompañados de otras especies como la Chilca (*Baccharis latifolia*) que producen una buena cantidad de materia orgánica y mantiene la humedad, adecuando las condiciones del sitio para el posterior desarrollo de los inductores preclimácicos.

Fórmulas Florísticas

Se proponen los siguientes arreglos florales a partir de las especies registradas en la cobertura de Herbazal teniendo en cuenta que las especies a plantar en las primeras etapas deberán ser resistentes tanto a los suelos ácidos como a la radiación solar directa, por lo que se debe iniciar con precursores leñosos que generen cambios en el microambiente para el establecimiento de otros inductores.

Inga densiflora + *Baccharis latifolia* + *Jacaranda caucana*
Chinchona officinalis + *Miconia sp.* + *Oreopanax incisus*
Quercus humboldtii + *Inga densiflora* + *Miconia caudata*

La cantidad de árboles a trasplantar, será directamente proporcional a la distribución espacial de acuerdo al método.

Patrón Temporal

Teniendo en cuenta las características de fácil adaptabilidad que presentan los precursores leñosos propuestos, se recomienda una revegetalización puntual donde a través del monitoreo se efectúe la remoción y sustitución de aquellos individuos que no hayan superado la fase de establecimiento.

Pasado dos años del establecimiento y si la respuesta del tratamiento al ambiente es positiva se sugiere, empezar a revegetalizar con precursores preclimácicos.

COMPONENTE AVIFAUNA

Para Herbazal las familias más diversas se encuentran Thraupidae, y Tyrannidae, ambas reconocidas por su riqueza de especies en hábitats neotropicales. Los Thraupidae, comúnmente conocidos como tangaras, son aves principalmente frugívoras e insectívoras, con colores vistosos y gran plasticidad ecológica (Ayerbe-Quiñones 2013). Por su parte, los Tyrannidae o atrapamoscas son mayoritariamente insectívoros y presentan una notable diversidad de estrategias de forrajeo, lo que les permite ocupar una amplia gama de nichos ecológicos.

La especie con el mayor número de registros fue el Gallinazo negro (*Coragyps atratus*), un ave carroñera de amplia distribución en América, que desempeñó un papel ecológico clave en el reciclaje de nutrientes mediante el consumo de animales muertos. Su presencia frecuente en áreas naturales y en espacios con influencia de actividades antrópicas reflejó una elevada capacidad de adaptación a diferentes condiciones de hábitat. En segundo lugar, se ubicó el Abanico pechinegro (*Myioborus miniatus*), un insectívoro característico del sotobosque y de los bordes de bosque, reconocido por su comportamiento de agitar la cola durante el forrajeo, estrategia que facilita la expulsión de insectos ocultos en la hojarasca (Hilty & Brown, 2001) (Figura 35).



Figura 35. Especies más abundantes registradas en la cobertura de herbazal, a la derecha *Coragyps atratus* y a la izquierda *Myioborus miniatus*

La capacidad de reproducción y la propagación de las plantas pueden ser alteradas por la depredación que llevan a cabo distintos agentes naturales, tales como insectos, aves y mamíferos (Janzen, 1971). La misma puede causar la pérdida constante de semillas, reducir su viabilidad y restringir el establecimiento de futuras plántulas (Harper et al., 1970; Zhang et al., 1997). Por lo tanto, es un factor que influye de manera directa en la ecología de las poblaciones vegetales y tiene consecuencias en la abundancia y distribución de las plantas (Harper et al., 1970; Chacoff et al., 2004).

BARRERAS Y ESTRATEGIAS A LA RESTAURACIÓN Y REHABILITACIÓN

Barreras

Las características propias de este tipo de coberturas lo hacen susceptible a procesos de regeneración pasiva, debido a la ausencia de árboles de percha, refugio y alimentación para aves especialmente frugívoras encargadas de la dispersión de semillas, ellas, en su mayoría no atraviesan campos abiertos de vegetación, pues deben evitar la depredación.

Estrategias

Las aves frugívoras pueden ayudar a superar la barrera de dispersión de semillas, ya que al posarse regurgitan o defecan las semillas intactas mejorando la capacidad de germinación de estas (Peralta, 2016). Adicionalmente es importante tener en cuenta las estrategias propuestas en el componente de Flora, debido a que estas especies de plantas y la remoción de las matrices de pasto mediante rehabilitación activa permitirá generar un aumento considerativo de árboles de percha y alimentación que permita que las aves atraviesen y perchen allí aportando a la dispersión de semillas de plantas pioneras regenerativas (Figura 36).



Figura 36. Tipo de percha propuesta con su respectiva trampa de semillas. Tomado y adaptado de los trabajos de Ferreira (2006, 2014).

La ausencia de árboles y arbustos que sirven como lugares de percheo para las aves se relaciona directamente con la ausencia de especies de bosque en la lluvia de semillas en este tipo de coberturas; Velasco-Linares (2004) reporta que utilizando perchas artificiales para aves en estas zonas es posible incrementar la lluvia de semillas de especies ornitócoras dentro de ellas, aumentando de esta manera la presión de propágulos de especies nativas (Figura 37).

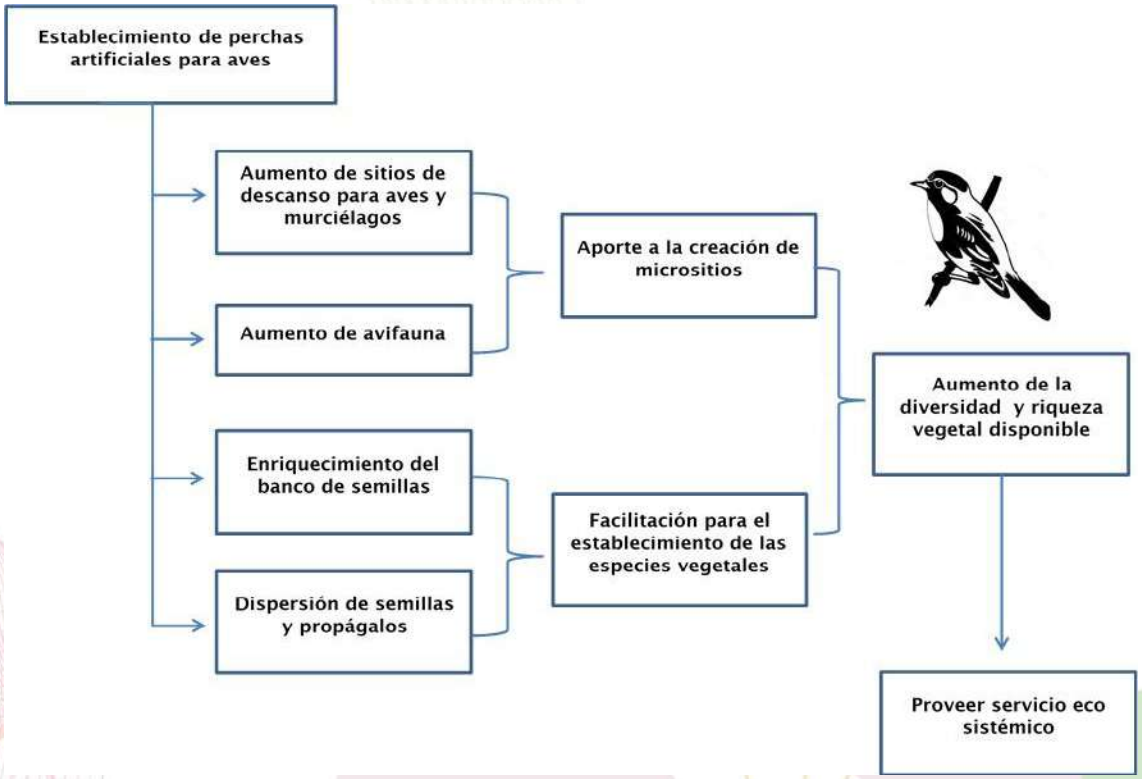


Figura 37. Diagrama de estrategias para la superación de barreras de la Avifauna.

CONTEXTO Y CARACTERÍSTICAS SOCIALES DE LA PROBLEMÁTICA DE RESTAURACIÓN

El uso intensivo de los suelos, la quema y tala de bosques nativos, el pastoreo extensivo y la introducción de especies invasoras son acciones humanas que causan el deterioro de los ecosistemas. Es necesaria que estas acciones sean reguladas para que el desarrollo de proyectos que buscan la recuperación de los recursos naturales, tenga consecuencias positivas en el largo y mediano plazo para la sociedad (Vargas, 2007). No es desconocido que la falta de Articulación Social se constituye como barrera a la restauración ecológica; si las comunidades campesinas y las entidades oficiales no conocen la utilidad e importancia de la restauración, ni cuentan con las herramientas necesarias para aportar y aplicar sus conocimientos en este campo, el trabajo de los

investigadores dedicados a la recuperación de los recursos naturales no va a tener el impacto necesario para superar los desequilibrios ecológicos. Del mismo modo, el desconocimiento de la importancia de las Áreas de Conservación impide una adecuada administración de los recursos naturales y conduce a una falta de apropiación comunitaria de estas áreas (Cano & Zamudio, 2016).

No obstante, el conocimiento científico de los investigadores permite dar a conocer la importancia y utilidad de la recuperación de los ecosistemas de manera integral. Es así que se pueden llevar a cabo diagnósticos precisos del estado de deterioro de los ecosistemas, de tal forma que las acciones de restauración que se emprendan sean apropiadas y efectivas.

FACTOR SOCIAL Y CULTURAL

Los planes de restauración ecológica deben de estar articulados e integrados por la comunidad en un plano de interacción activa y continua, de esto depende el éxito de cualquier proyecto ecológico (Vargas, 2001). Una de las principales amenazas de los ecosistemas son los disturbios de origen antrópico, por ejemplo: la ampliación del uso del suelo por cultivos ilícitos o la explotación intensa en la incorporación de las fronteras agropecuarias al sistema productivo del país, el conflicto armado, entre otras (Baribbi & Spiikers, 2011); terminan siendo procesos que han generado el reemplazo y transformación de extensas áreas y ecosistemas naturales, limitando la biodiversidad y los servicios ecosistémicos locales que sostienen las poblaciones humanas.

Es por ello que la participación comunitaria es de suma importancia desde la formulación de planes de restauración, pasando por su ejecución, la consolidación y finalmente el monitoreo, obteniendo así resultados satisfactorios en pro de la restauración y la compensación a las necesidades básicas de las comunidades locales (Ibáñez, 2008). Entendiendo por comunidad campesinos, indígenas, afrocolombianos, niños, jóvenes, adolescentes, adultos, estudiantes, ONG’s, docentes, ingenieros, ecólogos, antropólogos, sociólogos, trabajadores sociales y demás.

En este contexto, para reducir los efectos de estas actividades, se crearon lugares de conservación de bosques nativos altoandinos, como las Áreas de Conservación de los que son propiedad del municipio de Quimbaya. Se reporta que en estas áreas se dedicaban a actividades agropecuarias y plantaciones de especies exóticas. Por eso es necesario implementar estrategias para mejorar el área, buscando integrar la participación de la comunidad garantizando un monitoreo y entendiendo que el empleo local y las oportunidades de negocio a través de proyectos de restauración ecológica impactan favorablemente la economía de las familias vecinas.

PROBLEMÁTICAS

El poco conocimiento sobre la importancia de la de conservación genera problemas en las áreas, un ejemplo claro es la mala intención de algunos habitantes frente a la caza ilegal e indiscriminada de animales con fines lucrativos, esto hace que la educación ambiental sea una necesidad priorizada para las comunidades y/o habitantes aledaños a estos núcleos de conservación (Figura 38).

Así mismo, queda evidenciado el desconocimiento acerca de las áreas de conservación del municipio de Quimbaya, esta falta de información tanto de literatura publicada como de las personas se convierte en una problemática frente a los planes de restauración ecológica, además, la falta de articulación con las instituciones académicas, limita la realización de programas educativos enfocados a la restauración, de planes, pasantías y proyectos de alto impacto relacionados con la conservación y el manejo ecológico del paisaje.



Figura 38. Charlas de educación ambiental a la comunidad aledaña a las áreas de conservación Cajones-Quimbaya.

ESTRATEGIAS Y HERRAMIENTAS METODOLÓGICAS PARA LA PARTICIPACIÓN COMUNITARIA

La comunidad debe ser preparada o sensibilizada con base a lo que las investigaciones científicas evidencian, de tal manera que comprendan e integren el conocimiento sobre la importancia y el valor ecosistémico, esto indica proteger algunos bienes y servicios ambientales. Para lo cual, deben conocer plenamente las acciones de conservación, recuperación y protección de la flora y fauna de la región.

Una herramienta clave son los procesos de restauración ecológica y monitoreo diario de las zonas de estudio. Para ello se debe articular a la comunidad e instituciones como la academia; institución integrada por jóvenes dinámicos y generadores de actividades para la planeación y gestión de proyectos; cabe mencionar que el gobierno nacional mediante la Ley 1780 del 2 de Mayo del 2016, apoya y promueve el empleo y el emprendimiento juvenil a través de prácticas laborales, en el artículo 15 refiere que: “La práctica laboral como una actividad formativa desarrollada por un estudiante de programa de formación complementaria ofrecidos por las escuelas normales superior y educación superior de pregrado, durante un tiempo determinado, en un ambiente laboral real, con supervisión y sobre asuntos relacionados con sus área de estudio o desempeño y su tipo de formación; para el cumplimiento de un requisito para culminar sus estudios u obtener un título que lo acreditara para el desempeño laboral”; de esta manera la articulación de la academia contribuye a la misión y visión tanto del profesional como del Plan Nacional de Restauración Ecológica, Rehabilitación y Recuperación de Áreas Degradadas.

Otras estrategias como, el fortalecimiento del conocimiento local, el diálogo de saberes en encuentros con las comunidades e investigadores, las prácticas comunitarias en torno a la Restauración Ecológica, son procesos que favorecen el intercambio de conocimientos y planteamiento de acciones y prácticas que permitan crear herramientas para: recuperar la función y estructura de los ecosistemas, mitigar impactos antropogénicos como la reducción de la actividad ganadera, implementación de cultivos y desechos contaminantes.

En el enfoque de la poca información, se propone desarrollar actividades de investigación por parte de estudiantes a través de pasantías, trabajos de grado y proyectos de alto impacto relacionados con la conservación ecológica.

Cartografía Social

Se propone diseñar mapas cartográficos que representen el entorno natural, político, económico y cultural, empleando ilustraciones que puedan ser interpretadas por niños, adolescentes, jóvenes, adultos y personas de la tercera edad, generando así conocimientos que deberán ser complementados con recorridos en la zona para un aprendizaje proactivo y actualización de los mapas (Figura 39).

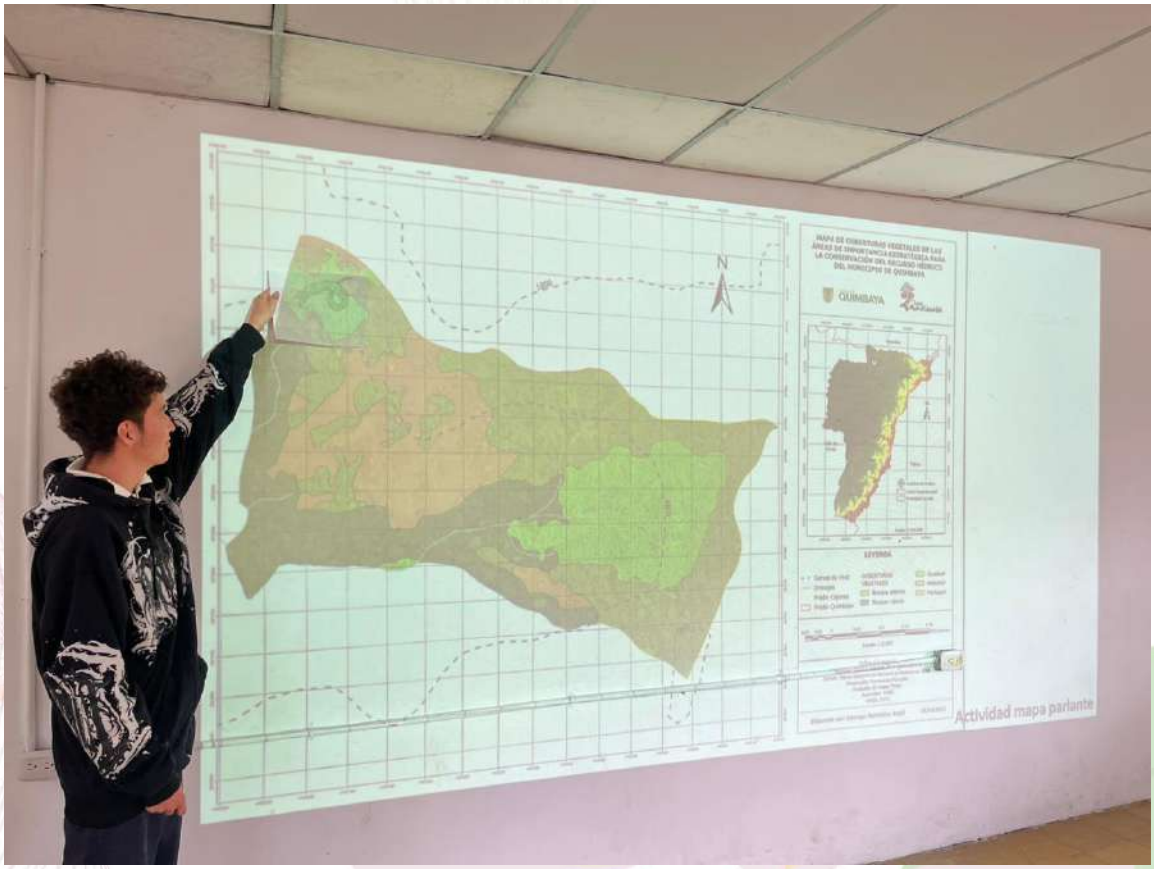


Figura 39. Proceso de cartografía social implementada en las capacitaciones de educación ambiental.

Capacitaciones y Orientación en la educación ambiental

Generar espacios para capacitaciones en torno a temas de importancia entre ellos: cómo proceder frente a incendios, cómo realizar denuncias de mal uso y caza indiscriminada de fauna entre otros temas de relevancia ecológica en biodiversidad y servicios ecosistémicos. Así mismo, orientar sobre el estado actual de algunas especies de fauna y flora, explicando la importancia de las mismas para el ecosistema. Todo lo anterior debe ser articulado con instituciones, investigadores y comunidades con el fin de generar estrategias de protección a corto, mediano y largo plazo (Figura 40).



Figura 40. Capacitaciones de educación ambiental realizadas en las instituciones Cajones-Quimbaya.

De este mismo modo, incentivar e involucrar a la comunidad en proyectos de monitoreo ambiental para flora y fauna, generando guías de control y manejo para la comunidad local, escuelas, colegios a partir de herramientas pedagógicas que indiquen la biodiversidad presente en su región y la cátedra de restauración ecológica. Teniendo en cuenta lo anterior, sugerimos charlas a estudiantes pertenecientes a las escuelas cercanas, quienes, con el aprendizaje adquirido y observaciones serán voceros de la importancia del cuidado ecosistémico de los núcleos de conservación del municipio.

Planificación de Estrategia Línea de Acción-Educación Ambiental "Comunidad & Ciencia"

- Generar un espacio de cultura para el conocimiento, uso y conservación de los recursos naturales, en donde se promueva la comunicación socio-ambiental con las comunidades aledañas al área los visitantes y/o turistas.

- Realizar un manual educativo para los habitantes aledaños al área sobre la importancia de las áreas de conservación incentivando a la protección de la biodiversidad y servicios ecosistémicos.

- Diseñar e implementar medidas que permitan ejercer una vigilancia más eficiente de las acciones ambientales desarrolladas en el área.

- Publicar guías regionales con una temática general acerca de la importancia de la avifauna, sistema edáfico y flora presentes en el área de conservación.

- Realizar talleres de formación para crear jóvenes investigadores.

- Apoyar investigación científica, como estudios de ecología de poblaciones e inventarios periódicos de la fauna y flora.

MONITOREO DEL PLAN DE REHABILITACIÓN ECOLÓGICA

La restauración ecológica requiere de un compromiso a largo plazo y que toma décadas para mostrar los resultados esperados (Rey Benayas et al., 2009, Moreno- Mateos et al., 2012). Conlleva un alto nivel de incertidumbre producto de la compleja naturaleza socioecológica de los proyectos, del entorno biofísico y de la naturaleza experimental de metodologías aún en desarrollo. Por añadidura, es una actividad costosa y que requiere de tiempo y espacio, especialmente cuando se requieren obras de ingeniería (Erskine, 2002).

Esta combinación de incertidumbre, largo plazo y alto costo le confiere a la restauración ecológica un alto nivel de riesgo, lo cual puede interferir con el apoyo del público y los donantes. Una forma de asegurar este apoyo es demostrando la eficiencia, efectividad e impacto de los proyectos, lo cual se logra con un programa de monitoreo. El monitoreo brinda transparencia y claridad en la rendición de cuentas y así genera confianza sobre el proyecto y su administración entre donantes y otros actores (Crawford & Bryce, 2003).

El monitoreo permite:

1) Controlar, durante la implementación del proyecto, que la inversión se haya hecho de la forma planificada en monto y tiempo.

2) Determinar, en distintos hitos de la ejecución, si se están cumpliendo o se han cumplido los objetivos a corto plazo y las metas a largo plazo.

3) Administrar el proyecto de forma adaptativa para hacer ajustes en respuesta a amenazas o resultados inesperados.

4) Extraer lecciones aplicables a otros proyectos. A pesar de los potenciales beneficios de realizar monitoreo, esta no es una práctica frecuente, y cuando se realiza adolece de problemas de diseño y rigurosidad en la obtención, manipulación y procesamiento de la información (Legg & Nagy, 2006).

El monitoreo hace parte así, de las fases para la formulación e implementación del proyecto de restauración (Figura 41).

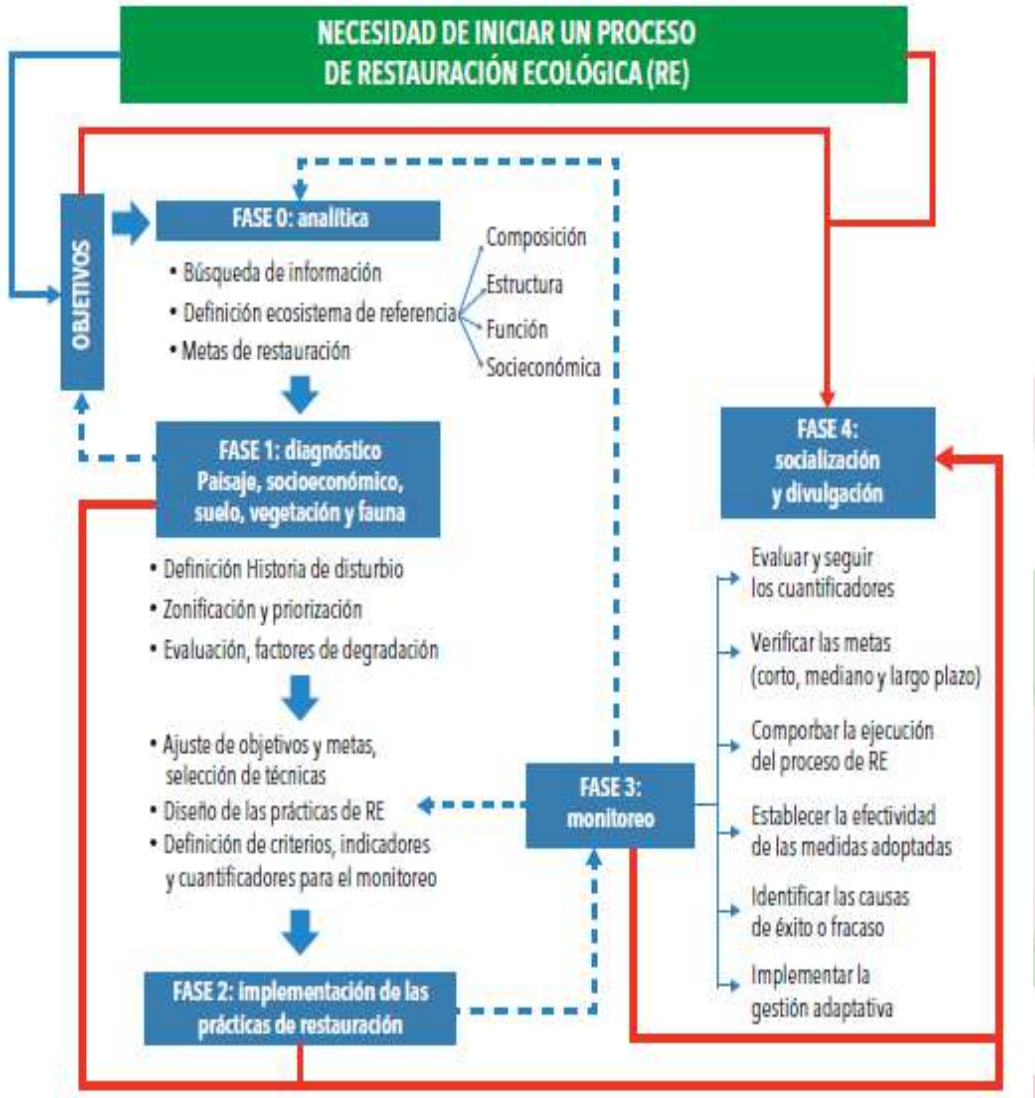


Figura 41. Fases para la formulación e implementación de un proceso de Restauración Ecológica (RE). Las flechas y líneas azules indican la dirección entre fases. Las líneas azules punteadas indican que se requiere regresar a la fase anterior para verificar o ajustar el proceso de RE. Las flechas y líneas rojas indican el vínculo de cada momento del proceso con la Fase 4: socialización y divulgación (Tomado de: Aguilar & Ramírez, 2015).

A continuación, se presentan las propuestas de monitoreo al proyecto de rehabilitación por cada componente:

MONITOREO PARTICIPATIVO EN LA REHABILITACIÓN ECOLÓGICA

El término “monitoreo participativo” se aplica a actividades de monitoreo que suponen la participación de personas locales que no cuentan con capacitación profesional, especializada y que tienen distinto grado de conocimiento, experiencia, roles sociales e intereses. Es un proceso continuo en el que los usuarios locales registran sistemáticamente información acerca de su bosque, reflexionan al respecto y llevan a cabo acciones de gestión en respuesta a lo aprendido (Evans & Guariguata, 2008).

Un plan de restauración ecológica puede estar fundamentado científicamente y respaldado por información sólida, pero si la estrategia es percibida por la comunidad aledaña como una actividad ajena, es probable que los ecosistemas no sean respetados por sus vecinos. Así, para lograr una mayor apropiación en la rehabilitación del paisaje, el monitoreo debe estar a cargo de las comunidades locales con acompañamiento técnico y científico adecuado (Figura 42), es por esto, que todas las estrategias establecidas en el proyecto involucra a las comunidades locales en los eventuales monitoreos y planes de restauración para las áreas de conservación del municipio de Quimbaya.

Dado que el entorno social tiene una importancia crítica para definir la viabilidad y los impactos potenciales de la restauración ecológica, el diseño de cualquier iniciativa de restauración debería incluir los siguientes aspectos:

- Un análisis de los factores humanos relacionados con la degradación, destrucción o daño del sitio.

- Una valoración de las limitaciones que impone y las oportunidades que ofrece el entorno social.

- Una comprensión de las preferencias, gustos y expectativas de las comunidades con relación al proceso de restauración



Figura 42. Experiencia del trabajo con la comunidad aledaña a áreas degradadas. Tomado de Compañía cafetera la meseta.

Indicadores Socioeconómicos de la Restauración

Los indicadores son variables o parámetros de un sistema que se miden repetidamente a lo largo del tiempo para documentar cambios en una condición específica (Egan & Estrada, 2013). Los indicadores pueden medir dimensiones de los proyectos tales como la participación colaborativa, los impactos y resultados económicos, el apoyo del público a la iniciativa de restauración o los impactos de la divulgación, educación y entrenamiento (Egan & Estrada, 2013). La Tabla 2 presenta algunos indicadores socioeconómicos:

Tabla 2. Indicadores socioeconómicos básicos para proyectos de restauración de bosques (adaptado de Egan & Estrada, 2013).

CRITERIO	INDICADOR	CUANTIFICADORES
Participación Colaborativa	Personas involucradas o representadas en los proyectos de restauración	Número de individuos y grupos de beneficios involucrados en el diseño, implementación y monitoreo de proyectos

Sostenibilidad comunitaria	Generación de oportunidades de negocio	Número de empresas locales creadas a través del proyecto
Impactos y resultados económicos	Generación de empleo	Número de miembros de la comunidad Número de jornales o empleos generados en el proyecto
Apoyo a la restauración	Compromiso de la comunidad local con el monitoreo	Número de personas que participan voluntariamente en el monitoreo
Fortalecimiento de capacidades locales	Participación de los jóvenes en el logro de los objetivos del proyecto Oportunidades de entrenamiento	Número de jóvenes que participan en el Proyecto Número de trabajadores y miembros de las comunidades entrenados

Por otra parte, los indicadores relacionados con el aumento en la generación de bienes y servicios ambientales no han sido utilizados suficientemente para entender y documentar los impactos socioeconómicos de la restauración ecológica. Es necesario estimar los impactos de mediano y largo plazo de los proyectos en términos del número de personas que se benefician con el incremento en la generación de bienes y servicios ambientales en el área recuperada (Tablas 3 y 4).

Tabla 3. Algunos indicadores socioeconómicos usados en el monitoreo de proyectos de restauración. Indicador: Generación de empleo y oportunidades de negocios.

ESCALA TEMPORAL	CUANTIFICADORES
Corto Plazo	Número de jornales que se invierten en el proceso de restauración Número de personas beneficiadas con oportunidades de negocio

	Ingresos generados a través de negocios la producción de plántulas o insumo
Mediano Plazo	Número de negocios que persisten después de finalizar la ejecución del proyecto
Largo Plazo	Número de negocios estables que persisten en el tiempo (viveros comunitarios, oferta de servicios de siembra y mantenimiento de plantaciones)

Tabla 4. Indicador: Fortalecimiento de capacidades locales y generación de conocimientos.

ESCALA TEMPORAL	CUANTIFICADORES
Corto Plazo	Número de personas capacitadas a través del proyecto de restauración Número de actores locales involucrados en procesos de monitoreo o investigación en las áreas en proceso de restauración
Mediano Plazo	Número de personas que cambian su modo de generación de ingresos gracias al aprendizaje de técnicas de restauración
Largo Plazo	Número de personas o grupos comunitarios en capacidad de asesorar a otras comunidades en procesos de restauración Compromiso de la comunidad vecina con el área restaurada (iniciativas de protección, educación ambiental y uso sostenible

MONITOREO DEL COMPONENTE FLORÍSTICO

Para revertir los efectos de la degradación de ecosistemas disturbados por las acciones antrópicas, una de las principales técnicas es la incorporación de especies vegetales tanto para mitigar, sanear y reemplazar condiciones adversas que ayuden a impulsar la recuperación y recubrimiento de las áreas degradadas (Márquez-Huitzil, 2005). Un monitoreo constante y permanente de la vegetación se considera un seguimiento continuo, en espacio y tiempo definidos, de acciones desarrolladas con la finalidad de contrarrestar efectos de determinados disturbios y con el propósito principal de obtención en información útil desde tres criterios: 1) estructura, 2) composición y 3) función (Barrera et al., 2007). Con lo anterior, se pretende: evaluar la trayectoria de procesos de restauración y ayudar a la selección de técnicas adaptativas para asegurar el éxito de las medidas de restauración o rehabilitación ecológica (Díaz-Martín, 2007).

Un proceso de restauración o rehabilitación ecológica no es viable sin un monitoreo permanente en el caso particular de la vegetación (Vallauri et al., 2005), ya que un seguimiento continuo que toma este determinado proceso con el área disturbada, contribuye a conocer el éxito de las acciones desarrolladas; igualmente permite identificar las fallas en los procesos y plantear posibles medidas adaptativas que puedan optimizar los esfuerzos técnicos y económicos en búsqueda de los objetivos planteados (Vallauri et al., 2005). Dependiendo de la calidad de información obtenida a través del monitoreo, se demostrarán los resultados obtenidos con las acciones de restauración o rehabilitación en corto, medio y largo plazo.

Aquí, presentamos una serie de recomendaciones para evaluar el monitoreo permanente de la vegetación, con aplicabilidad a cualquier proceso de restauración con especies vegetales a escala local y sobre los ecosistemas degradados (Vallejo et al., 2005). También, incluimos adaptaciones de algunas técnicas para estudios ecológicos (largo, mediana y corto plazo), en las que se incluyen especificaciones propuestas por Camargo (2007), Vargas (2007) y Barrera et al. (2010).

Reconocimiento del Área y los Procesos de Restauración, Rehabilitación y Recuperación Ecológica

Por medio de la cartografía disponible del área disturbada de las áreas de intervención y las visitas iniciales al área de trabajo, se debe realizar un reconocimiento de cada proceso de restauración, así como los intentos de los ensayos que fueron establecidos para recuperar dichas áreas.

Dependiendo de la forma y tamaño seleccionados para monitorear, se instalarán vértices fijos (cuadrantes, parcelas) o puntos centrales (parcelas circulares) con un tubo de PVC (½") de color naranja. Esto permitirá la facilidad de localización e identificación de cada ensayo en futuras mediciones (Figura 43). Adicionalmente, se registrarán con un GPS las coordenadas de todos los vértices primarios, marcados con una placa de aluminio, donde se indique el nombre del ensayo y sus respectivas coordenadas.

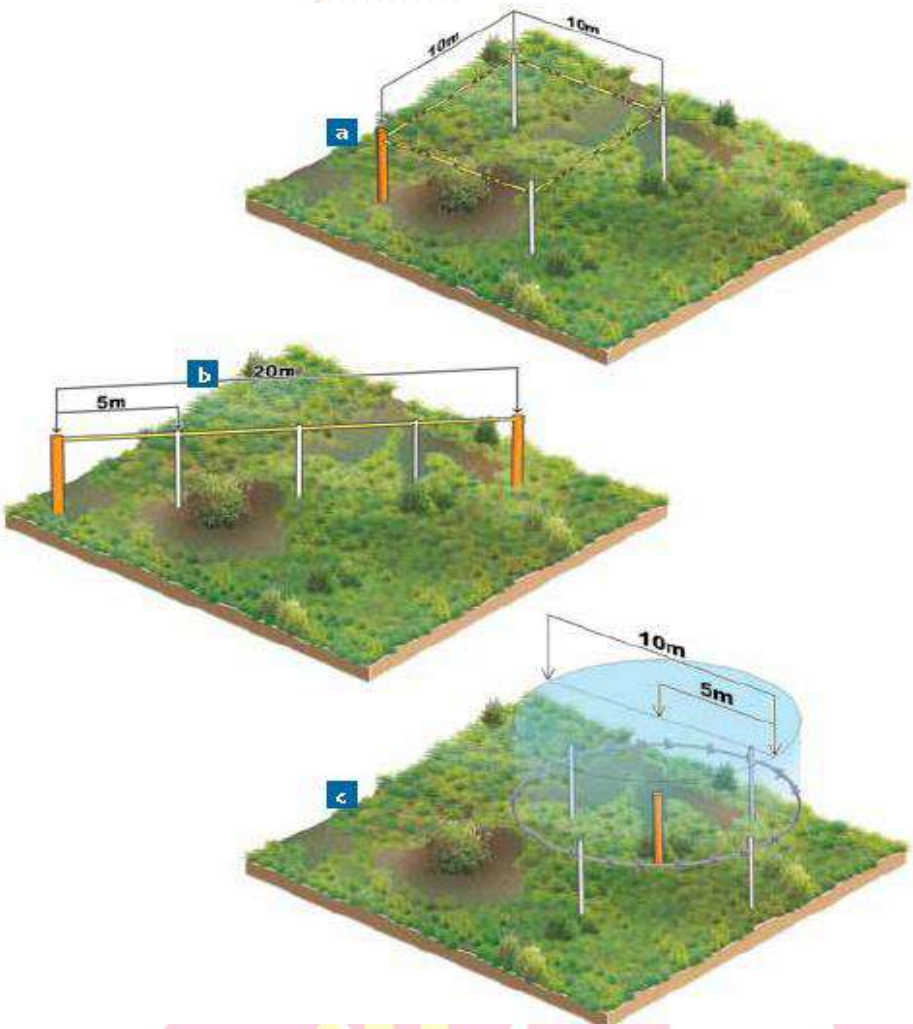


Figura 43. Instalación de vértices primarios (color naranja) y secundarios (color blanco). a) parcela cuadrada, b) transecto lineal, c) parcela circular.

Marcación de Individuos Vegetales

Al interior de cada parcela, se deben identificar y registrar todos los individuos vegetales, tanto los individuos plantados como sus asociados, incluyendo los estratos propuestos por Rangel y Lozano (1986). Se debe marcar la circunferencia del tallo más grueso de cada individuo, con pintura asfáltica de color amarillo; si son de estratos arbustivos (1.5-5 m), arbolitos (5-12 m) y estrato arbóreo (>25 m), se marcará la circunferencia a la altura del pecho (a una altura de 130 cm desde el suelo); cada individuo debe ser marcado con un identificador numérico único, se recomienda usar números consecutivos (Figura 44).

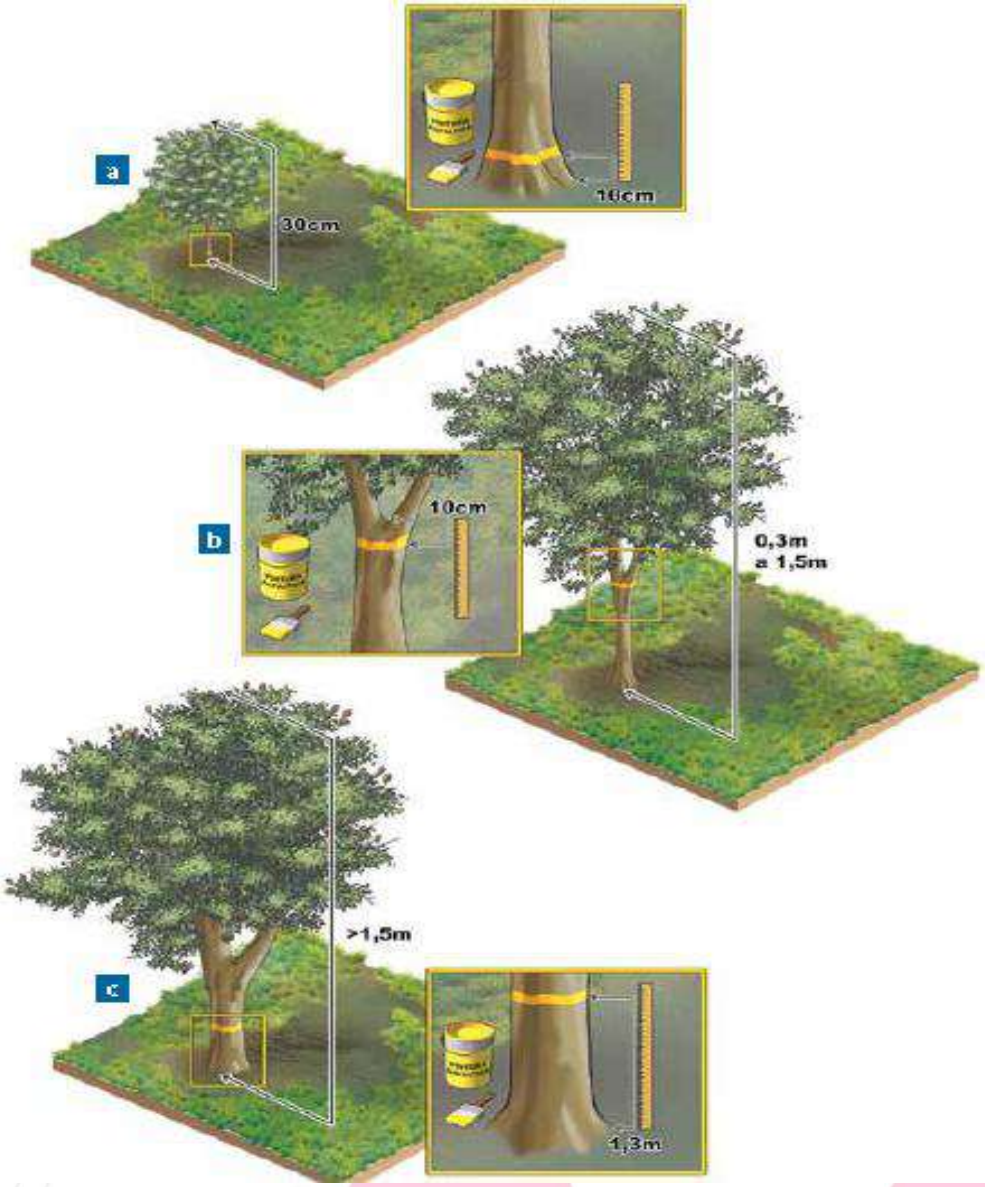


Figura 44. Marcación de individuos vegetales plantados; a) estrato rasante, b) en el estrato herbáceo la marcación de la circunferencia (0,3-1,5 m de altura); c) en estratos superiores al arbustivos (>1,5 m de altura). El lugar óptimo de marcación y de medida es el lugar donde el tronco es más cilíndrico.

TOMA DE DATOS

Teniendo en cuenta el levantamiento de información, que debe ser realizada con el mayor rendimiento en tiempo y costos, se debe consignar la mejor información posible para el análisis de los indicadores y los criterios del estudio, entre los datos que son eficientes y pueden ser estandarizados son la toma de datos directos, entre estos:

Diámetro (cm): a cada individuo vegetal, se le medirá la circunferencia del tallo que fue anteriormente marcada con pintura, con ayuda de un calibrador o una cinta métrica, con este último se calcula el diámetro dividiendo por π (3.1416) la circunferencia (Figura 45). Puesto que tanto el calibrador como la centimétrica maneja números decimales, sus cálculos deberán ser aproximados a esta cifra.

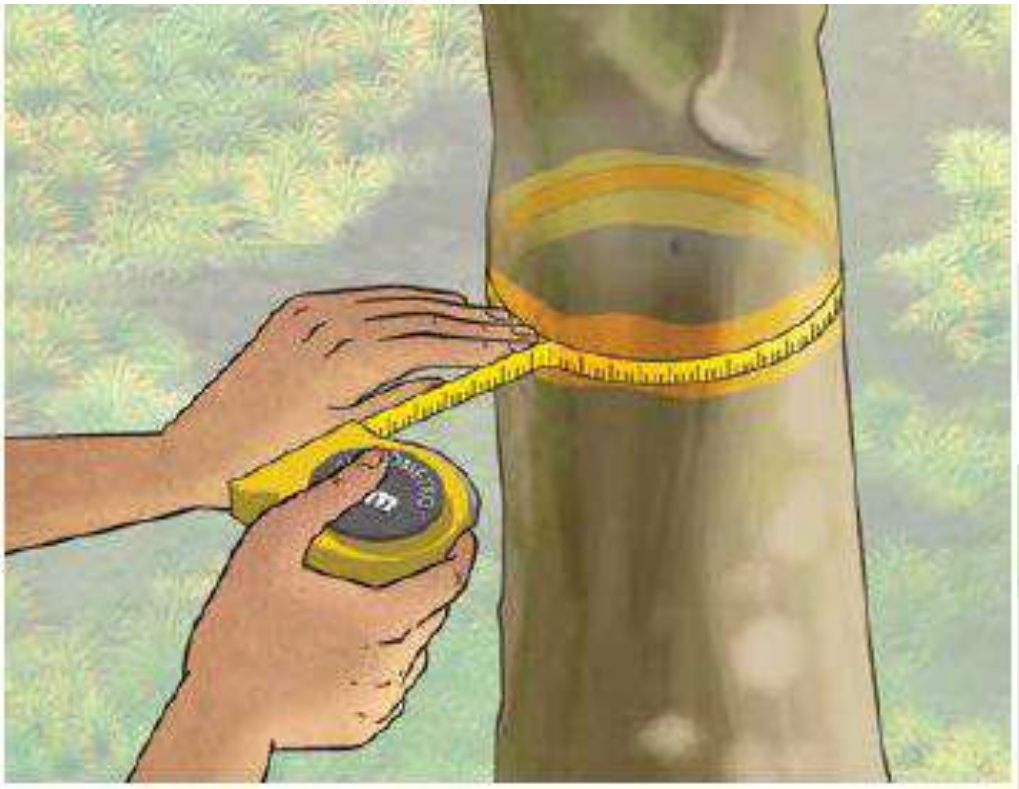


Figura 45. Medición del diámetro de los tallos, este se realiza encima de la pintura.

Diámetro de copas (m): las medidas de las copas se realizarán con un flexómetro, tomando los extremos tanto ortogonales como de la copa mayor (Figura 46), estos valores serán promediados obteniendo el diámetro definitivo. Esta medida de precisión es el centímetro, por tal motivo, sus cálculos se aproximarán a este.

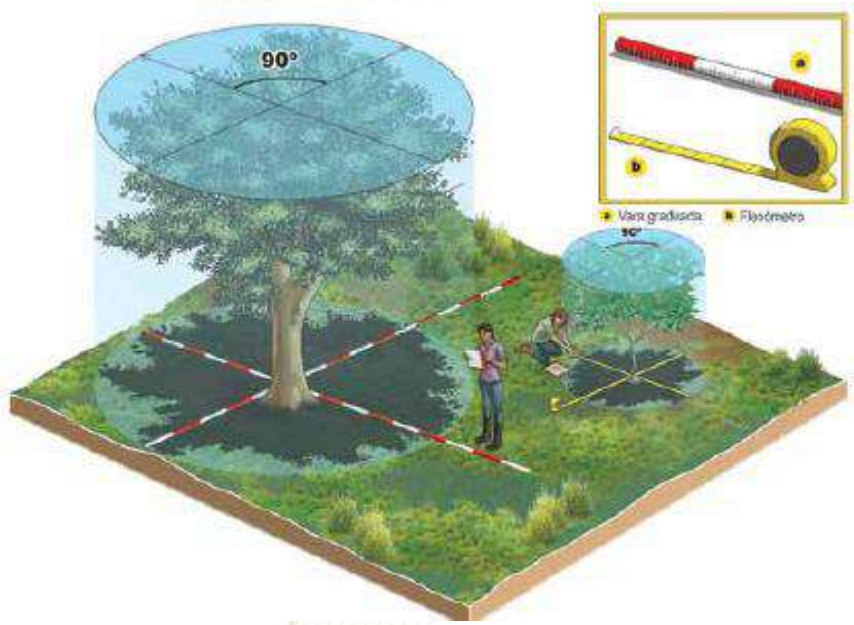


Figura 46. Medición del diámetro de copa. Posicionar las varas graduadas en los extremos de proyección de la copa.

Altura (m): Con ayuda de un flexómetro, se tomará la altura de cada individuo, desde la base hasta la rama más apical; los individuos con alturas superiores a 3 m, serán estimados sus alturas con ayuda de una vara graduada de 1.5 m, o utilizando un hipsómetro (Figura 47).

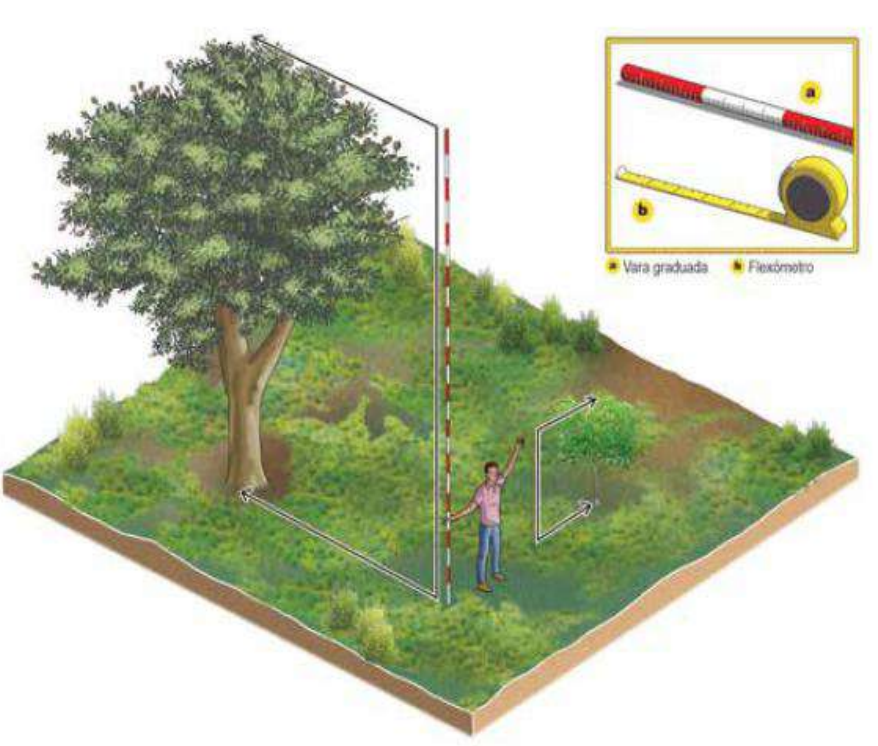


Figura 47. Medición de la altura por medio de una Vara graduada.

Identificación taxonómica y origen de las especies: A cada individuo inventariado en campo, se les registrará en lo posible con el nombre común, que puede ser suministrado por conocedores locales e igualmente con los nombres científicos reconocidos por el equipo técnico y auxiliares de campo. Las especies que no logren ser determinadas, deben ser colectadas para su posterior identificación con la ayuda de colecciones de herbarios. Es importante seguir un sistema único de clasificación, en este caso el recomendado por el APG VI (Angiosperm Phylogeny Group; Haston et al., 2009).

Fenología: Esta va incluida en la base de datos, donde se incluye información sobre la presencia de estructuras reproductivas, por ejemplo: flores, frutos, brácteas, entre otros, de los individuos registrados en campo, para cada monitoreo, así como la fecha de ocurrencia.

Origen: Con base en información suplementaria, se deberá incorporar en la base de datos, la información asociada con el origen las especies en dos categorías las cuales son: nativa e introducida.

Regeneración: De acuerdo a la metodología propuesta por Barrera et al. (2010), el estado de regeneración o vegetación asociada en los distintos ensayos, serán registrados tomando la cobertura ocupada por las morfoespecies en cuadrantes 100 de 10 x10 cm.

Este análisis permitirá demostrar la efectividad de las estrategias que tenían como objetivo las especies adecuadas para la rehabilitación y el desarrollo sostenible de los servicios ecosistémicos. Cabe resaltar que esta evaluación requiere tiempo en campo y procesamiento de datos (Corto, Mediano y Largo plazo). Por consiguiente, se debe tener en cuenta los criterios, indicadores y cuantificadores expuestos en la Tabla 5.

Tabla 5. Indicadores sugeridos para el seguimiento de los procesos de rehabilitación en el espacio y tiempo a través del monitoreo permanente en el corto, mediano y largo plazo.

CRITERIOS	INDICADORES		CUANTIFICADOR	FUENTE	PLAZO		
	INDICADOR	ANÁLISIS			C	M	L
Composición	Índice de riqueza de especies	Familias-especies	Riqueza (R)	Moreno (2001)	X		

Composición-estructura	Índice de riqueza específica	Familias-especies-número de individuos	Menhinick (M)	Moreno (2001)	X	X	X
	Índice de diversidad y abundancia proporcional (equidad)		Shannon-Wiener (H') Pielou (J')	Moreno (2001)	X	X	X
	Índice de diversidad y abundancia proporcional (dominancia)		Simpson (D)	Moreno (2001)	X	X	X
	Índice de disimilaridad	Familias-especies	Bray-Curtis (Dy)	Ramírez (1999), Ochoa (2005)	X	X	X
	Índice de valor de importancia de las especies	Especies-número de individuos-diámetro-localización espacial	IVI relativo (Abundancia, frecuencia y dominancia relativa)	Rangel y Velázquez (1997)	X	X	X
Estructura	Índice de densidad	Número de individuos-Localización espacial	Individuos por área	Rangel y Velázquez (1997)	X	X	
	Tasa de mortalidad y reclutamiento	Número de individuos	T_M, T_R	Swaine y Lieberman (1987)		X	X

	Relación de desarrollo del tallo	Diámetro-número de individuos	ICA (Diámetro)	Contreras (1998)		X	X
	Relación de crecimiento vertical	Altura-número de individuos	ICA (Altura)	Contreras (1998)		X	
	Factor de ocupación del espacio	Cobertura de copa-número de individuos	ICA (Cobertura)	Contreras (1998)		X	
Composición-función	Valor de existencia	Especies-origen	Nativa-Introducida	Casanoves et al. (1999)		X	
Función	Índice de adelanto floral		Maduración fenológica				X

MONITOREO DE LA AVIFAUNA

Sekercioglu (2006) y Wenny et al. (2011) afirman que las aves son consideradas conectores móviles que facilitan la transferencia de materia y energía y, en consecuencia, son elementos claves en el mantenimiento de la función y resiliencia de los ecosistemas, así como en la provisión de servicios ecosistémicos (Whelan et al., 2008; Haines-Young & Potschin, 2013).

En los procesos de restauración y rehabilitación ecológica, la avifauna es un factor importante ya que: permite evaluar la efectividad de las estrategias de restauración que involucran directa e indirectamente al componente vegetal, ya que responden a cambios en la estructura de la vegetación local (Ahumada, 2001; Barlow et al., 2002; Pearman, 2002; Jones et al., 2012), la composición florística y la disponibilidad de recursos alimenticios (Bersier & Meyer, 1994) y hace parte de procesos ecológicos que son la base del funcionamiento de los ecosistemas y del avance de la sucesión como la dispersión de semillas, el control biológico y la polinización (Sakercioglu, 2006; Whelan et al., 2008; Wenny et al., 2011).

Cada área en proceso de restauración puede originar una variedad de respuestas en las aves dependiendo del hábitat, la configuración del paisaje alrededor del área, el tamaño y la ubicación del área en recuperación, entre otros (Ortega-Alvarez & Lindig-Cisneros, 2012).

Así, como monitoreo para cada una de las coberturas intervenidas se recomienda realizar un muestreo que permita identificar la presencia y ausencia de las aves, uno de los objetivos planteados en el proyecto es aumentar el número de individuos pertenecientes a los dispersores de semillas por medio de perchas artificiales y establecimiento de plantas que sirvan como alimento y sitio de percha, y el número de aves polinizadoras aumentando la cobertura vegetal que posea plantas dependientes de ciertas aves que cumplan esta función.

MÉTODOS PROPUESTOS

Registros Visuales

Los registros visuales facilitan el conteo de individuos y la identificación de las especies, así como la descripción de las actividades o el uso que están haciendo las aves del área (Figura 48). Estos registros son realizados a través del uso de binoculares. Si el objetivo es registrar las aves que hacen uso del área en proceso de restauración, se recomienda no incluir dentro de los individuos registrados aquellos que solo pasan, pero no usan el área (Aguilar & Ramirez, 2015)



Figura 48. Registro visual de Aves.

Por otro lado, los registros auditivos son de gran utilidad ya que permiten identificar aquellas especies de aves crípticas de difícil observación y captura. Al igual que los registros visuales, la identificación auditiva de especies de aves requiere gran entrenamiento por parte del investigador; se recomienda hacer el mayor número de registros fotográficos y grabación de las vocalizaciones de las especies detectadas en el área para su posterior identificación y corroboración taxonómica.

Los registros realizados pueden ser corroborados con bibliografía especializada como: Hilty & Brown (1986, 2001) y Restall et al. (2006). A nivel taxonómico se recomienda seguir la propuesta de Remsen et al. (2014) y para los registros auditivos la página web de Xenocanto.

Por medio de información secundaria y anotaciones de campo se pueden identificar los grupos alimenticios de las especies de aves registradas en el área en proceso de restauración. Algunos autores a considerar son Stiles y Rosselli (1998) y Stotz (1996), quienes presentan el grupo de dieta, la técnica y altura de forrajeo para un gran número de especies. De igual forma, las guías de campo mencionadas anteriormente también pueden complementar dicha información, así como la consulta de investigadores con gran experiencia en el campo ornitológico.

Igualmente, se recomienda la realización de Recorridos *ad libitum* en el área en proceso de restauración, pues permitirá evaluar la presencia o ausencia de diferentes especies y grupos de aves, mediante recorridos libres de 4 a 5 horas aproximadamente, definidos

por los horarios de mayor actividad de las aves (en la mañana de 5:30 a.m a 10:30 a.m y en la tarde de 4:00 p.m a 6:00 p.m) deben tomarse de forma aleatoria todos los registros directos (especies observadas en las coberturas) e indirectos (Identificación de cantos).

Aguilar & Ramirez (2015) recomiendan que, considerando la relación de la avifauna con la vegetación en el proceso de dispersión de semillas, debe evaluarse la relación de su composición y diversidad con variables de vegetación como:

- Abundancia y riqueza de especies de plantas ornitócoras.
- Abundancia de frutos ornitócoros.
- Presencia o abundancia de troncos muertos como posibles perchas que incentiven la llegada de especies frugívoras y, en consecuencia, la dispersión de semillas.
- Tamaño de los frutos: puede hacerse el análisis de la relación entre diferentes rangos en el tamaño de frutos y semillas, con los rangos del tamaño corporal de las especies de aves frugívoras y sus picos.

Este análisis permitirá demostrar la efectividad de las estrategias que tenían como objetivo la llegada de aves frugívoras dispersoras de semillas como ayuda al proceso de rehabilitación. Cabe resaltar que esta evaluación requiere tiempo en campo y procesamiento de datos. Deben de tenerse en cuenta los criterios, indicadores y cuantificadores expuestos en la Tabla 6.

Tabla 6. Criterios, indicadores y cuantificadores para la evaluación y seguimiento de la dispersión de semillas asociada a la avifauna en proyectos de restauración ecológica.

CRITERIO	INDICADOR	CUANTIFICACIÓN	DESCRIPCIÓN
Composición	Aves Frugívoras	Porcentaje de especies de aves frugívoras.	Da una estimativa de aves frugívoras, potenciales dispersores de semillas en el área.
			% Af= (número de especies de aves frugívoras/número total de especies de aves) x100.

Estructura	Diversidad de especies de aves frugívoras.	Tasa de cambio del índice de Shannon-Wiener para aves frugívoras.	De acuerdo a las características de dichas especies se podrá tener una aproximación del aporte de las aves al proceso de restauración.
			Índice de Shannon-Wiener $$H' = -\sum_{i=1}^{S} p_i \ln p_i$$
			pi: abundancia proporcional de la especie frugívora i con respecto a la abundancia total de especies de aves frugívoras.
			Estima el cambio de la diversidad de aves frugívoras en el tiempo, considerando tanto la abundancia como la riqueza.
		Tasa de cambio del índice de Simpson para aves frugívoras (dominancia)	Índice de Simpson $D = 1/ \Sigma p_i^2$ Estima el cambio de la dominancia de ciertas aves frugívoras en el tiempo, considerando tanto la abundancia como la riqueza.

Según Aguilar & Ramirez (2015) al igual que en el caso de la dispersión de semillas es recomendable evaluar la relación de la composición y diversidad de aves polinizadoras con variables de vegetación como:

- Abundancia de especies de plantas con flores con características atrayentes para la avifauna.

- Este análisis permite evaluar si la polinización está siendo afectada por la abundancia de recursos para las aves nectarívoras y si es necesario incrementar el número de especies vegetales que producen flores con características atrayentes para la avifauna para incentivar el proceso de polinización en el área.

- Diversidad de especies de plantas con flores con características atrayentes para la avifauna. Permite evaluar la probabilidad de intercambio de material genético (polen) de un mayor número y diversidad de especies vegetales gracias a la avifauna nectarífera. Se espera que a mayor diversidad de plantas mayor oferta tendrán las aves nectarívoras y, en consecuencia, mayor intercambio de material genético (polen) ocurrirá en el área en proceso de rehabilitación.

Si se presenta el caso contrario se recomienda evaluar la necesidad de implementar medidas que incrementen la oferta de néctar para las aves y así el proceso de polinización. Al igual que la dispersión de semillas por aves frugívoras se establecen los criterios, indicadores y cuantificadores expuestos en la Tabla 7.

Tabla 7. Criterios, indicadores y cuantificadores para la evaluación y seguimiento de la polinización asociada a la avifauna en proyectos de restauración ecológica.

CRITERIO	INDICADOR	CUANTIFICACIÓN	DESCRIPCIÓN
Composición	Aves Nectarívoras	Porcentaje de especies de aves nectarívoras.	Da una estimativa de aves frugívoras, potenciales polinizadores del área.
			% Af= (número de especies de aves nectarívoras/número total de especies de aves) x100.
	Aves ladronas de néctar.	Porcentaje de especies de aves ladronas de néctar.	El número de aves ladronas de néctar que, aunque consumen néctar no polinizan las plantas.

			% Af= (número de especies de aves ladronas de néctar/número total de especies de aves) x100.
			Si se presenta un alto porcentaje de aves ladronas de néctar, y es mayor con respecto al porcentaje de aves polinizadoras, se puede inferir que no se está dando la polinización en el área por parte de las aves, lo que conlleva a la reducción de las poblaciones vegetales que dependen de ellas y la pérdida o reducción de su diversidad genética.

Se sugiere que las mediciones sean realizadas como mínimo una vez al año tanto en las áreas restauradas como de referencia. No obstante, esta frecuencia puede variar de acuerdo a la fenología de la vegetación y a los pulsos de las poblaciones de especies vegetales o animales consideradas como plagas.

BIBLIOGRAFÍA

Abreu Z., L. D. Llambí & L. Sarmiento. 2009. Sensitivity of soil restoration indicators during paramo succession in the high tropical Andes: chronosequence and permanent plot approaches. Restoration Ecology 17:619–627.

Afanador, J. 2007. pH en agua por electrometría. Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales. Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial. Colombia.

Aguilar M., & Ramírez W (eds.) 2015. Monitoreo a procesos de restauración

Aguilar M., J. Sierra, W. Ramírez, O. Vargas, Z. Calle, W. Vargas, C. Murcia, J. Aronson yJ. I. Barrera Cataño. 2015. Towards a post-conflict Colombia. Restoring to the future. Restoration Ecology 23 (1): 4-6.

Aguilar, B. 2014. El suelo de cultivo y las condiciones climáticas. AGAF0108. IC Editorial. 240 pp.

Aguilar, M., & Torres, S. (2010). Protocolo de uso y aprovechamiento de la uva de anís, Cavendishia bracteata (Ruiz y Pavón ex Jaume Saint. Hillaire) Hoerold, en matorrales andinos del Altiplano Cundiboyacense. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt.

Aguilar-Garavito, M., & Ramírez-Hernández, W. 2016. Fundamentos y consideraciones generales sobre restauración ecológica para Colombia. Biodiversidad en la Práctica, 1(1).

Ahumada J. 2001. Impacto de la fragmentación sobre la reproducción, estructura y comportamiento de la comunidad de colibríes de bosque altoandino. Proyecto N°973. Fundación para la promoción de la investigación y la tecnología. Pontificia Universidad Javeriana. Bogota D.C.

Aide, T. M., Zimmerman, J. K., Herrera, L., Rosario, M., & Serrano, M. (1995). Forest recovery in abandoned tropical pastures in Puerto Rico. Forest Ecology and Management, 77(1-3), 77-86.

Alexander, S., J. Aronson, A. Clewell, K. Keenleyside, E. Higgs, D. Martinez, C. Murcia, y C. Nelson. 2011a. Re-establishing an ecologically healthy relationship between nature and culture: The mission and vision of the Society for Ecological Restoration. Pages 11-14 En: Secretariat of the Convention on Biological Diversity, editor. Contribution of Ecosystem Restoration to the Objectives of the CBD and a Healthy Planet for All People. Resúmenes de los carteles presentados en Reunión 15 del Órgano de Asesoramiento Científico, Técnico y Tecnológico del Convenio sobre Diversidad Biológica. Series técnicas No. 62. SCBD, Montreal, Canadá.

Alvarez, C., G. Williams & A.C. Newton. (2004). Experimental native trees seedling establishment for the restoration of a mexican cloud forest. Restoration Ecology 12(3): Pp 412-418.

Alvear, M.; Betancur, J.; Franco, P. (2010). Diversidad florística y estructura de remanentes de bosque andino en la zona de amortiguación del Parque Nacional Natural los Nevados, Cordillera Central Colombiana. Caldasia 32(1): Pp 39-63.

Alzate, F., Idarraga, A., Diaz, O., & Rodríguez, W. (2013). Flora de los bosque montanos de Medellin. Programa Expedición Antioquia.

Ángulo A. 2011. "Dispersión de semillas" Por aves frugívoras: Una revisión de estudios de la región neotropical". Tesis de Pregrado. Universidad pontificia Javeriana

Andrade-C. 2011.Estado del conocimiento de la biodiversidad en Colombia y sus amenazas. Consideraciones para fortalecer la interacción ambiente-política. Rev. Acad. Colomb. Cienc. 35 (137): 491-507, ISNN 0370-3908.

Andresen, E. 2000. Ecological roles of mammals: the case of seed dispersal. Future priorities for the conservation of mammalian diversity: Has the panda had its day? Cambridge University Press, Cambridge, UK. 455 pp.

Arango-Caro, S. 1994. El papel de las aves dispersoras de semillas en la regeneración de pastizales en el Alto Quindío Andes Centrales, Colombia. Informe final. Fundación Herencia Verde, BirdLife International, Wildlife Conservation Society y Fundación para la Promoción de la Investigación y la Tecnología, Cali, Colombia.

Arcos, M. Avila DE Navia, S. Estupiñan Torres, S & Gómez Prieto, A. 2005. Indicadores microbiológicos de las fuentes de aguas. NOVA- publicación científica ISSN: 1794-2470 VOL. 3 # 4: 1-116. áreas degradadas por minería a cielo abierto. En: Barrera-Cataño, J.I., S. Contreras Rodríguez, A.

Armenteras, D., Gast, F., & Villareal, H. 2003. Andean forest fragmentation and the representativeness of protected natural areas in the eastern Andes, Colombia. Biological conservation, 113(2), 245-256.

Arocena, R. & D. Conde (ed.). 1999. Métodos en Ecología de Aguas Continentales, con Ejemplos de Limnología en Uruguay. DIRAC/FC/UDELAR, Montevideo. 233 pp.

Aronson, J., S. J. Milton, y J. N. Blignaut. 2007. Restoring Natural Capital: Definitions and rationale. Pp. 3 - 8 En: J. Aronson, S. J. Milton, y J. N. Blignaut, editores. Restoring Natural Capital: Science, Business and Practice. Island Press, Washington, D. C. EE.UU

Arroyave, F.P. 2007. Contribución de la precipitación horizontal al ciclo hidrológico de los páramos, con referencia inicial al páramo de Guerrero. Tesis MSc. Universidad Nacional de Colombia. Medellín. 112p.

Arshad M. A., y S. Martin. 2002. Identifying critical limits for soil quality indicators in agro-ecosystems. Agriculture, Ecosystems y Environment 88:153–160.

Arévalo G. 2011. Composición de los fertilizante. Biblioteca digital zamorano.

Ataroff, M & Rada, F. 2000. Deforestation Impact on water dynamics in a Venezuelan andean cloud forest. Ambio 29(7):440-444.

Avella Muñoz, E. A. (2016) Los bosques de robles (Fagáceas) en Colombia: Composición florística, estructura, diversidad y conservación (Doctoral dissertation, Universidad Nacional de Colombia-Sede Bogotá).

Avendaño Ramírez, D. P., & Montoya Correa, J. 2007. Plan de gestión ambiental para el proceso productivo de la guadua en la Empresa Bambú de Colombia (Bachelor's thesis, Pereira: Universidad Tecnológica de Pereira).

Avendaño, D. 2007. Biomasa y capacidad de almacenamiento de agua de las epífitas en el páramo de Guerrero (Cundinamarca, Colombia). Tesis Ingeniería Forestal. Universidad Nacional de Colombia, Sede Medellín. Medellín. 78p.

Ayerbe-Quiñones, F., et al. 2011. Plan de Conservación y Manejo del Tucán Pechigris (Andigena hypoglauca). Sistema Regional de Áreas Protegidas del Eje Cafetero Colombiano (SIRAP-EC). Editorial ISBN: Primera edición, Pereira (Col)

Ballester, A.; Arias, M.; Cobián, B.; López, E.; Vieitez, E. 1998. Estudio de potenciales alelopáticos originados por Eucalyptus globulus Labill., Pinus pinaster Ait. y Pinus radiata D. PASTOS . 12 (2): 239-254.

Barba J., J. C. Yuste, & J. Martínez-Vilalta. 2013. Droughtinduced tree species replacement is reflected in the spatial variability of soil respiration in a mixed Mediterranean forest. Forest Ecology and Management 306: 79-87.

Baribbi, A., & Spijkers, P. 2011. Campesinos, tierra y desarrollo rural. Reflexiones desde la experiencia del tercer laboratorio de paz.

Barlow J., T. Haugassen y C.A. Perez. 2002. Effects of ground fires on understorey bird assambleges in Amazonian forest. Biological Conservation 105:157-69.

Barquelo-Salgado, D.; Ramirez-Arce, D.; Araya-Vargas, A.; Villalobos. 2014. Efectos inhibidores de crecimiento producidos por el ciprés, Cupressus lusitánica (Cupressaceae), en el Bosque de La Hoja, Heredia, Costa Rica. Cuadernos de Investigación UNED (ISSN: 1659-4266) Vol. 6(1): 35-42

Bassett, I. E., Simcock, R. C., & Mitchell, N. D. 2005. Consequences of soil compaction for seedling establishment: implications for natural regeneration and restoration. Austral Ecology, 30(8), 827-833.

Belsky, A. J.; Matzke, A. & Uselman, S. 1999. Survey of livestock influences on stream and riparian ecosystems in the western United States. Journal of Soil and

Bemhaja, M. (1993). Holcus lanatus L. La magnolia. INIA Tacuarembo.

Bentham H., J. A. Harris, P. Birch, y K. C. Short. 1992. Habitat classification and soil restoration assessment using analysis of soil microbiological and physico-chemical

Bersier L. F. y D. R. Meyer. 1994. Bird assemblages in mosaic forest–the relative importance of vegetation structure and floristic composition along the successional gradient. Acta O ecology International Journal of Ecology 15: 561-76.

BirdLife International 2011. Species factsheet: Andigena nigrirostris.

Borchsenius, F. & M. Moraes. 2006. Diversidad y usos de palmeras andinas (Arecaceae). Botánica Económica de los Andes. Plural Editores, La Paz, Bolivia. 412-433.

Bossa Cárdenas, R. F., & Garavito Guerrero, B. A. (2016). Plan de Conservación del Quercus Humboldtii en la Jurisdicción CORPOGUAVIO.

Broadvent, E., Asner, M. Keller, D. Knapp, P. Oliveira & J. Silva. 2008. Forest fragmentation and edge effects from deforestation and selective logging in the Brazilian Amazon. Biological Conservation 141: 1745-1757.

Brown, B.E. 1997. Disturbances to reefs in recent times. 354-379. En: Birkeland, C. (Ed.). Life and death of coral reefs. Chapman and Hall, Nueva York. 536 p.

Brown, S. & A.E. Lugo. 1990. Tropical secondary forests. 1. Trop.Ecol. 6: 1-32.

Báez, S.; Malizia, A.; Carilla, J.; Blundo, C.; Aguilar, M.; Aguirre, N. 2015 Large-Scale Patterns of Turnover and Basal Area Change in Andean Forests. PLoS ONE10(5): e0126594.

CASTELLANOS-CASTRO., & ARGENIS BONILLA, (2011). Grupos funcionales de plantas con potencial uso para la restauración en bordes de avance de un bosque altoandino. Acta Biológica Colombiana, 16(1).

CBD (Convention of Biological Diversity). 2012. Hyderabad call for a concerted effort on ecosystem restoration.

CONPES 3886/2017. Lineamentos de política y programa nacional de pagos por servicios ambientales para la construcción de paz. Bogota, D.C. Colombia.

CRQ & Fundación Las Mellizas. 2012. Análisis de Representatividad Ecosistémica, Identificación de vacíos y prioridades de conservación en el Departamento del Quindío. Convenio 061.

CRQ. 2009. Ajuste: Plan de Acción 2007-2011. Corporación Autónoma Regional del Quindío. Quimbaya, Quindío. 48-50p.

CRQ. 2012. Propuesta Plan de Manejo Área de Conservación La Picota, Vereda Cocora, Municipio de Salento, departamento del Quindío. Corporación Autónoma Regional del Quindío. 76p.

CRQ. 2015. Estudios Técnicos, Económicos, Sociales y Ambientales Complejo de Páramos Los Nevados: Convenio de Cooperación No. 13-13-014-214CE Instituto Humboldt – Corporación Autónoma Regional del Quindío. Bogotá, D.C. 354p.

CRQ. 2016. Plan de Acción Institucional 2016-2019. Asamblea Corporativa, Corporación Autónoma Regional del Quindío.

Cabrera, M. y W. Ramirez (Eds). 2014. Restauración ecológica de los páramos de Colombia. Transformación y herramientas para su conservación. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt (IAvH). Bogota, D.C. Colombia. 296 pp.

Cadenasso, M., S. Pickett. 2000. Linking forest edge structure to edge function: meditation of herbivore damage. Journal of Ecology 88: 31-44.

Cadenasso, M.L., S.T.A. Pickett, K.C. Weatherns & C.G. Jones. 2003. A framework for a theory of ecological boundaries. BioScience 53/8: 750-759.

Cairns, J. 1987. Disturbed Ecosystems as Opportunities for Research in Restoration Ecology. En: Jordan, W.R., Gilpin, M. & Aber, J. (eds.). Restoration Ecology. A Synthetic Approach to Ecological Research. Cambridge University Press. p. 307-320

Calderón-Sáenz, E. (2003). Plantas invasoras en Colombia, una visión preliminar. Programa de Biología de la Conservación, Línea de Especies Focales. Instituto Alexander von Humboldt. Bogotá. Documento electrónico disponible en: http://www. humboldt. org. co.

Cano, I y N. Zamudio. 2006. Recuperar lo Nuestro. Una experiencia de restauración ecológica con participación comunitaria en predios del Embalse de Chisacá. O. Vargas y Grupo de Restauración Ecológica (eds.) Universidad Nacional de Colombia, Acueducto de Bogotá, Jardín Botánico y Departamento Técnico Administrativo de Medio Ambiente.

Cantillo, E. E., & Gómez, A. F. (2004). La reserva natural de Yocoto: su vegetación leñosa. Colombia Forestal, 8(17), 75-93.

Caranqui, J., & Condoy, F. (2010). Diagnóstico florìstico en la microcuenca del rio Machangara, parroquia Baeza, canton Quijos, provincia del Napo.

Carantón-Ayala., D., 2007. Aproximación a la biología y ecología del perico paramuno (Leptosittaca branickii) en los bosques altoandinos del municipio de Génova, Quindío. Tesis. Facultad de Ciencias-Biología. Universidad del Tolima. Ibagué, Colombia.

Castaño, N. J. M., Garzón, N. C., & Campos, H. A. (2006). Aplicación de un modelo experimental de valoración económica del uso y manejo de la flora colombiana. Estudio de caso: Meliaceae y Anacardiaceae. Acta Biológica Colombiana, 11, 111.

Castaño-Villa GJ. & JC. Patiño-Zabala. 2008. Extinciones locales de aves en fragmentos de bosque en la región de Santa Elena, Andes Centrales, Colombia. Hornero 23 (1): 23-34.

Castelli, L., Spallasso, V. 2007. Planificación y conservación del paisaje: herramientas para la protección del patrimonio natural y cultural. Primera Edición - Buenos Aires: Fund. Naturaleza para el Futuro.

Castellón, T.D. & Sieving, K.E. 2006. An experimental test of matrix permeability and corridor use by an endemic understory bird. Conservation Biology, 20(1): 135-145.

Castiblanco-Álvarez, F. (2012). Control de pastos exóticos mediante sombreado artificial y reubicación de especies nativas como estrategias para la restauración ecológica del páramo andino (PNN Chingaza-Colombia) (Doctoral dissertation, Universidad Nacional de Colombia-Sede Bogotá).

Castro De Esparza, M. L. 1987. Parámetros físico-químicos que influyen en la calidad y en el tratamiento del agua. In Curso Taller sobre Control de Calidad Analítica (pp. 1-72). CEPIS.

Castro, E. 1999. Plantaciones de Monocultivos Forestales en la Zona Norte, Una Revisión Bibliográfica. Coecoceiba-Amigos de la Tierra, Costa Rica, San José, CR,57pp

Castro-Díez, P., Valladares, A. Alonso, O.. 2004. La creciente amenaza de las invasiones biológicas. Revista ecosistemas URL:. net/pdfs/32.pdf

Cavalier, J., Santos, C. 1999. Efectos de plantaciones abandonadas de especies exóticas y nativas sobre la regeneración natural de un bosque montano de Colombia. Revista Biología Tropical, 47(4) pp. 775-784.

Cavelier, J., D. Lizcano, V. Pizarro & J. Carmona. 2000.- Distribución, tamaño poblacional y actividad de la Danta de Montaña (Tapirus pinchaque) en Colombia. Journal of Biogeography 29: 7-15.

Cavelier, J., D. Lízcaíno & M. T. Pulido. 2001. Colombia. pp: 442-496. En: Kappelle, M. y A. D. Brown (Eds.) Bosques nublados del neotrópico. Editorial INBio.

Cenicafé: Centro Nacional de Investigaciones Del Café. 1975 CHINCHINÁ. COLOMBIA. Manual de conservación de suelos de ladera. Chinchiná, Cenicafé. 1975. 267 p.

Chacoff, N.P., Morales, J., & Vaquera, M. 2004. Efectos de la fragmentación sobre absorción y depredación de semillas en el Chaco Serrano. Biotropica, 36(1), 109- 117.

Chapman, C. A., & Chapman, L. J. 1999. Forest restoration in abandoned agricultural land: a case study from East Africa. Conservation Biology, 13(6), 1301-1311

Collar, N. J., y Juniper, A. T., 1992. Dimensions and Causes of the Parrot Conservation Crisis, en: Beissinger S. R. y Snyder, N. F. R. (Eds.), 1992. New World Parrots in Crisis. Solutions from Conservation Biology. Smithsonian Institution Press, Washington, pp. 1-24.

Contraloría General de la República. 2012. Estado de los recursos naturales y el ambiente. Contraloría General de la República, República de Colombia, Bogotá, D.C., Colombia.

Convención del Marco de las Naciones Unidas Sobre el Cambio Climático. (CMNUCC) 2013.

Cornejo, R. 2015. Bosque naturales versus bosques nativo. Sustainability, Agri, Food and Environmental Research. 33-34 pp.

Corponariño. 2011. Plan de ordenamiento del recurso hídrico de la Quebrada El Recreo y su principal afluente la Quebrada San Juan. Colombia

Corporacion autónoma regional del quindio. 2016. Plan de acción institucional, Quindío verde , un plan ambiental para la paz. Quindío.Colombia.

DAMA. (2011). "Especial: Fichas técnicas por especie." http://www.dama.gov.co/dama/libreria.

DEPARTAMENTO TÉCNICO ADMINISTRATIVO DE MEDIO AMBIENTE (DAMA). 2000. Protocolo distrital de restauración ecológica. Guía para la restauración de ecosistemas nativos en las áreas rurales de Santa fé de Bogotá. Bogotá DC.

DEPARTAMENTO TÉCNICO ADMINISTRATIVO DE MEDIO AMBIENTE (DAMA). 2004. Guía técnia para la restauración ecológicas en áreas con plantaciones forestales exóticas en el distrito capital. Bogotá DC.

DNP (Departamento Nacional de Planeación). 2010. Plan Nacional de Desarrollo 2010-2014, Prosperidad para Todos.

Dalling J.2001. Ecología de semillas. En: Guariguata, M. & G. Kattan (Eds.) Ecología y conservación de bosques neotropicales. M. Ediciones LUR. Costa Rica.

De Jager, N. R., Swanson, W., Strauss, E. A., Thomsen, M., & Yin, Y. 2015. Flood pulse effects on nitrification in a floodplain forest impacted by herbivory, invasion, and restoration. Wetlands ecology and management, 23(6), 1067-1081.

De la Torre, H. Navarrete, P. Muriel M., M. J. Macía & H. Balslev (eds.) Herbario QCA & Herbario AAU. Enciclopedia de las Plantas Útiles del Ecuador Quito & Aarhus. 2008: 1–3

Departamento Nacional de Planeación. 2011. Plan Nacional de Adaptación al cambio climático. Colombia.

Dirección de Desarrollo Rural sostenible. Secretaria de Agricultura, Desarrollo Rural y Medio Ambiente. Cuadro Consolidado - Información De Los Predios En Conservación Articulo 111 - Ley 99/93 (Hoy Decreto 1076 del 2015).

Doran J. W., y M. R. Zeiss. 2000. Soil health and sustainability: managing the biotic component of soil quality. Applied Soil Ecology 15: 3–11.

Duque, E.G. 2003. Manual de geología para ingenieros. ecológica, aplicado a ecosistemas terrestres. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos

Díaz Cepeda, B. D., & Velásquez Camacho, L. F. 2015. Análisis de Captura de Carbono en Seis Especies Forestales Nativas (3 Esciofitas-3 Heliófitas) Plantadas con Fines de Restauración en El Parque Ecológico La Poma (PEP)-Sabana de Bogotá–Colombia.

D'antonio, C. M., & MEYERSON, L. A. 2002. Exotic plant species as problems and solutions in ecological restoration: a synthesis. Restoration Ecology 10 (4): 703–713.

D'antonio, C. M., Dudley, T. L. & Mack, M. C. 1999. Disturbance and biological invasions: direct effects and feedbacks. pp 413–452. En: Walker L. (Ed.) Submitted for Ecosystems of Disturbed Ground. Elsevier Press.

Egan, A., & Estrada, V. 2013. Socio-Economic Indicators for Forest Restoration Projects. Ecological Restoration, 31(3), 302-316.

Eicke, H. F., Borkovec, M., & Das-Gupta, B. 1989. Conductivity of waterin-oil microemulsions: a quantitative charge fluctuation model. The Journal of Physical Chemistry, 93(1), 314-317.

Escobar, J. A. S. (2005). Plantas silvestres con potencialidad ornamental de los bosques montanos bajos del oriente antioqueño, Colombia. Revista Facultad Nacional de Agronomía Medellín, 58(1).

Etter, A., McAlpine, C., y Possingham, H., 2008. Historical Patterns and Drivers of Landscape Change in Colombia Since 1500: a regionalized spatial approach. Annals of the Association of American Geographers 98, 2-23.

Evans, K., & Guariguata, M. R. 2008. Monitoreo participativo para el manejo forestal en el trópico: una revisión de herramientas, conceptos y lecciones aprendidas. CIFOR.

FAO. 1983. Mantengamos viva la tierra: causas y remedios de la erosión del suelo. Roma.

FAO. 1990. Erosión y pérdida de fertilidad del suelo. Documentos de la FAO. http//www.fao.org/docrept/t2351s/T2351S06.htm

FAO. Organización de las naciones unidas para la agricultura y la alimentación. 2002. Agricultura de conservación. Estudios de casos en América Latina y África. FAO. 76 pp.

Fandiño, M. C. y P. Ferreira Miani, editores. 1998. Colombia Biodiversidad Siglo XXI: Propuesta técnica para la formulación de un Plan de Acción Nacional en Biodiversidad. Instituto Humboldt, Ministerio del Medio Ambiente y Departamento Nacional de Planeación, Bogotá, Colombia.

Ferreira Oliveria, F. 2006. Plantio de espécies nativas e uso de poleiros artificiais na restauraçao de uma área perturbada de cerrado sentido restrito em ambiente urbano no distrito federal, Brasil. Tesis de Maestría, Universidade de Brasília. Brasília, Brasil.

Ferreira, G. Â. 2014. Poleiros artificiais como núcleos de dispersão de sementes e factores que influenciam este processo em área de cerrado sensu stricto no triângulo mineiro. Tesis de maestría, Universidad Federal de Uberlândia, Instituto de Biologia, Programa de PósGraduação em Ecologia e Conservação de Recursos Naturais. Uberlândia, Brasil.

Figueroa, R., Valdovinos, E., Araya, E., & Parra, O. 2003. Macroinvertebrados bentónicos como indicadores de calidad de agua de ríos del sur de Chile. Revista Chilena de Historia Natural, 76, 275-285.

Franco, J. (2002). Etnobotánica de la yanchama (Ficus spp: MORACEAE) Amazonas, Colombia. Trabajo de grado. Carrera de Biología. Facultad de Ciencias. Pontificia Universidad Javeriana. Bogotá.

Fuentes, N. (Ed.). (2014). Plantas invasoras del centro-sur de Chile: Una guía de campo. Laboratorio de Invasiones Biológicas.

Galetto, L., Aguilar, R., Musicante, M., Astegiano, J., Ferreras, A., Jausoro, M. & Eynard, C. 2007. Fragmentación de hábitat, riqueza de polinizadores, polinización y reproducción de plantas nativas en el Bosque Chaqueño de Córdoba, Argentina. Ecología austral, 17(1), 67-80.

Galetto, L., Aguilar, R., Musicante, M., Astegiano, J., Ferreras, A., Jausoro, M., ... & Eynard, C. 2007. Fragmentación de hábitat, riqueza de polinizadores, polinización y reproducción de plantas nativas en el Bosque Chaqueño de Córdoba, Argentina. Ecología austral, 17(1), 67-80.

Galindo-González, J. 1998. Dispersión de semillas por murciélagos: su importancia en la conservación y regeneración del bosque tropical. Acta Zoológica Mexicana 73:57-74.

Garces y Renjifo. 2004 Andigena hypoglauca, en: Renjifo, Gómez M, Velásquez-Tibatá J, Amaya-Villarreal A, Kattan G, Amaya-Espinel J, Burbano-Girón J. Libro rojo de aves de Colombia Vol I BOSQUES HÚMEDOS DE LOS ANDES Y LA COSTA PACÍFICA. Serie Libros rojos de especies amenazadas de Colombia. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt y Ministerio del Medio Ambiente, Bogotá, Colombia.

Garcia, E. G. P. (2009). Activación de la Sucesión Vegetal de Especies Promisorias Parcela Experimental Permanente Vereda Pueblo Viejo Parte Alta Facatativá (Colombia). Revista Brasileira de Agroecologia, 4(2).

Garcés-Restrepo, M. F., 2009. Plan de manejo del Terlaque pechigris (Andigena hypoglauca) en la región del SIRAP-EC. Informe final. Wildlife Conservation Society, Cali, Colombia.

Garcés-Restrepo, M. F., Franco, P., y Rojas, V., 2009. Densidad Poblacional y Uso Preferencial de Hábitat de Andigena hypoglauca y Andigena nigrirostris en la Reserva Hidrográfica Río Blanco Caldas-Colombia. Informe final Wildlife Conservation Society, Cali, Colombia. Pp 12

García P, Monsalve E, Bustamante C . 2009. Estudio de la variabilidad de la precipitación y la temperatura en la cuenca del Rio Quindío. Universidad del Quindío. Colombia

García, E. G. P. 2009. Activación de la Sucesión Vegetal de Especies Promisorias Parcela Experimental Permanente Vereda Pueblo Viejo Parte Alta Facatativá (Colombia). Revista Brasileira de Agroecología, 4(2).

Geilfus, F. (1994). El árbol al servicio del agricultor: Manual de agroforestería para el desarrollo rural. Guía de especies. CATIE, Turrialba. C.R. 776 p.

Gil Novoa, J. E., & Morales Puentes, M. E. (2014). Estratificación vertical de briófitos epífitos encontrados en Quercus humboldtii (Fagaceae) de Boyacá, Colombia. Revista de Biología Tropical, 62(2).

Gil-Saavedra, Jakeline Maria., Muñoz-Londoño, Anderson Adrian., Loaiza-Herrera, Juliana., Pareja, Laura. 2012. Propuesta plan de manejo área de conservación la picota,

vereda cocora, municipio de Salento, departamento del Quindio. Corporación autónoma del Quindio.

Girón M. (2001). Bosques de Palma de Cera. Quimbaya: Universidad del Quindío-Pronatta; 252 pp.

Gobernación del Quindío. 2016. Departamento del Quindío, Plan Departamental del Quindío 2016-2019.

Gomez-Fajardo, S.M. Quintero-Giraldo, J., Zapata-Beltran, C., Parra-Sepúlveda, L., Tangarife-Corre. A., Ramos-Munera, J., Campuzano, L. & Castaño-Herrera, J. 2012. Plan de Gestión Ambiental Regional -PGAR. Departamento del Quindío.

Graham, C.H. 2001. Factors influencing movement patterns of keel-billed toucans in a fragmented tropical landscape in Southern México. Conservation Biology, 15(6): 1789-1798.

Grez, A. A., & Zaviezo, T. 2002. Efectos inmediatos de la fragmentación del hábitat sobre la abundancia de insectos en alfalfa. Ciencia e Investigación Agraria, 29, 29-34.

Grubb, P. J. 1977. Control of forest growth and distribution on wet tropical mountains: with special reference to mineral nutrition. Annual Review of Ecology and Systematics, 8(1), 83-107.

Guariguata, M. R. & R. Ostertag. 2002. Sucesión secundaria. pp 561-624. En: Guariguata, M. & G. Kattan (Eds.). Ecología y conservación de bosques tropicales. Libro universitario regional. Costa Rica.

Guariguata, M. R., & Ostertag, R. 2001. Neotropical secondary forest succession: changes in structural and functional characteristics. Forest ecology and management, 148(1), 185-206.

Gutierrez Z. 2005.Ecología de la interacción entre colibríes (Aves:Trochilidae) y plantas que polinizan en el bosque altoandino de TORCA.Departamento de Biología Universidad Nacional de Colombia.

Gómez, D. 2012. Conozcamos el Arrayan. Cartilla de educación. Universidad Nacional de Colombia. Bogotá.

Gómez, M. A. B. (Ed.). 2005. Estrategias Adaptativas de plantas del páramo y del bosque altoandino en la cordillera Oriental de Colombia. Univ. Nacional de Colombia.

Gómez, P., & Vargas, O. (2011). Grupos funcionales de especies promisorias para la restauración ecológica con base en sus rasgos de historia de vida en la Reserva natural Ibanasca (Ibagué, Tolima, Colombia). In La restauración ecológica en la práctica:

Memorias del I congreso Colombiano de restauración ecológica. Universidad Nacional de Colombia. Bogotá DC. 239-247 pp.

Gómez, Y. C., Rivera Díaz, A., Gómez, J. R., & Vargas, N. P. 2008. Inventario preliminar de Aves en dos Fragmentos de bosque en la Cordillera Oriental de los Andes Colombianos. evista UDCA Actualidad & Divulgación Científica, 11(2), 109-119.

Harper, J., Lovell, H., & Moore, G. 1970. The shapes and sizes of seeds. Annual Review Ecology Systematica, 1, 327-356.

Henderson, A., G. Galeano & Bernal. 1995. Field Guide to the Palm of the Americas. Princeton University Press, Princeton, New Jersey, United Syayes of America. 353 p.

Hernández-Camacho, J. I. 1997. Comentarios preliminares sobre la paramización en los Andes de Colombia. Premio a la vida y obra 1997. Fondo FenColombia.

Herrick, J.E., G.E. Schuman y A. Rango. 2006. Monitoring ecological processes for restoration projects. Journal for Nature Conservation 14: 161-171.

Herrmann, S., & Osinski, E. 1999. Planning sustainable land use in rural areas at different spatial levels using GIS and modelling tools. Landscape and urban planning, 46(1), 93-101.

Hewson, CM. & Noble, DG. 2009. Population trends of breeding birds in British woodlands over a 32 year period: relationships with food, habitat use and migratory behaviour. Ibis. Vol. 151: 464–486.

Hilty S. L. y W. L. Brown. 1986. A Guide to the Birds of Colombia. Princenton University press. New Jersey.

Hilty, J.A., W.Z. Lidicker Jr. & A.M. Merenlender. 2006. Corridor ecology. The science and practice of linking landscapes for biodiversity conservation. Island Press, Washington.

Hilty, S. L., y Brown, W. L., 2001. Guía de las Aves de Colombia. SAO, Universidad del Valle y American Bird Conservancy – ABC, Cali, Colombia.

Holl K.1999. Factors limiting tropical rain forest regeneration in abandoned pasture: seed rain, seed germination, microclimate and soil. Biotropica 31 (2): 229-242.

Holmes, P.M. & Cowling, R. M. 1997. Diversity, composition and guild structure relationships between soil-stored seed banks and mature vegetation in alien plant-invaded South African fynbos shrubland. Plant Ecology 133: 107–122.

Hooper, E., Condit, R., & Legendre, P. 2002. Responses of 20 native tree species to reforestation strategies for abandoned farmland in Panama. Ecological Applications, 12(6), 1626-1641.

House, M., & Ellis, J. B. 1980. Water quality indices: and additional management tool. Programa water technology.

Howe H.F., Miriti M.N. When seed dispersal matters. BioScience.2004.Vol 54 N 7 Pp: 651-660.

Howe, H. & Smallwood, J. 1982. Ecology of seed dispersal. Annual Review of Ecology and Systematics 13: 201- 228.

IAVH, Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt. 2016. Informe sobre el estado de los recursos naturales renovables y del ambiente, componente de biodiversidad, 2015-2016. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt. Bogotá, Colombia.

IAvH, Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt. 2013. Planeación Ambiental para la Conservación de la Biodiversidad en las Áreas Operativas de Ecopetrol, Bogotá, Colombia.

IDEAM 2010. Colombia Segunda Comunicación Nacional ante la Convención Marco de Naciones Unidas sobre el Cambio Climático. Bogotá: IDEAM.

IDEAM, 2010. Leyenda Nacional de Coberturas de la Tierra. Metodología CORINE Land Cover adaptada para Colombia Escala 1:100.000. Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales. Bogotá D.C., 72p.

IDEAM. 1997. Protocolo Nacional de Restauración de Ecosistemas. Santafé de Bogotá

IDEAM. 2015. Nuevos escenarios de cambio climático para Colombia 2011-2100. http://documentacion.ideam.gov.co/openbiblio/bvirtual/022964/documento_nacional_departamental.pdf

Ibáñez, C. 2008. Participación comunitaria y diagnóstico de necesidades. línea: http://www. madrimasd. org/blogs/salud_publica/2008/11/17/107090.

InfoNatura. 2007. Animals and ecosystems of Latin America. Version 5.0. Arlington, Virginia (USA): NatureServe.

Instituto Geográfico Colombiano Agustín Codazzi (IGAC). 1988. Suelos y bosques de Colombia. Bogotá.

Janzen, D.H. 1971. Seed predation by animals. Annual Review of Ecology and Systematics, 2, 465-492.

Jones P. D., S. Demarais y A. W. Ezell. 2012. Successional trajectory of loblolly pine (Pinus taeda) plantations established using intensive management in Southern Mississippi, USA.

Jordan III, W. R., M. E. Gilpin, y J. D. Aber. 1996. Restoration ecology: ecological restoration as a technique for basic research. Pages 3-19 En: W. R. Jordan III, M. E. Gilpin, y J. D. Aber, editores. Restoration ecology a synthetic approach to ecological research. Cambridge University Press., Nueva York.

Jordano P. Fruits and frugivory en: Fenner M, (eds). Seeds the ecology on regeneration in plant regeneration in plant communities. 2 Edition. CABI Publications. Wallingford UK.2000 Pp: 125-166.

Jordano P. Geographical ecology and variation of plants seed disperser.Vegetatio. 1993. Vol 107/108 Pp: 85- 104

Karlen D. L., M. J. Mausbach, J. W. Doran, R. G. Cline, R. F. Harris y G. E. Schuman. 1997. Soil quality: A concept, definition, and framework for evaluation. Soil Science

Kattan, G., 1992. Rarity and Vulnerability: The Birds of the Cordillera Central of Colombia. Conservation Biology 6, 64-70.

Kattan, G.H. 2002. Fragmentación. Patrones y Mecanismos de Extinción de especies. En: Guariguata, M. y G. Kattan (Eds.), Ecología y conservación de bosques neotropicales. Libro universitario regional. Costa Rica.

Kleijn, D. 2003. Can establishment characterist explain the poor colonization success of late successional grassland species on exarable land? Restoration Ecology 11 (2): 131-138.

Klein, T., Yakir, D., Buchmann, N., & Grünzweig, J. M. 2013. Towards an advanced assessment of the hydrological vulnerability of forests to climate change-induced drought. New phytologist, 20(13), 712-716.

Klinger, W. 2012. Protocolo de restauración ecológica de áreas degradadas por minería a cielo abierto de oro y platino en el chocó biogeográfico. Instituto de Investigaciones Ambientales del pacífico ministerio de ambiente y desarrollo sostenible convenio 182.

Kremen C.Managing ecosystem services: what do we need to know about their ecology?.Ecology letters.2005. Vol 8 pp:468-479.

Lamb, D., A. Andrade, G. Shepherd, K. Bowers, y S. Alexander. 2011. Building resilience when restoring degraded ecosystems: Improving biodiversity values and socioeconomic benefits to communities. Pages 57-59 En: Secretariat of the Convention on Biological Diversity, editor. Contribution of Ecosystem Restoration to the Objectives of the CBD and a Healthy Planet for All People. Resúmenes de los carteles presentados en la décimoquinta reunión del Órgano de Asesoramiento Científico, Técnico y Tecnológico del Convenio sobre Diversidad Biológica. Series técnicas No. 62. SCBD, Montreal, Canadá.

Landry, J. S., & Matthews, H. D. 2016. Non-deforestation fire vs. fossil fuel combustion: the source of CO 2 emissions affects the global carbon cycle and climate responses. Biogeosciences, 13(7), 2137.

Lecarpentier, C., J. Khobzi, A. Perez & R. Oster. 1977. Erosión de tierras de Colombia. Inderena Bogotá.

Leigh, L. 1983. The ethnobotany of the Tukano Indians, Amazonas, Colombia. Instituto de Ciencias Naturales. Universidad Nacional de Colombia sede Bogotá. Bogotá. 92 pp.

Leopold, A. 1934. The arboretum and the university. Parks and Recreation 18:59-60.

Levine.,J.M., Murrell.,D.J. The Community-Level Consequences of Seed Dispersal Patterns. Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics.2003. Vol. 34 , pp. 549-574.

León, J. (2013). Efecto de la forma de los fragmentos de un bosque andino transformado sobre una comunidad de aves, Suesca Cundinamarca, Colombia.

León, O. A. 2002. Distribución espacial de comunidades vegetales de páramo en un gradiente altitudinal con vegetación natural y en proceso de paramización (Reserva Forestal del Municipio de Cogua, Cundinamarca). Trabajo de grado, Carrera de Ecología, Pontificia Universidad Javeriana, Bogotá.148 p.

Li Y. Y. & M. A. Shao. 2006. Change of soil physical properties under long-term natural vegetation restoration in the Loess Plateau of China. Journal of Arid Environments 64: 77-96.

Lines, N.; Fournier, L. 1979. Efecto alelopático de Cupressus lusitanica Mill. sobre la germinadon de las semillas de algunas hierbas. Rev. Bio. Trop., 27(2): 223-229. Costa Rica.

Loiselle, B.A. & Blake, J.G. 1992. Population variation in a tropical bird commnunity: implications for conservation. BioScience, 42(11):838-845.

Loose, L. H., Heldwein, A. B., Lucas, D. D., Hinnah, F. D., & Bortoluzzi, M. P. 2017. Sunflower emergence and initial growth in soil with water excess. Engenharia Agrícola, 37(4), 644-655.

Lord, J. M., & D. Nolton. 1990. Scale an spacial concept of Fragmentation. Conservation Biology 4(2): 197-202.

Lozano, F., & Amézquita, M. O. (1986). Propagación vegetativa del sietecueros [tibouchina lepidota (bonpl.) baill]. Caldasia, Pp 491-501.

Lozano-Zambrano, F. H. (2009, November). Herramientas de manejo para la conservación de biodiversidad en paisajes rurales. CAR.

Lozano-Zambrano, F. H. 2009. Herramientas de manejo para la conservación de biodiversidad en paisajes rurales. CAR.

Lozon, J. D., & H. J. Macisaac. 1997. Biological invasions: are they dependent on disturbance? Environmental Reviews 5: 131–144.

Luteyn, J. 1999. Páramos: why study them? En: Baslev & J. Luteuyn (Eds.), Paramo and Andean ecosistem under human influence. Academic Press.

Lynch, J.M. y N.J. Poole. 1979. Microbial ecology: a conceptual approach. Blackwell Scientific Publications.

López-Barrera, F., R. Manson, M. González-Espinosa & A. Newton. 2007. Effects of varying forest edge permeability on seed dispersal in a neotropical montane forest. Landscape Ecology 22: 189-203.

MADS, Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible de Colombia. 2011. Plan Nacional para la Prevención, el Control y Manejo de las Especies Introducidas, Trasplantadas e Invasoras: Diagnóstico y listado preliminar de especies introducidas, Trasplantadas e invasoras en Colombia; Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt -IAvH; The Nature Conservancy –Colombia – TNC; Franco A; Baptiste, María P.; Dìaz J; Montoya M. Bogotá, D.C.: Colombia. Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible131 p

MINAMBIENTE. 2015. Plan Nacional de Restauración. Restauración Ecológica, Rehabilitación y Recuperación de Áreas Disturbadas. Colombia.

MINCULTURA. 2011.Paisaje cultural cafetero, un paisaje cultural productivo en permanente desarrollo.Colombia.

Machado T, Roldán G. 1981. Estudio de las características fisicoquímicas y biológica del río Anorí y sus principales afluentes. Actualidades Biológicas, 10 (35): 3–19

Mahecha, G., Ovalle, A., Camelo,D., Rozo,A., Barredo,D. (2004). "Vegetación del territorio CAR. 450 especies de sus llanuras y montañas." Panamericana SA, Bogotá.

Mahecha, V. G. (1971). Dendrología y aspectos silviculturales de diecisiete especies, con atención especial a las características e identificación a la regeneración. Pacho. Cundinamarca. Colombia. Tesis. Universidad.

Marengo, J. A., & Espinoza, J. C. 2016. Extreme seasonal droughts and floods in Amazonia: causes, trends and impacts. International Journal of Climatology, 36(3), 1033-1050.

Martin, P. H., Sherman, R. E., & Fahey, T. J. 2007. Tropical montane forest ecotones: climate gradients, natural disturbance, and vegetation zonation in the Cordillera Central, Dominican Republic. Journal of Biogeography, 34(10), 1792-1806.

Martínez, Y., Castillo, S. & Guadarrama, P. 2009. La dispersión de frutos y semillas y la dinámica de comunidades. Ciencias 96, octubre-diciembre, 38-41

Matías-Ramírez, L. G., Fuentes-Marilles, O. A., & García-Jiménez, F. 2012. Heladas. Sistema Nacional de Protección Civil.

McMullan, M., Donegan, T., & Quevedo, A. 2010. Field guide to the birds of Colombia. Fundación ProAves.

Mcneely, J. A., H. A.Mooney, L. E. Neville, P. J Schel, & J. K.WAAGE. 2001. A global strategy on invasive alien species. Global Invasive Species Programme (GISP) - IUCN, Gland, Switzerland.

Medellín R.A. & Gaona, O. 1999. Seed Dispersal by Bats and Birds in Forest and Disturbed Habitats in Chiapas, Mexico. Biotropica. 31: 478-485.

Mejía, K., Pintaud, J. C., Rodríguez del Castillo, A. M., Santa Cruz, L., Rojas-Fox, J., Jímenez, V., & Ramìrez, R. 2014. Del bosque húmedo al bosque seco: adaptabilidad de las palmeras al cambio climático.

Meli, P. 2003. Restauración ecológica de bosques tropicales: veinte años de investigación académica. Interciencia, 28(10), 581-589.

Midoko-Iponga, D., Krug, C. B., & Milton, S. J. 2005. Competition and herbivory influence growth and survival of shrubs on old fields: Implications for restoration of renosterveld shrubland. Journal of Vegetation Science, 16(6), 685-692.

Millennium Ecosystem assessment. 2005. Ecosystems and human well-being: Synthesis, Island press.

Ministerio De Ambiente, Vivienda Y Desarrollo Territorial.2005.

Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible (2015) Plan de conservación, manejo y uso sostenible de la palma de cera del Quindío (Ceroxylon quindiuense), Árbol Nacional de Colombia. Textos: Bernal R., G. Galeano, M. J. Sanín. Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible - Universidad Nacional de Colombia, Bogotá. 80 pp.

Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo. 2014. Quinto Informe Nacional de Biodiversidad de Colombia ante el Convenio de Diversidad Biológica. Bogotá, D.C., Colombia. 101 p.

Molano, J. Q., & Roa, C. (2000). El papel de las cercas vivas en un sistema agropecuario en el piedemonte llanero. In Segunda conferencia electrónica de la FAO sobre agroforesteria para la producción animal en América Latina. (MD Sánchez & M. Rosales-Méndez. Eds.). Organización de las Naciones Unidad para la Agricultura y la Alimentación, FAO. Roma, Italia.

Molina Benavides. (2011) R. A. Sostenibilidad de los sistemas ganaderos localizados en el parque nacional natural de las hermosas y su zona de influencia (Doctoral dissertation, Universidad Nacional de Colombia Sede Palmira).

Molina E. 1998. Encalado para la corrección de la acidez del suelo. San José, Costa Rica, Asociación Costarricense de la Ciencia del Suelo. 45 p.

Molina, L. F., González, M., Sánchez. (1995). "Guía de árboles de Santa Fe de Bogotá." Departamento Administrativo del Medio Ambiente-DAMA: Bogotá DC.

Montenegro, A. L., & Ríos, O. V. 2005. 13. Estrategias de regeneración del banco de semillas en una comunidad. Estrategias adaptativas de Plantas del Páramo y del Bosque Altoandino en la Cordillera Oriental de Colombia, 227.

Montenegro, G., & M. Olmos 1988. Inventario de los problemas de degradación de los suelos de Colombia. En: Suelos ecuatoriales 8 (2): 9-21.

Montes, M. A., 2008. Estimación del tamaño poblacional y uso de hábitat del perico paramuno Leptosittaca branickii en la reserva “El Mirador” Génova - Quindío. Tesis. Facultad de Ciencias - Biología Aplicada. Universidad Militar de Colombia, Bogotá D.C.

Montes, M. A., y Verhelst, J. C., 2011. Tamaño poblacional y uso de hábitat del perico paramuno (Leptosittaca branikii) en la reserva natural el Mirador, Génova, Quindío. Conservación Colombiana 14, 38-47.

Mooney, H. A. & Hobbs, R. J. 2000. Invasive species in a changing world. Island Press, Washington.

Moreno Veloza, F. R. 2012 Diseño de un manual guía del docente para el estudio limnológico de ecosistemas acuáticos para el fortalecimiento de conceptos científicos en estudiantes de educación media (Doctoral dissertation, Universidad Nacional de Colombia).

Moreno-Velázquez, J.S. 2010. Aves dispersoras de semillas en un remanente de Bosque Seco Tropical en la finca Betanci-Guacamatas (Córdoba). Pontifica Universidad Javeriana, Facultad de Ciencias, Carrera de Biología. Bogotá D.C.

Moscoso Marín, L. B., & Diez Gómez, M. C. 2005. Banco de semillas en un bosque de roble de la cordillera central colombiana. Revista Facultad Nacional de Agronomía-Medellín, 58(2).

Murcia C, Guariguata MR, Peralvo M y Gálmez V. 2017. La restauración de bosques andinos tropicales: Avances, desafíos y perspectivas del futuro. Documentos Ocasionales 170. Bogor, Indonesia: CIFOR.

Murcia, C. 2002. Ecología de la polinización. En: Guariguata, M. & G. Kattan. (Eds.), Ecología y conservación de bosques tropicales. Libro universitario regional. Costa Rica.

Murcia, C., Guariguata, M.R. 2014. La restauración ecológica en Colombia Tendencias, necesidades y oportunidades. Centro para la Investigación Forestal Internacional (CIFOR).

Muñoz, A. 2012. Guía metodológica. Estudios de paisaje. Instituto Cartográfico Valenciano. Obtenido dehttp://www.upv.es/contenidos/camuniso/info/U0670136.pdf

Muñoz, G., Calvache, M., & Yela, O. (2013). Species with forest agroforestry potential areas for highlands in the Department of Nariño. Revista de Ciencias Agrícolas, 30(1), 38-53.

Nadkarni, N. M., & Wheelwright, N. T. (Eds.). 2000. Monteverde: ecology and conservation of a tropical cloud forest. Oxford University Press.

Nasi, R., Wunder, S., & Campos Arce, J. J. 2002. Servicios de los Ecosistemas Forestales ¿Podrían ellos pagar para detener la deforestación?

Nathan, R. and Muller-Landau, H.C. Spatial patterns of seed dispersal, their determinants and consequences for recruitment. Trends Ecology and Evolution.2000. Vol15, 278–285.

Negret, A. J., 2001. Aves en Colombia Amenazadas de Extinción. Editorial Universidad del Cauca, Series Estudiadas de la Naturaleza, Popayán.

Negret, A. J., y Acevedo, C. I., 1990. Reportes recientes de Leptosittaca branickii, ave colombiana amenazada de extinción. Novedades Colombianas: Nueva época 2, 70-71.

Nepstad, D. C., C. Pereira, C. A. & Cardoso Da Silva, J. M. 1996. A comparative study of tree establishment in abandoned pasture and mature forest of eastern Amazonia. Oikos, Vol. 76 No. 1: 25-39.

Norberg., J. Linking Nature’s services to ecosystems: some general ecological Concepts. Ecological economics.1999. Vol 109 pp: 183-202.

OSORIO. N. W. 2012, pH del suelo y disponibilidad de nutrientes. Manejo integral del suelo y nutrición vegetal. Volumen 1.

Olvera-Vargas, M., Figueroa-Rangel, B.L. 2012. Estructura diferencial y zonación de bosques montanos dominados por encino en el centro-occidente de México. Ecosistemas 21(1-2): 74-84.

Organización de las naciones unidas para la agricultura y la alimentación (FAO). 2002. Agricultura de conservación. Estudios de casos en América Latina y África. FAO. 76 pp.

Orquídea y Asociación Red Colombiana de Reservas Naturales de la Sociedad Civil. 2006. Áreas naturales protegidas en el departamento del Quindío: una experiencia de participación social. Quimbaya, Quindío. ISBN: 9583399000. 82p

Ortega-Alvarez R. y R. Lindig-Cisneros. 2012. Feathering the scene: the effects of ecological restoration on birds and the role birds play in evaluating restoration outcomes. Ecological Restoration 30 (2): 116-127.

PDRE: (PROTOCOLO DISTRITAL DE RESTAURACIÓN ECOLÓGICA). Guía para la Restauración de Ecosistemas Nativos En las Áreas Rurales de Santafé de Bogotá. 2000. Alcaldía Mayor de Santafé de Bogotá.

Parada-Quintero, M., Alarcón-Jiménez, D., & Rosero-Lasprilla, L. (2012). Fenología de la floración de especies ornitófilas de estratos bajos en dos hábitats altoandinos del Parque Natural Municipal Ranchería (Paipa-Boyacá-Colombia). Caldasia, 34(1), 139-154.

Parladé, J., Luque, J., Pera, J., & Rincón, A. M. 2004. Field performance of Pinus pinea and P. halepensis seedlings inoculated with Rhizopogon spp. and outplanted in formerly arable land. Annals of forest science, 61(6), 507-514.

Pearman P. 2002. The scale of community structure: habitat variation and avian guilds in tropical forest understory. Ecology Monographs 72: 19-39.

Peralta Zapata, N. A. (2016) Estrategias para incrementar la funcionalidad de las aves en la restauración ecológica de bosques subandinos (Doctoral dissertation, Universidad Nacional de Colombia-Sede Bogotá).

Peña, E., Stoner, K., Avila, L., Martínez, M., Estrada, A. (2012). Phyllostomid bat assemblages in different successional stages of tropical rain forest in Chiapas, Mexico.

Pinilla, A.; Suarez, 1998. Efectos de plantaciones forestales sobre el suelo y agua. Serie técnica No 41. CONIF-MINAMBIENTE.

Pintaud JC, Millan B, Kahn F. (2010). Neotipificación de Ceroxylon weberbaueri Burret. Rev Per Biol. 17 (2): 163- 6.

Ramos, C. (2002). Estrategias Regenerativas de Clusia multiflora, Drimys granadensis y Weinmannia tomentosa en el bosque Altoandino. Universidad Nacional de Colombia. Bogotá D.C. 136 p.

Remsen J. V., Jr., C. D. Cadena, A. Jaramillo, M. Nores, J. F. Pacheco, J. Perez-Eman, M. B. Robbins, F. G. Stiles, D. F. Stotz y K. J. Zimmer. Version 2014. A classification of the bird species of South America. American Ornithologists' Union. http://www.museum.lsu.edu/~Remsen/SACCBaseline.html.

Renjifo, L. M., Arango-Caro, S., y Gómez, M. F., 2002. Leptosittaca branickii, en: Renjifo L. M., Franco-Maya, A. M., Amaya-Espinel, J. D., Kattan, G., y López-Lanús, B. (Eds.), 2002. Libro rojo de las aves de Colombia. Serie Libros rojos de especies amenazadas de Colombia, pp. 433-436. Instituto de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt y Ministerio del Medio Ambiente, Bogotá, Colombia

Renjifo, L. M., Gómez, M. F., Velásquez-Tibatá, J., Amaya-Villarreal, A. M., Kattan, G. H., Amaya-Espinel, J. D., y Burbano-Girón, J., 2014. Libro rojo de aves de Colombia, Volumen I: bosques húmedos de los Andes y la costa Pacífica. Editorial Pontificia Universidad Javeriana e Instituto Alexander von Humboldt. Bogotá D.C., Colombia.

Renjifo, L. M; Aristizábal, S. L; Lozano-Zambrano, F. H; Vargas, W; Vargas, A. M & D. P. Ramírez. (2009). Diseño de la estrategia de conservación en el paisaje rural (Fase II). 85-119 p.

República de colombia Plan Nacional de Desarrollo 2014-2018 tomo2. Presidente Juan Manuel santos.

Restall R., C. Rodner y M. Lentino. 2006. Birds of Northern South America: An Identification Guide.

Restrepo, C., L.M. Renjifo & P. Maplin. 1997. Frugivorous Bird in Fragmented Neotropical Montane Forest: Landscape Pattern and Body Mass Distribution. En: Laurence, W. y R. Bierregaard (Eds.), Tropical Forest Remmants. Ecology, Management and Conservation of Fragmented Communities. The University Chicago Press.

Ribera I & Foster G.1997. "El uso de artropodos como indicadores biologicos".Rev Sea Entomologica Aragonesa.Vol 20.pp 265-276.

Ries, L. & The. Sisk. 2010. What is an edge species? The implications of sensivity to habitat edges. Oikos 119: 1636-1642.

Ries, L., R. Fletcher, J. Battin & T. Sisk. 2004. Ecological responses to habitat edges: mechanisms, models and variablility explained. Annual Review of Ecology, Evolution and Systematics 35: 491-522.

Rigg, L. S., Enright, G. L. Perry & B. P. Miller. 2002. The role of cloud combing and shading by isolated trees in the succession from maquis to rain forest in New Caledonia. Biotropica 34(2): 199-210.

Rivera, J. H. & J. A. Sinisterra. 2005. Restauración social de suelos degradados por erosión y remociones masales en laderas andinas del Valle del Cauca Colombia con la utilización de obras de Bioingeniería. Resumen. Quinto Congreso Nacional de Cuencas Hidrográficas Santiago de Cali, abril 25 al 27.

Rivera, P., H. 1999. Susceptibilidad y predicción de la erosión en suelos de ladera de la zona cafetera central colombiana. Medellín, Universidad Nacional de Colombia. Facultad de Minas. Postgrado en Aprovechamiento de Recursos Hidráulicos, 1999. 525 p. (Tesis: Philosophy Doctor)

Robert, J., Naiman., Robert, E., Bilby., Peter, A., Bisson, P. (2000). Riparian Ecology and Management in the Pacific Coastal Rain Forest. BioScience 50 (11): 996-1010 p.

Rocano, M.N. (2017). Eficiencia de la multiplicación in vitro de Juglans neotrópica (nogal) en Biorreactores de Inmersión Temporal (BIT). Tesis de posgrado.Facultad de Ciencias Agropecuarias. Universidad de Cuenca. Cuenca, Ecuador.

Rodríguez Cavallini, E. 2005. Bacteriología general. Editorial universidad del Costa Rica. 475 páginas.

Rodríguez, J. V., y Hernández, J. H., 2002. Loros de Colombia. Tropical Field Guide Series 3. International Conservation, Bogotá, Colombia.

Roldan, G. 2003. Bioindicación de la calidad del agua en Colombia: uso del método BMWP/col. Ed. Universidad de Antioquia. Medellín, Colombia.170 pp.

Romero M., Galindo G., Otero J. y Admenteras D. 2004. Ecosistemas de la cuenca del Orinoco colombiano. Memoria explicativa del mapa (escala 1:1.000.000). Instituto de Investigación en recursos Biológicos Alexander Von Humboldt. Bogotá, Colombia.

Romero, R. J.J. 2012. El bosque Alto-Andino: una oportunidad para llevar al educando al aprendizaje significativo y a las estrategias de conservación. Universidad Nacional de Colombia. pp. 39-40.

Rotem, J., & Palti, J. 1969. Irrigation and plant diseases. Annual Review of Phytopathology, 7(1), 267-288.

Rubiano, M.J. 2016. Las Perchas Artificiales como Facilitadoras de la Lluvia de Semillas en un Área Post-tala de Pino (Pinus Patula) en el Parque Forestal Embalse del Neusa (Tausa-Cundinamarca). Repositorio Institucional, Universidad Distrital Francisco José de Caldas.

Rueda Saa, G., Rodríguez Victoria, J. A., & Madriñán Molina, R. 2011. Metodologías para establecer valores de referencia de metales pesados en suelos agrícolas: Perspectivas para Colombia. Acta Agronómica, 60(3).

Rzedowski J. (1996). Análisis preliminar de la flora vascular de los bosques mesófilos de montaña de México. Acta Botánica Mexicana 35:25-44.

Ríos ,H.F., & O. Vargas. 2003. Ecología de las especies invasoras. Pérez-Arbelaezia 14: 119-148.

SER 2004. The SER International Primer on Ecological Restoration Version 2. Society for Ecological Restoration International Science and Policy Working Group. [Online report accessed 27 June 2012]

SER 2008. Opportunities for Integrating Ecological Restoration and Biological Conservation within the Ecosystem Approach. Briefing Note. Society for Ecological Restoration. [Online report accessed 27 June 2012] www.ser.org/pdf/ SER_Briefing_Note_May_2008.pd

SIRAP-EC. Sistema regional de áreas protegidas del Eje Cafetero. 2016. Áreas Protegidas y otras Estrategias. Disponible en: http://sirapejecafetero.org.co/index.php/areas-protegidas-en-el-sirap-ec

Salamanca B., Camargo G. 2002 Protocolo distrital de restauración ecológica. Guía para la restauración de ecosistemas nativos en las áreas rurales de Bogotá. DAMA. Bogotá, Colombia.

Salamanca, B., & Camargo, G. (2000). Protocolo distrital de restauración ecológica. Convenio DAMA–Fundación Bachaqueros, Bogotá.

San Miguel-Ayanz, J., Steinbrecher, R., Ferreiro, A., Woodfield, M., & Simpson, D. 2016. Forest fires.

Santana C. & B. Milligan. 1984. Behavior of Toucanets, Bellbirds and Quetzals feeding on Lauraceous fruits. Biotropica 16 (2): 152-154.

Sartor, L.; Adam, P.; Chini, N.; Newton, T.; Abramo, J.; Brugnara, A. 2009. Alelopatia de acículas de Pinustaeda na germinação e no desenvolvimento de plântulas deAvena strigos. Ciência Rural, Santa Maria, v.39, n.6, p.1653-1659

Schlesinger, W. H., Dietze, M. C., Jackson, R. B., Phillips, R. P., Rhoades, C. C., Rustad, L. E., & Vose, J. M. 2016. Forest biogeochemistry in response to drought. Global change biology, 22(7), 2318-2328.

Sekercioglu C.H. 2006. Increasing awareness of avian ecological function. Trends in Ecology and Evolution 21(8):464-471.

Sierra- Escobar, J. A.; Alzate-Guarín, F.; Soto-Rodríguez, H.S.; Durán-Rivera, B. & Losada-Vidarte, L.M. 2005. Plantas silvestres con potencialidad ornamental de los

bosques montanos bajos del oriente antioqueño, Colombia. Revista Facultad Nacional de Agronomía Medellín, 58(1).

Simon, J., Dannenmann, M., Pena, R., Gessler, A., & Rennenberg, H. 2017. Nitrogen nutrition of beech forests in a changing climate: Importance of plant-soil-microbe water, carbon, and nitrogen interactions. Plant and Soil, 1-26.

Snyder, N., McGowan, P., Gilardi, J., y Grajal, A. (Eds.), 2000. Parrots: Status Survey and Conservation Action Plan 2000-2004. IUCN, Gland, Switzerland and Cambridge, U. K.

Society for Ecological Restoration International Science (SER) e International Union for Conservation of Nature and Natural Resources (IUCN) 2006. La restauración ecológica – un medio para conservar la biodiversidad y mantener los medios de vida.

Stiles F. G. y L. Rosselli. 1998. Inventario de las aves del bosque altoandino: comparacion de dos metodos. Caldasia 20: 29-43.

Stiles, F. G. 1985. On the role of birds in the dynamics of Neotropical forests. In: Diamond, A.W. & T.E. Lovejoy. Conservation of Tropical Forest Birds. ICBP Technial Publication 4:49-59.

Stotz D. R., J. W. Fitzpatrick, T. A. Parker III y D. K. Moskovits. 1996. Neotropical Birds. Ecology and Conservation.

Sánchez, J. A. (2004). Biodiversidad, conservación y desarrollo, Bogotá D.C., Colombia: Ediciones Uniandes.

Tarbuck, E. J. & Lutgens, F. K. 2005. Ciencias de la tierra: una introducción a la geología física. Prentice hall ed.

Ten Brink, P. 2011. The Economics of Ecosystems and Biodiversity in national and international policy making. Earthscan, Londres, R.U.

Tengberg, A., M. A. Stocking & M. da Veiga 1997. The impact of erosion on the productivity of a Ferralsol and a Cambisol in Santa Catarina, southern Brazil. Soil use and management 13: (2): 90-96.

Tilman, D., Krops, J., Wedin, D., Reich, P., Ritchoe, M., Siemann, E. (1997). The influence of functional diversity and composition on ecosystem processes. Science.1300-1302.

Tobón, C. (2009). Los bosques andinos y el agua. Serie investigación y sistematización #4. Programa Regional ECOBONA – INTERCOOPERATION, CONDESAN. Quito.

Tokura J., Rondón M. A., Villanueva G., Botero L. F. (1996) KUN. Especies forestales del Valle del Cauca.

Trujillo, L. 2004. Caracterización de bordes con Chusquea scandens y evaluación de la regeneración luego de disturbios experimentales. Trabajo de grado, Departamento de Biología, Universidad Nacional de Colombia, Bogotá.

Turner, I. M. 1996. Species loss in fragments of tropical rain forest: a review

UNTUCUMAN. 2010. Universidad Nacional de Tucuman – Facultad de ciencias exactas y tecnología. Capacitación sobre la conductividad, laboratorio de instrumentación industrial.

Uhl, C. 1987. Factors controlling succession following slash-and-burn agriculture in Amazonia. The Journal of Ecology, 377-407.

United State Environmental Protection Agency (USEPA). 2000. Principles for the ecological restoration of aquatic resources EPA841-f00-003. Office of Water (4501F); United States Environmental Protection Agency, Washington, DC, p 4.

Valencia, R. (1995). Composition and structure of an Andean forest fragment in eastern Ecuador. Pp. 239-249 En: Churchill, S., Balslev, H., Forero, E. & J. Luteyn L. (eds.) Biodiversity and Conservation of Neotropical Montane Forests, New York Botanical Garden Press, Nueva York.

Van Eynde, Karla., Blomley, Tom. 2015. Informe: causas de la ilegalidad de la madera en Colombia un estudio sobre los flujos del comercio de la madera, los actores y los impactos de la tala ilegal

Vargas, J. O. 2011. Restauración ecológica: biodiversidad y conservación. Acta biológica colombiana, 16(2), 221-246.

Vargas, O & Reyez (Eds) 2011. La restauración ecológica en la práctica. Memorias del I Congreso Colombiano de Restauración Ecológica. Universidad Nacional de Colombia, Bogotá D.C. 633 p.

Vargas, O Edit. 2008. Estrategias para la restauración ecológica del bosque altoandino: El caso de la Reserva Forestal Municipal de Cogua, Cundinamarca. Bogotá: Universidad Nacional de Colombia. Facultad de Ciencias. 372p.

Vargas, O. 2007. Guía metodológica para la restauración ecológica del bosque altoandino. Universidad Nacional de Colombia. Bogotá.

Vargas, O. 2011. Los pasos fundamentales en la restauración ecológica. In La Restauración Ecológica en la Práctica: memorias del I Congreso Colombiano de Restauración Ecológica y II Simposio Nacional de Experiencias en Restauración Ecológica. Universidad Nacional de Colombia, Bogotá (pp. 19-40).

Vargas, O., Diaz, A., Trujillo, L., Velasco, P., Diaz, R., León, O., & Montenegro, A. 2007. Barreras para la restauración ecológica. Estrategias para la restauración ecológica del bosque altoandino. Universidad Nacional de Colombia-Colciencias, 46-66.

Vargas, O., Díaz, J. E., Reyes, S. P., & Gómez, P. A. 2012. Guías técnicas para la restauración ecológica de los ecosistemas de Colombia. Bogotá: Facultad de Ciencias, Departamento de Biología, Grupo de Restauración Ecológica-Universidad Nacional de Colombia. Recuperado de https://www. researchgate. net/publication/260365693.

Vargas, W. G. 2002. Guía ilustrada de las plantas de las montañas del Quindío y los Andes Centrales. Universidad de Caldas.

Velasco Linares, P. 2004. Dinámica de la dispersión de plantas ornitócoras, reclutamiento y conectividad en fragmentos de Bosque Altoandino Secundario (Reserva Natural Protectora, Cogua, Cundinamarca). Trabajo de grado, Departamento de Biología, Universidad Nacional de Colombia, Bogotá.

Velasco-Linares, P., & Vargas, O. 2008. Problemática de los bosques altoandinos. Estrategias para la restauración ecológica del bosque altoandino (El caso de la Reserva Forestal Municipal de Cogua, Cundinamarca). Bogotá: Universidad Nacional de Colombia, 41-56.

Villanueva, C., Ibrahim, M., Casasola, F., & Arguedas, R. (2005). Las cercas vivas en las fincas ganaderas.

Villarreal, H., Álvarez, S., Córdoba, F., Escobar, G. Fagua, F. Gast, H. Mendoza, M., Ospina y Umaña. 2004. Manual de métodos para el desarrollo de inventarios de biodiversidad. Programa de inventarios de biodiversidad. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt. Bogotá, Colombia, 236 pg.

Villaseñor J.L. (2010). El Bosque Húmedo de Montaña en México y sus Plantas Vasculares: Catálogo Florístico-Taxonómico. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad/Universidad Nacional Autónoma de México, Distrito Federal, México.

Villón, M. 2006. Drenaje. Editorial Tecnológica de Costa Rica. 544 pp.

Vitousek, P. M., C. M. D'antonio, L. L. Loope, M. Rejmanek & R. Westbrooks. 1997. Introduced species: a significant component of human-caused global change. New Zealand Journal of Ecology 21:1–16.

Vásquez, C.; Muñoz, A.; Alcocer, I.; Gual, M.; Sánchez, D. 2001. Árboles Y Arbustos Nativos Potencialmente Valiosos Para La Restauración Ecológica Y La Reforestación. Instituto de Ecología, Universidad Nacional Autónoma de México. México D. F.

Waldron, L.J. 1977. The shear resistance of root-permeated homogeneous and stratified soil. Soil Science Society of America Journal, 41(5), 843-849.

Wardle, D., Bonner, K., Barker, G. (2000). Stability of ecosystem properties in response to above-ground functional group richness and composition. Oikos. Pp 11-23.

Wenny D. G., T. L. De Vaut, M. D. Johnson, D. Kelly, C. H. Sekercioglu, D. F. Tomback y C. J. Whelan. 2011. The need to quality ecosystem services provided by birds. Journal of Ornithology 128 (1): 1-14.

Whelan C. J., D. G. Wenny y R. J. Marquis. 2008. Ecosystem Services Provided by Birds. Annals of the New York Academy of Sciences 1134: 25-60.

Wilcove, D. C. McLellan & A. Dobson. 1986. Habitat fragmentation in temperate zone. En: Conservation Biology: the science of scaricity and diversity. Suderland. Sinauer associates.

Witkowski, E & M. Wilson. 2001. Changes in density, biomass, seed production and soil seed banks of the non-native invasive plant, Chromolaena odorata, along a 15 year chronosequence. Plant ecology 152: 13-27.

Woodley, S. 2010. Ecological integrity: a framework for ecosystem-based management. In: D. Cole and L.Yung (eds.). Beyond Naturalness:Rethinking Park and Wilderness Stewardship in an Era of Rapid Change. Island Press, Washington DC. pp. 106–124.

Woodward, C. L. 1996. Soil compaction and topsoil removal effects on soil properties and seedling growth in Amazonian Ecuador. Forest Ecology and Management, 82(1-3), 197-209.

World Bank. 2010. Project appraisal document on a proposed grant from the global environment facility trust fund in the amount of us$7 million to the colombian cattle ranching association for a mainstreaming sustainable cattle ranching project february.

Wunderle J.M. The role of animal seed dispersal in accelerating native forest regeneration on degraded tropical lands. Forestry Ecology and Management. 1997. Vol 99 Pp: 223-235.

Young, T., D. Petersen, & J. Clary. 2005. The ecology of restoration: historical links, emerging issues and unexplored realms. Ecology Letters 8:662-673.

Zhang, J., Drummond, F., Liebman, M., & Hartke, A. (1997). Insect predation of seeds and plant population dynamics. Orono: University of Maine. 32 p.