



MANEJO FORESTAL DE MICROCUENCAS CAFETERAS EN MANOS AL AGUA HACIA LA GESTIÓN INTEGRAL DEL RECURSO HÍDRICO



**MANEJO FORESTAL DE
MICROCUENCAS CAFETERAS
EN MANOS AL AGUA - HACIA
LA GESTIÓN INTEGRAL DEL
RECURSO HÍDRICO**

“El manejo forestal de microcuencas cafeteras en Manos al Agua hacia la gestión integral del recurso hídrico”, pertenece al componente Ecosistemas Hídricos Estratégicos



Gestión Inteligente del Agua - Manos al Agua es una asociación público-privada que generó un modelo para habilitar y mejorar los sistemas para la cooperación intersectorial, la caficultura sostenible, la protección ambiental, y la toma de decisiones, que ha permitido contribuir a enfrentar los desafíos del desbalance hídrico para el sector cafetero y su cadena de valor, estableciendo condiciones ambientales, sociales y productivas para: reducir la pobreza, mejorar el bienestar rural, contribuir a la paz y alcanzar el desarrollo sostenible en la zona rural colombiana.



MANEJO FORESTAL DE MICROCUENCAS CAFETERAS EN MANOS AL AGUA - HACIA LA GESTIÓN INTEGRAL DEL RECURSO HÍDRICO



ECOSISTEMAS HÍDRICOS ESTRATÉGICOS

Es un Proyecto a cinco años que trabajó en los departamentos de Antioquia, Caldas, Cauca, Nariño y Valle del Cauca, con un enfoque de manejo de 25 microcuencas en función de la gestión integral del recurso hídrico, vinculando a más de 11.630 familias caficultoras, en una zona de intervención de 148.754 hectáreas.



Socios Fundadores

Roberto Vélez Vallejo
Gerente General
Federación Nacional de Cafeteros, FNC

Jean-Marc Duvoisin
CEO, Nespresso

Mark Schneider
Chief Executive Officer
Nestlé

Alejandro Gamboa Castilla
Director General
Agencia de Cooperación Internacional de Colombia
APC Colombia

Wageningen University and Research

Álvaro L. Gaitán Bustamante
Director Cenicafé

Ministerio de Asuntos Exteriores de los Países Bajos
y Netherlands Enterprise Agency

Comité Directivo

Marcelo Burity
Green Coffee Development
Nestlé

Paulo Barone
Sustainability Program - Coffee
Nespresso

Charon Zondervan
Wageningen University and Research
Programme Coordinator
Environmental Sciences Group

Hernando Duque Orrego
Gerente Técnico
FNC

Director del Proyecto Manos al Agua, FNC

Rodrigo Calderón Correa

Comité Técnico Científico

Wouter Wolters
Wageningen University and Research
Environmental Research

Carlo Conforto Galli
Technical Manager Water Resources
Nestlé

Nelson Rodríguez
Investigador Científico
Cenicafé, FNC

Laura Miguel Ayala
Wageningen University and Research
Environmental Research

Comité Operativo

Ricardo Piedrahita
Strategic Sourcing and Sustainability Manager
Supply Chain
Nestlé Colombia

Santiago Arango
Green Coffe Project Manager
Nespresso Colombia

Nelson Rodríguez
Ph.D. en Ingeniería Hidráulica y Medio Ambiente
Investigador Científico
Cenicafé, FNC

Equipo Administrativo, Coordinador, Científico y Técnico del Proyecto

Comité Editorial Cenicafé

Álvaro León Gaitán Bustamante
Ph.D. Director - Cenicafé

Pablo Benavides Machado
Ph.D. Ing. Agrónomo
Entomología - Cenicafé

Diana María Molina Vinasco
Ph.D. Bacterióloga
Mejoramiento Genético - Cenicafé

Carmenza Esther Góngora Botero
Ph.D. Microbióloga
Entomología - Cenicafé

José Ricardo Acuña Zornosa
Ph.D. Microbiólogo
Fisiología - Cenicafé

Paula Jimena Ramos Giraldo
Ph.D. Ing. Electrónico
Poscosecha - Cenicafé

Secretaría técnica Comité editorial,
revisión de textos y corrección de estilo

Sandra Milena Marín López
Ing. Agrónoma MSc

Revisión textos Proyecto GIA
Paola Castaño Aristizábal

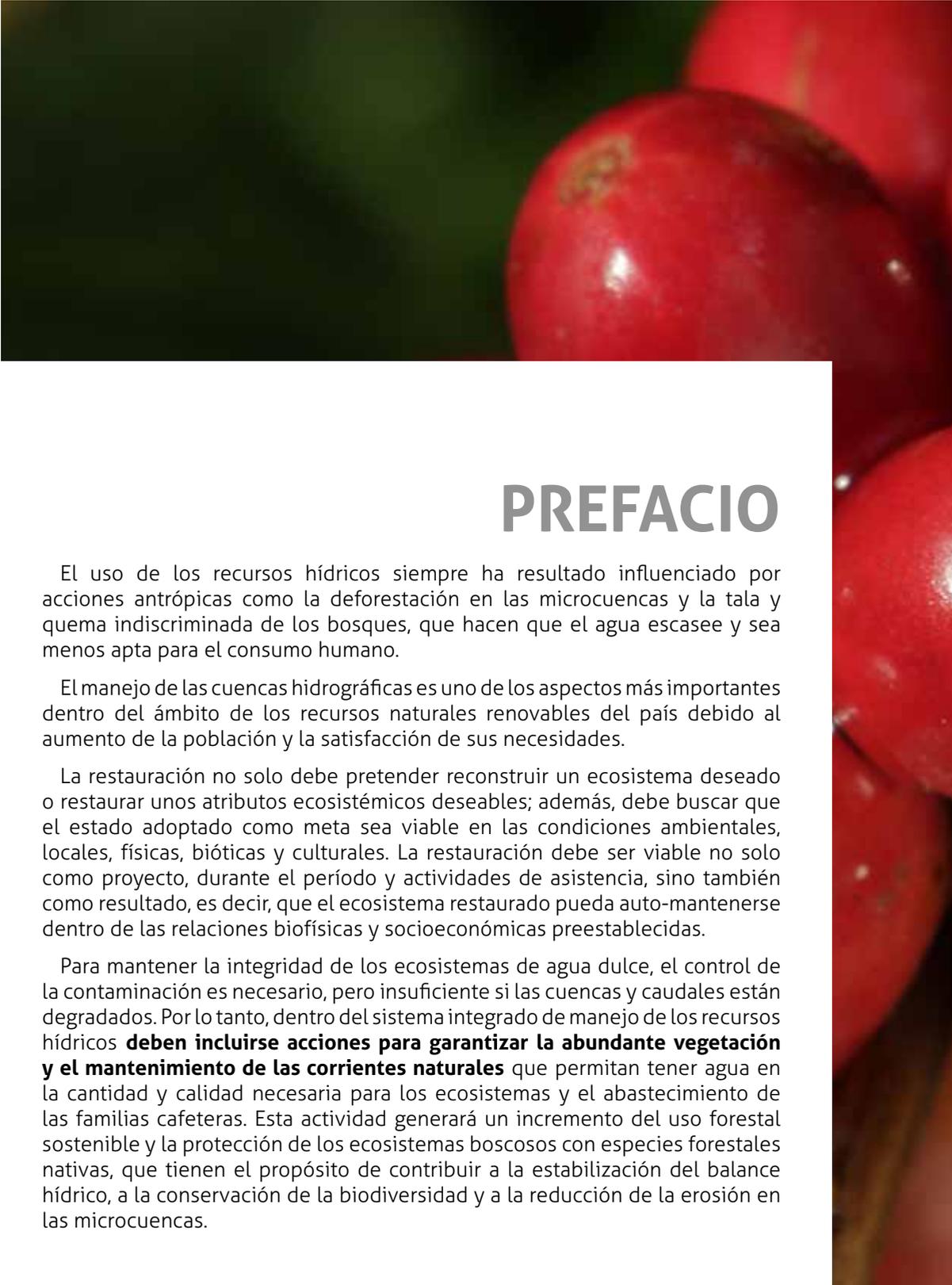
Diseño y diagramación
Julieth Sofía Veloza Beltrán

Fotografías
Archivo Cenicafé
David Bonilla Abreo

Mapas
Felipe Carvajal Monroy

Tabla de contenido

	Prefacio	6
1	Introducción	8
2	Capítulo 1. Reforestación con especies nativas en cinco Departamentos cafeteros de Colombia	11
	Resumen.....	13
	Factores que afectan las fuentes hídricas en zonas cafeteras.....	14
	Metodología.....	18
	Resultados alcanzados.....	33
	Experiencia - resultado alcanzado - Impacto logrado.....	70
	Potenciales usos de las principales especies de árboles registrados.....	79
	Prácticas de manejo de los árboles.....	83
	Consideraciones generales.....	89
3	Capítulo 2. Implementación, resultados e impactos del plan de trabajo en manejo forestal para la protección de las microcuencas GIA – Manos al Agua	93
	Implementación y resultados del plan de reforestación en zonas GIA.....	95
	Capacitación en manejo forestal y de suelos.....	110
	Especies reportadas como vulnerables.....	112
	Análisis de paisaje.....	114
	Conclusiones.....	116
	Recomendaciones.....	117
	Bibliografía.....	118



PREFACIO

El uso de los recursos hídricos siempre ha resultado influenciado por acciones antrópicas como la deforestación en las microcuencas y la tala y quema indiscriminada de los bosques, que hacen que el agua escasee y sea menos apta para el consumo humano.

El manejo de las cuencas hidrográficas es uno de los aspectos más importantes dentro del ámbito de los recursos naturales renovables del país debido al aumento de la población y la satisfacción de sus necesidades.

La restauración no solo debe pretender reconstruir un ecosistema deseado o restaurar unos atributos ecosistémicos deseables; además, debe buscar que el estado adoptado como meta sea viable en las condiciones ambientales, locales, físicas, bióticas y culturales. La restauración debe ser viable no solo como proyecto, durante el período y actividades de asistencia, sino también como resultado, es decir, que el ecosistema restaurado pueda auto-mantenerse dentro de las relaciones biofísicas y socioeconómicas preestablecidas.

Para mantener la integridad de los ecosistemas de agua dulce, el control de la contaminación es necesario, pero insuficiente si las cuencas y caudales están degradados. Por lo tanto, dentro del sistema integrado de manejo de los recursos hídricos **deben incluirse acciones para garantizar la abundante vegetación y el mantenimiento de las corrientes naturales** que permitan tener agua en la cantidad y calidad necesaria para los ecosistemas y el abastecimiento de las familias cafeteras. Esta actividad generará un incremento del uso forestal sostenible y la protección de los ecosistemas boscosos con especies forestales nativas, que tienen el propósito de contribuir a la estabilización del balance hídrico, a la conservación de la biodiversidad y a la reducción de la erosión en las microcuencas.



La alianza público privada, a través del Proyecto Manos al Agua – GIA motivó a la realización de acciones para la protección de las fuentes hídricas, la conservación de bosques naturales y la delimitación de las áreas de las microcuencas, mediante el incremento del uso forestal sostenible y la protección de los ecosistemas boscosos de especies forestales nativas, que tienen como propósito contribuir a la estabilización del balance hídrico y la reducción de la erosión en las microcuencas.

Se registraron más de 437 hectáreas forestales, en 25 microcuencas cafeteras, sembradas con una importante **participación comunitaria**, contribuyendo con la estabilidad del sistema en favor de la conservación y manejo integral del recurso hídrico, brindando a los caficultores la posibilidad de obtener bienes y servicios ambientales como madera, resinas y taninos que puedan ser sostenibles en el tiempo para las futuras generaciones.

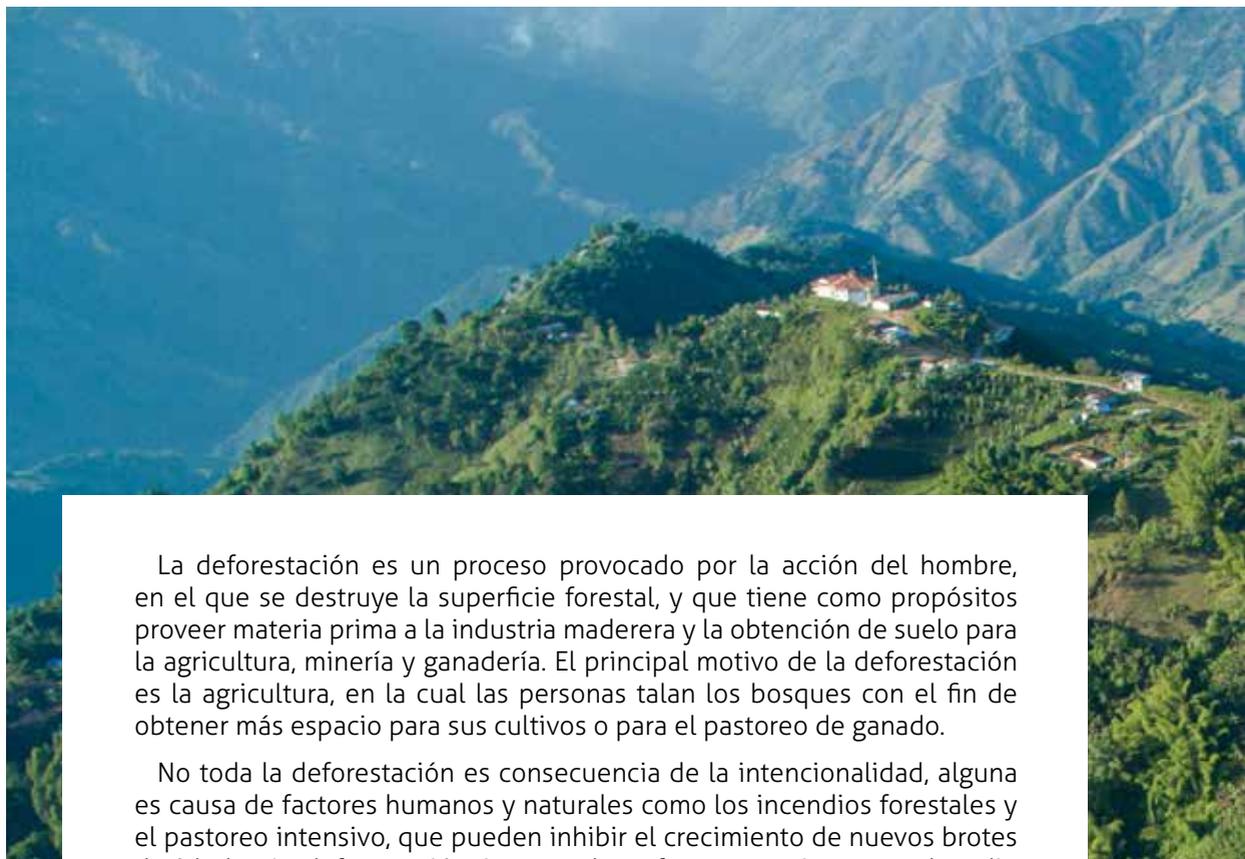
La presente publicación pretende recoger la experiencia lograda con el plan de reforestación de Manos al Agua – GIA, soportando la labor en el campo con dos modalidades o estrategias de implementación forestal, **Incentivo** y **fomento**, diferentes desde el punto de vista de filosofía de implementación, pero complementarias para llegar al mismo objetivo.

El **Capítulo 1** de esta publicación presenta el proceso inicial y la fundamentación de la propuesta a abordar para cumplir con la meta inicial de **90 hectáreas forestales**, con énfasis en la estrategia de **incentivo** (con pago por siembras) a nivel de fincas. En esta fase fueron fundamentales las actividades concernientes al diagnóstico, localización del plan de reforestación, identificación de especies arbóreas por departamento y las fincas pre-seleccionadas a vincular, buscando un ordenamiento del trabajo en fincas, para promover la **protección de cauces de cuerpos de agua (fuente hídrica principal)**.

El **Capítulo 2** presenta el proceso **complementario**, con énfasis en la estrategia de **fomento** (trabajo voluntario) a nivel de fincas y de región. Se consolida la información de implementación del plan forestal con las estrategias de Incentivo y fomento, se muestra el acompañamiento establecido y las actividades de formación como soporte a la labor de implementación.

Esquemas de manejo forestal en el proyecto GIA:

- **Modalidad de manejo forestal con incentivo:** promovió la siembra de especies forestales nativas mediante el pago semestral de un incentivo monetario, para realizar el mantenimiento del modelo forestal establecido.
- **Modalidad de manejo forestal por fomento:** promovió la siembra de especies forestales nativas mediante la vinculación de fincas y la comunidad a un proceso de participación voluntaria.



La deforestación es un proceso provocado por la acción del hombre, en el que se destruye la superficie forestal, y que tiene como propósitos proveer materia prima a la industria maderera y la obtención de suelo para la agricultura, minería y ganadería. El principal motivo de la deforestación es la agricultura, en la cual las personas talan los bosques con el fin de obtener más espacio para sus cultivos o para el pastoreo de ganado.

No toda la deforestación es consecuencia de la intencionalidad, alguna es causa de factores humanos y naturales como los incendios forestales y el pastoreo intensivo, que pueden inhibir el crecimiento de nuevos brotes de árboles. La deforestación tiene muchos efectos negativos para el medio ambiente, el impacto más dramático es la pérdida del hábitat de millones de especies, y en muchos países es causa de la extinción de especies, cambios en las condiciones climáticas, desertificación y desplazamiento de poblaciones indígenas, entre muchos otros efectos (Minagricultura, 2011).

En Colombia, la mayoría de los ecosistemas naturales han sido transformados y degradados por la deforestación, causada entre otras, por los cultivos ilícitos, el uso inadecuado del suelo en actividades agroindustriales, la producción agropecuaria, la minería a cielo abierto, el desarrollo urbano, la construcción de obras de infraestructura y la urbanización e introducción de especies que, en algunos casos, son invasoras, afectando el equilibrio de los sistemas ecológicos. Esta rápida conversión y deterioro de los ecosistemas originales ha generado pérdida de biodiversidad, disminución en la calidad y cantidad de los recursos hídricos, degradación de los suelos y contaminación de aguas, tanto marinas como continentales (Ospina *et al.*, 2013; Vargas, 2011).



Para el año 2015, Colombia contaba con una superficie boscosa natural de 59.558.064 ha (52,2% superficie continental). La pérdida total de bosque natural en el año 2015 fue de 124.035 ha/año. Para el segundo trimestre de 2016 se detectaron ocho núcleos activos de deforestación ubicados en los departamentos de Chocó (dos núcleos), Guaviare, Caquetá, Meta, Antioquia, Norte de Santander y Nariño (IDEAM *et al.*, 2017).

En este marco de condiciones de deterioro surge la necesidad de elaborar un plan de restauración forestal, en adelante PRF, con el que a partir de la restauración ecológica se pretendió la rehabilitación y recuperación de microcuencas hidrográficas en los departamentos de Nariño, Cauca, Valle del Cauca, Caldas y Antioquia. El PFR estuvo articulado al componente Ecosistemas Hídricos Estratégicos, como actividad del Proyecto Gestión Inteligente del Agua (GIA), con el objetivo de contrarrestar los efectos negativos que se han ido acumulando y han deteriorado los ecosistemas y la calidad de vida de las comunidades cafeteras de estos departamentos.



Capítulo 1

Fernando Farfán Valencia

*Investigador Científico II, Disciplina de Fitotecnia.
Centro Nacional de Investigaciones de Café – Cenicafé*

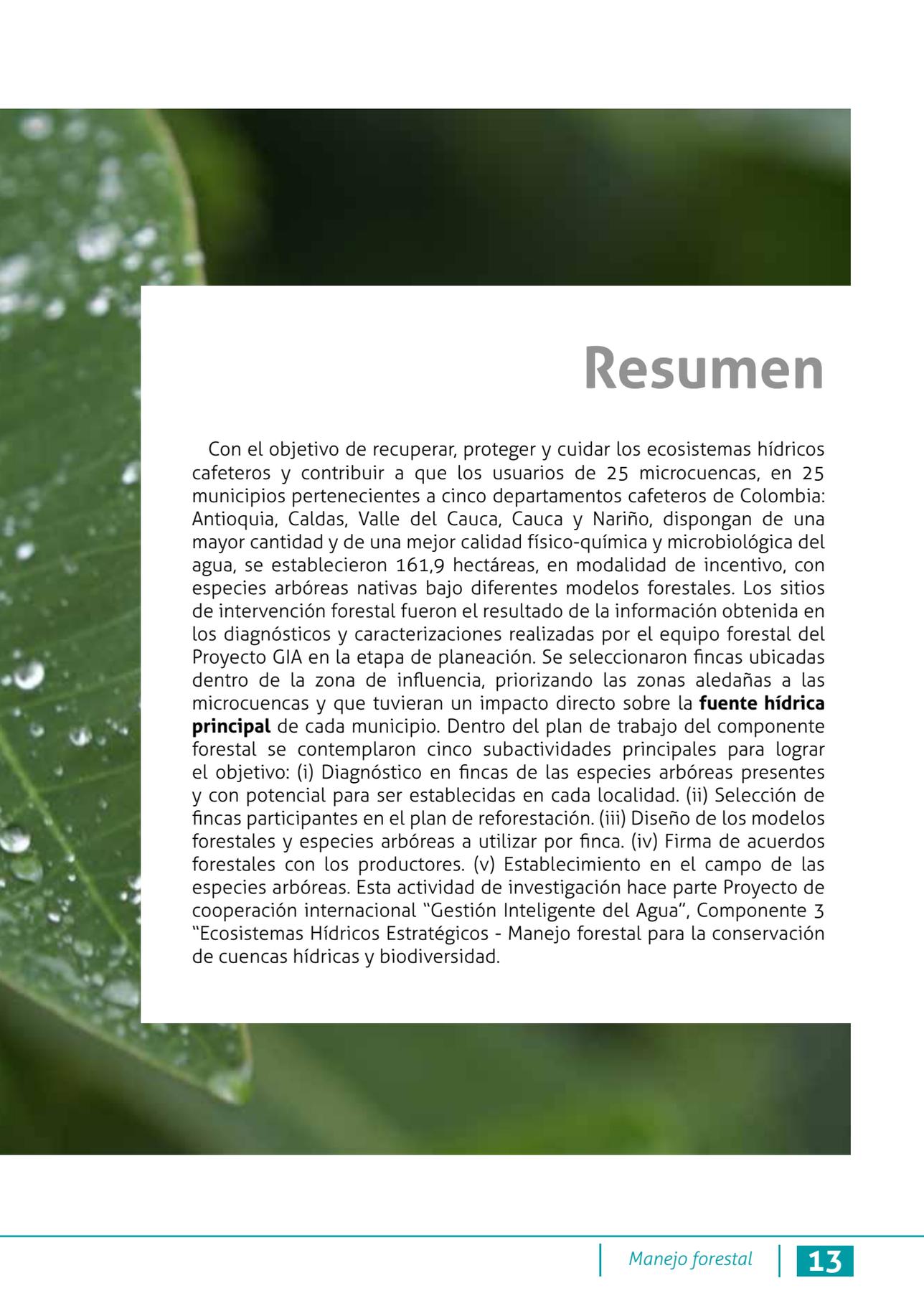


**Manejo forestal de
microcuencas cafeteras
en Manos al Agua**

**REFORESTACIÓN CON INCENTIVO
CON ESPECIES NATIVAS EN CINCO
DEPARTAMENTOS CAFETEROS
DE COLOMBIA**

Reforestación con Incentivo con especies nativas en cinco departamentos cafeteros de Colombia





Resumen

Con el objetivo de recuperar, proteger y cuidar los ecosistemas hídricos cafeteros y contribuir a que los usuarios de 25 microcuencas, en 25 municipios pertenecientes a cinco departamentos cafeteros de Colombia: Antioquia, Caldas, Valle del Cauca, Cauca y Nariño, dispongan de una mayor cantidad y de una mejor calidad físico-química y microbiológica del agua, se establecieron 161,9 hectáreas, en modalidad de incentivo, con especies arbóreas nativas bajo diferentes modelos forestales. Los sitios de intervención forestal fueron el resultado de la información obtenida en los diagnósticos y caracterizaciones realizadas por el equipo forestal del Proyecto GIA en la etapa de planeación. Se seleccionaron fincas ubicadas dentro de la zona de influencia, priorizando las zonas aledañas a las microcuencas y que tuvieran un impacto directo sobre la **fuerza hídrica principal** de cada municipio. Dentro del plan de trabajo del componente forestal se contemplaron cinco subactividades principales para lograr el objetivo: (i) Diagnóstico en fincas de las especies arbóreas presentes y con potencial para ser establecidas en cada localidad. (ii) Selección de fincas participantes en el plan de reforestación. (iii) Diseño de los modelos forestales y especies arbóreas a utilizar por finca. (iv) Firma de acuerdos forestales con los productores. (v) Establecimiento en el campo de las especies arbóreas. Esta actividad de investigación hace parte Proyecto de cooperación internacional "Gestión Inteligente del Agua", Componente 3 "Ecosistemas Hídricos Estratégicos - Manejo forestal para la conservación de cuencas hídricas y biodiversidad.

Factores que afectan las fuentes hídricas en zonas cafeteras

En Colombia el recurso hídrico es abundante, con una oferta per cápita neta de 26.770 m³/hab./año, pero en condiciones de año seco se presentan dificultades en la disponibilidad espacial y temporal del agua superficial a nivel regional y local. Acciones antropogénicas como la deforestación, el cambio en el uso del suelo y los vertimientos de contaminantes a las fuentes de agua, aunados al crecimiento en la demanda de agua en zonas con déficit hídrico, generan una influencia directa sobre la disponibilidad del recurso hídrico en Colombia (Cenicafé, 2011). A continuación, se describen los factores más destacados que afectan las fuentes hídricas en zonas cafeteras colombianas.

Conflictos en el uso y manejo del suelo

Colombia es un país que cuenta con 114.174.800 hectáreas, constituidas por coberturas que van desde las selvas de la Amazonia hasta zonas deforestadas y secas en la Costa Atlántica. El 28% (32.794.351 ha) padece algún conflicto en la calidad de sus suelos, resultado del uso inadecuado o la falta de prácticas que estimulen el aprovechamiento de este recurso, ya sea por la sobreutilización o la subutilización. En un cuarto de toda Colombia, los agricultores, ganaderos y empresarios del sector deben reorientar sus prácticas en torno a un mejor uso del suelo (IGAC, 2014).

En departamentos de las regiones Caribe, Santanderes y del Magdalena Medio, por ejemplo, que contaban con suelos aptos y de buena calidad, ahora son tierras que pueden catalogarse como deterioradas por la indiscriminada mano del hombre. Las zonas más productivas y pobladas de Colombia están prácticamente en proceso de deforestación, lo que puede representar futuras tragedias, tanto en épocas de sequía como de lluvia.

En este contexto, Caldas posee el 63% de su territorio con suelos afectados, de las 744.560 ha de este departamento cafetero, los conflictos están en 469.072 ha; Caldas es el departamento más sobreutilizado en toda Colombia, con un 55% de su área afectada por el exceso de agricultura en suelos de alta fragilidad, por pendiente, erosión y procesos de remoción en masa. Antioquia cuenta con el 51% de sus suelos con conflictos, el departamento tiene 6.301.972 ha, de las cuales 3.214.005 ha están afectadas, 35% por la sobreutilización y 16% por la subutilización de sus suelos. El Valle del Cauca posee 35% de su área con conflictos de suelo, el 30% de los suelos son sobreutilizados por el exceso de agricultura en zonas no aptas, y el 5% con subutilización; en el Valle las actividades forestales, así como la minería ilegal, están afectando el delicado equilibrio de la naturaleza. Cauca presenta conflictos de suelos en el 30% del departamento, 25% por sobreutilización y 5% por subutilización. Nariño presenta conflictos de suelos en el 22% del departamento, 19% por sobreutilización y 3% por subutilización (IGAC, 2014).

Conflictos en el uso y manejo del agua

De acuerdo con el IDEAM (2014), la distribución del agua es desigual para las diferentes cuencas hidrográficas. En las cuencas de Magdalena, Cauca y Caribe, donde se encuentra el 80% de la población nacional, se estima que está sólo el 21% de la oferta total de agua superficial. Las condiciones más críticas del recurso hídrico, asociadas a presión por uso, contaminación del agua, vulnerabilidad al desabastecimiento, vulnerabilidad frente a variabilidad climática y condiciones de regulación, se concentran en las cuencas del Magdalena y Cauca.

La afectación a la calidad del agua, expresada en cargas contaminantes de material biodegradable, no biodegradable, nutrientes, metales pesados y mercurio, se concentra en cerca de 150 municipios, que incluyen las principales ciudades capitales. La materia orgánica biodegradable vertida a los sistemas hídricos en 2012 se estimó en 756.945 t/año, mientras que la materia orgánica no biodegradable, es decir, sustancias químicas, se estimó en 918.670 t/año, siendo las principales ciudades las más aportantes.

Cerca de 205 toneladas de mercurio son vertidas al suelo y al agua de los ríos a nivel nacional. Aproximadamente 318 cabeceras municipales pueden presentar problemas de desabastecimiento en épocas secas, lo cual podría afectar una población de 11.530.580 habitantes. Se identifica una alta dependencia de agua verde en los sectores agrícola y pecuario, lo que hace que estos sectores económicos sean vulnerables a la variabilidad climática.

Son 61 los sistemas acuíferos cuya ubicación geográfica coincide con subzonas caracterizadas por altas presiones de uso, contaminación, vulnerabilidades al desabastecimiento y a la variabilidad climática. El IDEAM (2014) evidencia la disponibilidad de agua verde y agua azul² en el país, que corresponde al 97% y 3%, respectivamente, mostrando el potencial del patrimonio hídrico natural de Colombia que va más allá de los ríos, lagos y acuíferos.

El total de agua que se demanda en diferentes sectores a nivel nacional es de 35.987 Mm³, que equivale a llenar 28 veces el volumen del embalse de Betania. El sector de mayor demanda es el agrícola con un 46,6%, seguido del sector energético con el 21,5%, el pecuario con el 8,5% y el doméstico con el 8,2%. En Colombia son transportados cada año más de 300 millones de toneladas de sedimentos, siendo el mayor aportante el río Magdalena en la estación de Calamar, donde se estima un transporte anual de 140 millones de toneladas (IDEAM, 2014).

Diseño inapropiado de los sistemas de producción

Si las características de clima y suelo son las óptimas para el desarrollo de la planta de café, su cultivo puede establecerse a libre exposición solar o mediante la arborización de los lotes o toda la finca cafetera, siendo la estrategia más recomendada. Si las condiciones para el desarrollo de la planta no son favorables desde el punto de vista de la oferta climática y del suelo, la mejor estrategia y donde se obtendrían los mejores resultados sería con el establecimiento de árboles como sombrío del cultivo (Figura 1).

²Agua azul. Es el volumen de agua dulce consumida de las aguas superficiales, ríos, lagos, embalses y aguas subterráneas. El agua verde es la que se pierde durante los procesos de evaporación del suelo y transpiración de las plantas (Global Omnium, 2015).



Cultivo de café al sol

Brillo solar anual	1.500 a 1.800 h
Temperatura	19,0 a 21,5°C
Precipitación anual	1.800 a 2.000 mm
Deficiencia hídrica	No

Relieve ondulado
 Pendientes suaves (<50%)
 Suelos sin limitaciones nutricionales
 Suelos bien estructurados
 Suelos profundos
 Suelos sin riego a erosión
 Condiciones óptimas para el cultivo



Cultivo de café bajo sombrío

Brillo solar anual	>1.800 h
Temperatura	Mayor a 22,0°C
Precipitación anual	Menor a 1.200 mm
Deficiencia hídrica	Si

Relieve fuertemente quebrado
 Pendientes fuertes (>50%)
 Suelos con limitaciones nutricionales
 Suelos poco estructurados
 Suelos poco profundos
 Suelos susceptibles a la erosión
 Condiciones marginales para el cultivo

Figura 1. Principales criterios para establecer un sistema de producción de café a libre exposición solar, bajo sombrío o arborizado.

Un adecuado diseño del sistema de producción de café podrán evitarse pérdidas de suelo por procesos erosivos como deslizamientos del suelo, remociones en masa, etc., se obtendrán sistemas de producción más estables y rentables, y se disminuirán los efectos adversos, en cuanto a calidad y cantidad del agua (Figuras 2 y 3).



Figura 2. Lotes de café no arborizados en pendientes >50%.



Figura 3. Río Esmita, Rosas - (Cauca).

- En Colombia, las estrategias de desarrollo se han basado en los recursos naturales, los suelos, las aguas, los bosques, los recursos hidrobiológicos, los minerales, los hidrocarburos, el paisaje, etc.
- En las últimas décadas, este crecimiento ha estado acompañado de un marcado deterioro ambiental, deforestación, pérdida de biodiversidad, contaminación del agua y del aire.
- El 85% de los sistemas productivos están en áreas vulnerables a desertificación.
- El 48% del país es susceptible a erosión y se degradan aproximadamente 2.000 ha al año; afectando la competitividad del sector agrícola, la disponibilidad de alimentos, la calidad y cantidad de agua.
- La degradación ambiental representa pérdidas equivalentes al 3,7% del PIB. Las sustancias químicas causan contaminación del agua, el aire y los alimentos, generando riesgos significativos para la salud, la productividad y los ecosistemas.
- La gestión ambiental enfrenta el reto de asegurar que este crecimiento cumpla con los parámetros de sostenibilidad. Esto significa, entre otros: cambiar la tendencia del deterioro ambiental, de los procesos inadecuados de ocupación y uso del territorio, y adaptarse a la variabilidad climática.
- También representa desarrollar estrategias de conservación, con la finalidad de proteger la diversidad biológica y la provisión de los servicios ecosistémicos.
- Uno de los aspectos cruciales de la gestión ambiental es el recurso hídrico.

Lineamiento general Gestión Inteligente del Agua – GIA

Para mantener la integridad de los ecosistemas de agua dulce, el control de la contaminación es necesario, pero insuficiente si las cuencas y caudales están degradados. Por lo tanto, dentro del sistema integrado de manejo de los recursos hídricos deben incluirse acciones para garantizar la abundante vegetación y el mantenimiento de las corrientes naturales que permitan tener agua en la cantidad y calidad necesaria para los ecosistemas y el abastecimiento de las familias cafeteras. La asociación público-privada (APP), a través del Proyecto de Cooperación Internacional "Gestión Inteligente del Agua" – GIA y su denominado componente "Recursos hídricos estratégicos", pretende implementar acciones para la protección de las fuentes hídricas, conservación de bosques naturales, y delimitación de las áreas de las microcuencas, mediante el incremento del uso forestal sostenible y la protección de los ecosistemas boscosos de especies forestales nativas, que tienen como propósito contribuir a la estabilización del balance hídrico y a la reducción de la erosión en las microcuencas.

Todo estudio cuya metodología implique la incorporación de seres vivos, en este caso los árboles, debe iniciar con un análisis de lo que este componente puede brindar o aportar a la investigación, al investigador y a la comunidad en general.

Aprendiendo de los árboles

Beneficio de los árboles en los sistemas de producción con café

Los beneficios de los árboles asociados al cultivo del café son numerosos, siendo cada uno de estos beneficios específicos para cada finca cafetera.

Entre los beneficios de los árboles en los sistemas de producción con café se pueden destacar:

- La reducción de los eventos extremos de la temperatura del aire y del suelo.
- La reducción de la velocidad del viento.
- El mantenimiento de la humedad relativa y aumento de la disponibilidad de agua en el suelo.

Como consecuencia, los cafetales arborizados están mejor protegidos contra las heladas y se crea un ambiente más adecuado para el mantenimiento de su intercambio gaseoso (Farfán, 2014). También se presenta un mejoramiento o mantenimiento de la fertilidad del suelo debido al aumento en el aporte de nutrientes y adición de residuos vegetales; se presentan menores pérdidas por volatilización del nitrógeno; además, la capacidad de absorción e infiltración del agua se incrementa, lo cual favorece la reducción de la erosión. Sin embargo, de modo general, la utilización y la respuesta a la aplicación de nutrientes en cafetales con sombrío es menor que en aquellos que crecen a plena exposición solar.

En algunos casos, se reduce el ataque de algunas enfermedades como la mancha de hierro, y de plagas como el minador de las hojas del café, y la sombra proporcionada por los árboles reduce la presencia de arvenses, especialmente gramíneas. Adicionalmente, los caficultores obtienen ganancias extras derivadas de la explotación de la especie usada para la arborización (madera, frutos y látex, entre otros). En la Figura 4 se presentan los beneficios de los árboles al establecerlos como sombrío del café (Farfán, 2014).



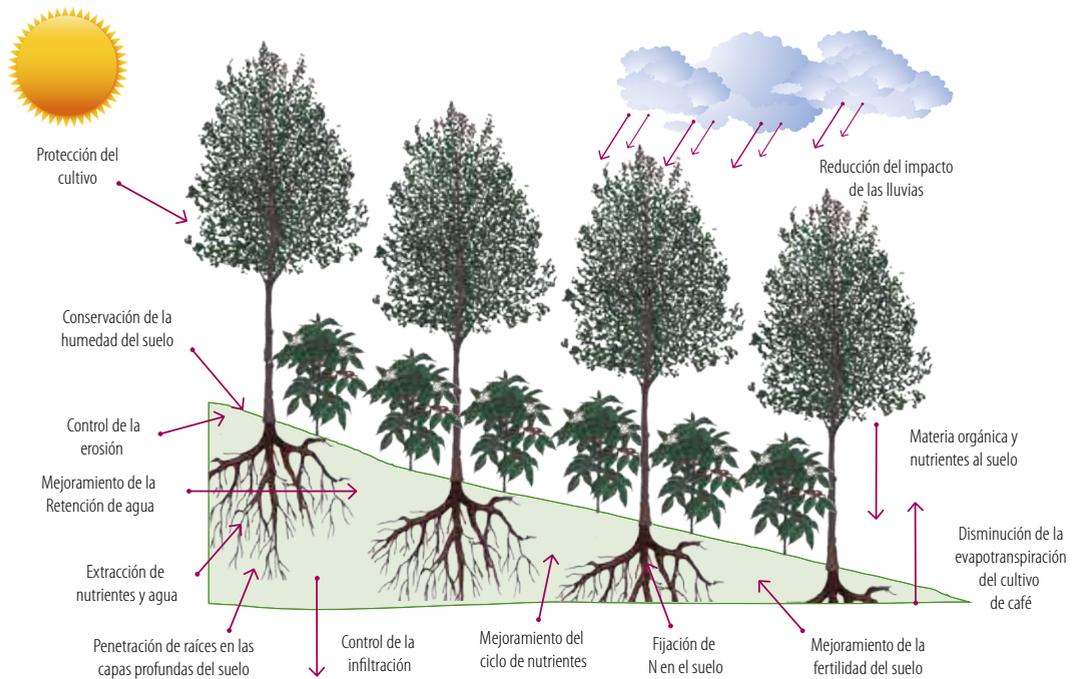


Figura 4. Beneficios de los árboles en los sistemas de producción con café.

La interacción conjunta de todos estos factores contribuye a aumentar la infiltración y retención de agua en el suelo, disminuye la escorrentía protegiendo los suelos de procesos erosivos y se regulan las fuentes hídricas, lo que se traduce finalmente en un incremento de la calidad y la disponibilidad del agua en las zonas cafeteras colombianas.

Los árboles como reguladores de las fuentes de agua

El principal factor que determina el tipo de comunidad es el clima, por lo cual puede afirmarse que los árboles son una de las principales estrategias de los agricultores para luchar contra la variabilidad climática. Entre los elementos que definen el clima de una región, el agua juega un papel importante y la principal fuente de agua en los sistemas naturales es la lluvia.

En un bosque, el agua de las precipitaciones llega primero a la copa de los árboles más altos y va recorriendo los niveles (árboles, arbustos, pastos) hasta llegar al suelo. Cuanto más grande es la superficie superior o “techo” del componente arbóreo, relacionado con las copas frondosas de los árboles, más agua puede captar, distribuir, evaporar nuevamente al ambiente y almacenar. Al llegar al suelo penetra y está disponible para ser utilizada por las raíces de las plantas que, de este modo, pueden elaborar y distribuir nutrientes vitales que les permiten fabricar materia orgánica y liberar oxígeno y otros materiales, que mantienen la vida de otros seres vivos y reduce la cantidad de carbono en el aire.

Los árboles son un regulador del ciclo del agua en la naturaleza, uno más de los servicios ambientales que brindan (Figura 5), ayudan a mejorar la percolación o infiltración del agua en el suelo, contribuyen a reducir la escorrentía disminuyendo el arrastre de suelo, se presenta mayor conservación de la humedad en el suelo y un notable mejoramiento del caudal de las fuentes de agua (Granados y López, 2007).

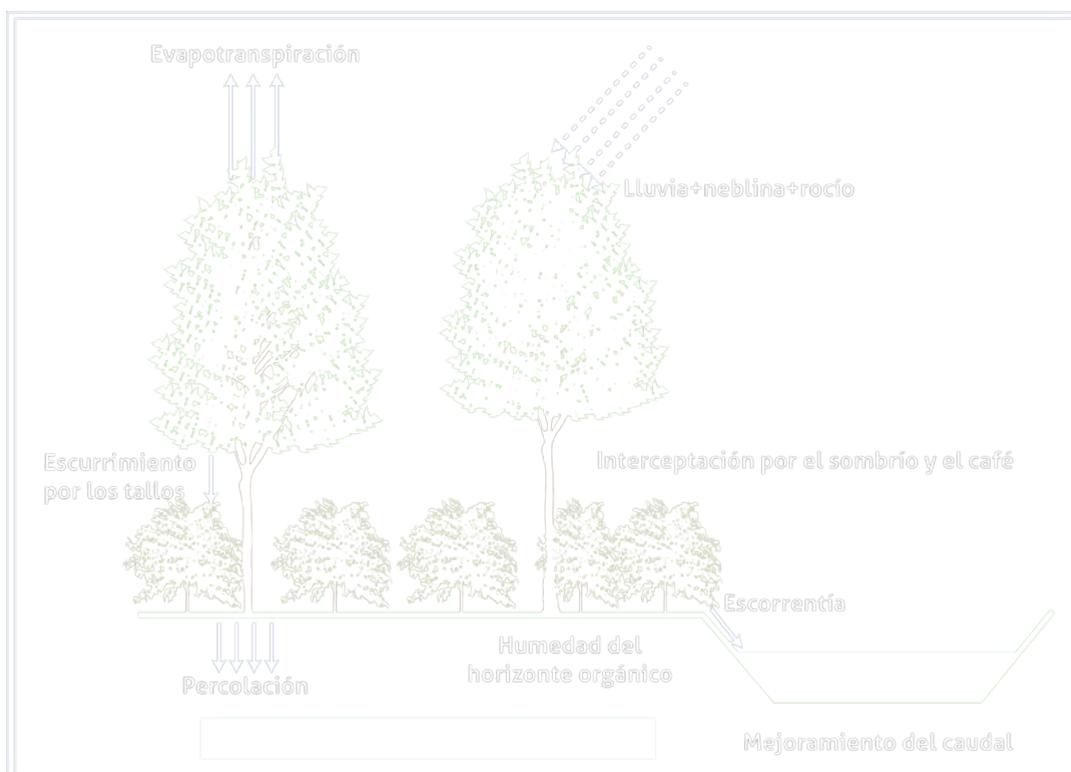


Figura 5. Los árboles de sombrero como reguladores de las fuentes de agua (Farfán, 2014).

Recuperación de áreas afectadas por procesos erosivos – Restauración ecológica

La degradación de muchos sistemas de producción han acelerado las crisis ambientales, económicas y sociales, debido a la reducción rápida de los múltiples servicios ambientales que se prestan, como la producción de agua, la fijación de CO₂, los ciclos de la materia orgánica, la productividad del suelo, la biodiversidad y las coberturas que previenen la erosión, entre otros (Figura 6).





Figura 6. Suelos degradados en zonas cafeteras en los municipios de Sevilla – Valle (izquierda) y en Salgar – Antioquia (derecha).

Como alternativa de manejo se plantea la conservación y restauración ecológica, como una posible solución para revertir procesos de degradación de sistemas de producción y pérdida acelerada de biodiversidad; con esto se garantizaría la sostenibilidad ambiental, social y económica, y adicionalmente, la disponibilidad de servicios ambientales regionales como soporte de la producción y rentabilidad locales (Vargas, 2011).

La restauración ecológica es el apoyo al desarrollo de un determinado abanico de sistemas, con el propósito de mejorar su desempeño y su expresión como paisaje. Constituye una herramienta dentro de los planes de conservación y gestión de especies y espacios. El término restauración se enfoca en orientar el dinamismo de los sistemas de producción y acelerar el proceso de recuperación de los sistemas degradados, que por sí solos hubiesen tardado mucho tiempo en su recuperación. El epíteto ecológico hace referencia a los criterios y métodos utilizados por el restaurador. Para restaurar ecológicamente un área afectada deben diseñarse protocolos para la recuperación de poblaciones, comunidades y hábitats, lo que supone un reto científico y técnico (Valladares *et al.*, 2011).

Beneficios ambientales, sociales y económicos de los árboles en las fincas cafeteras

Entre los principales beneficios ambientales, sociales y económicos, de acuerdo con Farfán (2012, 2014), se destacan:

Beneficios ambientales y económicos	Beneficios sociales
Producen tintes	Brindan confort
Son medicinales	Dan privacidad
Cercos vivos	Incitan al descanso
Producen resinas	Controlan el calor
Proveen leña	Son conmemorativos
Producen taninos	Hablan de la historia
Producen fibras	Realzan las viviendas
Ciclaje de nutrientes	Embellecen el paisaje
Fijación de CO ₂	Dan estética a jardines
Hábitat para las aves	Son monumentos vivos
Confort térmico	Resaltan las propiedades
Diversidad en la finca	Ayudan a disminuir el ruido
Proveen madera	Dirigen caminos peatonales
Estabilizan el suelo	Aumentan la calidad de vida
Liberan oxígeno	Hacen parte de la comunidad
Son alimento para animales (forraje)	Tienen propiedades curativas
Producción apícola	Brindan una sombra acogedora
Autosuficiencia creciente	Facilitan el uso del tiempo libre
Barbechos mejorados	Mejoran la salud mental y física
Mejoran la calidad del aire	Producen beneficios psicológicos
Alimentación humana	Estrechan las relaciones sociales
Embellecimiento del paisaje	Despiertan pensamientos positivos
Reducen la escorrentía	Proveen experiencias espirituales
Hábitat para la fauna benéfica	Brindan oportunidad de recreación
Sistemas silvopastoriles	Recordatorios de hechos importantes
Incrementan el empleo estable	Ayudan a reducir la presión (estrés)
Cobertura vegetal (mulch)	Son alegóricos a momentos religiosos
Regulación del ciclo hidrológico	Protector de inclemencias climáticas
Protección de fuentes de agua	Complementan el diseño arquitectónico
Protección del suelo contra la erosión	Aumentan la satisfacción por el trabajo
Adaptación a suelos marginales	Conducen a un fuerte arraigo en los lugares
Conservación de la humedad del suelo	Proveen entornos agradables y estéticos
Protección contra vientos fuertes	Contribuyen a la autoestima
Intercepción de la lluvia horizontal (niebla)	Reducen problemas de salud
Disminución de la evapotranspiración	Dependencia de comunidades locales
Protección del cultivo a altas temperaturas	Dan identidad a las propiedades
Mantenimiento de la fertilidad del suelo	Promueven la responsabilidad ambiental
Reducen las posibilidades de inundaciones	Son evocadores de otros tiempos, lugares
Reducen el impacto de la lluvia en el suelo	

Consideración práctica

La mayoría de los árboles y arbustos en las fincas cafeteras se plantan para proporcionar sombra; si bien se trata de beneficios excelentes, los árboles sirven para mucho más, los árboles proporcionan beneficios sociales, ambientales y económicos.

¿Cómo establecer árboles en la finca cafetera?

Sistemas o modelos agroforestales

Los sistemas agroforestales se definen como la asociación de árboles en un cultivo de valor económico, caso del café. Debe notarse que la definición no enfatiza que el árbol está asociado como sombrío del cultivo, lo cual abre la posibilidad de establecer de diversas maneras, estos árboles a los lotes o fincas cafeteras, sin que el árbol ocupe un sitio donde debe ir una planta de café y sin que este afecte la producción.

Clasificación de los sistemas agroforestales

Es necesario identificar y establecer modelos agroforestales que reúnan elementos comunes articulados y jerárquicos, con el fin de que se facilite el conocimiento de las funciones de los sistemas. Algunos de los modelos son (UMCA, 2006):

Árboles asociados con cultivos perennes. Son sistemas agroforestales simultáneos (con interacción directa), en los cuales los componentes agrícolas y arbóreos se encuentran en el mismo terreno, durante toda la duración del sistema. El objetivo principal de este modelo es la diversificación de la producción, aunque también pueden lograrse aumentos en la productividad, a través de algunas interacciones con el componente arbóreo (OTS, 1986).

A esta categoría también pertenecen todas las combinaciones de árboles y cultivos perennes donde el componente arbóreo crea un piso superior y cubre los cultivos. La cubierta del árbol puede ser muy abierta o casi cerrada, como los árboles de sombra de diversos cultivos. Los sistemas agroforestales con café, comunes en las zonas cafeteras colombianas, pueden clasificarse en esta categoría (SAF simultáneos); entre los casos más conocidos se encuentra el café cultivado bajo sombra de *Erythrina* sp., *Inga* sp. y *Cordia alliodora*, entre otros.

Árboles en asociación con cultivos anuales (cultivos en callejones). Consiste en la asociación de hileras de plantas entre los surcos de los árboles. En estas asociaciones, las interacciones de los cultivos anuales con el componente arbóreo son similares a las del caso anterior. Estos sistemas se establecen para especies anuales tolerantes a la sombra. Aunque se pierde algún espacio por la siembra de árboles, se espera que este sistema se equilibre con un aumento en el rendimiento del cultivo por unidad de área (Van Noordwijk, 2000), obtenido por el efecto de la fertilización del material orgánico proveniente de los árboles.

Sistemas silvopastoriles. Los sistemas silvopastoriles y los silvoagrícolas tienen las mismas características estructurales. Los árboles cubren el piso inferior constituido por pastos, el piso inferior y algunas veces también el superior está dedicado a la producción animal. La producción de forraje bajo la cubierta arbolada puede dedicarse a los sistemas de corte. En estos sistemas pueden incluirse diferentes tipos de animales silvestres.

Estos sistemas son practicados a diferentes niveles, desde las grandes plantaciones arbóreas comerciales con inclusión de ganado, hasta el pastoreo de animales como complemento a la agricultura de subsistencia.

Cortinas rompevientos y barreras vivas con árboles. Los objetivos de las barreras vivas con árboles son reducir la velocidad del viento en parcelas con fines agropecuarios, reducir el movimiento del suelo y protegerlo de los procesos erosivos, conservar la humedad del suelo, reducir la acción mecánica del viento sobre el cultivo, proteger la fauna silvestre, regular las condiciones del microclima, incrementar la belleza natural de un área y proteger cultivos y animales, incluso donde la agricultura es intensiva. Además, producen madera, abono verde, leña y frutos, entre otros.

Plantaciones de árboles en los linderos y cercas vivas. Se usan para delimitar parcelas o fincas y para separar áreas con diferentes cultivos; también son usados para incorporar árboles a los paisajes agrícolas. Los árboles pueden ser explotados con fines comerciales. La cerca viva es una plantación de árboles que sirven de postes para delimitar una propiedad, un lote, etc. El objetivo básico es la delimitación y protección de los terrenos. Adicionalmente de los árboles pueden obtenerse beneficios como producción de leña, forraje, postes y madera.

Agrobosques o fincas forestales. Esta categoría emplea tecnologías agroforestales derivadas o semejantes a los huertos caseros mixtos, que dan origen a cultivos que se asemejan a los bosques, de aquí el nombre de agrobosque. Frecuentemente son pequeñas parcelas con una estructura típica de los bosques, debida a la presencia de árboles grandes y multiestratos. A menudo existe gran diversidad de especies en un arreglo no zonal, de grandes árboles coexistiendo con otros más pequeños y plantas arvenses que son, generalmente, tolerantes a la sombra. En el agrobosque los árboles y los cultivos se manejan individualmente, con distintas prácticas. Otro aspecto importante de los huertos boscosos o agrobosques es que su estructura cubre áreas muy grandes y por su tamaño y distancia de las fincas están generalmente orientados hacia la explotación como cultivos comerciales, más que hacia cultivos de subsistencia. Otras categorías de modelos agroforestales se presentan en la Figura 7.



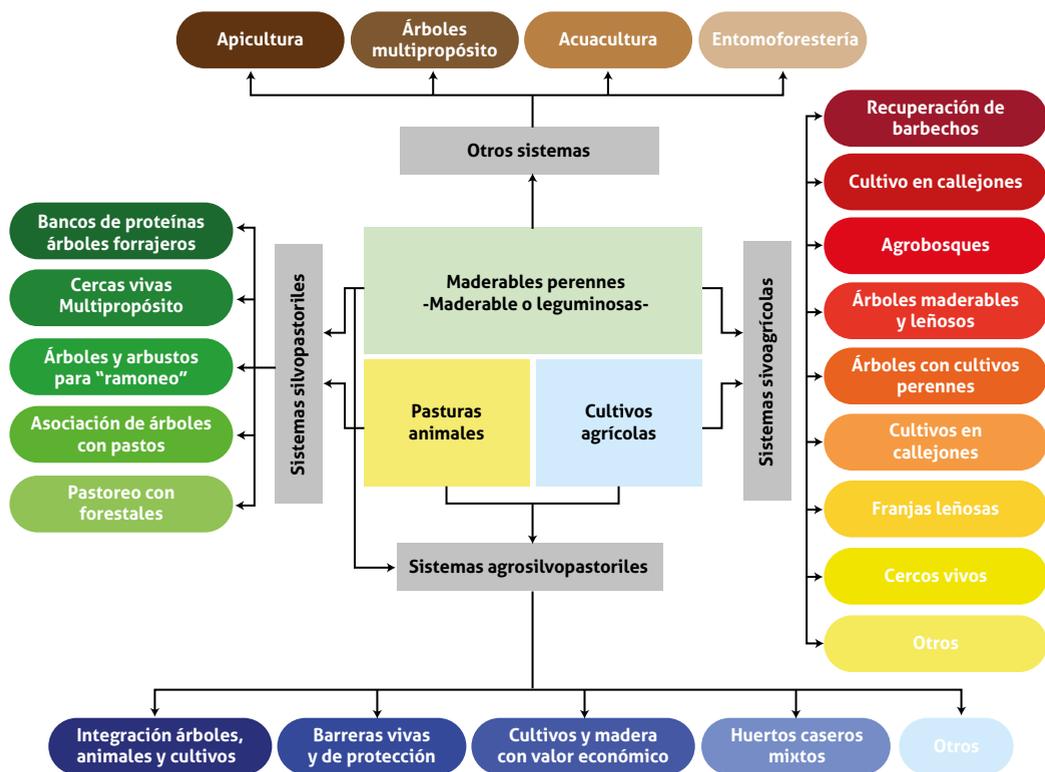


Figura 7. Clasificación de sistemas agroforestales

Modelos agroforestales

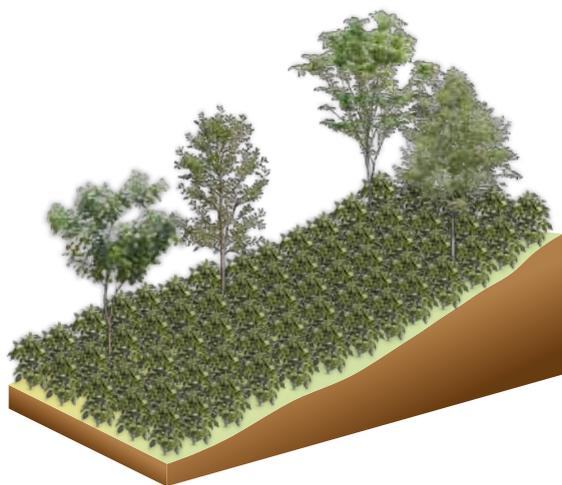
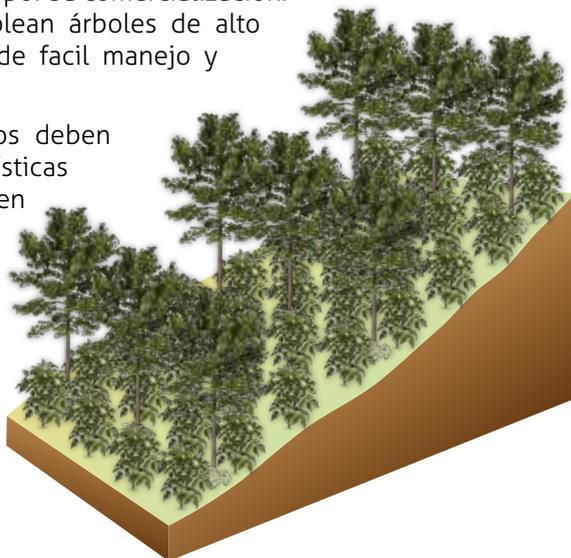
A continuación se brinda información acerca de otras formas de establecer árboles en los cultivos con café (Farfán, 2016).

Café con árboles de sombrío permanente. Si la finca está ubicada por debajo de los 1.400 m, se presenta falta de agua en el suelo en cualquier época del año o durante los eventos El Niño, si hay daño en los granos por falta de agua, defoliación o paloteo, altas temperaturas y alto brillo solar, es necesario establecer el café con árboles de sombra. Sembrar los árboles a 12,0 m x 12,0 m (70 árboles/ha), si la pendiente es fuerte (>50%), sembrar el café al triángulo y si es suave (<59%), al cuadro. Para evitar la reducción en la producción por efecto de la sombra, es necesario incrementar en un 10% al 15% el número de tallos por hectárea. El árbol de sombrío permanente deberá acompañar o proteger el cultivo durante todo su ciclo productivo, cerca de 20 años, estos árboles no deberán ser removidos durante este período con propósitos comerciales, por ejemplo.



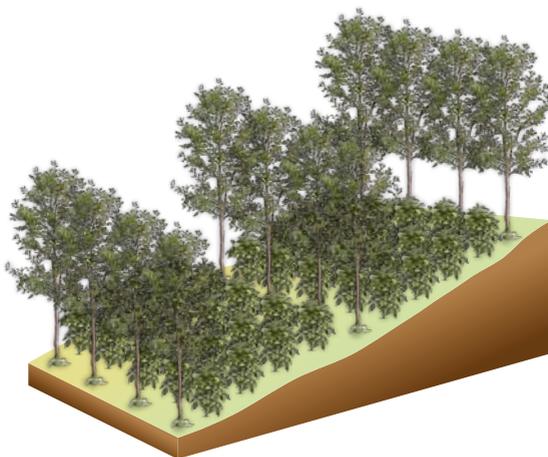
Café con árboles de sombrío productivo. Los sombríos productivos son aquellos árboles asociados al café y establecidos con el propósito de obtener un ingreso o beneficio económico por su comercialización. Con estos propósitos comúnmente se emplean árboles de alto valor económico, de rápido crecimiento y de fácil manejo y comercialización.

Los árboles utilizados con estos objetivos deben seleccionarse de acuerdo a las características de clima y suelos, pues son exigentes en su manejo, nutrición y control de plagas y enfermedades. Estos árboles pueden sembrarse, preferiblemente como cultivos en callejones (barreras de árboles), a distancias de 24,0 m entre barreras y 3,0 m entre plantas. Dentro del cultivo a 12,0 m x 12,0 m (70 árboles/ha), los árboles deberán explotarse o beneficiarse inmediatamente después de realizar el zoqueo del café, para evitar daños al cultivo.

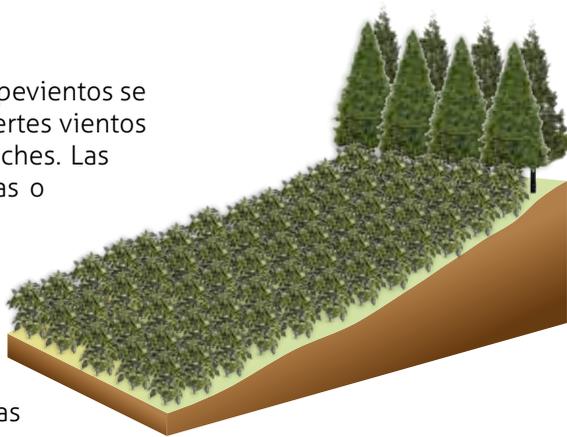


Árboles dispersos en el cultivo. Si la pendiente del terreno es suave (<50%), y no se presentan problemas por deficiencias hídricas en el suelo, altas temperaturas, alta radiación solar y baja precipitación, entre otros, que pueda afectar el desarrollo del cultivo y la producción, puede cultivarse el café a libre exposición solar. Adicionalmente pueden establecerse árboles maderables dispersos en el lote, en una densidad no superior a 30 árboles/ha. Estos serán fuente de ingreso adicional en un futuro.

Barreras vivas con árboles. Las barreras se establecen para reducir la velocidad del viento en las parcelas con fines agropecuarios, reducir el movimiento del suelo y protegerlo de los procesos erosivos, conservar la humedad del suelo y reducir los efectos del viento sobre el cultivo. Las barreras se establecen según la pendiente del suelo y la altura del árbol; por ejemplo, las barreras con árboles de 30,0 m de altura en pendientes del 50%, se establecen cada 60 m. En el Avance Técnico No. 428 (Farfán, 2013), se dan las instrucciones para el establecimiento de estas barreras.

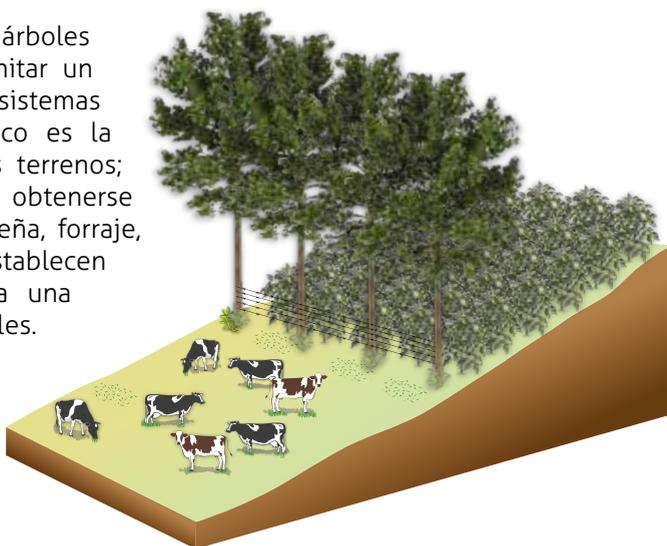


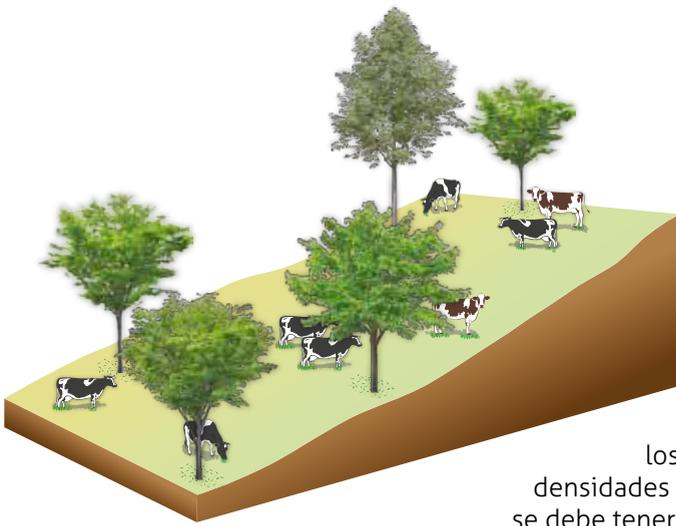
Cortinas rompevientos. Las cortinas rompevientos se establecen para proteger el cultivo de fuertes vientos en el día y bajas temperaturas en las noches. Las cortinas se establecen en las partes altas o bajas de los lotes, conformando barreras dobles y distancias entre árboles de 3,0 m en forma de triángulo. En la fase de establecimiento del cultivo y de los árboles pueden hacerse barreras vivas con tefrosia, guandul o crotalaria, sembradas en barreras doble y a 30,0 cm entre plantas.



Linderos con árboles. Se usan para delimitar parcelas o fincas y separar áreas con diferentes cultivos; también son usados para incorporar árboles a los paisajes agrícolas. Los árboles pueden ser explotados con fines agrícolas. Los árboles pueden establecerse a una distancia inicial de 3,0 m (133 árboles en 400 m de lindero); posteriormente, se hace una entresaca a los 6 ó 7 años, para dejar cerca de 67 árboles en el lindero.

Cercos vivos. Es una plantación de árboles que sirven de postes para delimitar un lote, una propiedad o separar sistemas de producción. El objetivo básico es la delimitación y protección de los terrenos; de los árboles también pueden obtenerse beneficios como producción de leña, forraje, postes y madera. Los árboles se establecen en línea, formando un cerco, a una distancia de 3,0 m entre árboles. No se recomienda el entresaque para no debilitar la cerca, de lo contrario se sugiere realizar previamente el reemplazo de los árboles extraídos.

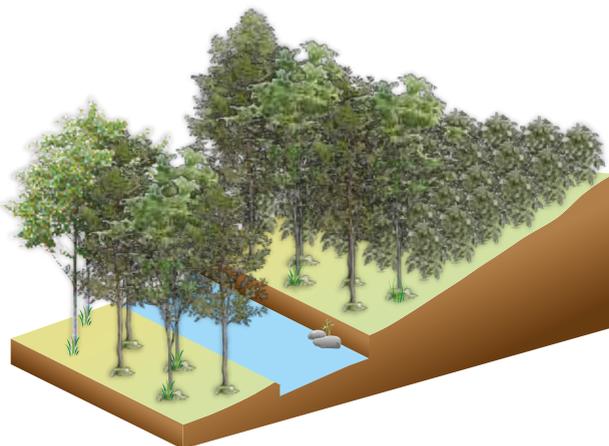
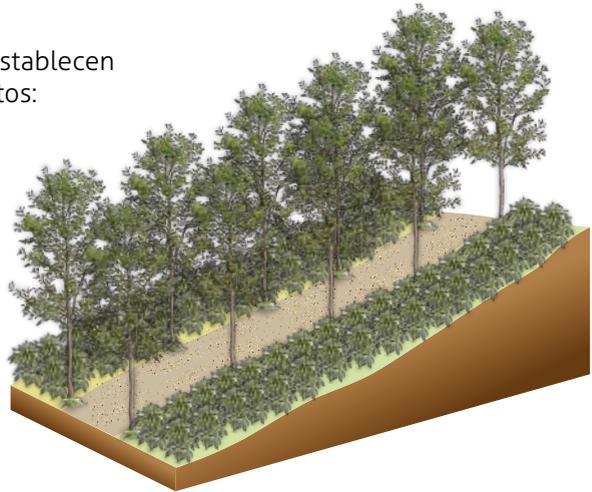




Árboles en potreros. Es común que en algunas fincas cafeteras se dediquen áreas para la cría de ganado a baja escala, con el propósito de incrementar y diversificar el ingreso; esta práctica puede ser complementada con el establecimiento de árboles maderables. Los árboles se establecen dispersos en

los lotes, tratando de ajustar las densidades de 70 a 100 árboles/ha. En tal caso, se debe tener presente que la actividad principal es la ganadería y que los árboles no se emplearán como fuente alimenticia.

Árboles en los caminos. Estos se establecen para cumplir con diferentes propósitos: embellecimiento del paisaje, estabilización de taludes, protección de vías en épocas de invierno, cercos en orillas de caminos, corredores biológicos y fuentes adicionales de ingreso al caficultor, entre otros. En 100 m de vía se establecen 70 árboles (35 a cada lado de la vía), en una sola línea de cada lado; los árboles se siembran a 3,0 m entre ellos.



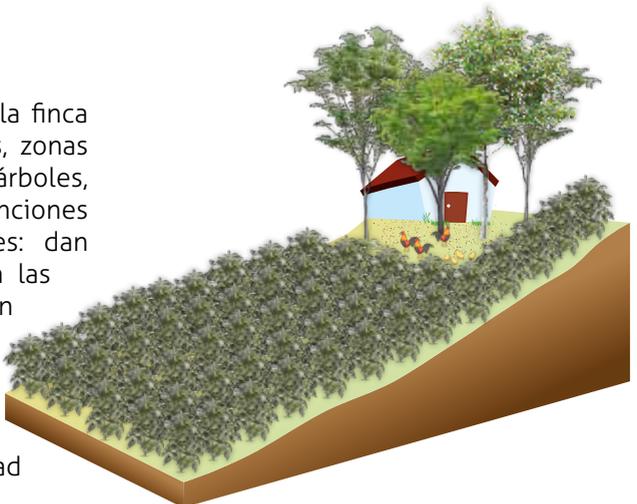
Protección fuentes de agua. En 100 m de cauce de agua se establecen 70 árboles (35 a cada lado del cauce), en dos líneas de cada lado; los árboles se siembran al triángulo, con distancias de siembra de 5,7 m por cada lado. Si la pendiente es menor del 8,0% debe dejarse un área libre entre el borde del cauce y el inicio de la barrera protectora, mínimo de 3,0 m, pero si la pendiente es superior al 8,0% esta separación debe ser de 5,0 m.

Estabilización de laderas. Se refiere a la prevención de movimientos en masa del suelo, de manera especial con relación a los deslizamientos superficiales en laderas. Para cumplir con este propósito se establecen los árboles que son de raíces profundas en las partes bajas, para que sirvan de "muros de contención", y en las partes altas árboles livianos. Acompañar esta práctica con la siembra de barreras vivas como vetiver, limoncillo, etc. En las partes bajas los árboles se plantan en hileras dobles y al triángulo, separados 3,0 m entre hileras y 3,0 m entre árboles.



Restauración ecológica. Es la recuperación de suelos que están en proceso de degradación, dañados o destruidos; el propósito es la conservación y reposición del capital económico, social y ambiental, así como la restitución de los servicios ecosistémicos. La restauración debe incluir a todos los caficultores afectados de una vereda, y en ella, deben aplicarse conocimientos no solo de los árboles, sino de manejo y conservación de suelos y agua, manejo de residuos, manejo de aguas servidas, etc. y los conocimientos culturales y sociales de los caficultores.

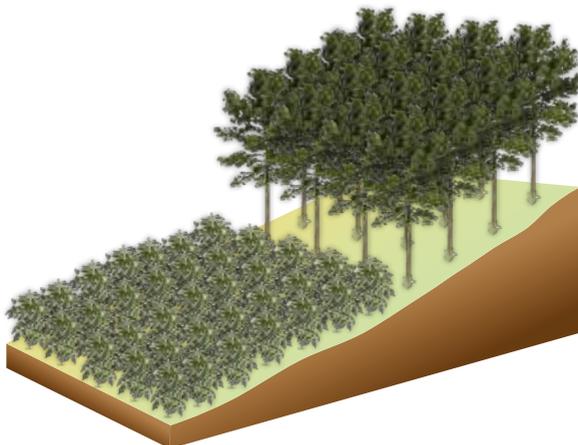
Árboles en jardines. Si se tiene en la finca espacios exteriores como los patios, zonas verdes, etc., pueden establecerse árboles, los cuales cumplen diferentes funciones económicas, sociales y ambientales: dan valor a las propiedades, estabilizan las viviendas en zonas de riesgo, producen frutos y productos medicinales, brindan confort, incitan al descanso, son evocadores de tiempos pasados, dan identidad a las fincas y promueven la responsabilidad y ética ambiental, entre otros.





Senderos ecológicos. Un sendero es un recorrido a seguir mediante guías o árboles que ayudan a descubrir lugares considerados de interés dentro de la finca, como paisajes, sistemas de cultivo, escenarios naturales, etc. Los árboles empleados en el sendero cumplen funciones como corredores biológicos, protección de flora y fauna silvestre, protección de árboles amenazados o en peligro de extinción, y adicionalmente pueden contribuir a incrementar el ingreso.

Áreas de reserva. Estas áreas se establecen para proteger y conservar fuentes de agua requerida en las épocas secas intensas, conservación de la biodiversidad, corredores biológicos, protección de especies amenazadas o en peligro de extinción, bien manejados y explotados pueden ser fuentes de ingresos alternos para el caficultor. En 2.500 m² puede establecerse un bosque protector con 280 árboles, a 3,0 m x 3,0 m. Puede realizarse un raleo a los 10 – 12 años, para dejar una población definitiva de 70 árboles.



Agrobosques. Son parcelas establecidas en las fincas, asemejando a un bosque, debido a la variedad de árboles que se plantan en ella. Los árboles establecidos poseen diferentes alturas lo que ofrece ambientes de sombra, contribuyendo al mejoramiento ambiental. También crean un ambiente adecuado para cualquier especie animal. En el agrobosque se siembran árboles sin un arreglo o distribución espacial definido, pero a una densidad cercana a los 1.600 árboles/ha; en el futuro servirá de ingreso adicional a los caficultores por entresaca, de máximo el 50% de los árboles establecidos. El agrobosque también puede establecerse con una sola especie maderable.

Consideración práctica

- Arborizar la finca cafetera es establecer árboles sin que se ocupe un sitio donde debe ir un árbol de café y sin que se afecte la producción.
- En el cultivo del café no todos los problemas se resuelven con el sombrío, pero el establecimiento de árboles sí puede contribuir a su solución.

Localización de plan de reforestación

La actividad de reforestación con la modalidad de incentivo del Proyecto GIA se desarrolló en 25 municipios de cinco departamentos cafeteros: Antioquia, Caldas, Valle del Cauca, Cauca y Nariño (Tabla 1). Los sitios de intervención forestal fueron el resultado de la información levantada en los diagnósticos y caracterizaciones realizadas por el equipo forestal del proyecto en la etapa de planeación. Se seleccionaron fincas ubicadas dentro de la zona de influencia, priorizando las zonas aledañas a las microcuencas o que tuvieran un impacto directo sobre la **fuerza hídrica principal de cada municipio**, además se tuvo en cuenta que las fincas cumplieran con los siguientes criterios técnicos y operativos establecidos por el proyecto: Registro en SICA, documento jurídico que sustentara la tenencia de la tierra, área a intervenir entre 0,2 y 2,0 ha, disposición y compromiso del productor.

Tabla 1. Municipios, microcuencas y número de fincas seleccionadas por municipio, en el año 1. Modalidad de siembras forestales con Incentivo.

Departamento	Municipios	Microcuencas	No. de fincas
Antioquia	Abejorral Jardín Pueblo Rico Salgar Andes	Quebrada La Liboriana Quebrada San Bartolo Quebrada La Leona Quebrada La Gulunga Quebrada La Chaparrala	33
Caldas	Aguadas Marquetalia Pácora Pensilvania Salamina	Quebrada El Edén - Bareño Quebrada Los Sainos Río Pácora Quebrada La Linda Quebrada La Frisolera	34
Cauca	Balboa Inzá Rosas Sotará La Sierra	Río Capitanes Quebrada La Chorrera Quebrada EL Marquez Quebrada Quilcacé Río Esmita	18
Valle del Cauca	Bugalagrande Bolívar Tuluá Sevilla Caicedonia	Río La Paila Río Platanares Río Bugalagrande Río San Marcos Río Barragán	31
Nariño	Consacá La Unión San Lorenzo Sandóná Buesaco	Río Azufral Quebrada La Fragua Quebrada EL Molino Quebrada EL Ingenio Quebrada Buesaquillo	20
Total	25	25	136

En total, se seleccionaron 136 fincas en los cinco departamentos. El número de fincas seleccionadas por departamento no necesariamente coincidió, este número obedeció entre otros aspectos a la concentración cafetera, la cual varía en algunos municipios. La selección se hizo para abordar la estrategia de reforestación con **incentivo** (con pago monetario).

¿Cómo se construyó el plan de reforestación?

Para la estructuración o construcción de plan de reforestación de cuencas hidrográficas se adoptó la metodología planteada y ajustada por Farfán (2014), consistente en el Diagnóstico y Diseño (DyD) de Sistemas Agroforestales, como se presenta en la Figura 8.

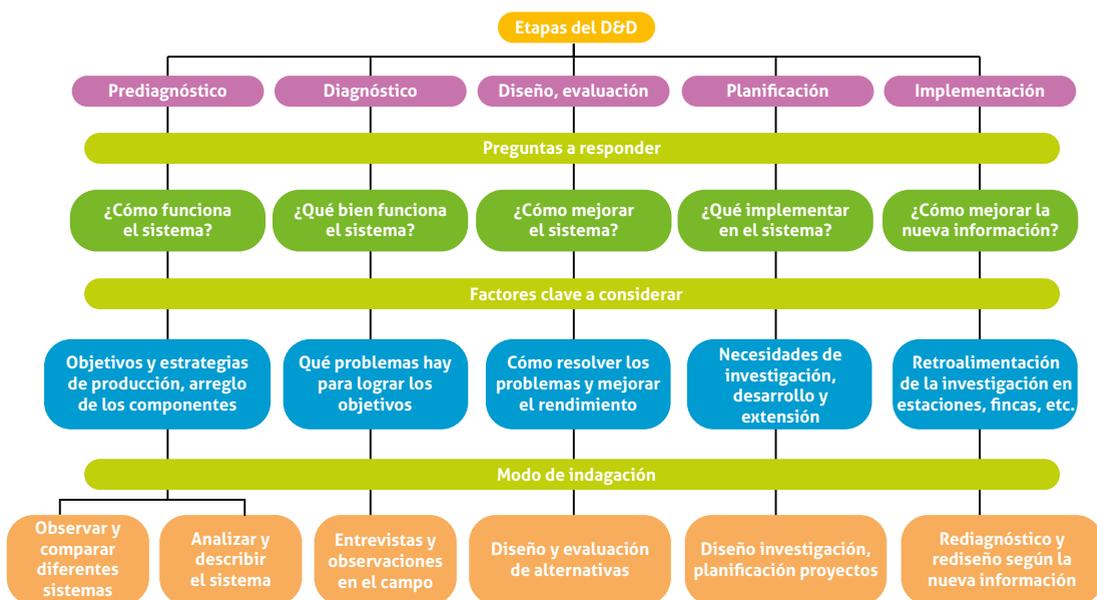


Figura 8. Modelo de Diagnóstico y Diseño (D&D).

El DyD es una metodología multidisciplinaria para la planeación del desarrollo agroforestal. Es un procedimiento para describir y analizar los sistemas actuales de uso del suelo, con el propósito de identificar las restricciones de la producción y sus factores causales, así como para el diseño de tecnologías agroforestales apropiadas para resolver problemas de producción y establecer programas de investigación y desarrollo (Gutiérrez y Fierro, 2006).

Prediagnóstico

En esta fase inicial se realiza una descripción a fondo del área de estudio incluyendo como aspectos de diagnóstico relevantes: el biofísico, el socioeconómico y el ambiental. Esta información se complementa con la referente a diferenciación y selección de sistemas en cuanto a la utilización del suelo dentro del área de estudio. Finalmente se realiza una descripción preliminar de aspectos de diagnóstico relevantes de los sistemas seleccionados.

Diagnóstico

En esta etapa se examinan y definen los sistemas seleccionados y aspectos relevantes para el ajuste ambiental. Se identifican los problemas y los potenciales usos del suelo, y se hace un diseño de la tecnología apropiada (incluyendo opciones con especial atención a la agroforestería potencial).

Diseño y evaluación

Se realiza la valoración y la selección de tecnologías para la posible inclusión en el diseño. Una síntesis general de un concepto de diseño para el sistema y un plan para el mejoramiento y desarrollo en la utilización del suelo. La etapa finaliza con la evaluación y refinamiento del diseño anteriormente propuesto. Las actividades de esta etapa pueden implicar la inclusión de pasos anteriores.

Planificación

Se cumplen tres etapas fundamentales; (i) Identificación de las investigaciones necesarias y estudios tecnológicos para la conversión a la agroforestería; (ii) Identificación de las áreas que necesitan atención o un D y D adicional; (iii) Desarrollo de un plan detallado para poner en práctica el proyecto a realizar.

Resultados alcanzados

El plan de reforestación se orientó al desarrollo de tecnologías que contribuyeran al manejo del suelo, teniendo en cuenta las necesidades y el potencial real de los sistemas para su utilización. Los procedimientos del D&D se realizaron para asegurar que el proyecto estaba en la dirección correcta desde su inicio y acorde con las necesidades de la zona donde se implementó. A continuación, se describen las actividades desarrolladas en cada fase.

Prediagnóstico

En esta fase inicial se realizó una descripción a fondo del área de estudio, incluyendo como aspectos de diagnóstico relevantes, el biofísico, el socioeconómico y el ambiental. Esta información se complementó con aquella referente a la diferenciación y selección de sistemas en cuanto a la utilización del suelo dentro del área de estudio. Finalmente, se realizó una descripción preliminar de aspectos de diagnóstico relevantes de los sistemas seleccionados.

Con la ayuda de imágenes digitales, fotografías aéreas e información secundaria como los ecotopos cafeteros, estudios detallados de suelos, documentos sobre flora departamentales, registros climáticos, entre otros, se hizo una definición de las cuencas hidrográficas en cada departamento.

Sobre las imágenes de las cuencas hídricas se identificaron áreas degradadas; áreas a reforestar, buscando preferiblemente, que el uso actual estuviera en pastos o áreas en barbecho donde predominaran especies como *Gynerium sagittatum* (caña brava) u otro tipo de gramíneas. Igualmente, se evaluaron las coberturas de la vegetación arbustiva, centrando el interés en la presencia de especies de las familias Asteraceae, Euphorbiaceae o Urticaceae. A partir de esta información, se tomó la decisión de realizar intervención y se hizo una definición aleatoria de fincas donde se hizo el diagnóstico.

Diagnóstico

El diagnóstico se realizó finca a finca, y en cada una de ellas se realizaron las siguientes actividades: (i) Estado de los sistemas de producción al momento de la evaluación, contemplando aspectos relevantes para el plan de reforestación; (ii) Análisis e identificación de los posibles problemas y potenciales usos del suelo; (iii) Especies de árboles presentes al momento de la evaluación o aquellos que el caficultor recordara que existieron en los sistemas de producción; (iv) Diseño de modelos agroforestales apropiados, incluyendo opciones, con especial atención a la agroforestería potencial.

En la Figura 9 se presenta el estado de los suelos en algunas fincas diagnosticadas en el departamento del Cauca.



Figura 9. Estado de los suelos y manejo de fuentes de agua en algunos predios del departamento del Cauca.

Del diagnóstico realizado se identificaron y ubicaron, en términos generales:

- Áreas en potreros (pastos) en desuso o desmejoradas, áreas abandonadas o en barbechos, áreas con aptitud protectora o conservadora, entre otros.
- Manejo de aguas residuales inadecuado.
- Franjas de retiro que no se respetan.
- Asentamientos humanos en áreas de protección de fuentes hídricas.
- Manejo inadecuado de residuos sólidos.
- Explotación minera.
- Pérdida de biodiversidad.
- Zonas dedicadas a actividades diferentes a su uso potencial.
- Deforestación, pérdida de especies amenazadas por tala excesiva.
- Suelos propensos a deslizamientos y avalanchas.
- Pérdida del recurso bosque y destrucción del hábitat silvestre.

En la Tabla 2 se presenta un análisis DOFA (debilidades, oportunidades, fortaleza y amenazas) realizado en los predios y zonas aledañas evaluados.

Tabla 2. Análisis DOFA, globalizando las 25 microcuencas objeto del plan de reforestación.

Factores internos	Factores externos
Fortalezas	Oportunidades
<ul style="list-style-type: none"> • Riqueza hídrica de los municipios. • Disponibilidad de recursos, agua y suelos. • Agricultores dispuestos a reforestar. • Disponibilidad de algunas especies forestales. • Suelos muy productivos con adecuadas características físicas y químicas. • Zonas potenciales de reserva y conservación ambiental. • Apoyo de los Comités de Cafeteros Departamentales. 	<ul style="list-style-type: none"> • Protección de fuentes hídricas mediante el establecimiento de especies forestales. • Prácticas de conservación del agua y del suelo. • Acompañamiento en la realización de planes de mejoramiento forestal. • Implementación de programas de reforestación con especies adaptables a las condiciones locales. • Especies forestales que aportan materia orgánica al suelo, conservación de la fertilidad. • Proyectos de educación ambiental.
Debilidades	Amenazas
<ul style="list-style-type: none"> • Especies amenazadas o en peligro de extinción. • Manejo inadecuado del recurso hídrico. • Pérdida de biodiversidad. • Poca existencia de fosas domiciliarias para el depósito de desechos. • Poca conciencia ambiental. • Topografía altamente quebrada con pendientes pronunciadas. • Quema indiscriminada de cultivos y rastrojo. • Zonas dedicadas a actividades diferentes a su uso potencial. • Manejo inadecuado de aguas residuales. • Incumplimiento de normas ambientales. 	<ul style="list-style-type: none"> • Deforestación, pérdida de especies amenazadas. • Asentamientos humanos en áreas de protección de las fuentes hídricas. • Manejo inadecuado de los ecosistemas. • Pérdida del recurso bosque, destrucción del hábitat silvestre. • Suelos erosionables propensos a movimientos en masa. • Manejo inadecuado de residuos sólidos. • Explotación minera. • Suelos con alto riesgo de remociones en masa.

Diseño y evaluación

Se realizó el diseño de los posibles modelos agroforestales a implementar en las áreas de estudio, este procedimiento incluyó: (i) La valoración y la selección de tecnologías para la posible inclusión en el diseño; (ii) Síntesis general de un concepto de diseño para el sistema y un plan para el mejoramiento y desarrollo en la utilización del suelo; (iii) Evaluación y refinamiento de los diseños anteriormente propuestos. Las actividades de esta etapa implicaron la inclusión de pasos anteriores.

Para cada uno de los predios se propuso un diseño con los modelos forestales a establecer, según cada condición particular y la selección de las especies arbóreas con mayor aptitud de adaptación, de acuerdo con los resultados obtenidos en el diagnóstico realizado durante el primer año, además se tuvo en cuenta la preferencia de las especies por parte del agricultor.

Los modelos forestales relevantes dentro del plan de trabajo se presentan en la Figura 10. Preliminarmente con la información obtenida del diagnóstico se hizo una propuesta de los modelos.

Del diagnóstico elaborado se estableció que, en las zonas de estudio el 24,4% de los modelos forestales estarían constituidos por el establecimiento de árboles para la protección de fuentes de agua; el 22,0% de los modelos deberían ser el establecimiento de árboles en los linderos de las fincas seleccionadas; el 19,5% establecimiento de corredores biológicos; el 29,2% deberían mantenerse como áreas de conservación y cercos vivos; y solo el 4,9% de los modelos forestales deberían establecerse como árboles en los caminos internos y externos de las fincas seleccionadas en el estudio (Figura 10).

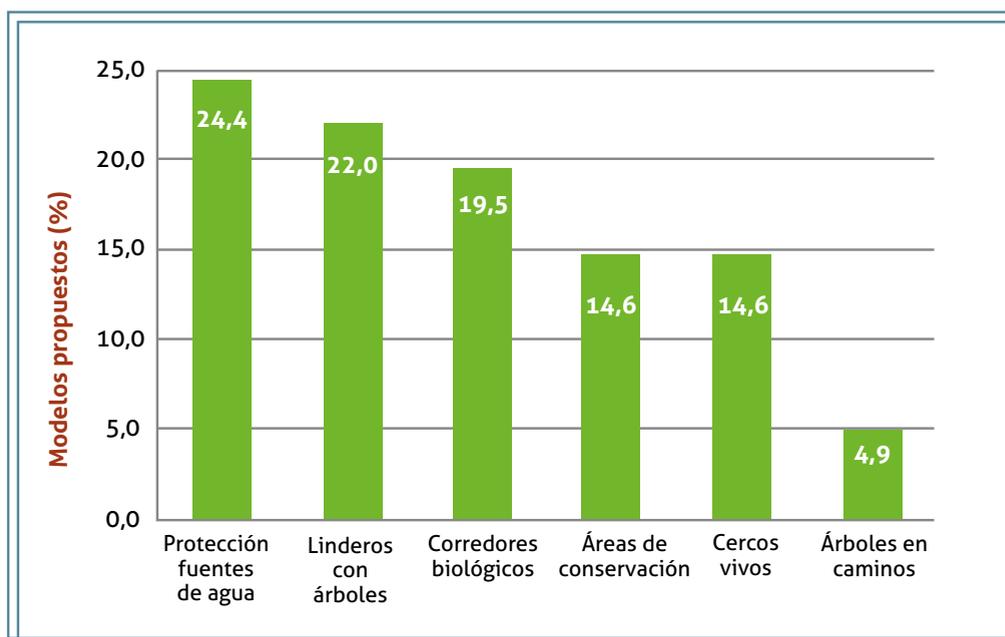


Figura 10. Modelos agroforestales diseñados.

Planificación

En la fase de planificación se cumplieron tres etapas fundamentales: (i) Identificación de las investigaciones necesarias y estudios tecnológicos para la conversión a la agroforestería; (ii) Identificación de las áreas que necesitaban atención o un DyD adicional; (iii) Desarrollo de un plan detallado para poner en práctica el proyecto a realizar. Este procedimiento, de siete pasos, se describe en la Figura 11 (Farfán, 2007).



Figura 11. Pasos a seguir para el Diagnóstico y Diseño (D&D) del plan de reforestación.

Paso 1. Definir el objetivo de los árboles en el sistema de producción. El diseño de los sistemas de producción con café se inició con la definición de los objetivos de producción. Se hizo un listado de los productos y servicios que esperaba obtener de los árboles empleados como sombrío en el cafetal, por ejemplo: protección del cultivo, recuperación del suelo, aporte de materia orgánica, reciclaje de nutrientes, conservación de la humedad del suelo, control de la erosión y establecimiento de árboles como bosques protectores o como áreas de reserva, entre otros.

Paso 2. Identificar las características del sitio donde se establecerán los árboles. En este paso se tuvieron en cuenta características de suelos, condiciones climáticas, altitud, uso y manejo del suelo y topografía, entre otros. Para citar un ejemplo, los árboles como sombrío del café presentan una serie de ventajas principalmente en climas cálidos y secos, y en suelos con baja retención de humedad y baja fertilidad, condiciones que limitan el crecimiento y desarrollo del cultivo (Figura 12). Como sombrío del café, los árboles no son universalmente benéficos y en algunas condiciones se registran desventajas asociadas especialmente con la restricción de la incidencia de la radiación solar, que es el principal factor determinante de la productividad.



Figura 12. Sistema de producción de café con árboles de sombrío.

Paso 3. Identificación de los árboles que se desarrollan adecuadamente en las condiciones de la finca. Una vez caracterizado el sitio donde se estableció el sistema agroforestal -SAF se hizo un listado (preselección) de los árboles que podrían adaptarse o que se desarrollen bien en estas condiciones. Se investigó si existían sitios con ambientes similares y qué especies de árboles se desarrollan allí, teniendo en cuenta que una misma especie no se desarrolla igual en condiciones diferentes de clima y suelo.

Paso 4. Productos y servicios esperados de los árboles de sombrío. Al seleccionar la especie arbórea para emplearla en el plan de restauración se tuvo en cuenta: ¿Cuál especie arbórea debe establecerse como protectora? ¿Cuáles de conservación? ¿Qué especies serían adecuadas para árboles en caminos, linderos, corredores biológicos? Adicionalmente, se determinaron cuáles servicios y productos se esperaban de los árboles, por ejemplo, leña, resina, conservación de la biodiversidad y conservación de la humedad del suelo, entre otros.

Paso 5. Realizar un listado de las especies a elegir. De acuerdo a la información recopilada, se elaboró un listado de las especies que potencialmente podrían establecerse en el sitio y que adicionalmente cumplieron con los propósitos identificados en el paso anterior.

Paso 6. Recopilación de información sobre los árboles. El listado anterior se acompañó con la información sobre: altura de los árboles, diámetro de la copa, diámetro del tronco, forma de la copa, tasa de crecimiento del árbol, permanencia de las hojas en el árbol, forma del tallo, follaje denso o ralo, etc.

Paso 7. Planificación de las prácticas de manejo de los árboles seleccionados. Se planificaron todas las prácticas de manejo de los árboles que fueron seleccionados para conformar el sistema, es decir, se definieron las prácticas agroforestales, entre las que se encuentran: Distancias de siembra, podas de formación, podas de mantenimiento, zonas de retiro, combinación de árboles, estratificación.

Consideración práctica

Un buen diseño agroforestal se traduce en una relación armoniosa entre la naturaleza y el agricultor; el sistema agroforestal provee la inspiración y la inteligencia al caficultor para explorar otras formas novedosas de producir

Identificación de especies arbóreas por departamento

Departamento del Valle del Cauca

Las especies arbóreas identificadas en el departamento del Valle del Cauca se presentan en la Tabla 3.

Tabla 3. Especies arbóreas identificadas y diagnosticadas en el Valle del Cauca.

No.	Nombre común	Nombre científico	No.	Nombre común	Nombre científico
1	Aguacatillo	<i>Persea caerulea</i>	20	Laurel	<i>Aniba perutilis</i>
2	Árbol del pan	<i>Artocarpus altilis</i>	21	Lechero	<i>Euphorbia cotinifolia</i>
3	Balso	<i>Ochroma pyramidale</i>	22	Leucaena	<i>Leucaena leucocephala</i>
4	Caña fístula	<i>Cassia fistula</i>	23	Limón	<i>Citrus sp.</i>
5	Carbonero	<i>Albizia carbonaria</i>	24	Mandarino	<i>Citrus sp.</i>
6	Caucho	<i>Ficus elastica</i>	25	Manzanillo	<i>Hippomane mancinella</i>
7	Cedro negro	<i>Juglans netropica</i>	26	Matarratón	<i>Gliricidia sepium</i>
8	Cedro rosado	<i>Cedrela odorata</i>	27	Montefrío	<i>Anacardium excelsum</i>
9	Chachafruto	<i>Erythrina edulis</i>	28	Nacedero	<i>Trichanthera gigantea</i>
10	Chocho	<i>Erythrina rubrinervia</i>	29	Naranja	<i>Citrus sp.</i>
11	Comino	<i>Aniba perutilis</i>	30	Nigüito	<i>Muntingia calabura</i>
12	Cucharo	<i>Myrsine guianensis</i>	31	Nogal cafetero	<i>Cordia alliodora</i>
13	Drago	<i>Croton magdalenensis</i>	32	Pino	<i>Pinus oocarpa</i>
14	Eucalipto	<i>Eucalyptus grandis</i>	33	Piñon	<i>Jatropha curcas</i>
15	Guadua	<i>Bambusa sp.</i>	34	Pringamoso	<i>Urtica dioica</i>
16	Guamo	<i>Inga sp.</i>	35	Surrumbo	<i>Trema micrantha</i>
17	Guayabo	<i>Psidium guajava</i>	36	Urapán	<i>Fraxinus chinensis</i>
18	Guayacán	<i>Tabebuia chrysantha</i>	37	Vainillo	<i>Senna spectabilis</i>
19	Higuerón	<i>Ficus aurea</i>	38	Yarumo	<i>Cecropia peltata</i>

El 39,0% de estas especies son árboles maderables, empleados generalmente como árboles de protección y conservación; el 32,0% de las especies son empleadas con diferentes propósitos, como protección de fuentes de agua, conservación, áreas de protección, etc, entre las que se destacan la guadua, el nacedero y el yarumo; el 16,0% de las especies son leguminosas, empleadas especialmente como acompañantes del cultivo del café; y 13,0% se identificaron como frutales, que no son explotadas comercialmente (Figura 13).

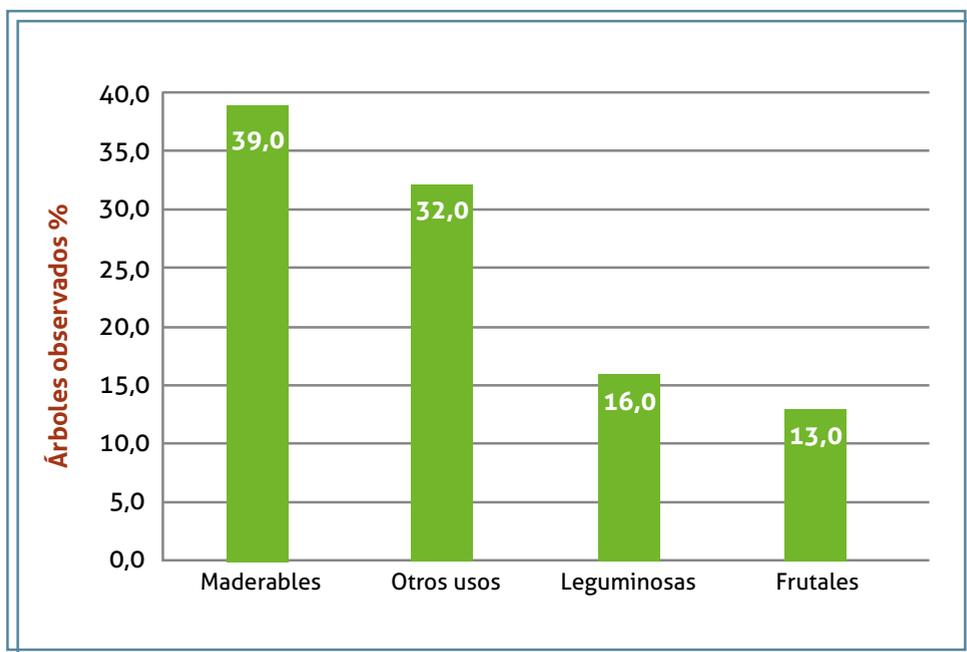


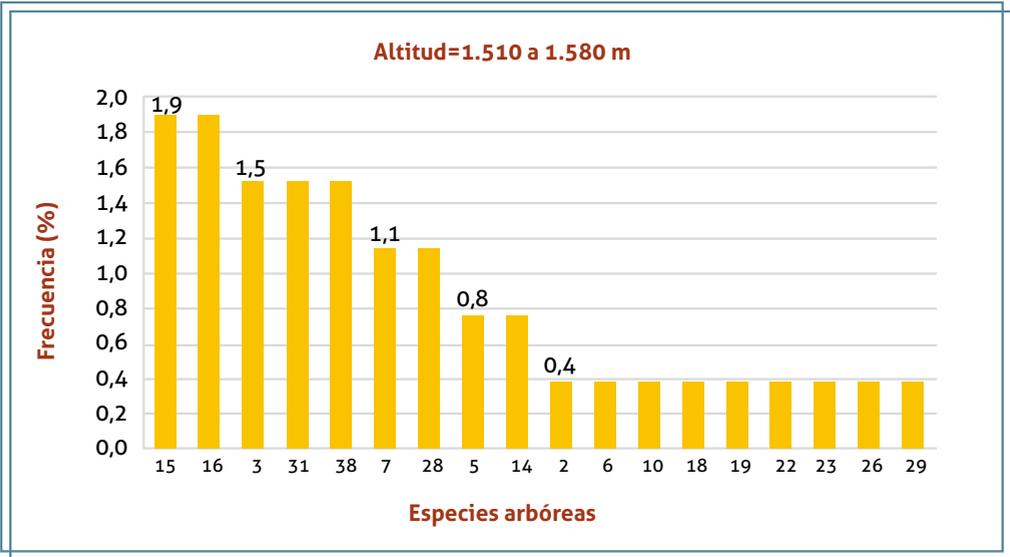
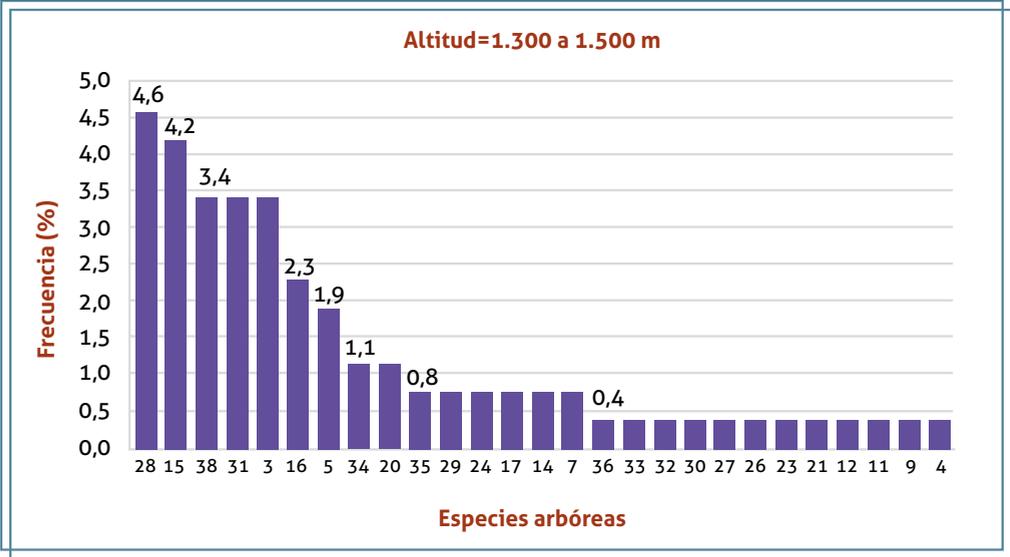
Figura 13. Especies de árboles diagnosticadas en el departamento de Valle del Cauca

Ubicación altitudinal de las especies arbóreas diagnosticadas en el Valle del Cauca

El análisis de frecuencias³ indicó que entre los 1.300 y 1.500 m de altitud, las especies más frecuentes fueron *Trichanthera gigantea* (nacedero) y guadua; seguidas de *Cecropia peltata* (yarumo), *Cordia alliodora* (nogal cafetero) y *Ochroma pyramidale* (balso), a esta altitud las especies menos frecuentes fueron *Erythrina edulis* (chachafruto) y *Cassia fistula* (caña fístula), Figura 14.



³El análisis de frecuencias permite obtener una descripción de la distribución de las variables mediante tablas de frecuencias o histogramas y gráficos de barras.



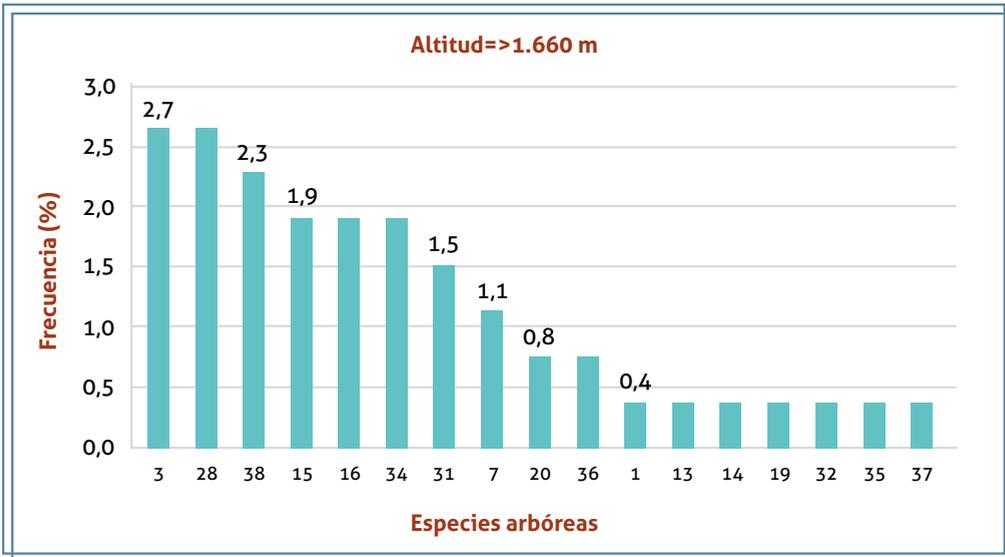
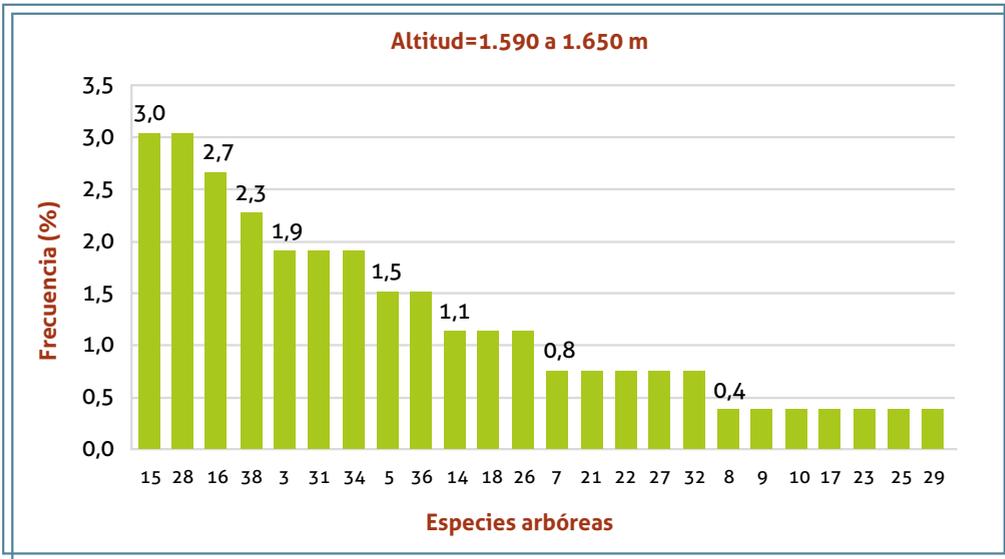


Figura 14. Ubicación altitudinal de las especies forestales diagnosticadas en el Valle del Cauca.

Entre los 1.510 y 1.580 m se observaron especies como la guadua, *Inga* sp. (guamo), *Ochroma pyramidale* (balso), *Cordia alliodora* (nogal cafetero) y *Cecropia peltata* (yarumo); no fue común observar a esta altitud *Gliricidia sepium* (matarratón) y frutales cítricos (Figura 14).

En el rango altitudinal de los 1.590 y 1.650 m las especies arbóreas más frecuentes fueron guadua, *Trichanthera gigantea* (nacedero), *Inga* sp., guamo, *Cecropia peltata* (yarumo), *Ochroma pyramidale* (balso), *Cordia alliodora* (nogal cafetero), *Urtica dioica* (pringamosa); las especies registradas con menor frecuencia fueron *Cedrela odorata* (cedro rosado), *Erythrina edulis* (chachafruto), *Erythrina rubrinervia* (chocho), *Psidium guajava* (guayabo), *Hippomane mancinella* (manzanillo) y cítricos (Figura 14).

En altitudes superiores a los 1.660 m fue frecuente observar especies como *Ochroma pyramidale* (balso), *Trichanthera gigantea* (nacedero), *Cecropia peltata* (yarumo), guadua, *Inga* sp. (guamo) y *Urtica dioica* (pringamosa); aunque tienen presencia, pero con menor frecuencia, se encuentra las especies *Persea caerulea* (aguacatillo), *Crotton magdalenensis* (drago), *Eucalyptus* sp. (eucalipto), *Ficus aurea* (higuerón), *Pinus* sp. (pino), *Trema micrantha* (surrumbo) y *Senna spectabilis* (vainillo).

Especies de mayor frecuencia por altitud

En la Figura 15 se presenta, por lo menos una especie representativa del rango altitudinal en el departamento de Valle del Cauca.



Trichanthera gigantea - Nacedero
1.300 a 1.500 m



Guadua angustifolia - Guadua
1.510 a 1.580 m



Inga edulis - Guamo
1.590 a 1.650 m



Ochroma pyramidale - Balso
1.510 a 1.580 m

Figura 15. Especies de mayor frecuencia por altitud en el departamento de Valle del Cauca.

Porcentaje de especies por municipio

En la Figura 16 se presenta el porcentaje de especies observadas por municipio en el departamento del Valle del Cauca.

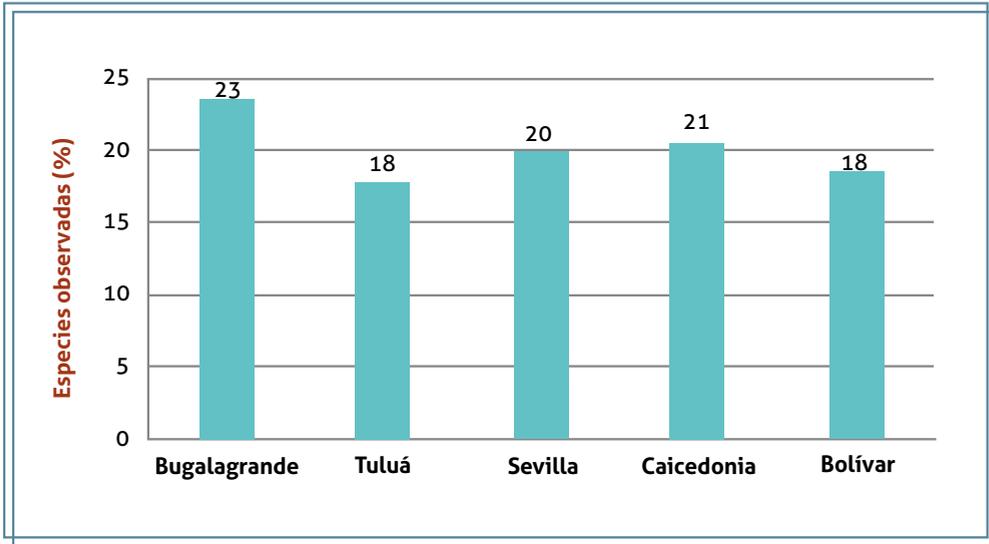


Figura 16. Porcentaje de especies por municipio en el departamento de Valle del Cauca

El mayor porcentaje de especies (23,0%) se observó en el municipio de Bugalagrande; el 20,0% y 21,0% de estas se registraron en los municipios de Sevilla y Caicedonia; y el 36,0% se identificaron entre los municipios de Tuluá y Bolívar.

Departamento de Antioquia

Las especies arbóreas identificadas en el departamento se presentan en la Tabla 4. El 57,0% de las especies son árboles maderables, empleados generalmente como árboles de protección y conservación, entre los que se destacan el aliso, caobo, cedro, ceiba, chaquiro, encenillo, guayacán y urapán; el 19,0% de estas especies son empleadas con diferentes propósitos, como protección de fuentes de agua, conservación y áreas de protección, etc. Entre estas especies se destaca la guadua, el nacedero, el siete cueros y el balso; el 10,0% de las especies son leguminosas, empleadas especialmente como acompañantes del cultivo del café, entre las que se destacan los guamos y especies del género *Erythrina*; y 13,0% se identificaron como frutales que no son explotados comercialmente (aguacate, zapote, mango y cítricos, en general), como se muestra en la Figura 17.

Tabla 4. Especies arbóreas identificadas y diagnosticadas en el departamento de Antioquia.

No.	Nombre común	Nombre científico	No.	Nombre común	Nombre científico
1	Aceituno	<i>Simarouba amara</i>	35	Gallinazo	<i>Magnolia yarumalensis</i>
2	Aguacatillo	<i>Persea caerulea</i>	36	Guadua	<i>Bambusa</i> sp.
3	Aguacatón	<i>Persea</i> sp.	37	Gualanday	<i>Jacaranda caucana</i>
4	Algarrobo	<i>Ceratonia siliqua</i>	38	Guamo	<i>Inga</i> sp.
5	Aliso	<i>Alnus glutinosa</i>	39	Guanábano	<i>Annona muricata</i>
6	Almendro	<i>Prunus dulcis</i>	40	Guayacán	<i>Tabebuia chrysantha</i>
7	Arrayán	<i>Myrtus communis</i>	41	Guayacán de Manizales	<i>Lafoensia Speciosa</i>
8	Balso	<i>Ochroma pyramidale</i>	42	Lance	<i>Vismia guianensis</i>
9	Barcino	<i>Cordia elaeagnoides</i>	43	Laurel	<i>Aniba perutilis</i>
10	Búcaro	<i>Erythrina poeppigiana</i>	44	Liberal	<i>Euphorbia</i> sp.
11	Cacao	<i>Theobroma</i> sp.	45	Madroño	<i>Garcinia madruno</i>
12	Cámbulo	<i>Erythrina fusca</i>	46	Mango	<i>Mangifera</i> sp.
13	Caña fistula	<i>Cassia fistula</i>	47	Matarratón	<i>Gliricidia sepium</i>
14	Caobo	<i>Swietenia macrophylla</i>	48	Naranja	<i>Citrus</i> sp.
15	Carate	<i>Vismia baccifera</i>	49	Nogal	<i>Cordia alliodora</i>
16	Carmín	<i>Acrocarpus fraxinifolius</i>	50	Olivo de cera	<i>Morella pubescens</i>
17	Cedrillo	<i>Ulmus elongata</i>	51	Oreja de mono	<i>Enterolobium cyclocarpum</i>
18	Cedro	<i>Cedrela odorata</i>	52	Palma corocera	<i>Acrocomia aculeata</i>
19	Cedro amargo	<i>Cedrela</i> sp.	53	Patón	<i>Cariniana pyriformis</i>
20	Cedro colorado	<i>Cedrela</i> sp.	54	Piedro	<i>Phyllanthus</i> sp.
21	Cedro de altura	<i>Cedrela montana</i>	55	Pino ciprés	<i>Cupressus sempervirens</i>
22	Cedro de la India	<i>Acrocarpus fraxinifolius</i>	56	Pino pátula	<i>Pinus oocarpa</i>
23	Cedro negro	<i>Juglans netropica</i>	57	Piñón	<i>Jatropha curcas</i>
24	Cedro rosado	<i>Cedrela odorata</i>	58	Pisquín	<i>Albizia</i> sp.
25	Ceiba	<i>Ceiba pentandra</i>	59	Platanillo	<i>Heliconia</i> sp.
26	Chachafruto	<i>Erythrina edulis</i>	60	Plátano	<i>Musa</i> sp.
27	Chagualo	<i>Clusia multiflora</i>	61	Quiebrabarrigo	<i>Trichanthera gigantea</i>
28	Chaquiro	<i>Retrophyllum rospigliosii</i>	62	Roble	<i>Quercus humboldtii</i>
29	Comino	<i>Aniba perutilis</i>	63	Sietecueros	<i>Tibouchina lepidota</i>
30	Cruz	<i>Brownea ariza</i>	64	Surrumbo	<i>Trema micrantha</i>
31	Drago	<i>Crotton magdalenensis</i>	65	Tulipán africano	<i>Spathodea campanulata</i>
32	Encenillo	<i>Weinmannia tomentosa</i>	66	Urapán	<i>Fraxinus chinensis</i>
33	Eucalipto	<i>Eucalyptus grandis</i>	67	Yarumo	<i>Cecropia peltata</i>
34	Falso laurel	<i>Laurus nobilis</i>	68	Zapote	<i>Pouteria sapota</i>

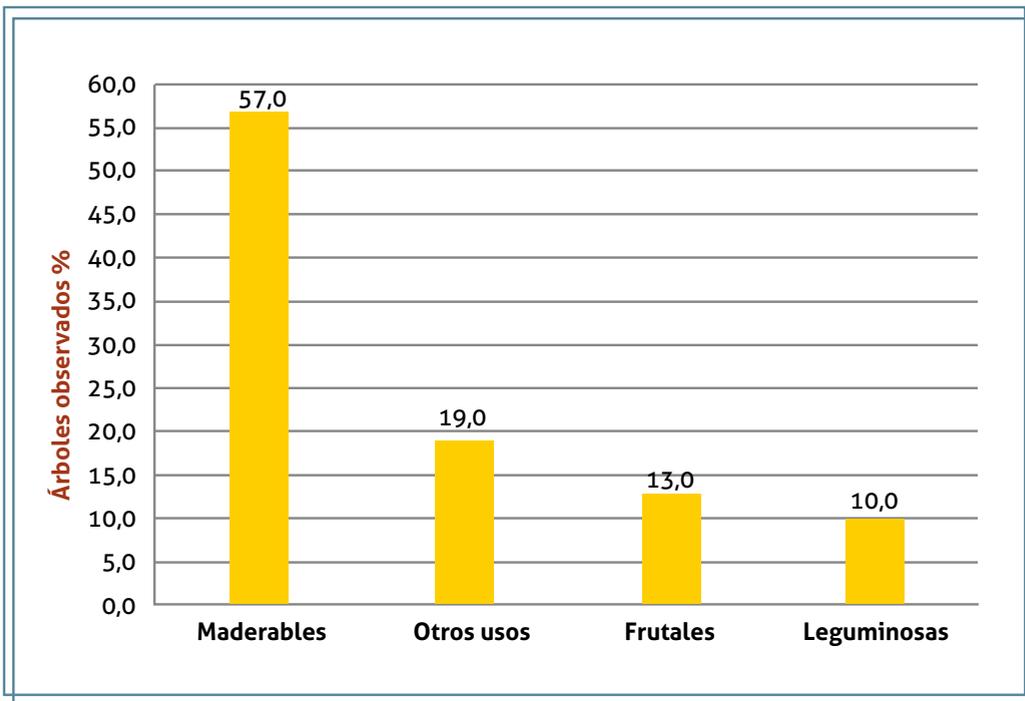
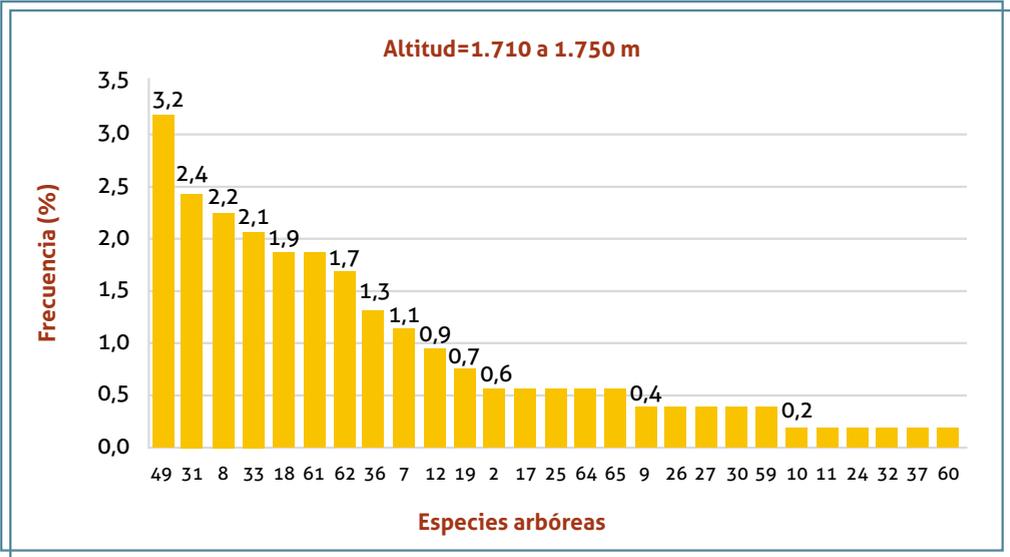
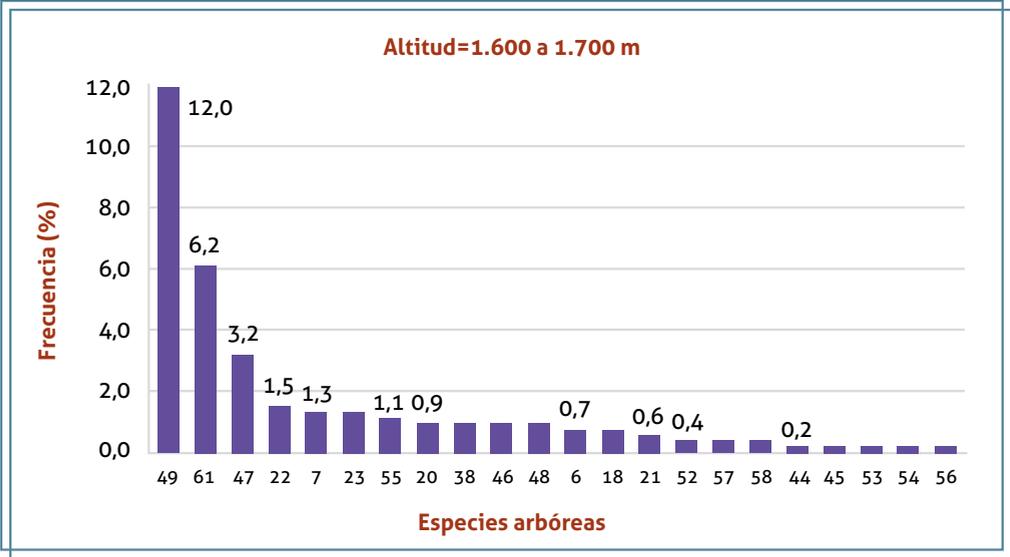


Figura 17. Especies de árboles diagnosticadas en el departamento de Antioquia

Ubicación altitudinal de las especies arbóreas diagnosticadas en Antioquia

En altitudes comprendidas entre los 1.600 y 1.700 m, las especies arbóreas frecuentemente observadas fueron, en su orden, *Cordia alliodora* (nogal cafetero), *Trichantera gigantea* (quebrabarrigo), *Gliricidia sepium* (matarratón); mientras que las menos frecuentes en este rango altitudinal, fueron especies como *Pinus* sp. (pinos) *Phyllanthus* sp., (piedro), *Cariniana pyriformis* (patón), *Euphorbia* sp. (liberal), como se observa en la Figura 18.





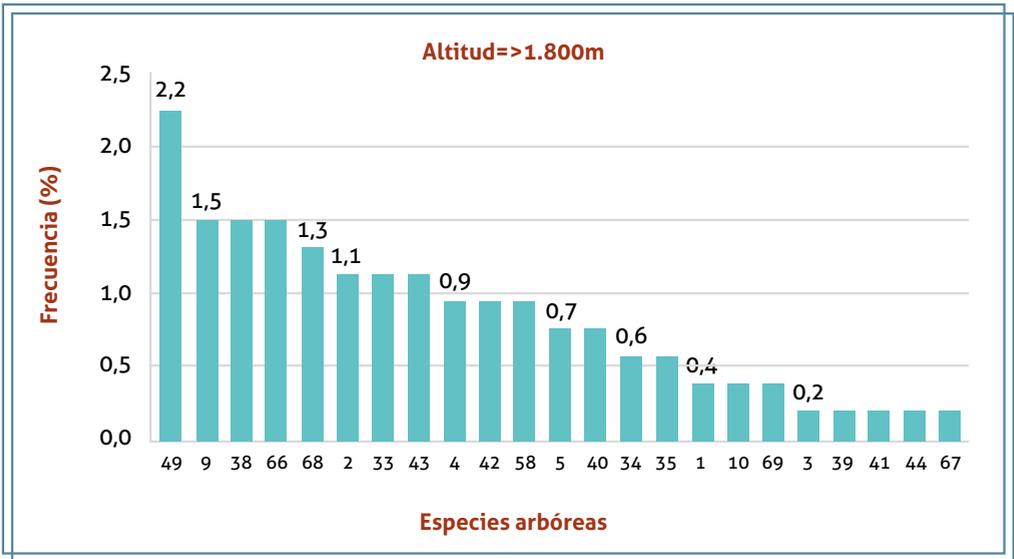
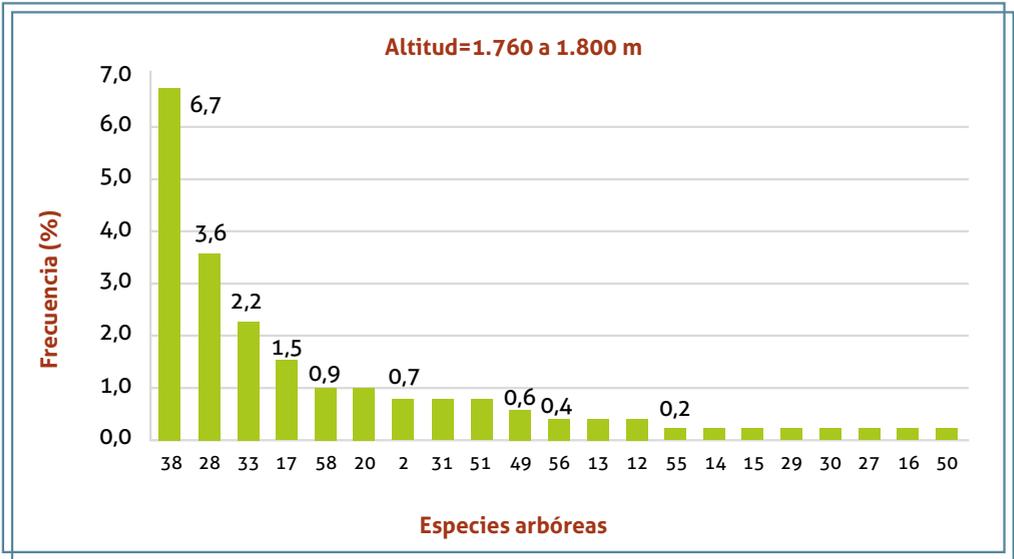


Figura 18. Ubicación altitudinal de las especies diagnosticadas en Antioquia.

Entre los 1.710 y 1.750 m de altitud, las especies arbóreas frecuentes fueron *Cordia alliodora* (nogal cafetero), *Crotton magdalenensis* (drago), *Ochroma pyramidale* (balso), *Eucalyptus grandis* (eucalipto), *Cedrela odorata* (cedro), *Trichanthera gigantea* (quebrabarrigo), *Quercus humboldtii* (roble) y guadua; las especies de poca frecuencia observada fueron *Erythrina poeppigiana* (bucaro), *Cedrela odorata* (cedro rosado), *Weinmannia tomentosa* (encenillo), *Jacaranda caucana* (gualanday) y frutales, (Figura 18).

Entre los 1.760 y 1.800 m de altitud, las especies arbóreas más plantadas fueron *Inga* sp. (guamo), *Retrophyllum rospigliosii* (chaquiro), *Eucalyptus* sp. (eucalipto) y *Ulmus elongata* (cedrillo); las especies de menor frecuencia fueron *Cupressus sempervirens* (pino ciprés), *Swietenia macrophylla* (caobo), *Vismia baccifera* (carate), *Aniba perutilis* (comino), *Brownea ariza* (cruz), *Clusia multiflora* (chagualo) y *Acrocarpus fraxinifolius* (carmín).

Para altitudes superiores a los 1.800 m, los agricultores conservan especialmente especies arbóreas como *Cordia alliodora* (nogal), *Cordia elaeagnoides* (barcino), *Inga* sp. (guamo), *Spathodea campanulata* (tulipán africano), *Cecropia peltata* (yarumo), *Persea caerulea* (aguacatillo), *Eucalyptus* sp. (eucalipto) y *Aniba perutilis* (laurel); y en menor frecuencia *Persea* sp. (aguacatón), *Annona muricata* (guanábano), *Lafoensia Speciosa* (guayacán de Manizales), *Euphorbia* sp. (liberal) y *Fraxinus chinensis* (urapán).

Especies de mayor frecuencia por altitud

En la Figura 19 se presenta por lo menos una especie representativa del rango altitudinal en el departamento de Antioquia.



Cordia alliodora – Nogal cafetero
1.600 a 1.700 m



Crotton magdalenensis - Drago
1.710 a 1.750 m



Retrophyllum rospigliosii - Chaquiro
1.760 a 1.800 m



Cordia elaeagnoides - Barcino
>1.800 m

Figura 19. Especies de mayor frecuencia por altitud en el departamento de Antioquia.
*Fotografía: Barcino - Fernando Farfán Valencia.

Porcentaje de especies por municipio

En la Figura 20 se presenta el porcentaje de especies observadas por municipio en el departamento de Antioquia. Del registro *in situ* de las especies arbóreas se obtuvo que el mayor número de especies (31,0%) se registró en el municipio de Jardín, el 46,0% se registró en los municipios de Salgar y Pueblo Rico; el 20,0 % se registró en el municipio de Andes, y solo el 2,0% de las especies, indicando una vocación menos agroforestal, se registraron en el municipio de Abejorral.

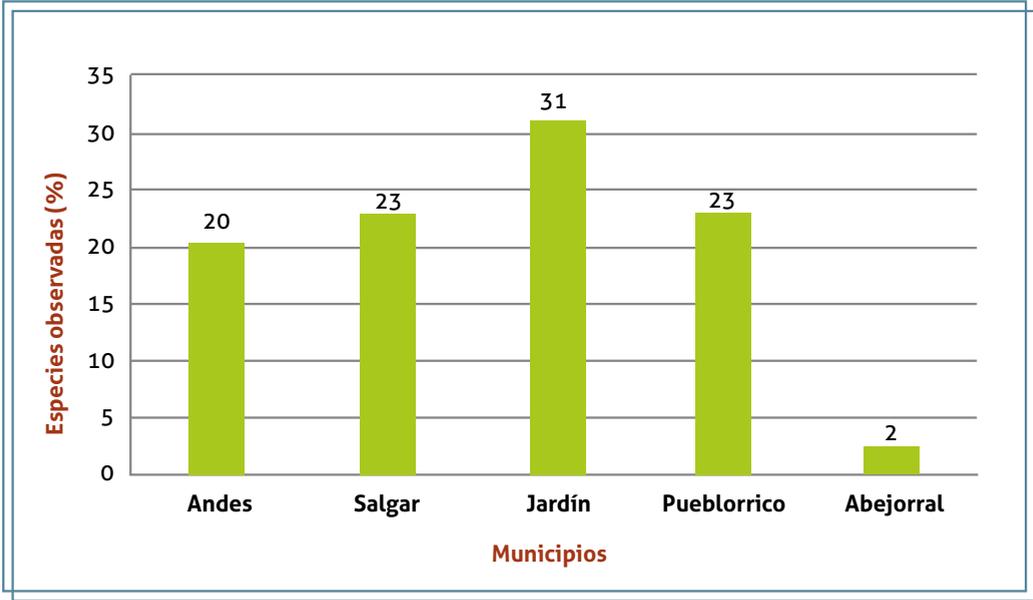


Figura 20. Porcentaje de especies por municipio en el departamento de Antioquia.

Departamento de Caldas

Las especies arbóreas identificadas en el departamento de Caldas se presentan en la Tabla 5.



Tabla 5. Especies arbóreas identificadas y diagnosticadas en el departamento de Caldas

No.	Nombre común	Nombre científico	No.	Nombre común	Nombre científico
1	Arboloco	<i>Montanoa quadrangularis</i>	21	Higuerón	<i>Ficus aurea</i>
2	Arenillo	<i>Tetrorchidium rubrivenium</i>	22	Laurel	<i>Aniba perutilis</i>
3	Arrayán	<i>Myrtus communis</i>	23	Lechero	<i>Euphorbia cotinifolia</i>
4	Balleto	<i>Cariniana pyriformis</i>	24	Madroño	<i>Garcinia madruno</i>
5	Balzo	<i>Ochroma pyramidale</i>	25	Manzanillo	<i>Hippomane mancinella</i>
6	Caña fístula	<i>Cassia fistula</i>	26	Matarratón	<i>Gliricidia sepium</i>
7	Carbonero	<i>Albizia carbonaria</i>	27	Nigüito	<i>Muntingia calabura</i>
8	Cedro	<i>Cedrela odorata</i>	28	Nogal	<i>Cordia alliodora</i>
9	Chachafruto	<i>Erythrina edulis</i>	29	Pino ciprés	<i>Cupressus sempervirens</i>
10	Chocho	<i>E. rubrinervia</i>	30	Quebrabarrigo	<i>Trichanthera gigantea</i>
11	Churimo	<i>Inga laurina</i>	31	Sauce	<i>Salix humboldtiana</i>
12	Danto	<i>Miconia impetiolaris</i>	32	Siete cueros	<i>Tibouchina lepidota</i>
13	Doncel	<i>Zanthoxylum rhoifolium</i>	33	Surrumbo	<i>Trema micrantha</i>
14	Drago	<i>Croton magdalenensis</i>	34	Tambor	<i>Ochroma pyramidale</i>
15	Espadero	<i>Myrsine coriacea</i>	35	Truco	<i>Prunus urotaenia</i>
16	Eucalipto	<i>Eucalyptus grandis</i>	36	Tulipán	<i>Spathodea campanulata</i>
17	Guacamayo	<i>Croton cupreatus</i>	37	Urapán	<i>Fraxinus chinensis</i>
18	Guadua	<i>Bambusa</i> sp.	38	Vainillo	<i>Senna spectabilis</i>
19	Guamo	<i>Inga</i> sp.	39	Yarumo	<i>Cecropia peltata</i>
20	Guayacán	<i>Tabebuia chrysantha</i>	40	Pino	<i>Pinus oocarpa</i>

En el departamento de Caldas, el 50,0% de las especies arbóreas observadas fueron maderables de alto valor económico, se destacan *Tetrorchidium rubrivenium* (arenillo), *Cedrela odorata* (cedro), *Zanthoxylum rhoifolium* (doncel), *Croton cupreatus* (guacamayo), *Tabebuia chrysantha* (guayacán), *Aniba perutilis* (laurel), *Cordia alliodora* (nogal), *Salix humboldtiana* (sauce) y *Fraxinus chinensis* (urapán), estas especies son dedicadas a la conservación, en áreas protegidas y zonas de reservas, entre otros.

El 15,0% de las especies registradas fueron leguminosas, entre este grupo se destacan *Albizia carbonaria* (carbonero), *Erythrina edulis* (chachafruto) e *Inga* sp. (guamo), árboles que hacen parte de sistemas agroforestales con café en diversos modelos. Las especies *Montanoa quadrangularis* (arboloco), *Ochroma pyramidale* (balzo), guadua, *Gliricidia sepium* (matarratón), *Ochroma pyramidale* (tambor) y *Cecropia peltata* (yarumo), que comprenden el 33,0%, hacen parte de sistemas agroforestales como protección y conservación de fuentes de agua, son cultivadas en lindero de lotes y en caminos, entre otros (Figura 21).

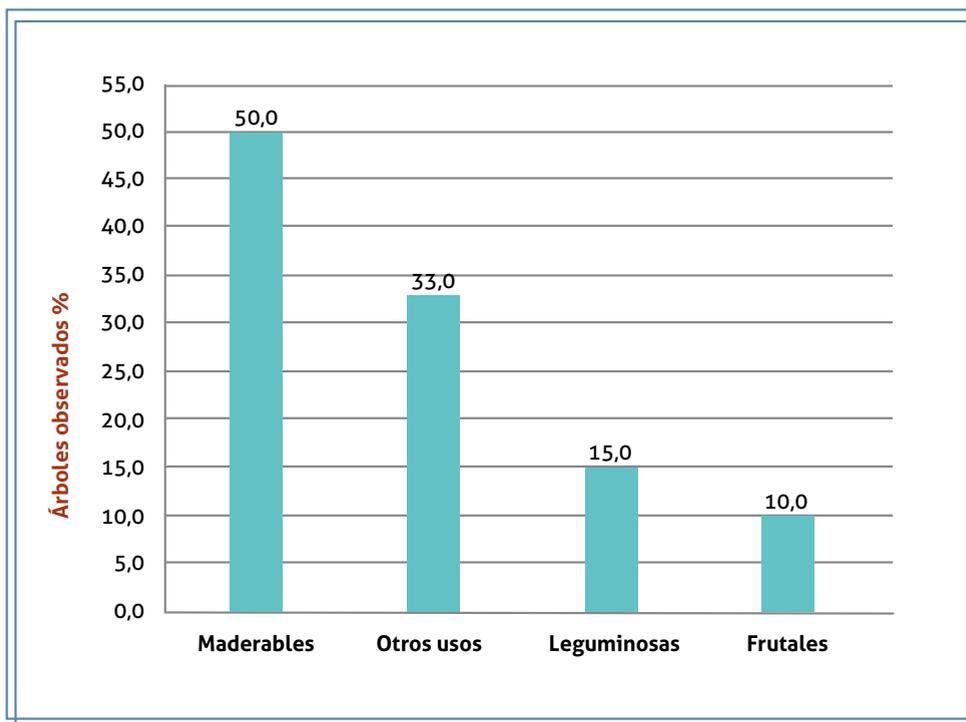
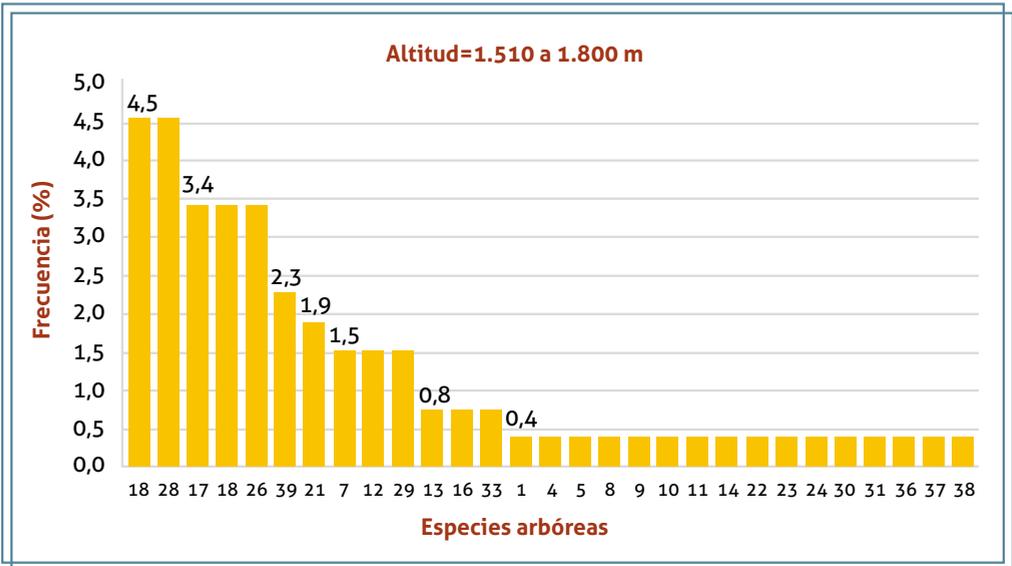
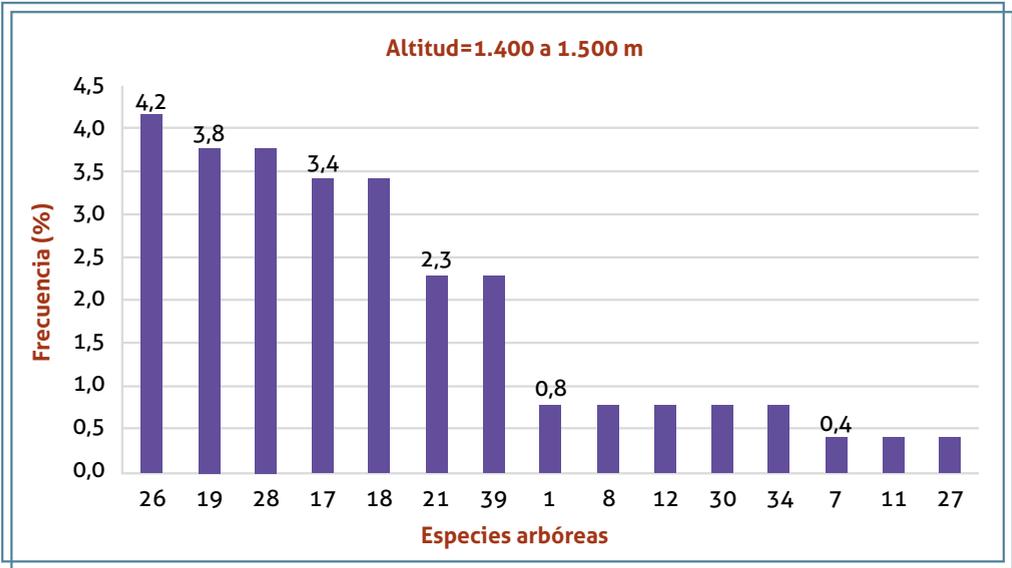


Figura 21. Especies de árboles diagnosticadas en el departamento de Caldas.

Ubicación altitudinal de las especies arbóreas diagnosticadas en Caldas

Para el diagnóstico, el departamento se dividió altitudinalmente en cuatro zonas (Figura 22); en la zonificación y observación en el campo se registró que entre los 1.400 y 1.500 m fue más frecuente encontrar las especies *Gliricidia sepium* (matarratón), *Inga* sp. (guamo), *Cordia alliodora* (nogal), *Croton cupreatus* (guacamayo), y *guadua*; con menor frecuencia o en menor proporción se encontraron las especies *Cedrela odorata* (cedro), *Miconia impetiolaris* (danto), *Trichanthera gigantea* (quebrabarrigo), *Ochroma pyramidale* (tambor), *Albizia carbonaria* (carbonero), *Inga* sp. (churimo) y *Muntingia calabura* (nigüito).





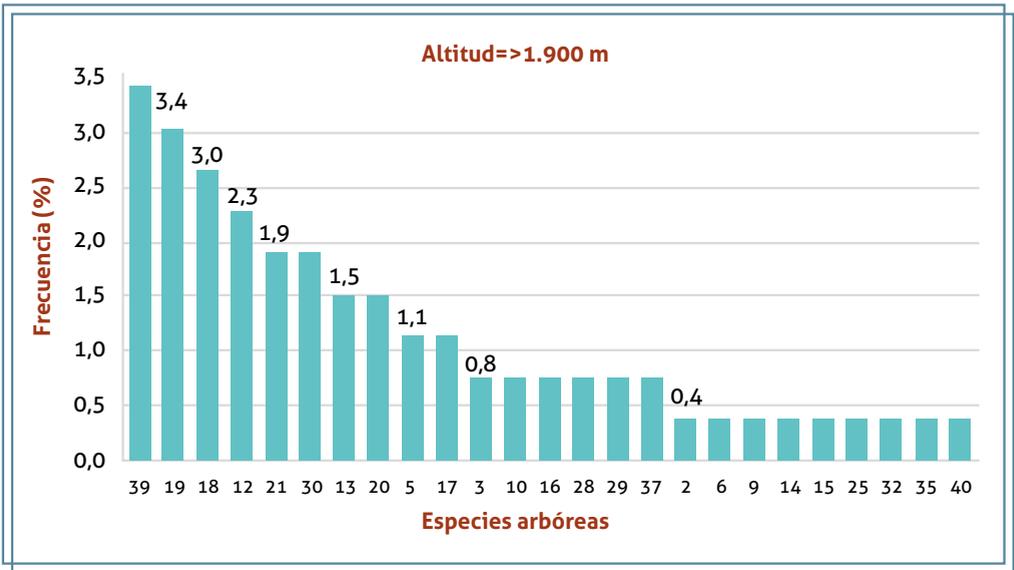
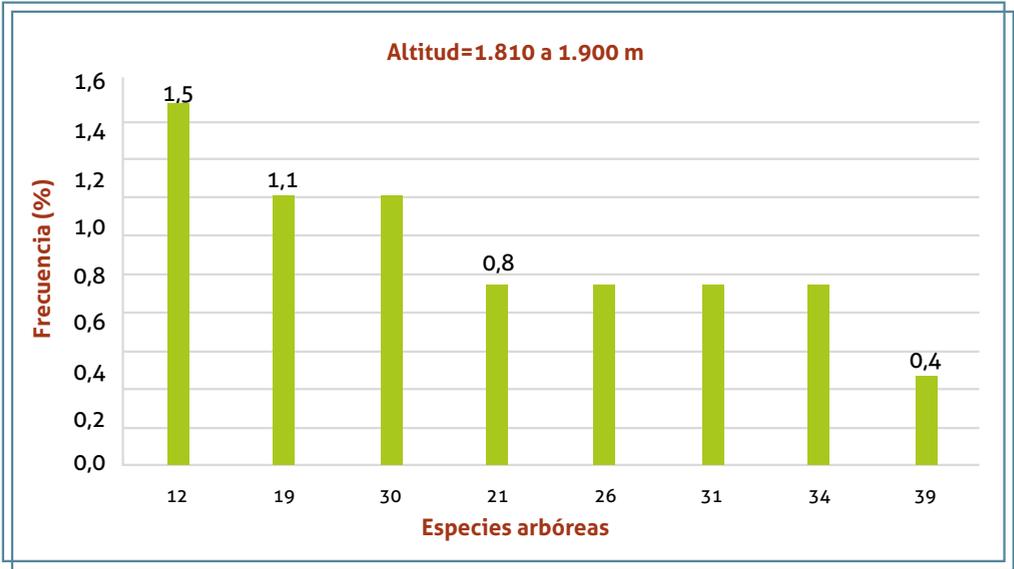


Figura 22. Ubicación altitudinal de las especies diagnosticadas en el departamento de Caldas.

Entre los 1.510 y 1.800 m se encontraron con mayor frecuencia las especies guadua, *Cordia alliodora* (nogal), *Croton cupreatus* (guacamayo), *Inga* sp. (guamo), *Gliricidia sepium* (matarratón). A pesar del gran número de especies como *Montanoa quadrangularis* (arboloco), *Cariniana pyriformis* (balleto), *Ochroma pyramidale* (balso), *Cedrela odorata* (cedro), *Erythrina edulis* (chachafruto), *E. rubrinervia* (chocho), *Inga laurina* (churimo), *Croton magdalenensis* (drago), *Aniba perutilis* (laurel), *Euphorbia cotinifolia* (lechero), *Trichanthera gigantea* (quiebrabarrigo), *Salix humboldtiana* (sauce), *Spathodea campanulata* (tulipán), *Fraxinus chinensis* (urapán) y *Senna spectabilis* (vainillo), estas presentan una menor frecuencia; en todos los casos solamente es evidente la presencia de un árbol de cada especie, en cada predio valorado.

Entre los 1.810 y 1.900 m solo se registraron las especies *Miconia impetiolaris* (danto), *Inga* sp. (guamo), *Trichanthera gigantea* (quiebrabarrigo), *Ficus aurea* (higuerón), *Gliricidia sepium* (matarratón), *Salix humboldtiana* (sauce), *Ochroma pyramidale* (tambor), *Cecropia peltata* (yarumo), con un bajo porcentaje de frecuencia.

Por encima de los 1.900 m y con mayor frecuencia, se observaron las especies *Cecropia peltata* (yarumo), *Inga* sp. (guamo), guadua y *Miconia impetiolaris* (danto). En menor proporción y frecuencia se observaron las especies *Tetrorchidium rubrivenium* (arenillo), *Cassia fistula* (caña fístula), *Erythrina edulis* (chachafruto), *Croton magdalenensis* (drago), *Myrsine coriacea* (espadero), *Hippomane mancinella* (manzanillo), *Tibouchina lepidota* (siete cueros), *Prunus urotaenia* (truco) y *Pinus* sp. (pino), como se presenta en la Figura 22.

Especies de mayor frecuencia por altitud

En la Figura 23 se presenta por lo menos una especie representativa del rango altitudinal en el departamento de Caldas.



Gliricidia sepium - Matarratón
1.400 a 1.500 m



Croton cupreatus - Guacamayo
1.510 a 1.800 m



Miconia impetiolaris - Danto
1.810 a 1.900 m



Ficus aurea - Higuerón
>1.900 m

Figura 23. Especies de mayor frecuencia por altitud en el departamento de Caldas.
*Fotografías: Danto e Higuerón - Fernando Farfán Valencia.

Porcentaje de especies por municipio

En la Figura 24 se presenta el porcentaje de especies observadas por municipio en el departamento de Caldas. El 25,0% de las especies se observaron en el municipio de Salamina; en los municipios de Pácora y Aguadas se registró el 44,0% de las especies; y en los municipios de Marquetalia y Pensilvania se observó el 16,0% y el 14,0% de las especies, respectivamente.

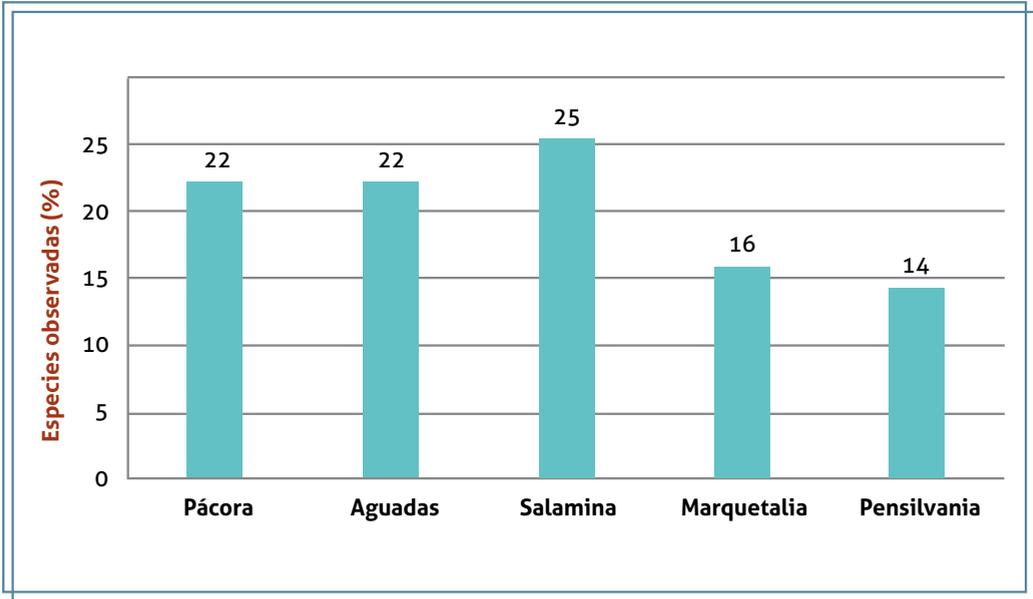


Figura 24. Porcentaje de especies por municipio en el departamento de Caldas.

Departamento de Nariño

Las especies arbóreas identificadas en el departamento de Nariño se presentan en la Tabla 6. El 63,0% de estas especies son árboles maderables, empleados generalmente como árboles de protección y conservación, en pocas ocasiones como reservas forestales; el 27,0% de las especies son empleadas con diferentes propósitos, como protección de fuentes de agua, conservación de áreas de reserva, áreas de protección, protección de drenajes y árboles que hacen parte del paisaje nariñense, etc. Entre estas especies se destaca el balso, el cafecillo, el guamo cajeto, el cascarillo, la chaya, el cordoncillo, la morera, el muyo, el nacedero, el poroto y el yarumo; el 6,0% de las especies son leguminosas, empleadas especialmente como acompañantes del cultivo del café o en sistemas agroforestales; y el 4,0% se identificaron como frutales, que no son explotadas comercialmente (Figura 25).

Tabla 6. Especies arbóreas identificadas y diagnosticadas en el departamento de Nariño.

No.	Nombre común	Nombre científico	No.	Nombre común	Nombre científico
1	Amarillo	<i>Tabebuia Chrysanta</i>	28	Mixto	No identificado
2	Arrayán	<i>Myrtus communis</i>	29	Mocoano	<i>Melina</i> sp.
3	Arrayán blanco	<i>Myrcianthes leucoxylla</i>	30	Morera	<i>Morus alba</i>
5	Balzo	<i>Ochroma pyramidale</i>	31	Muyo	<i>Clidemia pustulata</i>
6	Cabuya	<i>Furcraea andina</i>	32	Nacedero	<i>Trichanthera gigantea</i>
7	Cafecillo	<i>Senna occidentalis</i>	33	Nogal	<i>Cordia alliodora</i>
8	Cajeto	<i>Trichanthera gigantea</i>	34	Ortigo	<i>Urera</i> sp.
9	Carbonero	<i>Albizia carbonaria</i>	35	Ortiguillo	<i>Boehmeria caudata</i>
10	Cascarillo	<i>Cinchona pubescens</i>	36	Palo negro	<i>Piptocoma discolor</i>
11	Cascarillo rojo	<i>Cinchona officinalis</i>	37	Pendo	<i>Citharexylum kunthianum</i>
12	Chachafruto	<i>Erythrina edulis</i>	38	Pepé	<i>Holocalyx</i> sp.
13	Chaya	<i>Cnidocolus aconitifolius</i>	39	Picapiedra	No identificado
14	Cordoncillo	<i>Piper aduncum</i>	40	Pichuelo	<i>Senna pistaciifolia</i>
15	Cucharo	<i>Myrsine guianensis</i>	41	Pino	<i>Pinus oocarpa</i>
16	Encino	<i>Weinmannia tomentosa</i>	42	Pomo	<i>Syzygium jambos</i>
17	Eucalipto	<i>Eucalyptus grandis</i>	43	Poroto	<i>Erythrina edulis</i>
18	Guabillo	<i>Jacaranda copaia</i>	44	Rayo	<i>Axinaea macrophylla</i>
19	Guadua	<i>Bambusa</i> sp.	45	Reventador	<i>Ladenbergia oblongifolia</i>
20	Guamo	<i>Inga</i> sp.	46	Sangregado	<i>Croton panamensis</i>
21	Guayacán	<i>Tabebuia chrysantha</i>	47	Sanjuanito	<i>Caladium</i> sp.
22	Higuerón	<i>Ficus aurea</i>	48	Tiricio	<i>Buchenavia tetraphylla</i>
23	Huesillo	<i>Casearia arborea</i>	49	Trapiche	<i>Prunus integrifolia</i>
24	Impamo	<i>Chrysochlamys dependens</i>	50	Tumamaco	No identificado
25	Jigua	<i>Persea</i> sp.	51	Urapán	<i>Fraxinus chinensis</i>
26	Mando	No identificado	52	Vainillo	<i>Senna spectabilis</i>
27	Mestizo	<i>Cupania cinerea</i>	53	Yarumo	<i>Cecropia peltata</i>

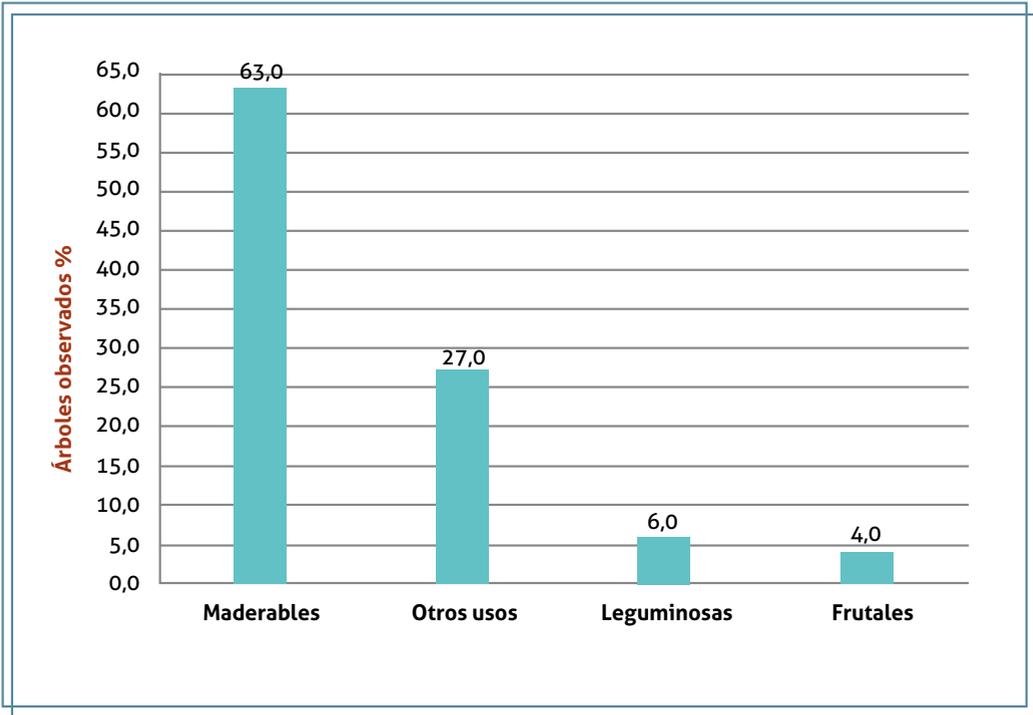
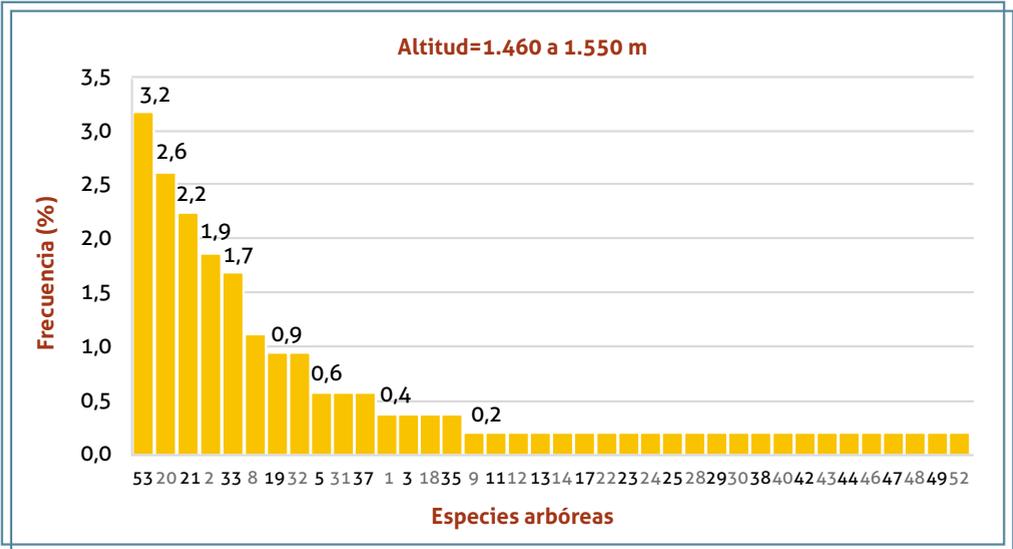
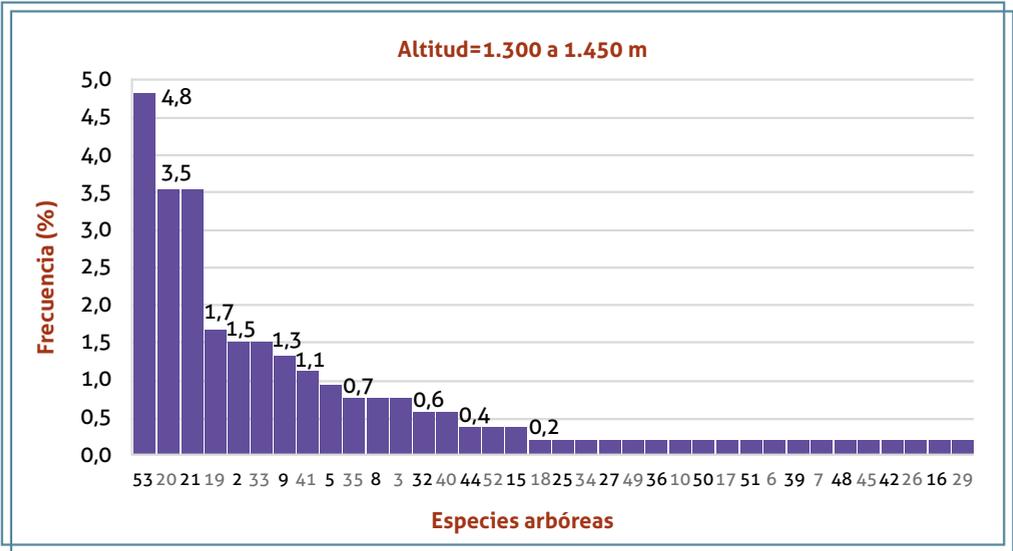


Figura 25. Especies de árboles diagnosticadas en el departamento de Nariño.

Ubicación altitudinal de las especies arbóreas diagnosticadas en el departamento de Nariño

El diagnóstico de las especies arbóreas en el departamento se realizó en cuatro zonas altitudinales (m), en las cuales se identificaron las especies y su frecuencia (Figura 26). Entre los 1.300 y 1.450 (m) es frecuente la presencia de *Cecropia peltata* (yarumo), *Inga* sp. (Guamo), *Tabebuia chrysantha* (guayacán), *picapiedra* (no identificado) y *Senna occidentalis* (cafecillo); adicionalmente, es poco frecuente la presencia de árboles como *Buchenavia tetraphylla* (tiricio), *Ladenbergia oblongifolia* (reventador), *Syzygium jambos* (pomo), mando (no identificado), *Weinmannia tomentosa* (encino) y *Melina* sp. (mocuano).





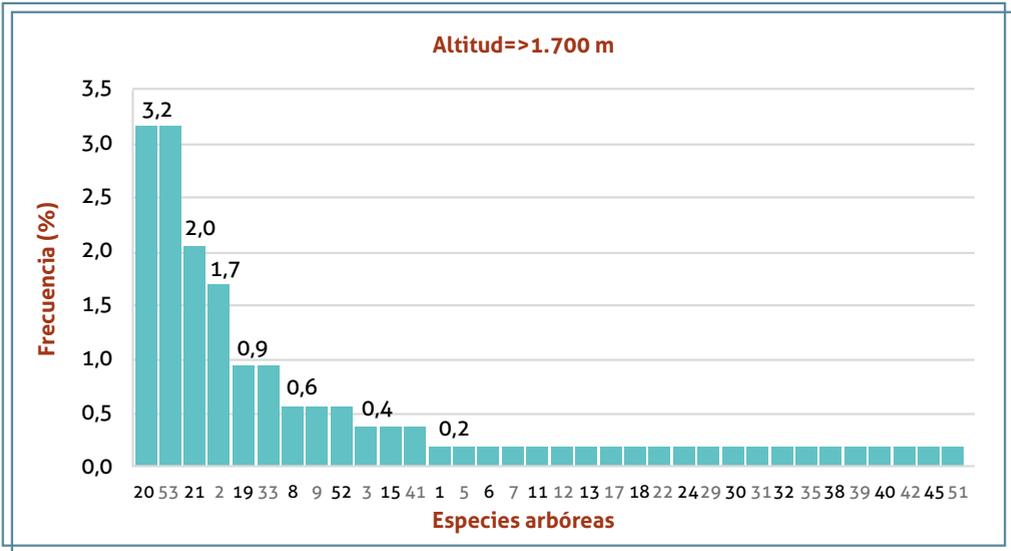
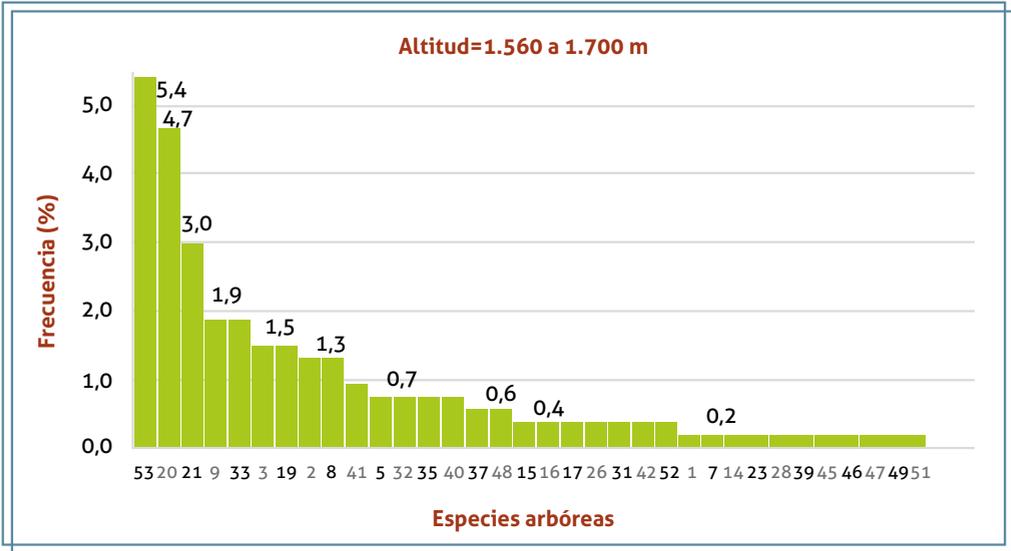


Figura 26. Ubicación altitudinal de las especies diagnosticadas en el departamento de Nariño

Entre los 1.460 y 1.550 m, las especies más conservadas son *Cecropia peltata* (yarumo), *Inga* sp. (guamo), *Tabebuia chrysantha* (guayacán), *Myrtus communis* (arrayán) y *Cordia alliodora* (nogal); es menos frecuente la presencia, entre otras especies, de *Holocalyx* sp. (pepé), *Senna pistaciifolia* (pichuelo), *Syzygium jambos* (pomo), *Erythrina edulis* (poroto), *Axinaea macrophylla* (rayo), *Croton panamensis* (sangregado), *Caladium* sp. (sanjuanito), *Buchenavia tetraphylla* (tiricio), *Prunus integrifolia* (trapiche) y *Senna spectabilis* (vainillo).

Entre los 1.560 y 1.700 m es frecuente la presencia de *Cecropia peltata* (yarumo), *Inga* sp. (guamo), *Tabebuia chrysantha* (guayacán), *Albizia carbonaria* (carbonero), y *Cordia alliodora* (nogal); aunque en muy poco número se observaron especies como *Senna occidentalis* (cafecillo), *Piper aduncum* (cordoncillo), *Casearia arborea* (huesillo), *Croton panamensis* (sangregado), *Caladium* sp. (sanjuanito), *Prunus integrifolia* (trapiche) y *Fraxinus chinensis* (urapán), entre otros

A altitudes superiores a 1.700 m, el mayor número de especies observadas fueron *Inga* sp. (guamo), *Cecropia peltata* (yarumo), *Tabebuia chrysantha* (guayacán) y *Myrtus communis* (arrayán); en menor proporción se registraron las especies *Morus alba* (morera), *Clidemia pustulata* (muyo), *Trichanthera gigantea* (nacedero), *Boehmeria caudata* (ortiguillo), *Holocalyx* sp. (pepé), *Senna pistaciifolia* (pichuelo), *Syzygium jambos* (pomo), *Ladenbergia oblongifolia* (reventador) y *Fraxinus chinensis* (urapán), entre otras (Figura 26).

Especies de mayor frecuencia por altitud

En la Figura 27 se presenta por lo menos una especie representativa del rango altitudinal en el departamento de Nariño.



Boehmeria caudata - Hortiguillo
1.300 a 1.450 m



Myrtus communis - Arrayán
1.460 a 1.550 m



Tabebuia chrysantha - Guayacán
1.560 a 1.700 m



Albizia carbonaria - Carbonero
>1.700 m

Figura 27. Especies de mayor frecuencia por altitud en el departamento de Nariño.
*Fotografía: Hortiguillo - Fernando Farfán Valencia.

Porcentaje de especies por municipio

En la Figura 28 se presenta el porcentaje de especies observadas por municipio en el departamento de Nariño. En el municipio de San Lorenzo se observó el 25,0% de las especies, en la Unión el 24,0%, en Buesaco el 19,9%, En Consacá el 16,0% y en el municipio de Sandoná el 15,0% de ellas.

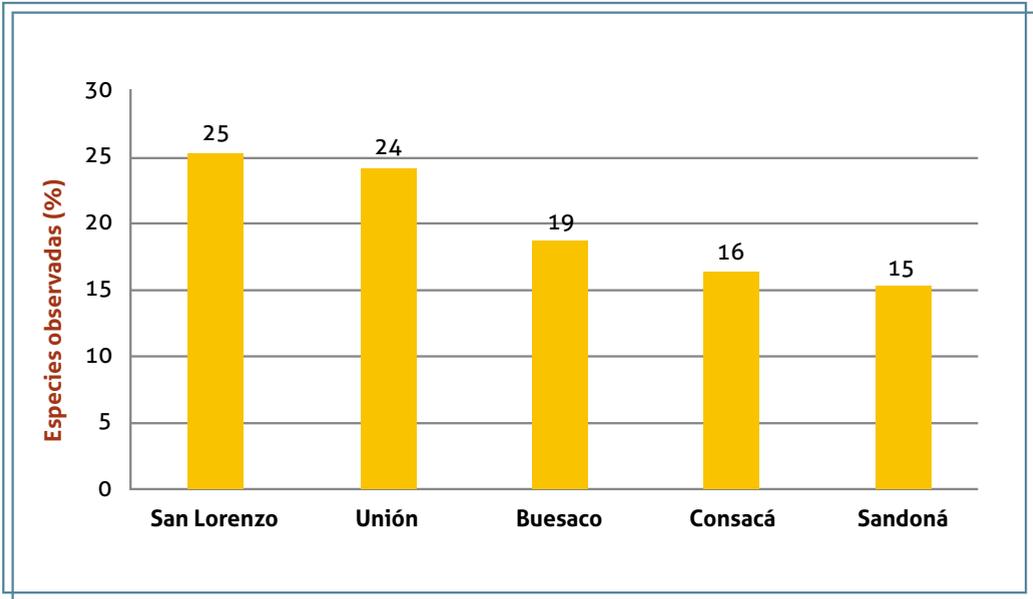


Figura 28. Porcentaje de especies por municipio en el departamento de Nariño.



Tabla 7. Especies arbóreas identificadas y diagnosticadas en el departamento de Nariño

No.	Nombre común	Nombre científico	No.	Nombre común	Nombre científico
1	Aguacate	<i>Persea</i> sp.	20	Guacamayo	<i>Croton cupreatus</i>
2	Anón	<i>Annona squamosa</i>	21	Guadua	<i>Bambusa</i> sp.
3	Arrayán	<i>Myrtus communis</i>	11	Gualanday	<i>Jacaranda caucana</i>
4	Balzo	<i>Ochroma pyramidale</i>	23	Guamo	<i>Inga</i> sp.
5	Bracino	<i>Cordia elaeagnoides</i>	24	Guanábano	<i>Annona muricata</i>
6	Cacao	<i>Theobroma</i> sp.	25	Higuerón	<i>Ficus aurea</i>
7	Cachimbo	<i>Erythrina fusca</i>	26	Huesillo	<i>Casearia arborea</i>
8	Carbonero	<i>Albizia carbonaria</i>	27	Jigua	<i>Albizia guachapele</i>
9	Cascarillo	<i>Cinchona pubescens</i>	28	Lechero	<i>Euphorbia cotinifolia</i>
10	Caspe	<i>Toxicodendron striatum</i>	29	Limón	<i>Citrus</i> sp.
11	Caucho	<i>Ficus elastica</i>	30	Mandarino	<i>Citrus</i> sp.
12	Cedro negro	<i>Juglans netropica</i>	31	Mango	<i>Mangifera</i> sp.
13	Chachafruto	<i>Erythrina edulis</i>	32	Mestizo	<i>Cupania cinerea</i>
14	Chirimoya	<i>Annona cherimola</i>	33	Moco	<i>Acalypha hispida</i>
15	Chontaduro	<i>Bactris gasipaes</i>	34	Nacedero	<i>Trichanthera gigantea</i>
16	Cordoncillo	<i>Piper aduncum</i>	35	Naranja	<i>Citrus</i> sp.
17	Encenillo	<i>Weinmannia tomentosa</i>	36	Nogal	<i>Cordia alliodora</i>
18	Eucalipto	<i>Eucalyptus grandis</i>	37	Ortigo	<i>Urera</i> sp.
19	Flor amarillo	<i>Tabebuia chrysanta</i>	38	Pino	<i>Pinus oocarpa</i>

En la Figura 29 se observan los porcentajes de las especies de árboles diagnosticadas en el departamento del Cauca, con 44,0% de las especies árboles maderables, empleados generalmente como árboles de protección y conservación.

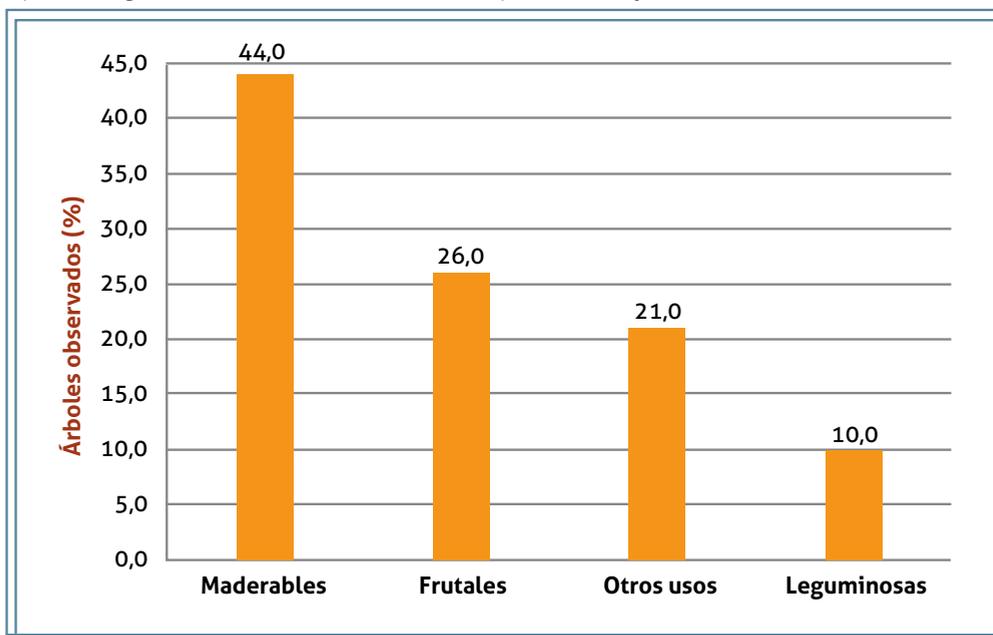


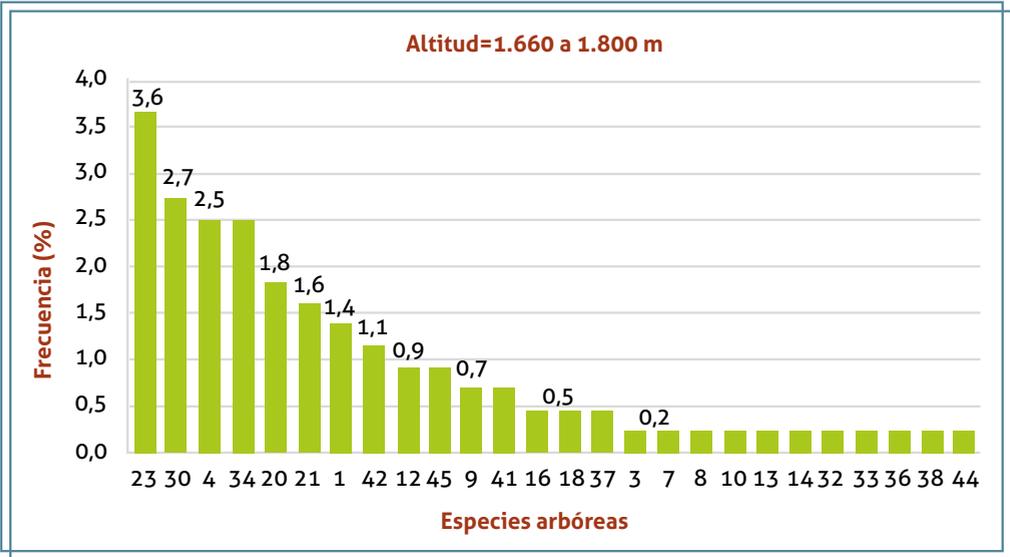
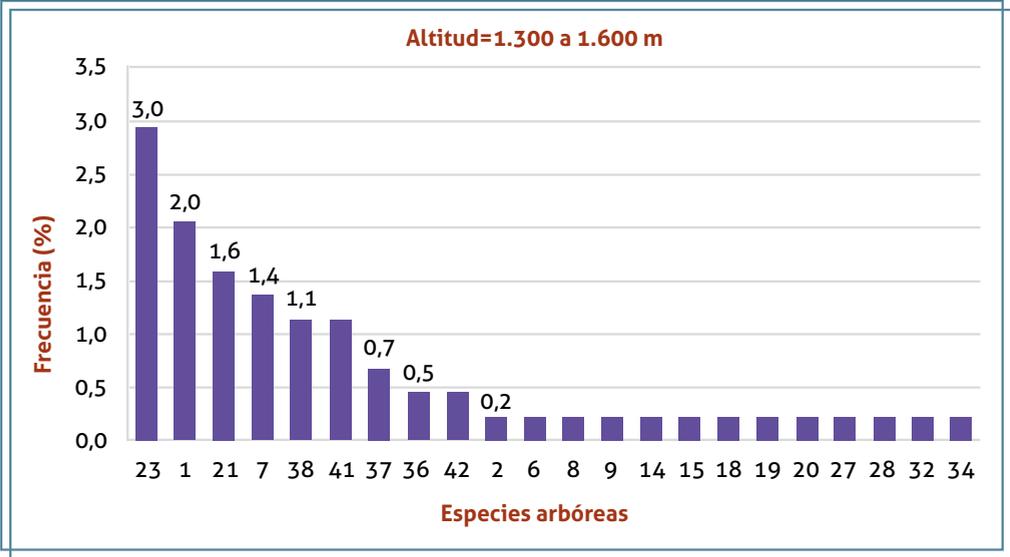
Figura 29. Especies de árboles diagnosticadas en el departamento de Cauca.

Ubicación altitudinal de las especies arbóreas diagnosticadas en el departamento de Cauca

En el departamento de Cauca entre los 1.300 y 1.600 m, es más frecuente la presencia de frutales y especies de conservación como *Inga* sp. (guamo), *Persea* sp. (aguacate), *Guadua* sp. (guadua) y *Erythrina* sp. (cachimbo); y son menos frecuentes a esta altitud especies forestales como *Croton cupreatus* (guacamayo), *Ficus aurea* (higuerón) y *Albizia guachapele* (jigua).

Entre los 1.610 y 1.650 m es frecuente observar especies como *Inga* sp. (guamo), *Persea* sp. (aguacate), cítricos, en general, y *Trichanthera gigantea* (nacedero); es menos frecuente la presencia de especies destinadas a la conservación, acompañantes del cultivo del café, frutales o en usos diversos. Entre los 1.660 y 1.800 m y por encima de 1.800 m se observan especies con diversas funciones y usos como guamo, guayacán, balsa, jigua, higuerón, frutales y ortigo (Figura 30).





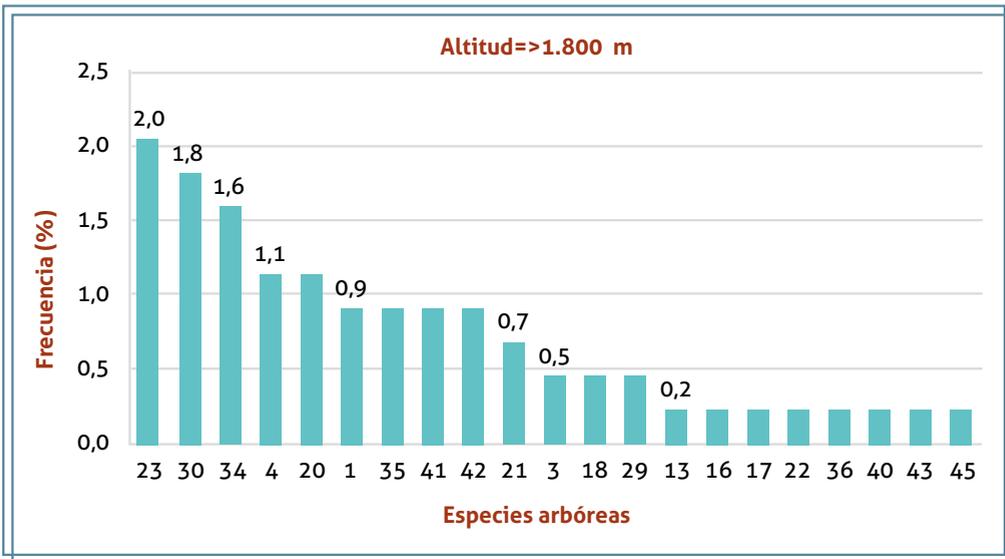
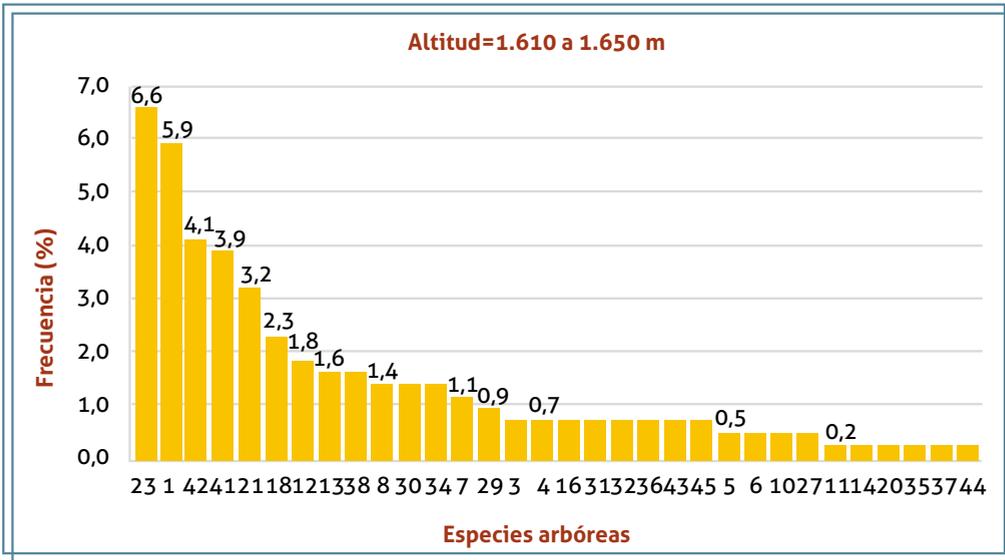


Figura 30. Ubicación altitudinal de las especies diagnosticadas en el departamento del Cauca.

Especies de mayor frecuencia por altitud

En la Figura 31 se presenta por lo menos una especie representativa del rango altitudinal en el departamento de Caldas.



Persea sp. - Aguacate
1.300 a 1.600 m



Eucalyptus grandis - Eucalipto
1.610 a 1.650 m



Cordia elaeagnoides - Bracino
1.660 a 1.800 m



Euphorbia cotinifolia - Lechero
>1.800 m

Figura 31. Especies de mayor frecuencia por altitud en el departamento de Cauca.
*Fotografías: Bracino, Lechero - Fernando Farfán Valencia.

Porcentaje de especies por municipio

En la Figura 32 se presenta el porcentaje de especies observadas por municipio en el departamento del Cauca. En el municipio de Inzá se observó el 18,0% de las especies, en Rosas el 21,0%, en La Sierra y Sotará el 42,0%, y en el municipio de Balboa el 20,0% de las especies valoradas.

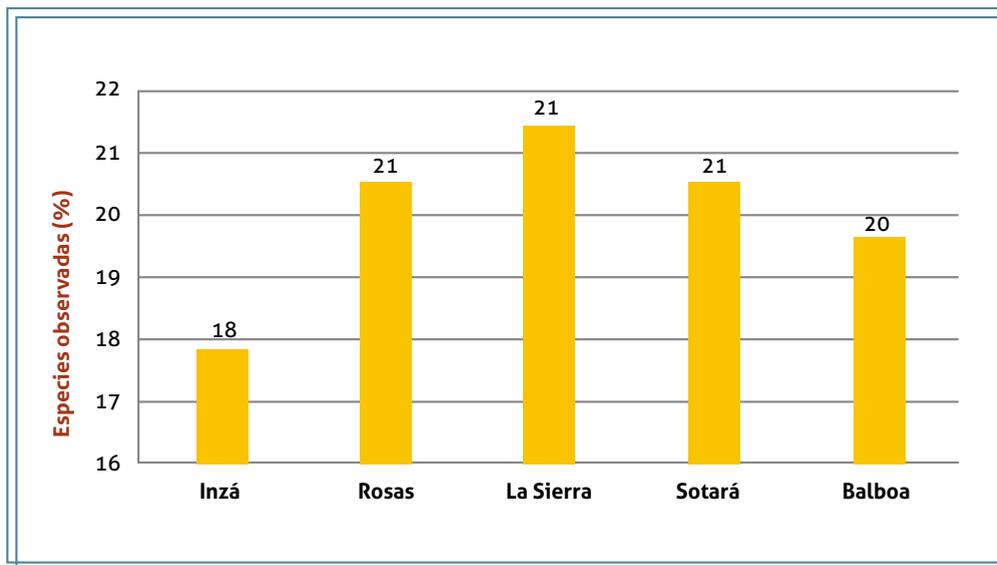


Figura 32. Porcentaje de especies por municipio en el departamento del Cauca.

Distribución de géneros de árboles con alto valor social, económico y ambiental

Se seleccionaron 24 géneros de árboles cuyas características fueran de importancia ambiental, social y económica para los caficultores, se analizó su distribución o presencia en los 25 municipios de los cinco departamentos objeto del proyecto (Tabla 8), y se orientaron las acciones respecto a la priorización para el establecimiento y recuperación de especies de alto valor en las zonas cafeteras colombianas.



Tabla 8. Distribución de géneros de árboles con alto valor social, económico y ambiental.

No.	Géneros	No. de municipios por departamento					Municipios totales
		Valle	Antioquia	Caldas	Nariño	Cauca	
1	<i>Cordia</i> sp.	3	3	3	3	2	14
2	<i>Ochroma</i> sp.	3	2	2	3	2	12
3	<i>Myrtus</i> sp.	2	2	2	3	2	11
4	<i>Cedrela</i> sp.	3	3	3	0	3	12
5	<i>Juglans</i> sp.	3	3	3	0	3	12
6	<i>Senna</i> sp.	3	0	3	3	0	9
7	<i>Aniba</i> sp.	3	2	3	0	0	8
8	<i>Crotton</i> sp.	1	3	3	0	0	7
9	<i>Tabebuia</i> sp.	1	1	2	0	0	4
10	<i>Myrsine</i> sp.	1	0	0	3	0	4
11	<i>Prunus</i> sp.	0	0	0	3	1	4
12	<i>Jacaranda</i> sp.	1	1	0	0	1	3
13	<i>Ceratonia</i> sp.	0	1	2	0	0	3
14	<i>Quercus</i> sp.	0	3	0	0	0	3
15	<i>Weinmannia</i> sp.	0	1	0	0	1	2
16	<i>Ceiba</i> sp.	0	2	0	0	0	2
17	<i>Magnolia</i> sp.	0	2	0	0	0	2
18	<i>Retrophyllum</i> sp.	0	2	0	0	0	2
19	<i>Simarouba</i> sp.	0	2	0	0	0	2
20	<i>Samanea</i> sp.	1	1	0	0	0	2
21	<i>Alnus</i> sp.	0	1	0	0	0	1
22	<i>Enterobium</i> sp.	0	1	0	0	0	1
23	<i>Lafoensia</i> sp.	0	1	0	0	0	1
24	<i>Swietenia</i> sp.	0	1	0	0	0	1
Total		25	38	26	18	15	



La distribución de algunos de los géneros solo fue, en algunos casos, hasta en tres municipios por departamento y se les asignó el color verde intenso en las celdas. El género de árboles común en 14 municipios de los 25 estudiados, fue *Cordia* sp., y la especie más representativa del género fue *alliodora* (nogal cafetero). Los cinco departamentos comparten los géneros *Ochroma* sp. y *Myrtus* sp., pero solo en 11 y 12 municipios, respectivamente; siendo el arrayán y el balso los más comunes de los géneros. Los géneros *Cedrela* sp. (Cedro) y *Juglans* sp. (cedro negro), se registraron en todos los departamentos excepto Nariño, y solo en 12 municipios.

En la Tabla 8, las celdas de color rojo indican que en los departamentos evaluados no se observaron estos géneros. De los 24 géneros de valor económico, social y ambiental en el departamento de Nariño solo se observaron árboles de los géneros *Cordia* sp. (nogal), *Ochroma* sp. (balso), *Myrtus* sp. (arrayán), *Senna* sp. (vainillo), *Myrsine* sp. (cucharo), y *Prunus* sp. (trapiche). En el departamento de Cauca se tuvieron registros similares, con los géneros *Cordia* sp., *Ochroma* sp., *Myrtus* sp., *Cedrela* sp., *Prunus* sp., *Juglans* sp., *Jacaranda* sp., y *Weinmannia* sp.; estos dos últimos (gualanday y encenillo) solo se registraron en un municipio del departamento.

Los géneros *Ceiba* sp. (ceiba), *Magnolia* sp. (molinillo), *Retrophyllum* sp. (chaquiro), *Simarouba* sp. (aceituno), *Samanea* sp. (samán), *Alnus* sp. (aliso), *Enterolobium* sp. (guanacaste), *Lafoensia* sp. (guayacán de Manizales) y *Swietenia* sp. (caobo), solo se registraron entre uno y dos municipios del departamento de Antioquia.

Si bien los cinco departamentos poseen algún nivel de vocación agroforestal, su componente arbóreo está basado en géneros de especies leguminosas, de uso común para el sombrío del café, como *Erythrina* sp., *Albizia* sp. e *Inga* sp. Comúnmente se registra el asocio de café con especies frutales como aguacate, cítricos, guayaba y mango, entre otros, además del empleo de especies con propósitos de conservación como quiebrabarrigo, matarratón, cordoncillo y guadua, etc. Sin embargo, es evidente que la agroforestería no está soportada en especies de alto valor económico, ambiental y social; algunas de ellas reportadas con amenazas o riesgo de desaparecer, por lo menos de las zonas cafeteras colombianas.

Experiencia – Resultado alcanzado - Impacto logrado

Los resultados alcanzados y el aprendizaje logrado con el proyecto se dividieron en dos campos: (i) Una propuesta metodológica de administración de un plan de restauración o reforestación con el propósito de conservación y protección, y el (ii) Relativo al área reforestada con **incentivo**, en los cinco departamentos, objetivo del proyecto.

Administración de un plan de reforestación

En la Figura 33 se presenta la propuesta metodológica y el mapa de procesos para la administración de un plan de reforestación y restauración ecológica. El mapa de procesos es la representación gráfica de los procesos que están presentes en el proyecto, mostrando la relación entre ellos y sus relaciones con el exterior. El mapa de procesos ayuda a que el proyecto alcance sus objetivos (EAE, 2017).

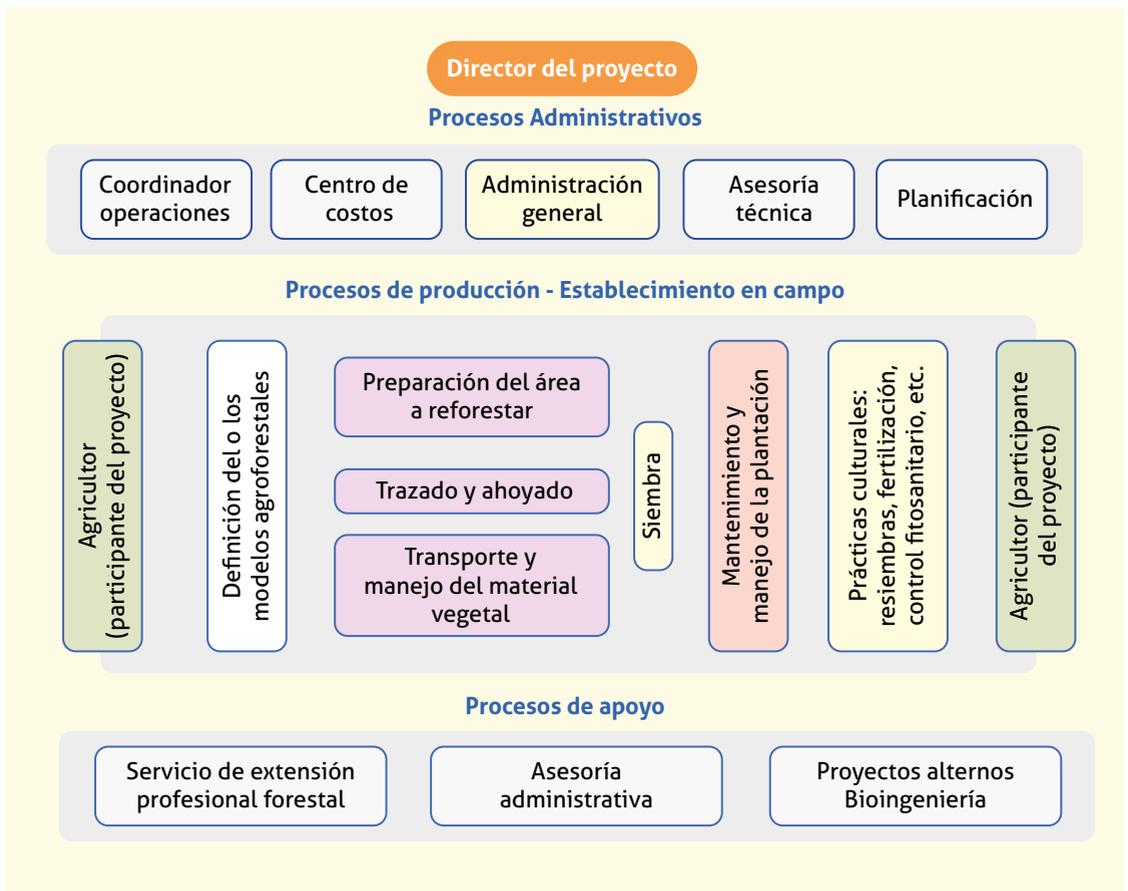


Figura 33. Mapa de procesos del plan de reforestación.

Las contribuciones del mapa de procesos a la ejecución del proyecto pueden sintetizarse así:

- Definición de una estructura coherente con el proyecto, estableciendo la jerarquía del mismo.
- La herramienta ayuda a analizar todos los procesos y a incrementar la calidad y la eficiencia del proyecto.
- Ayuda a evaluar la eficacia y eficiencia de cada una de las actividades, interna y externamente.
- Orienta sobre los responsables de cada actividad y cuál es su nivel de cumplimiento.
- Permite conocer el estado actual del proyecto y su punto de partida para implementar mejoras, a nivel general, por departamento o por municipios.
- Ayuda a realizar un análisis de las tareas que realiza cada colaborador, detectando así ineficiencias o necesidades de personal.
- Es una buena manera de orientar a nuevos colaboradores.
- Es una buena manera para desarrollar formas alternativas de realizar el trabajo en pro de la eficiencia del proyecto.

Resultado alcanzado en el plan de reforestación

Describe los entregables y cumplimiento de indicadores objeto del plan de reforestación; adicionalmente provee la base para la toma de decisiones futuras en planes de reforestación y manejo forestales.

En las Tablas 9 a la 13 se presentan los alcances del plan de reforestación en la modalidad de incentivo en términos de indicadores, los cuales comprendieron: Número de hectáreas reforestadas, número de fincas con inversión forestal, número de planes de mejoramiento forestal, número de árboles forestales sembrados y número de contratos o acuerdos forestales firmados.

De los resultados presentados para las 25 microcuencas, de los 25 municipios, en los cinco departamentos; el porcentaje de cumplimiento de metas fue del 100%, con un 80% adicional.

Tabla 9. Número de hectáreas reforestadas con incentivo por departamento y municipio.

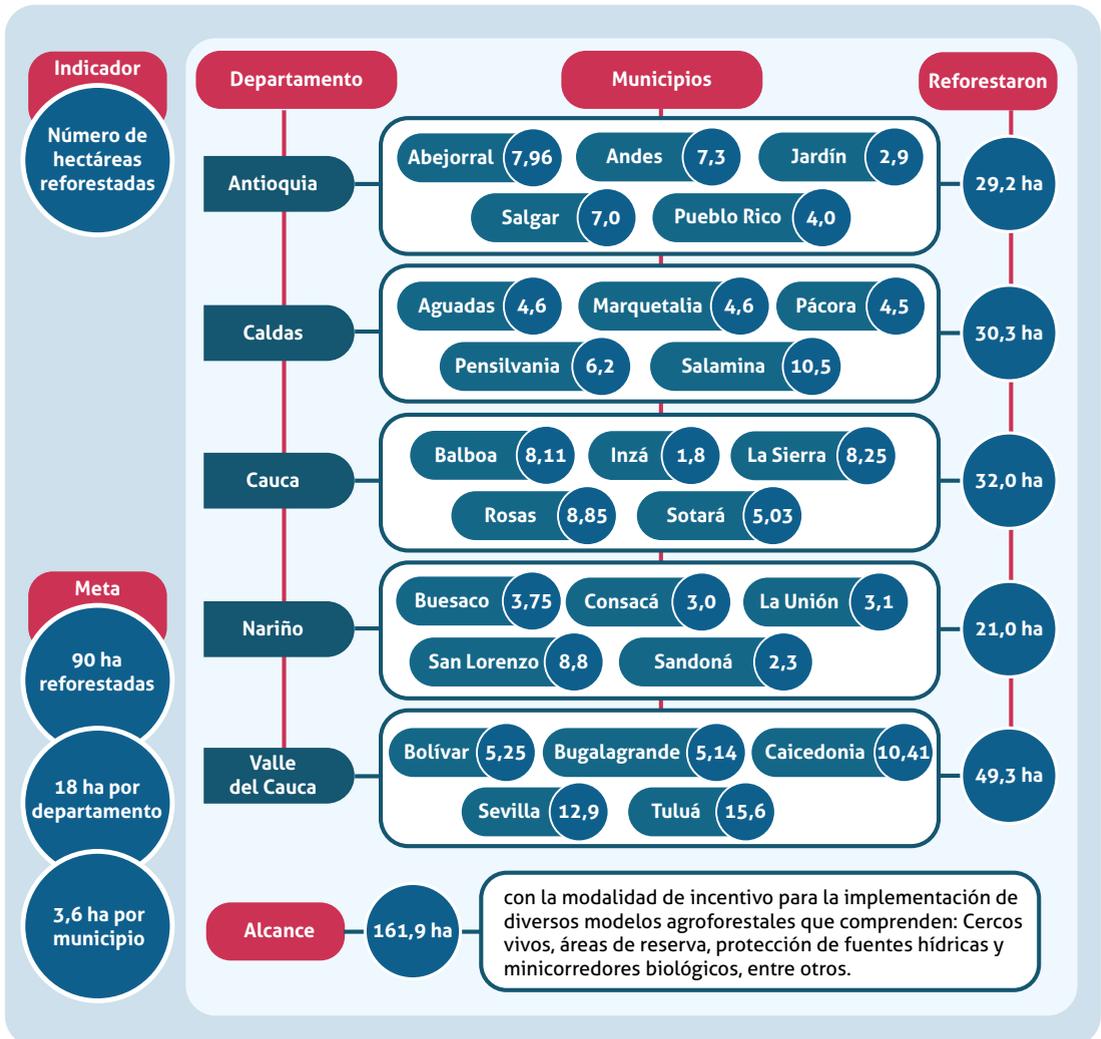


Tabla 10. Número de fincas con intervención forestal con incentivo por municipio.

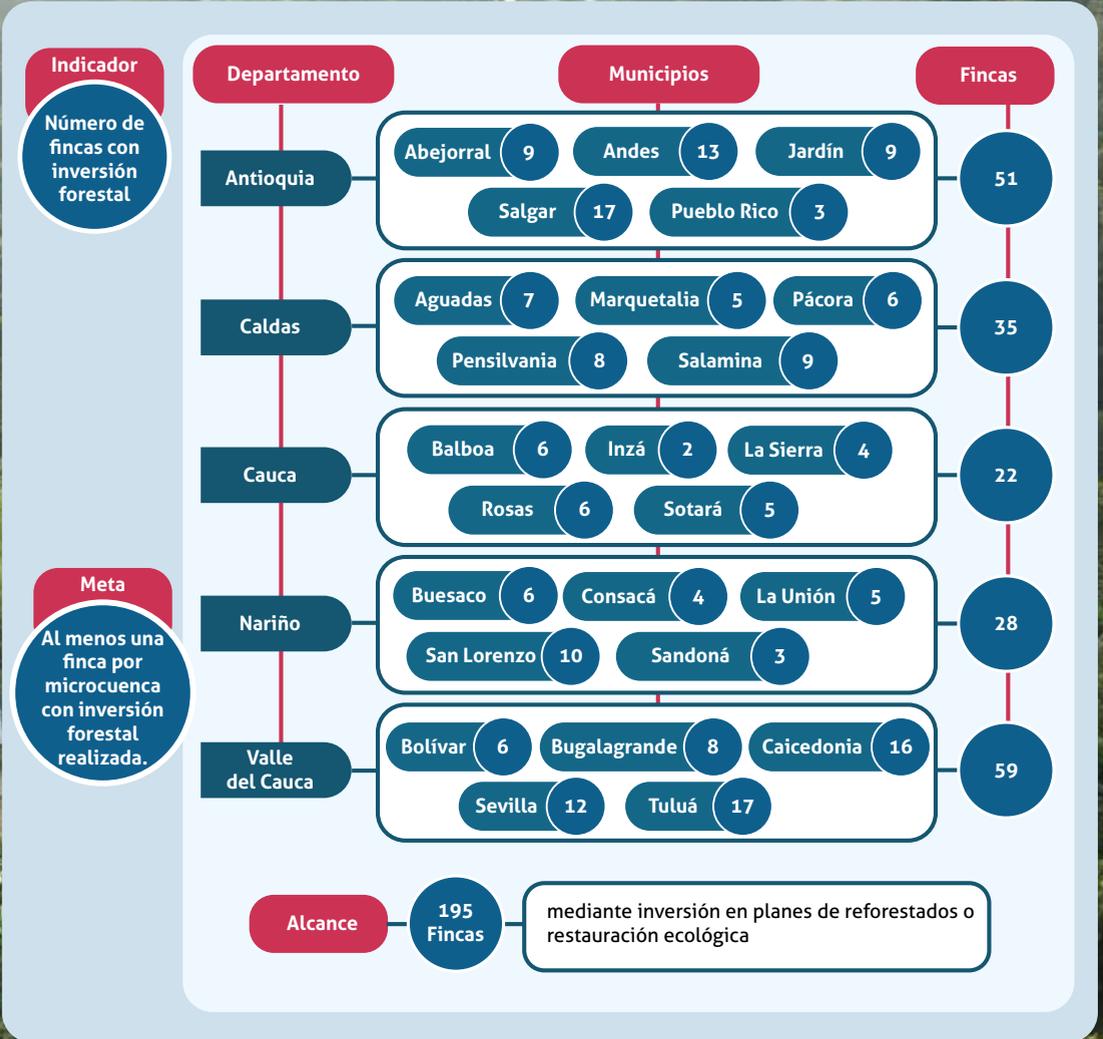


Tabla 11. Número de planes de mejoramiento forestal con incentivo por departamento.

Indicador	Departamento	Municipios y quebradas	Modelos forestales
<p>Número de planes de mejoramiento forestal</p> <p>Meta Cumplimiento (%)</p> <p>Al menos un plan de mejoramiento forestal por microcuenca realizado</p> <p>(El indicador fue valorado en términos del número de modelos forestales establecidos en la microcuenca de cada municipio y departamento)</p>	Antioquia	Abejorral Q. La Liboriana	5 linderos con árboles, cercos vivos, barrera con árboles y protección de fuentes de agua
		Andes Q. La Chaparrala	9 linderos con árboles, cercos vivos, barreras con árboles y protección de fuentes de agua, fueron los de mayor frecuencia
		Jardín Q. San Bartolo	5 linderos con árboles, barreras con árboles y árboles en caminos, protección fuentes
		Pueblo Rico Q. La Leona	2 cercos vivos y linderos
		Salgar Q. La Gulunga	12 linderos con árboles y plantación de conservación fueron los de mayor frecuencia.
	Caldas	Aguadas Q. El Edén	6 áreas de protección, linderos con árboles y cercos vivos
		Marquetalia Q. Los Sainos	8 cercos vivos y conservación
		Pácora Río Pácora	6 cercos vivos y áreas de conservación
		Pensilvania Q. La Linda	7 Cercos vivos y protección de fuentes de agua.
		Salamina Q. La Frisolera	7 Los cercos vivos se mencionan como los modelos más frecuentes
	Cauca	Balboa Río Capitanes	5 cercos vivos, linderos con árboles y protección de fuentes de agua.
		Inzá Q. La Chorrera	1 cercos vivos y áreas de conservación.
		La Sierra Río Esmita	4 cercos vivos, árboles en los caminos y corredores de conservación.
		Rosas Q. El Marquez	4 Cercos vivos, protección de fuentes de agua, linderos con árboles, minicorredores biológicos y áreas de conservación.
		Sotará Río Quilcacé	4 Cercos vivos, protección de fuentes hídricas y linderos con árboles.
	Nariño	Buesaco Río Buesaquito	4 protección de fuentes de agua, linderos con árboles y áreas de protección.
		Consacá Q. Azufral	4 minicorredor biológico.
		La Unión Río La Fragua	3 minicorredores de conservación y protección de fuentes de agua.
		San Lorenzo Q. El Molino	7 Protección de fuentes de agua, árboles en potreros árboles en caminos y minicorredores biológicos.
		Sandoná Q. El Ingenio	3 linderos con árboles, minicorredores biológicos y áreas de protección
	Valle del Cauca	Bolívar Río Platanares	5 linderos con árboles, cercos vivos, barrera con árboles y protección de fuentes de agua
		Bugalagrande Río La Paila	3 cercos vivos
		Caicedonia Río Barragán	3 cercos vivos.
		Sevilla Río San Marcos	11 cercos vivos y linderos
		Tuluá Río Bugalagrande	9 cercos vivos.

Alcance Los modelos forestales de mayor frecuencia y los más requeridos en las 25 microcuencas, fueron los cercos vivos con árboles y la protección de fuentes de agua; este último establecido en el 18% de las fincas.

Tabla 12. Número de árboles forestales sembrados con incentivo.

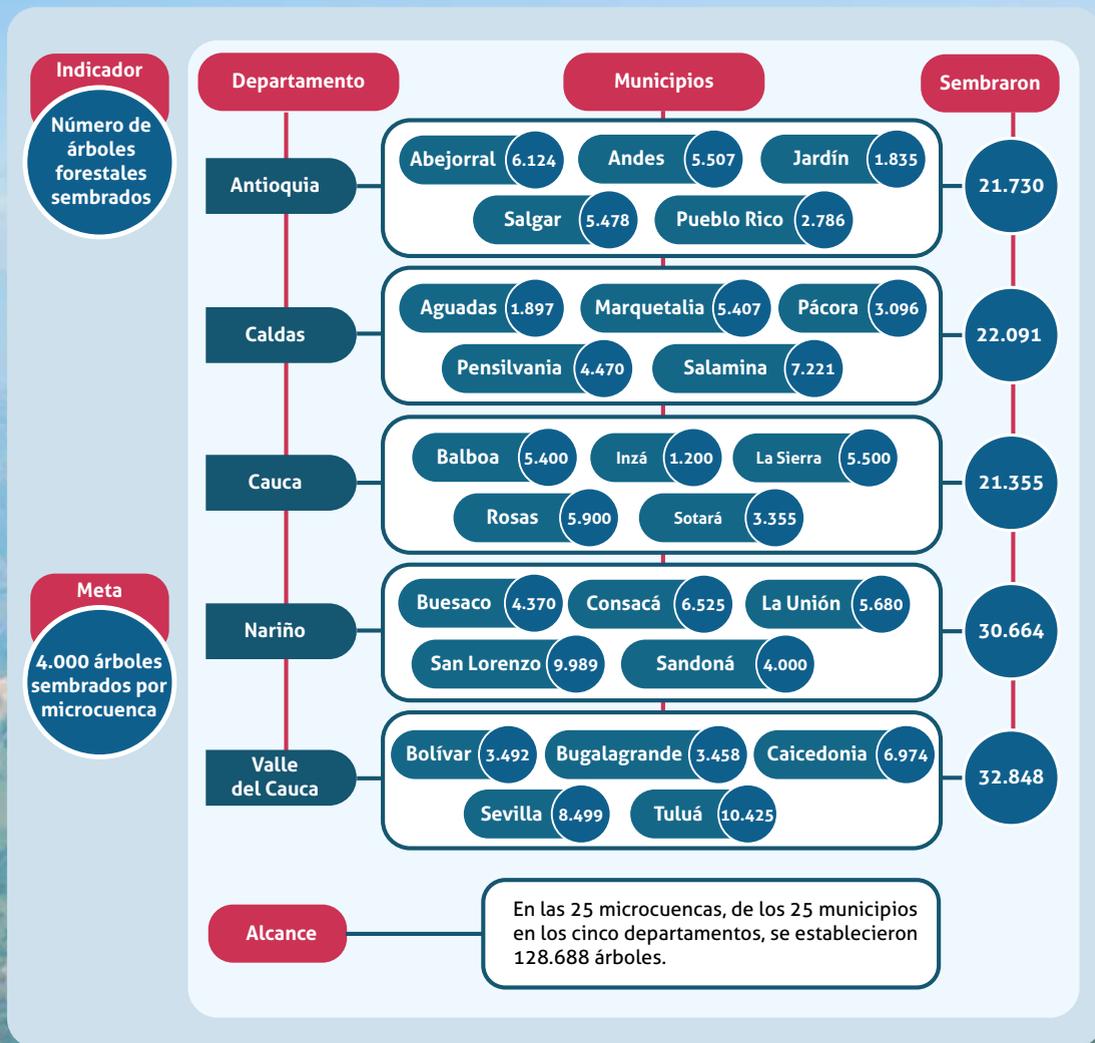
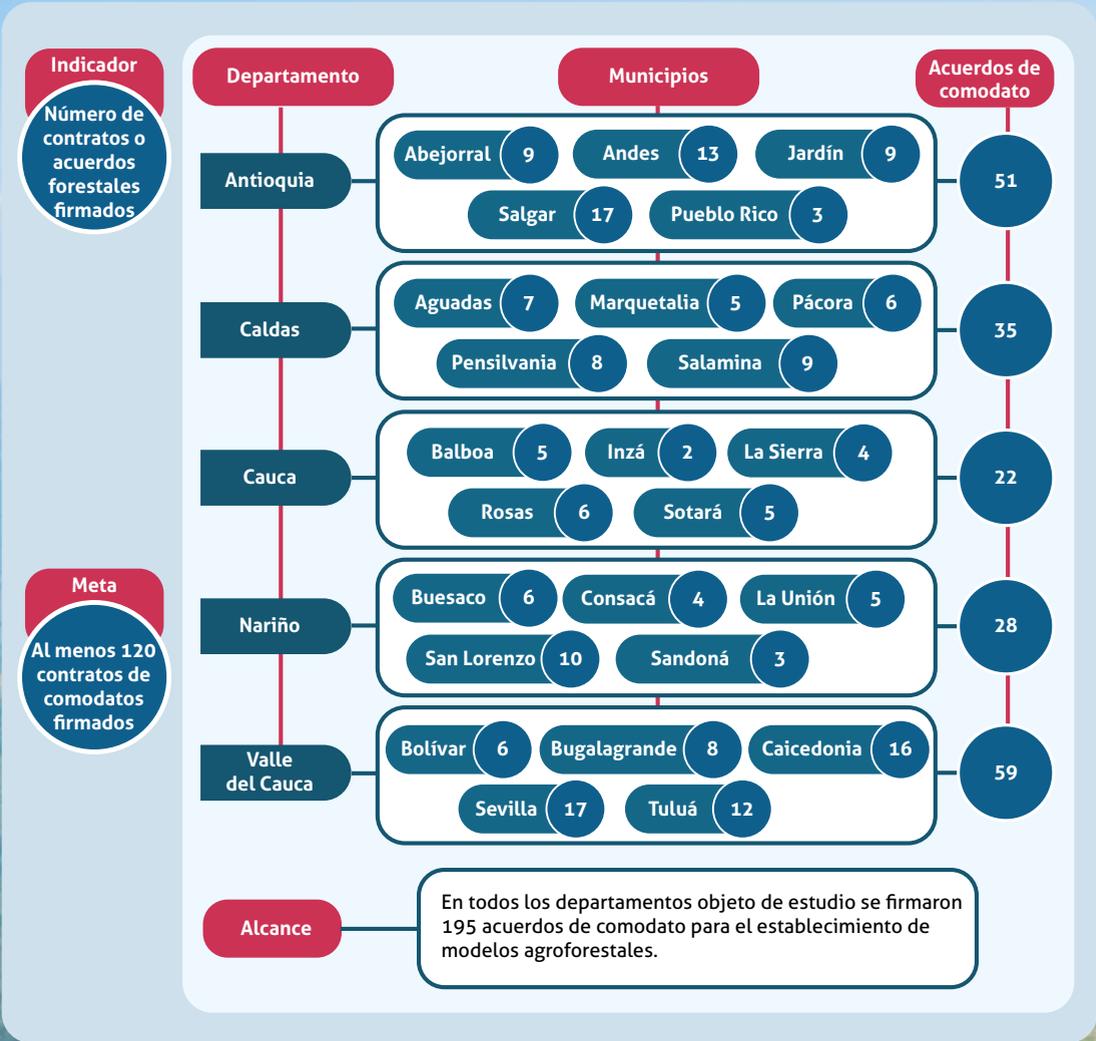


Tabla 13. Número de contratos o acuerdos forestales con incentivo firmados con agricultores.



Síntesis del resultado alcanzado en el plan de reforestación con incentivo

En las Figuras 34 a la 36 se presenta la información de la instalación del plan de reforestación con incentivo en fincas de los departamentos de Antioquia, Caldas, Cauca, Nariño y Valle del Cauca. Para visualización de los resultados los municipios numerados de uno a cinco corresponden a los de los departamentos descritos a continuación:

Departamentos	Municipios				
	1	2	3	4	5
Antioquia	Abejorral	Andes	Jardín	Pueblo Rico	Salgar
Caldas	Aguadas	Marquetalia	Pácora	Pensilvania	Salamina
Cauca	Balboa	Inzá	La Sierra	Rosas	Sotará
Nariño	Buesaco	Consacá	La Unión	Sn Lorenzo	Sandoná
Valle del Cauca	Bolívar	Bugalagrande	Caicedonia	Sevilla	Tuluá

Porcentaje de hectáreas reforestadas

Del total del área (ha) reforestada con incentivo, el 18,0% se realizó en el departamento de Antioquia, el 18,7% en Caldas, el 19,8% en Cauca, el 13,0% en Nariño y el 30,5% en el departamento de Valle del Cauca. Los mayores cubrimientos, en cuanto al porcentaje de área reforestada por departamento, se registraron en el municipio Andes en el departamento de Antioquia (27,2%), en Salamina en el departamento de Caldas (34,7%), en La Sierra en el departamento de Cauca (25,8%), en San Lorenzo en el departamento de Nariño (42,0%) y en Tuluá en departamento de Valle del Cauca (31,6%), como se muestra en la Figura 34.

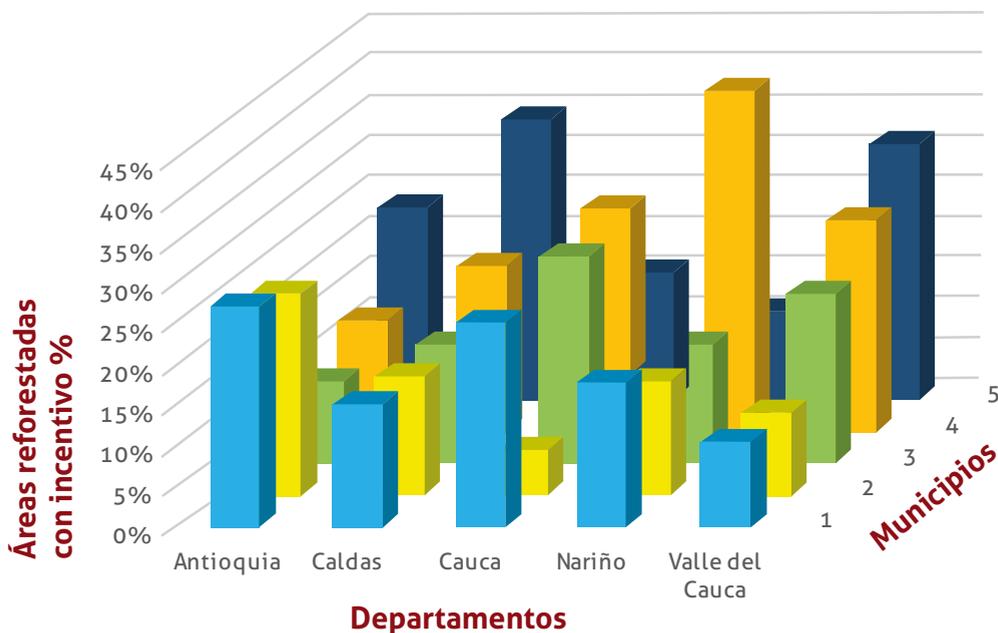


Figura 34. Porcentaje del área reforestada por municipio y departamento.

Porcentaje de fincas con intervención forestal

Del número total de fincas en las que se realizó inversión forestal, el 26,2% se realizó en el departamento de Antioquia, el 17,9% en Caldas, el 11,3% en Cauca, el 14,4% en Nariño y el 30,3% en el Valle del Cauca. Las más altas inversiones por departamento se registraron en los municipios de Salgar en Antioquia (33,3%), Salamina en Caldas (25,7%), Sotaró en Cauca (27,7%), San Lorenzo en Nariño (35,7%) y en Tuluá en el Valle del Cauca (28,8%) (Figura 35).

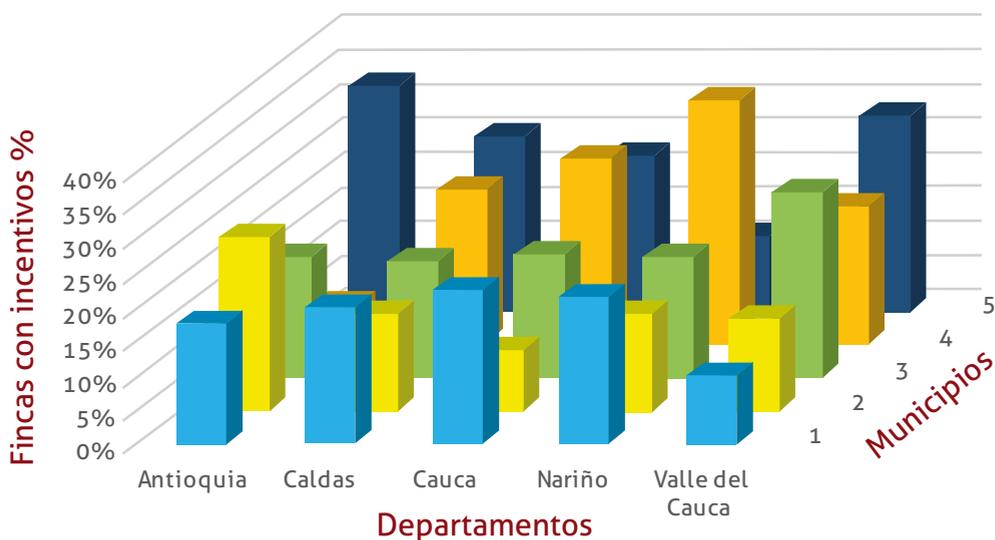


Figura 35. Porcentaje de fincas con inversión forestal por municipio y departamento.

Porcentaje de árboles establecidos

Del total de árboles establecidos, 128.688 árboles, el 16,9% se estableció en el departamento de Antioquia, el 17,2% en Caldas, el 16,6% en Cauca, el 23,8% en Nariño y el 25,5% en el Valle del Cauca. El mayor cubrimiento, en cuanto a porcentaje de árboles establecidos por departamento, se registró en el municipio Abejorral en Antioquia (28,2%), en Salamina en el departamento de Caldas (32,7%), en Rosas en el departamento de Cauca (27,6%), en San Lorenzo en el departamento de Nariño (32,6%) y en Tuluá en departamento de Valle del Cauca (32,7%), como se muestra en la Figura 36.



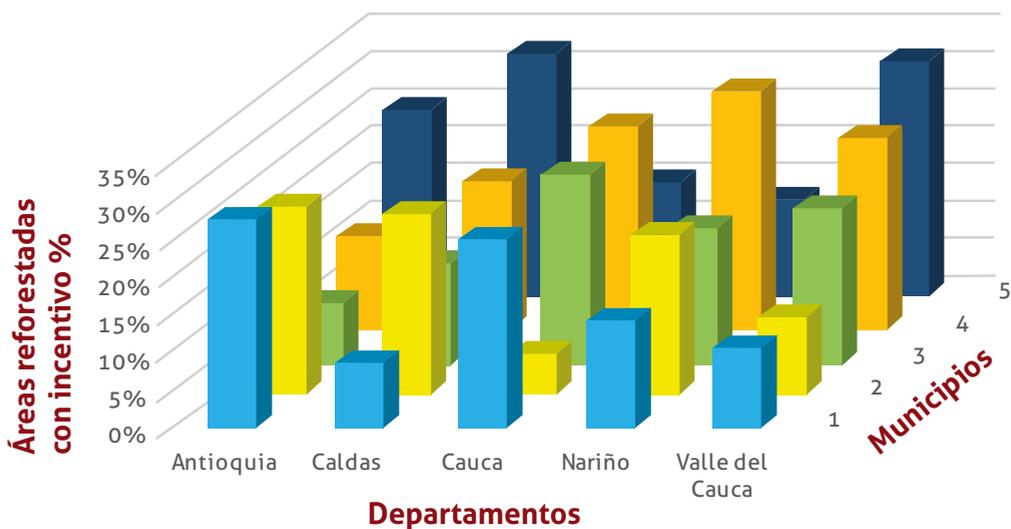


Figura 36. Porcentaje de árboles establecidos en fincas por municipio y departamento.

Potenciales usos de las principales especies de árboles registrados en los cinco departamentos

En la Tabla 14 se presentan las especies arbóreas y sus usos potenciales en la cafcultura.



Tabla 14. Principales especies arbóreas y sus usos potenciales.

Especies arbóreas		Potenciales usos							
		1	2	3	4	5	6	7	8
Nombre genérico	Nombre común								
<i>Acalypha hispida</i>	Moco	■				■	■	■	
<i>Acrocarpus fraxinifolius</i>	Cedro de la india		■			■		■	■
<i>Albizia carbonaria</i>	Carbonero					■	■		■
<i>Albizia guachapele</i>	Jigua		■	■	■		■		
<i>Alnus glutinosa</i>	Aliso	■	■	■	■	■			
<i>Aniba perutilis</i>	Laurel	■	■	■	■	■	■		
<i>Axinaea macrophylla</i>	Rayo		■			■	■	■	
<i>Brownea ariza</i>	Cruz				■	■	■		
<i>Buchenavia tetraphylla</i>	Tiricio			■	■	■	■		
<i>Caladium sp.</i>	Sanjuanito			■	■				
<i>Cariniana pyriformis</i>	Patón				■	■	■		
<i>Cariniana pyriformis</i>	Balleto				■	■	■		
<i>Casearia arborea</i>	Huesillo						■		
<i>Cassia fistula</i>	Caña fístula	■	■	■	■	■	■	■	■
<i>Cecropia peltata</i>	Yarumo			■	■			■	
<i>Cedrela montana</i>	Cedro de altura		■		■			■	■
<i>Cedrela odorata</i>	Cedro rosado		■		■			■	■
<i>Cedrela sp.</i>	Cedro amargo		■		■			■	■
<i>Cedrela sp.</i>	Cedro colorado		■		■			■	■
<i>Ceiba pentandra</i>	Ceiba						■		■
<i>Ceratonia siliqua</i>	Algarrobo	■		■	■	■		■	
<i>Chrysochlamys dependens</i>	Impamo		■			■			
<i>Cinchona officinalis</i>	Cascarillo rojo		■		■	■			
<i>Citharexylum kunthianum</i>	Pendo		■		■	■	■		
<i>Clidemia pustulata</i>	Muyo					■	■	■	
<i>Clusia multiflora</i>	Chagualo				■	■	■	■	■
<i>Cnidioscolus aconitifolius</i>	Chaya	■	■	■	■				
<i>Cordia alliodora</i>	Nogal cafetero		■	■		■	■		■
<i>Cordia elaeagnoides</i>	Barcino		■	■		■	■		■
<i>Croton cupreatus</i>	Guacamayo	■		■				■	
<i>Croton panamensis</i>	Sangregado	■		■				■	
<i>Croton magdalenensis</i>	Drago	■	■					■	■
<i>Cupania cinerea</i>	Mestizo		■	■	■	■			
<i>Cupressus sempervirens</i>	Pino ciprés		■			■		■	■
<i>Enterolobium cyclocarpum</i>	Oreja de mono	■	■	■	■	■	■	■	■

Continúa...

Especies arbóreas		Potenciales usos							
		1	2	3	4	5	6	7	8
Nombre genérico	Nombre común								
<i>Erythrina fusca</i>	Cachimbo	■		■	■			■	■
<i>Erythrina poeppigiana</i>	Búcaro	■		■	■			■	■
<i>Erythrina rubrinervia</i>	Chocho	■		■	■			■	■
<i>Euphorbia</i> sp.	Liberal	■			■			■	
<i>Ficus aurea</i>	Higuerón	■				■	■		■
<i>Fraxinus chinensis</i>	Urapán	■	■	■	■	■	■		
<i>Gliricidia sepium</i>	Matarratón	■	■	■	■			■	
<i>Hippomane mancinella</i>	Manzanillo		■				■	■	
<i>Holocalyx</i> sp.	Pepé		■	■	■				
<i>Inga</i> sp.	Guamo		■						
<i>Jacaranda caucana</i>	Gualanday	■	■	■	■				
<i>Jacaranda copaia</i>	Guabillo	■	■	■	■				
<i>Jatropha curcas</i>	Piñón		■	■	■	■	■		■
<i>Juglans netropica</i>	Cedro negro		■	■	■	■	■	■	■
<i>Ladenbergia oblongifolia</i>	Reventador		■	■	■	■			
<i>Lafoensia speciosa</i>	Guayacán de Manizales		■	■	■	■			
<i>Laurus nobilis</i>	Falso laurel		■	■	■	■	■		
<i>Leucaena leucocephala</i>	Leucaena	■	■	■	■	■	■		■
<i>Magnolia yarumalensis</i>	Gallinazo		■	■	■	■	■	■	■
<i>Melina</i> sp.	Mocoano		■	■	■	■	■	■	■
<i>Miconia impetiolaris</i>	Danto	■	■	■		■			
<i>Montanoa quadrangularis</i>	Arboloco	■	■	■	■	■	■		
<i>Myrcianthes leucoxylla</i>	Arrayán blanco		■	■	■	■	■	■	■
<i>Myrsine coriacea</i>	Espadero							■	■
<i>Myrsine guianensis</i>	Cucharo		■	■	■	■	■	■	■
<i>Myrtus communis</i>	Arrayán		■	■	■	■	■	■	■
<i>Ochroma pyramidale</i>	Balso	■	■	■	■	■	■	■	
<i>Phyllanthus</i> sp.	Piedro	■			■			■	
<i>Piptocoma discolor</i>	Palo negro		■	■	■				
<i>Prunus integrifolia</i>	Trapiche		■	■	■	■	■	■	■
<i>Prunus urotaenia</i>	Truco	■	■	■	■				
<i>Quercus humboldtii</i>	Roble		■	■	■	■	■	■	■
<i>Retrophyllum rospigliosii</i>	Chaquiro		■	■	■	■	■	■	■
<i>Salix humboldtiana</i>	Sauce	■	■	■			■	■	■
<i>Senna occidentalis</i>	Cafecillo					■	■	■	■
<i>Senna pistaciifolia</i>	Pichuelo		■	■	■	■			

Continúa...

Especies arbóreas		Potenciales usos							
		1	2	3	4	5	6	7	8
Nombre genérico	Nombre común								
<i>Simarouba amara</i>	Aceituno								
<i>Swietenia macrophylla</i>	Caobo								
<i>Syzygium jambos</i>	Pomo								
<i>Tabebuia Chrysanta</i>	Amarillo								
<i>Tetrorchidium rubrivenium</i>	Arenillo								
<i>Tibouchina lepidota</i>	Sietecueros								
<i>Toxicodendron striatum</i>	Caspe								
<i>Trema micrantha</i>	Surrumbo								
<i>Trichanthera gigantea</i>	Nacedero								
<i>Ulmus elongata</i>	Cedrillo								
<i>Urera sp.</i>	Ortigo								
<i>Vismia baccifera</i>	Carate								
<i>Weinmannia tomentosa</i>	Encenillo								
<i>Zanthoxylum rhoifolium</i>	Doncel								

1. Protección de fuentes de agua; 2. Linderos con árboles; 3. Corredores biológicos; 4. Áreas de conservación; 5. Cercos vivos; 6. Árboles en caminos; 7. Restauración ecológica – Estabilización de laderas y control de la erosión; 8. Acompañante del cultivo del café.



Establecimientos de los árboles

Preparación del suelo. Es necesario preparar el suelo para garantizar un buen desarrollo de las plantaciones, asegurando alta supervivencia y rápido crecimiento. El suelo debe prepararse de manera que ofrezca las mejores condiciones de crecimiento a las plantas. Las plántulas deben encontrar las condiciones óptimas para su crecimiento inicial, sobre todo los primeros años que son críticos y decisivos para el buen desarrollo de la plantación. Las principales actividades consisten en (SINAC, 2009):

- Eliminación de las arvenses en el sitio de plantación y regulación de la vegetación alemana al sitio de siembra, con el fin de evitar el sombrío excesivo de las plántulas.
- De ser necesario, realizar las prácticas adecuadas para evitar excesos de humedad en el sitio o encharcamiento, como drenajes y canales, etc.
- Establecer las prácticas para reducir los efectos erosivos en el suelo como trinchos, barreras vivas, conducción de aguas de escorrentía, etc.
- Eliminar cualquier obstáculo que limite el desarrollo de las plántulas.

Trazado. Las áreas que se proyectan plantar en las épocas húmedas, deberán planificarse de acuerdo a las fechas estimadas para cada labor; por ejemplo, la selección de sitios, trazados, manejo de arvenses, etc. deberá hacerse en las épocas secas, para la siembra en épocas húmedas.

Estimación del número de plantas a establecer. El número de plantas requeridas para la siembra de una determinada área, se presenta en el siguiente ejemplo:

Ejemplo. Se pretende reforestar un área de 1,0 ha con especies nativas de valor económico, en líneas dobles, con distancias de 3,0 m entre líneas y 3,0 m entre plantas dentro de la línea (Figura 39).

Para las siembras al cuadro. Se aplica la siguiente función (Ecuación 1)

$$N = \frac{A}{D \times d} \quad 1 \qquad N = \frac{10.000 \text{ m}^2}{(3,0\text{m})(3,0\text{m})} = 1.111$$

N: Número de plantas requerida para la reforestación

D: Distancia entre líneas o surcos (m)

d: Distancia entre plantas (m)

Para la reforestación de una hectárea, con distancias entre surco o líneas y entre plantas de 3,0 m al cuadro, se requieren 1.111 plantas. Deben tenerse en cuenta las resiembras o reposiciones, que pueden estar cerca al 20,0%, y en tal caso se requerirían cerca de 1.333 plantas.

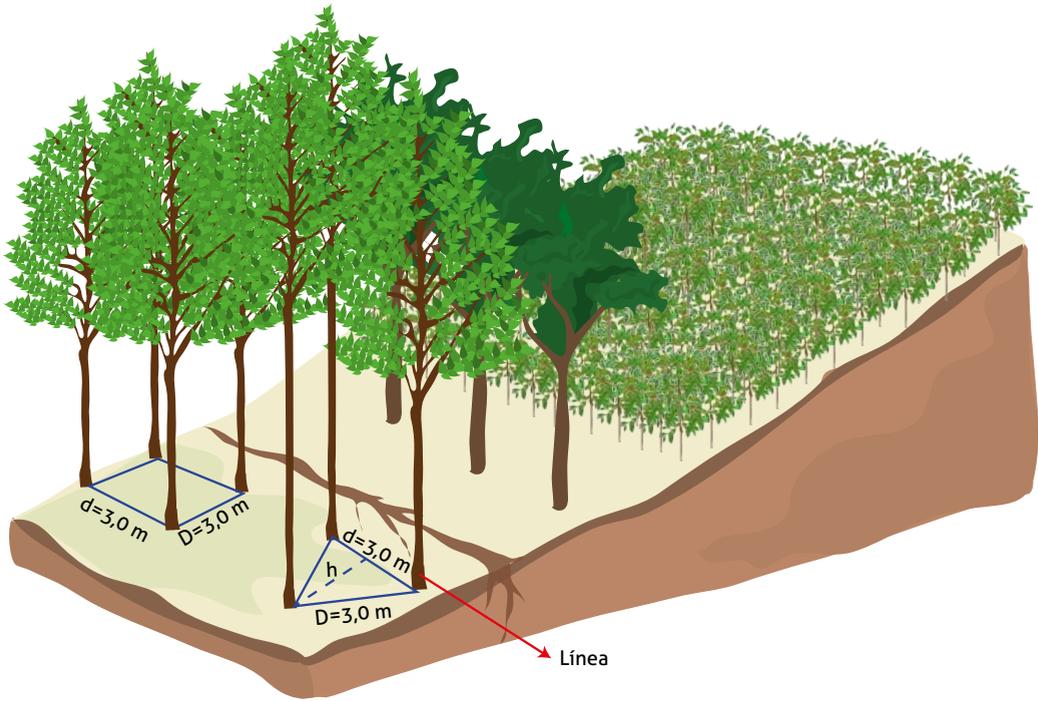


Figura 39. Estimación del número de plantas a establecer.

Para las siembras al triángulo. Se aplica el siguiente procedimiento.

Calcular el valor de h (h = distancia paralela entre surcos) (Ecuación 2)

$$h = \sqrt{D^2 - (d/2)^2} \quad 2 \qquad h = \sqrt{3^2 - (3/2)^2} = 2,6$$

Seguidamente, se calcula el número de plantas requeridas (Ecuación 3)

$$N = \frac{A}{d \times h} \quad 3 \qquad N = \frac{10.000 \text{ m}^2}{(3 \text{ m})(2,6 \text{ m})} = 1.282$$

N = Número de plantas requerida para la reforestación

h = Distancia paralela entre surcos (m)

d = Distancia entre plantas (m)

De acuerdo con el ejemplo de la Figura 39, para la reforestación de una hectárea, con distancias entre surcos o líneas y entre plantas de 3,0 m al triángulo, se requieren 1.282 plantas. Deben tenerse en cuenta las resiembras o reposiciones, cercanas al 20,0%, en tal caso se requerirían cerca de 1.539 plantas.

Época de plantación. La mejor época para plantar es aquella en la que el suelo esté húmedo, y cuando las condiciones atmosféricas lo permitan; en términos generales las siembras de árboles, con propósitos de restauración ecológica, deben hacerse en las mismas épocas que se hace la siembra del café.

Fertilización. En términos generales, las especies arbóreas a establecer en zonas cafeteras colombianas con propósitos de restauración ecológica requieren condiciones de clima y suelo similares a las requeridas para el cultivo del café, podría decirse que estas especies se desarrollan bien bajo precipitaciones entre 1.500 y 2.000 mm al año, temperaturas promedio entre 20 y 22°C, hasta los 2.000 m de altitud; en suelos de texturas francas, pH moderadamente ácidos y suelos bien drenados, bien estructurados, profundos, de alta retención de humedad y buena fertilidad natural.

La nutrición de las especies forestales en fincas cafeteras puede realizarse con las mismas fuentes y dosis empleadas para la fertilización del café; el propósito es que el caficultor no incurra en altos costos adicionales por el empleo y manejo de los árboles.

Control de arvenses. Es la eliminación o supresión de aquella vegetación que, si no se toman las medidas correspondientes, impediría el crecimiento de los árboles; el control debe estar enfocado al control de gramíneas, ciperáceas, arvenses y arbustos desde el momento de la siembra de los árboles, debido a que estas compiten directamente con las plántulas.

Igual que en el cultivo del café, debe implementarse el Manejo Integrado de Arvenses (MIA), constituido por los controles manual, mecánico y químico, todos tendientes a mantener los platos de los árboles libres de la competencia de arvenses (control manual). En las calles hacer uso de controles mecánicos (guadaña, machete, etc.) y químicos (herbicidas).

Manejo de los árboles

Podas de formación. Son las podas realizadas en especies arbóreas desde los primeros años de vida hasta que alcanzan su madurez, con el fin de obtener una estructura fuerte, facilitar su crecimiento según su localización, obtener una estética determinada o dirigir su crecimiento, según el fin deseado. La estructura del árbol puede mejorarse mediante la eliminación de ramas, asegurando una buena estructura de estas cuando el árbol envejezca. Para ello, es fundamental el reconocimiento de la especie, su modelo de crecimiento y sus fases de desarrollo; deben evitarse cortes tempranos puesto que se limita el crecimiento del tronco en grosor, mientras que los cortes tardíos ocasionan heridas de mayor tamaño (Farfán, 2014).

El manejo del árbol depende de la fisiología del cultivo asociado y sus necesidades microclimáticas, la fenología de la especie, el clima y suelo local, las características de crecimiento del árbol y su tolerancia a podas, así como las percepciones de los agricultores sobre las diferentes especies y cultivos asociados. Un manejo agronómico del cultivo asegura las condiciones apropiadas para el desarrollo del cafetal y, consecuentemente, influye en una mayor productividad. Las podas de los cafetos y la regulación de sombra

de los cafetales son labores culturales indispensables para mejorar la capacidad productiva de las plantaciones (Farfán, 2014).

Podas de formación en especies del género *Inga* sp. En la Tabla 15 se presenta la edad óptima en años, de los árboles de *Inga edulis* (guamo santafereño), para dar inicio a su regulación o podas de formación, estos resultados se registraron en las zonas cafeteras Centro-Norte y Norte del país, con el sistema de café con guamo establecido a tres densidades de siembra.

Tabla 15. Edad óptima de los árboles de *Inga edulis* para dar inicio a sus podas de formación, en dos regiones cafeteras colombianas.

Distancia siembra del árbol	Edad del árbol (años)	
	Centro-Norte	Norte
6,0 m x 6,0 m	2,0	1,0
9,0 m x 9,0 m	3,0	2,0
12,0 m x 12,0 m	4,0	4,0

Podas de formación en especies de los géneros *Erythrina* sp., *Inga* sp., *Leucaena* sp., y *Albizia* sp. En la Tabla 16 se presenta la edad óptima en años, de especies leguminosas para dar inicio a las podas de formación; las leguminosas se establecieron en tres distancias de siembra.

Tabla 16. Edad óptima de los árboles de leguminosas para dar inicio a sus podas de formación.

Especies arbóreas	Edad de los árboles (años)		
	6,0 m x 6,0 m	9,0 m x 9,0 m	12,0 m x 12,0 m
<i>Erythrina fusca</i> (cámbulo)	2,5	5,0	Libre crecimiento
<i>Erythrina rubrinervia</i> (fríjol rojo)	3,0	Libre crecimiento	Libre crecimiento
<i>Inga edulis</i> (guamo santafereño)	2,5	2,0	3,5
<i>Leucaena leucocephala</i> (leucaena)	4,0	3,0	Libre crecimiento
<i>Albizia carbonaria</i> (carbonero)	7,5	3,0	7,0



Podas de formación en especies forestales. En las Tablas 17 y 18 se presenta la edad óptima (años) de especies forestales y una leguminosa en dos localidades de la zona cafetera central de Colombia, para dar inicio a sus podas de formación. Los árboles se establecieron a distancias comerciales de 6,0 m x 6,0 m.

Tabla 17. Edad óptima de tres especies forestales para dar inicio a su regulación o podas de formación, en una localidad de la zona cafetera Centro-Norte.

Especies arbóreas	Edad de los árboles (años)
<i>Cordia alliodora</i> (nogal cafetero)	4,0
<i>Pinus oocarpa</i> (pino)	4,5
<i>Eucalyptus grandis</i> (eucalipto)	11,0

Tabla 18. Edad óptima de tres especies forestales y una leguminosa para dar inicio a sus podas de formación, en una localidad de la zona cafetera sur de Colombia

Especies arbóreas	Edad de los árboles (años)
<i>Eucalyptus grandis</i> (eucalipto)	5,0
<i>Pinus chiapensis</i> (pino)	5,0
<i>Pinus tecunumanii</i> (pino)	5,0
<i>Inga densiflora</i> (guamo macheto)	5,5

Podas de mantenimiento de los árboles. En los primeros años de establecimiento de los árboles debe iniciarse la poda para formar un solo tronco de 3 a 6 m, y a partir de allí, la copa necesaria. Posteriormente deben efectuarse las podas de mantenimiento, por lo menos una vez al año (Figura 40). Mediante podas regulares, el árbol establecido con propósitos de restauración ecológica debe quedar recto, con nudos bien desarrollados y tallo recto; sin ramificaciones que comprometan el equilibrio del árbol, que pueda resistir fuertes vientos, como se muestra en la Figura 41.

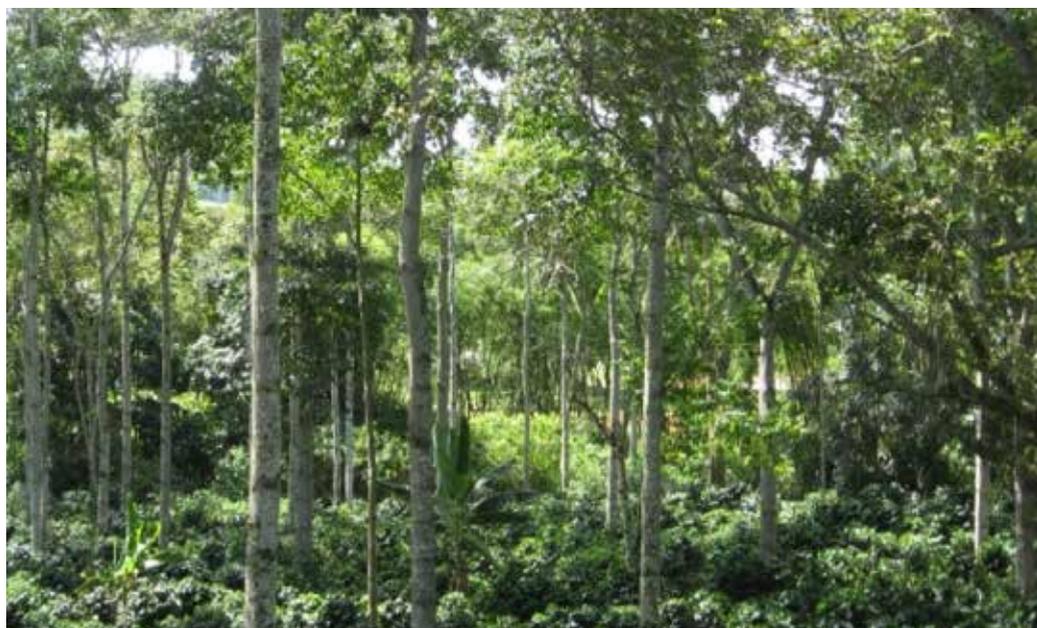


Figura 40. Árboles de *Cordia alliodora* (Nogal cafetero) bien formados y desarrollados.



Figura 41. Árbol para la restauración ecológica bien formado y desarrollado.

Consideración práctica

Antes de podar el árbol debe tenerse en cuenta que:

- Cada corte tiene el potencial de cambiar el crecimiento del árbol.
- Debe tenerse un propósito antes de realizar un corte.
- Una poda deficiente puede causar daños que durarán toda la vida del árbol.
- Saber dónde y cómo realizar los cortes antes de realizar las podas.
- Cuando se le ocasiona una herida a un árbol, este tejido crece por encima de la herida. Es así como la herida quedará dentro del árbol.
- Como regla general, los cortes pequeños causan menos daño al árbol que los grandes, este es el motivo por el cual es importante realizar una poda adecuada (de formación) de los árboles jóvenes.
- Esperar a podar un árbol cuando es adulto puede crear la necesidad de hacer cortes grandes que no cerrarán fácilmente.

Desinfección de herramientas utilizadas en las podas. Es recomendable desinfectar periódicamente las herramientas utilizadas durante las podas de los árboles para evitar la propagación de enfermedades; esta puede hacerse introduciendo las herramientas, como machetes, tijeras podadoras o sierras manuales, en una solución de hipoclorito de sodio al 20%, es decir, a 1 L de agua adicionar 200 mL de hipoclorito.

- Son diversas los motivos por los que se están afectando las fuentes hídricas cafeteras, entre las que se mencionan conflictos de uso del suelo, conflictos en el uso y manejo del agua y diseño inapropiado de los sistemas de producción, entre otros.
- Este panorama indica que deben desarrollarse estrategias de conservación y restauración, con la finalidad de proteger el recurso hídrico, la diversidad biológica y garantizar la provisión de servicios ecosistémicos.
- Dentro de este esquema de conservación los árboles cumplen funciones importantes como reducción de los eventos extremos de la temperatura del aire y del suelo, reducción de la velocidad del viento, mantenimiento de la humedad relativa y aumento de la disponibilidad de agua en el suelo.
- Los árboles son reguladores de las fuentes de agua y proveen servicios sociales, ambientales y económicos.
- Para el establecimiento de árboles en fincas cafeteras con propósitos de mejorar la calidad y cantidad de agua disponible, es necesario fijar criterios metodológicos que orienten de manera lógica y eficiente en la selección de especies, beneficios, condiciones de clima y suelos adecuados, etc.
- En el proyecto de reforestación se propone una metodología basada en el Diagnóstico y Diseño (D&D) para el desarrollo agroforestal. Esta metodología comprende aspectos como el prediagnóstico, diagnóstico, diseño y evaluación, y planificación.
- La planificación del plan de manejo forestal comprende siete pasos: (i) definición de objetivos; (ii) identificación de las características del sitio; (iii) identificación de árboles adaptados a las condiciones locales; (iv) otros productos y servicios esperados de los árboles; (v) preselección de especies de árboles; (vi) recopilación de información acerca de los árboles preseleccionados; (vii) implementación del plan de reforestación.
- En el departamento de Valle del Cauca se identificaron 39 especies de árboles; el 39,0% de estas son maderables; el 32,0% son empleadas con diferentes propósitos, como protección de fuentes de agua, conservación, áreas de protección, etc.; el 16,0% de las especies son leguminosas; y el 13,0% son frutales las que no son explotadas comercialmente.
- En este departamento, el mayor porcentaje de especies (23,0%) se registraron en el municipio de Bugalagrande, el 20,0% y 21,0% en los municipios de Sevilla y Caicedonia, y el 36,0% se identificaron entre los municipios de Tuluá y Bolívar. Las especies se distribuyen en un rango altitudinal entre los 1.300 y 1.600 m.
- En el departamento de Antioquia se identificaron 68 especies de árboles, el 57,0% de las especies son árboles maderables, el 19,0% son empleadas con diferentes propósitos, el 10,0% son leguminosas y 13,0% son frutales. En este departamento, el mayor número de especies (31,0%) se registró en el municipio de Jardín, el 46,0% en los municipios de Salgar y Pueblo Rico, el 20,0 % en el municipio de Andes y el 2,0% en el municipio de Abejorral. Las especies se distribuyeron en un rango altitudinal entre los 1.600 y 1.800 m.
- En el departamento de Caldas se identificaron 40 especies de árboles; el 50,0% son maderables de alto valor económico, el 15,0% son leguminosas y el 33,0% hacen parte de sistemas agroforestales.

- En Caldas 25,0% de las especies se registraron en el municipio de Salamina, mientras que en los municipios de Pácora y Aguadas se registró el 44,0% de las especies y en los municipios de Marquetalia y Pensilvania, se observó el 16,0% y el 14,0% de las especies, respectivamente. Las especies arbóreas se distribuyeron en un rango altitudinal entre los 1.400 y 1.900 m.
- En el departamento de Nariño se registraron 53 especies. El 63,0% son árboles maderables, el 27,0% son empleadas con diferentes propósitos, el 6,0% son leguminosas y el 4,0% se identificaron como frutales.
- En el municipio de San Lorenzo se observó el 25,0% de las especies, en la Unión el 24,0%, en Buesaco el 19,9%, en Consacá el 16,0% y en Sandoná el 15,0%. Las especies están establecidas en un rango altitudinal entre los 1.300 y 1.700 m.
- En el departamento del Cauca se observaron 39 especies de árboles. El 44,0% de las especies son maderables, el 26,0% son frutales, el 21,0% son empleadas con diferentes propósitos y el 10,0% son leguminosas.
- En el municipio de Inzá se registró el 18,0% de las especies, en Rosas el 21,0%, en La Sierra y Sotará el 42,0%, y en Balboa el 20,0%. Las especies se ubicaron en un rango altitudinal entre los 1.300 y 1.800 m.
- En general, el componente arbóreo en los cinco departamentos está basado en géneros de especies leguminosas de uso común para el sombrío del café como *Erythrina* sp., *Albizia* sp. e *Inga* sp.
- Es común el asocio de especies frutales dentro de los cultivos de café, como aguacate (en alto porcentaje), cítricos, guayaba y mango, entre otros; y empleo de especies con propósitos de conservación como quiebrabarrigo, matarratón, cordoncillo, guadua, etc.
- Es evidente que la agroforestería no está soportada en especies de alto valor económico, ambiental y social; algunas de ellas reportadas con amenazas o riesgo de desaparecer, por lo menos de las zonas cafeteras colombianas.
- Se propone una metodología de administración de un plan de reforestación y protección de cuencas hídricas, basado en procesos.
- En las 25 microcuencas, de los 25 municipios de los cinco departamentos, se reforestaron con incentivo 161,9 ha, con la implementación de diversos modelos agroforestales que comprenden: cercos vivos, áreas de reserva, protección de fuentes hídricas, minicorredores biológicos, entre otros.
- En las 25 microcuencas se intervinieron con incentivo 195 fincas, mediante inversión en planes de reforestados o restauración ecológica.
- Los modelos forestales de mayor frecuencia y los más requeridos en las 25 microcuencas fueron los cercos vivos con árboles y la protección de fuentes de agua; este último establecido en el 18% de las fincas.
- En las 25 microcuencas se establecieron con incentivo 128,688 árboles.
- En total, en todos los departamentos objeto de estudio, se firmaron 195 acuerdos de comodato para establecimiento de modelos agroforestales con incentivo.
- Del total del área reforestada con incentivo, el 18,0% se realizó en el departamento de Antioquia, el 18,7% en Caldas, el 19,8% en Cauca, el 13,0% en Nariño y el 30,5% en el departamento de Valle del Cauca.
- Del número total de fincas en las que se realizó inversión forestal con incentivo, el 26,2% se realizó en el departamento de Antioquia, el 17,9% en Caldas, el 11,3% en Cauca, el 14,4% en Nariño y el 30,3% en el Valle del Cauca.

- Del total de árboles establecidos con incentivo (128.688 árboles), el 16,9% se estableció en el departamento de Antioquia, el 17,2% en Caldas, el 16,6% en Cauca, el 23,8% en Nariño y el 25,5% en el Valle del Cauca.



Capítulo 2

Nathalia Díaz¹

María Angélica Montes²

Rodrigo Calderón³

¹Ingeniera Agrónoma, Asistente de Investigación, Disciplina de Fitotecnia, Cenicafé

²BSc MSc, Especialista Técnica, Proyecto GIA - Manos al Agua

³Ingeniero Agrónomo, Director, Proyecto GIA -Manos al Agua



Manejo forestal de microcuencas cafeteras en Manos al Agua

IMPLEMENTACIÓN, RESULTADOS E IMPACTOS DEL PLAN DE TRABAJO EN MANEJO FORESTAL PARA LA PROTECCIÓN DE LAS MICROCUENCAS GIA – MANOS AL AGUA

Los ecosistemas en los que se desarrolla la actividad cafetera protegen el entorno productivo y su vez son vulnerables a los impactos producidos por las prácticas inadecuadas de productores y comunidades.

Con el fin de cumplir con el objetivo del plan de reforestación GIA de “recuperar, proteger y cuidar los ecosistemas hídricos cafeteros, y contribuir a que los usuarios de 25 microcuencas de la zona cafetera, dispongan de una mayor cantidad y de una mejor calidad físico-química y microbiológica del agua”, se estableció en un principio el enfoque de promover las siembras forestales con la estrategia de incentivo; sin embargo, y dada la relevancia del enfoque de manejo de paisaje y región, en la microcuenca cafetera, para fortalecer el sistema en favor del recurso hídrico, se definió la estrategia de fomento. De esta manera, sumada a la meta inicial de las 90 hectáreas sembradas con incentivo, se estableció una meta de al menos 90 hectáreas sembradas con fomento, buscando incrementar la cobertura e impacto de las acciones con una actividad complementaria.

Al ser una estrategia integral, el Proyecto Manos al Agua - GIA logró introducir elementos que permitieron conectar a los productores, sus familias y su comunidad alrededor del concepto del territorio (la microcuenca), el agua como elemento fundamental de todas las funciones del sistema e identidad con el proceso, como factores de desarrollo.

Con el acompañamiento profesional, el apalancamiento dado por la sensibilización y la formación multinivel entregada a lo largo de la implementación del Proyecto, se logró vincular a los productores, sus familias y la comunidad, en primera estancia, por medio de un esquema de incentivo económico, y posteriormente, por medio de siembras lideradas y motivadas por la comunidad de forma voluntaria y sin incentivo económico. Esto impulsó las acciones de reforestación dentro de las microcuencas, con más de 257 ha adicionales, lo cual significó un aumento adicional del 143%.



Implementación y resultados del plan de reforestación

Establecimiento de la capacidad de operación en los cinco departamentos

Al inicio de la implementación todos los esfuerzos se enfocaron en conformar un equipo con el dominio y la capacidad necesaria para transmitir y aplicar el conocimiento en temas de reforestación a las familias cafeteras, con una visión integral respecto de la contribución al paisaje, el fortalecimiento de la conectividad de relictos boscosos y la preservación del recurso hídrico.

Un equipo de cinco ingenieros forestales, designados como Promotores de Desarrollo Rural (uno en cada departamento GIA), con la misión de realizar la implementación del plan de trabajo de reforestación, se dio a la tarea de: identificar las áreas disponibles para sembrar, construir un acuerdo forestal con el caficultor interesado en participar, supervisar la producción y entrega del material vegetal en sembrar para cada una de las fincas, verificar siembras y mantenimiento de las mismas y, por último, soportar el pago del incentivo económico en caso de que los caficultores estuvieran bajo este esquema de trabajo (Figura 42).

Adicionalmente, el equipo forestal fue entrenado para sensibilizar y capacitar a las familias caficultoras en manejo forestal y de suelos, así como en el manejo de geoposicionadores – GPS y mapeo de áreas reforestadas.



Figura 42. Caficultor en compañía de equipo implementador del departamento de Antioquia, junto a árbol sembrado en el marco del Proyecto GIA.

**Fotografía - Fernando Farfán Valencia.*

Estrategias utilizadas para el fortalecimiento de manejo forestal con fines de protección al recurso hídrico

El Proyecto GIA trabajó en generar un cambio de percepción, tanto a nivel de productores y sus familias como a nivel comunitario. Para esto, se definieron dos esquemas de manejo forestal; con **incentivo** y de **fomento**.

- **Modalidad de manejo forestal con incentivo:** promovió la siembra de especies forestales nativas mediante el pago semestral de un **incentivo monetario**, para realizar el mantenimiento del modelo forestal establecido. Se trabajó a escala de finca y permitió un enfoque localizado, con énfasis en la protección de cauces de cuerpos de agua (**fuerza hídrica principal**).
- **Modalidad de manejo forestal por fomento:** promovió la siembra de especies forestales nativas mediante la vinculación de fincas y la comunidad a un proceso de participación **voluntaria**. Este componente no implicó el pago de incentivos. Permitted ampliar la cobertura, con una alta participación de fincas y comunidades, haciendo énfasis en un **proceso regional** y con un impacto complementario (Figura 43).



Figura 43. Grupo comunitario realizando la siembra bajo el esquema de fomento en el departamento del Valle del Cauca.

Las actividades de siembra y manejo forestal voluntaria (con **fomento**), realizadas por las comunidades y los grupos Manos al Agua mediante modelos de herramientas del paisaje, superaron las actividades de manejo forestal realizadas con **incentivo**, y estas actividades forestales voluntarias permitieron fortalecer acciones tendientes a la conectividad y la protección de los cauces de los cuerpos de agua en las microcuencas.

Las siembras con incentivo fueron direccionadas a la conservación de cauces de los cuerpos de agua y la siembra con fomento fue dirigida a lograr una cobertura de región y paisaje. La Figura 44 muestra el propósito logrado con cada modelo.

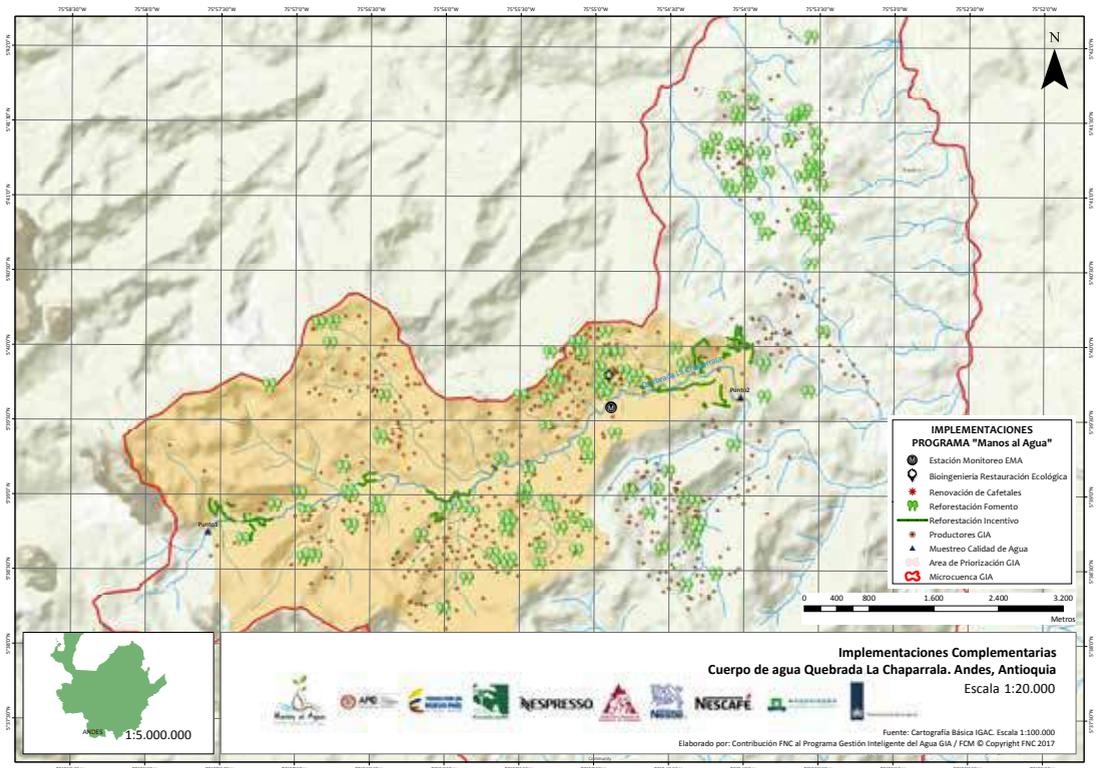


Figura 44. Mapa en el cual se visualizan las siembras forestales con incentivo y fomento realizadas en La Chaparrala en Andes – Antioquia.

Selección de fincas participantes en el plan de reforestación con incentivo y fomento

Para la selección de fincas participantes en el plan de reforestación en el esquema de **incentivo** a nivel departamental se aplicaron los criterios propuestos por Cenicafé en el Capítulo 1, en el marco *Localización del plan de reforestación*.

Para el esquema de siembras voluntarias o de **fomento**, el equipo implementador construyó los siguientes criterios de selección de finca como de proceso (Tabla 19):

Tabla 19. Criterios de selección de finca y de proceso para el plan de reforestación bajo el esquema de fomento.

Criterios de selección de fincas
1. Fincas del Proyecto GIA pequeñas, medianas y grandes
2. Pueden participar instituciones educativas
3. Pueden participar tierras comunitarias
4. No es necesario demostrar tenencia de la tierra pero sí la voluntad de participar
5. Podrán participar productores con y sin cédula cafetera
6. Tener disposición y compromiso de participar y cuidar de los árboles sembrado
Criterios del proceso
1. Número de árboles mínimos a entregar = 20
2. Número de árboles máximos a entregar= 900 hasta 3.000 en áreas estratégicas
3. Sólo se hace entrega de especies forestales nativas suministradas por el Proyecto (viveros GIA)
4. Se manejará un documento de compromiso de participación, un acta de entrega del material vegetal a sembrar y un acta de recibo de obra o labor.
5. Este esquema de fomento no contempla incentivo con dinero, únicamente se hace la entrega de árboles nativos, el transporte hasta un sitio estratégico de la vereda y la asesoría del Extensionista.

Manejo de viveros y entrega de material vegetal

El proceso de establecimiento en el campo de las especies arbóreas se realizó basado en las necesidades de intervención para cada una de las fincas. En cada microcuenca se diseñó una ruta de entrega del material vegetal, generalmente en uno o dos puntos estratégicos de cada zona intervenida, teniendo en cuenta que la entrega se realizaba hasta el sitio carretable más cercano a las áreas intervenidas. El material vegetal entregado a los productores llegó proveniente de los viveros instalados en regiones GIA (Tabla 20).

Tabla 20. Viveros para el suministro de material vegetal.

Departamento GIA	Vivero instalado		
	Programa (KFW / GEF)	Municipio	Capacidad
Nariño	PNUD/GEF	La Unión	70.000 por año
Quindío	PNUD/GEF	Quimbaya	80.000 por año
Valle	PNUD/GEF	Argelia	80.000 por año

Estos viveros, como parte de otras iniciativas manejadas por la FNC, fueron retomados por el proyecto GIA con el fin de potencializar la capacidad instalada. Estos viveros realizaron la producción de más de 350.000 plántulas de 120 especies de árboles nativos diferentes (Figura 45). En el caso de Antioquia y Cauca fue necesario reforzar la labor con viveros alternos certificados.



Figura 45. Vivero productor de especies nativas en Quimbaya, Quindío.
*Fotografía - Fernando Farfán Valencia.

Proceso de entrega de material vegetal

Después de un proceso detallado de planificación, selección y producción de material vegetal en viveros, se diseñaron las estrategias para entregar las plántulas forestales nativas a cada una de las familias cafeteras. Si bien, cada promotor forestal junto con los equipos locales de FNC, se encargaron de coordinar los pedidos y entregas en el campo, fue necesario el apoyo de toda la comunidad para recibir y transportar el material vegetal hacia los sitios definitivos de establecimiento. Cada paso del proceso fue documentado con actas de entrega de materiales, recibo de obra y soportes de verificación de siembra.

Como factor de seguridad del establecimiento de las especies forestales se estimó en cada entrega un 10% adicional del material vegetal para las resiembras, teniendo en cuenta las pérdidas que sufrió el material en el transporte o por causa de eventos climáticos, entre otros factores.

Una vez definido con los caficultores el plazo para el establecimiento de los árboles y se verificaron las siembras en cada lote, donde se aplicaron uno o varios modelos forestales recomendados por el equipo técnico forestal (FNC y Cenicafé).

En cada uno de los predios se determinó con GPS el área total intervenida, con el fin

de construir mapas ilustrativos que señalaran las rutas de conectividad generadas con el incremento de la cobertura boscosa en cada una de las zonas. De igual forma, permitió visualizar la cobertura con el número de fincas participantes y el alcance generado a nivel de microcuenca.

Los promotores forestales estuvieron acompañados y asesorados por los asistentes de investigación de manejo forestal, de bioingeniería y calidad del agua de Cenicafé, los cuales junto con el personal de campo aseguraron los resultados en las diferentes regiones.

La labor de acompañamiento a productores y comunidades permitió sensibilizar, capacitar y asesorar a los participantes, así como verificar el estado de las plantaciones, el pago de incentivos a productores, el estado de los viveros en las zonas GIA, el estado de la documentación del proceso (fuentes de verificación) y las condiciones fitosanitarias de las especies forestales. Así mismo, fue una oportunidad para conocer la experiencia con los productores, sus apreciaciones frente al Proyecto Manos al Agua y frente al plan forestal, poder brindar recomendaciones sobre el cuidado de los árboles nativos y resaltar la importancia de la implementación de las prácticas de restauración ecológica dentro de sus fincas (Figura 46).

Las especies forestales que por decisión propia cada caficultor decidió sembrar en su finca, además de cumplir con el objetivo de GIA (protección de las fuentes hídricas), debían proveerle una serie de productos y servicios que pudieran ayudar a mejorar sus condiciones socioeconómicas y ambientales, relacionadas a continuación:

- * Mayor oferta hídrica para atender demandas actuales y futuras en épocas secas del año.
- * Estabilidad de suelos en épocas lluviosas.
- * Regulación de los caudales.
- * Alimento para la avifauna.
- * Regulación de la velocidad del viento.
- * Aprovechamiento de áreas subutilizadas.
- * Protección de la biodiversidad.
- * Aporte de materia orgánica, conservación de la fertilidad del suelo
- * Conservación de la humedad del suelo.
- * Alta capacidad para incrementar la absorción e infiltración del agua, lo cual favorece la reducción de la erosión.
- * Recuperación del suelo mediante la incorporación de hojarasca y abundancia de raíces.
- * Aporte de sombra al cultivo del café y cultivos acompañantes, si el cultivo está aledaño a la fuente de agua.
- * Producción de madera para uso doméstico e industrial.
- * Mejoramiento de las condiciones microclimáticas, especialmente por la reducción de los eventos extremos de la temperatura del aire y del suelo.



Figura 46. Entrega de material vegetal en Aguadas – Caldas y en Buesaco – Nariño, respectivamente

Diseño de modelos forestales y especies arbóreas utilizadas por finca

Durante la implementación del plan de trabajo de reforestación se aplicaron seis modelos agroforestales propuestos por Farfán (2016), mencionados en Tabla 21.

En el proceso de construcción del acuerdo forestal de cada finca, de la mano del promotor forestal y el asistente de investigación de Cenicafé, se definieron, no solo los modelos agroforestales a usar sino las especies de árboles nativos que estuvieran disponible para la zona, así como las de preferencia por el caficultor y su familia. Igualmente, se definió la densidad de siembra, la cual podía variar de finca a finca.

Para manejar estas densidades el equipo implementador definió unos rangos de densidad de siembra, en lugar de un número fijo (Tabla 21), dando flexibilidad y permitiendo que el proceso se moldeara a las necesidades de cada caficultor y su familia.

Tabla 21. Modelos forestales utilizados en la implementación del Proyecto GIA, densidad de siembra según modelo y esquema de pagos definidos para entrega de incentivos.

Modelos forestales	Número de árboles por hectárea	Pagos					
		Año 3		Año 4		Año 5	
		1	2	3	4	5	6
Conservación de bosque naturales - Sin cerco	NA	X		X		X	
Conservación de bosque naturales - Con cerco	NA	X		X		X	
Minicorredores - Con cerco	3.000	X	X	X	X	X	X
Cercas vivas/linderos/ barreras vivas/árboles en caminos/ árboles en fuentes de agua	900 (entre 625 y 1.111 árboles/ha)	X	X	X	X	X	X
Plantación con nativas -Reforestación en potreros	900 (entre 625 y 1.111 árboles/ha)	X	X	X	X	X	X
Enriquecimiento de fuentes de agua	60	X	X				

Para la selección de las especies forestales a implementar se tuvieron en cuenta criterios como:

- Conocimiento del caficultor acerca de las especies predominantes en la región
- Preselección de especies por su adaptación a las características climáticas y edáficas de cada zona, así como de los productos y servicios adicionales que puede obtener la comunidad
- Preselección basada en los resultados de los análisis de frecuencia realizados en cada una de las microcuencas caracterizadas.

La concertación de especies con los propietarios de predios se realizó con base en las siguientes premisas:

- Forestal nativa de buen desarrollo y adaptable a la condición de la microcuenca.
- Que fuera no solo maderable, sino que impactara favorablemente otros aspectos de biodiversidad (fauna, suelo, alimento humano, entre otros).
- Que pudiera asociarse con café en algún momento, sin generarle algún detrimento en la producción.

En las Tablas 22 a la 26 se presentan los resultados de las especies arbóreas establecidas en los cinco departamentos.

Tabla 22. Especies arbóreas establecidas en el departamento de Antioquia,

Especies arbóreas	Nombre científico
Arboloco	<i>Montanoa quadrangularis</i>
Arrayán	<i>Myrcia popayanensis</i>
Balso	<i>Ochroma pyramidale</i>
Búcaro	<i>Erythrina fusca</i>
Cámbulo	<i>Erythrina poeppigiana</i>
Caña fístula	<i>Cassia fistula</i>
Caobo	<i>Sweietenia macrophylla</i>
Carbonero	<i>Albizia carbonaria</i>
Cedro negro	<i>Juglans neotropica</i>
Cedro rosado	<i>Cedrela odorata</i>
Chachafruto	<i>Erythrina edulis</i>
Chocho	<i>Erythrina rubrinervia</i>
Cucharo	<i>Myrsine guianensis</i>
Comino	<i>Aniba perutilis</i>
Drago	<i>Dracaena draco</i>
Gualanday	<i>Jacaranda caucana</i>
Guamo santafereño	<i>Inga sp.</i>
Guamo machete	<i>Inga densiflora</i>
Guayacán amarillo	<i>Tabebuia chrysantha</i>
Guayacán de Manizales	<i>Lafoensia puniceifolia</i>
Guayacán rosado	<i>abebuia rosea</i>
Guásimo	<i>Guazuma ulmifolia</i>
Laurel	<i>Ocotea lentii</i>
Matarratón	<i>Gliricidia sepium</i>
Mestizo	<i>Cupania cinerea</i>
Nogal	<i>Cordia alliodora</i>
Pino colombiano	<i>Podocarpus oleifolius</i>
Quiebrabarrigo	<i>Trichanthera giganea</i>
Roble	<i>Quercus humboldtii</i>
Surrumbo	<i>Trema micrantha</i>
Tambor	<i>Schizolobium parahybum</i>
Yarumo	<i>Cecropia sp.</i>

Tabla 23. Especies arbóreas establecidas en el departamento de Cauca.

Especies arbóreas	Nombre científico
Arboloco	<i>Montanoa quadrangularis</i>
Arrayán	<i>Myrcia popayanensis</i>
Balso	<i>Ochroma pyramidale</i>
Cámbulo	<i>Erythrina poeppigiana</i>
Carbonero	<i>Albizzia carbonaria</i>
Cedro altura	<i>Cedrela montana</i>
Cedro rosado	<i>Cedrela odorata</i>
Chachafruto	<i>Erythrina edulis</i>
Cucharo	<i>Myrsine guianensis</i>
Cordoncillo	<i>Piper bogotense</i>
Guadua	<i>Guadua angustifolia</i>
Gualanday	<i>Jacaranda caucana</i>
Guamo	<i>Inga</i> sp.
Guayacán amarillo	<i>Tabebuia chrysantha</i>
Guayacán de Manizales	<i>Lafoensia puniceifolia</i>
Guayacán rosado	<i>Tabebuia rosea</i>
Leucaena	<i>Leucaena leucocephala</i>
Matarratón	<i>Gliricidia sepium</i>
Nogal	<i>Cordia alliodora</i>
Pino colombiano	<i>Podocarpus oleifolius</i>
Nacedero	<i>Trichanthera giganea</i>
Roble	<i>Quercus humboldtii</i>
Samán	<i>Samanea saman</i>
Sauce	<i>Salix humboldtiana</i>
Tambor	<i>Schizolobium parahybum</i>
Vainillo	<i>Senna spectabilis</i>
Yarumo	<i>Cecropia</i> sp.

Tabla 24. Especies arbóreas establecidas en el departamento del Valle del Cauca.

Especies arbóreas	Nombre científico
Acacia amarilla	<i>Acacia retinodes</i>
Arboloco	<i>Montanoa quadrangularis</i>
Arrayán	<i>Myrcia popayanensis</i>
Balso	<i>Ochroma pyramidale</i>
Barcino	<i>Calophyllum</i> sp.
Cámbulo	<i>Erythrina poeppigiana</i>
Caobo	<i>Sweietenia macrophylla</i>
Carbonero	<i>Albizzia carbonaria</i>
Castaño	<i>Castanea sativa</i>
Cedro de la India	<i>Acrocarpus fraxinifolius</i>
Cedro rosado	<i>Cedrela odorata</i>
Chachafruto	<i>Erythrina edulis</i>
Chocho	<i>Erythrina rubrinervia</i>
Cucharó	<i>Myrsine guianensis</i>
Comino	<i>Aniba perutilis</i>
Cordoncillo	<i>Piper bogotense</i>
Drago	<i>Dracaena draco</i>
Gualanday	<i>Jacaranda caucana</i>
Guamo santafereño	<i>Inga</i> sp.
Guamo machete	<i>Inga densiflora</i>
Guayacán amarillo	<i>Tabebuia chrysantha</i>
Guayacán de Manzales	<i>Lafoensia puniceifolia</i>
Guayacán rosado	<i>Tabebuia rosea</i>
Guásimo	<i>Guazuma ulmifolia</i>
Laurel	<i>Ocotea lentii</i>
Matarratón	<i>Gliricidia sepium</i>
Membrillo	<i>Gustavia speciosa</i>
Mestizo	<i>Cupania cinérea</i>
Montefrío	<i>Alchornea latifolia</i>
Nogal	<i>Cordia alliodora</i>
Nacedero	<i>Trichanthera gigantea</i>
Roble	<i>Quercus humboldtii</i>
Surrumbo	<i>Trema micrantha</i>
Tambor	<i>Schizolobium parahybum</i>
Trapiche	<i>Prunus integrifolia</i>
Vainillo	<i>Senna spectabilis</i>
Yarumo	<i>Cecropia</i> sp.

Tabla 25. Especies arbóreas establecidas en el departamento de Caldas.

Especies arbóreas	Nombre científico
Arboloco	<i>Montanoa quadrangularis</i>
Arrayán	<i>Myrcia popayanensis</i>
Balso blanco	<i>Heliocarpus americanus</i>
Barcino	<i>Calophyllum</i> sp.
Búcaro	<i>Erythrina fusca</i>
Cámbulo	<i>Erythrina poeppigiana</i>
Carbonero	<i>Albizia carbonaria</i>
Cedro altura	<i>Cedrela montana</i>
Cedro de la India	<i>Acrocarpus fraxinifolius</i>
Cedro negro	<i>Juglans neotropica</i>
Cedro rosado	<i>Cedrela odorata</i>
Chachafruto	<i>Erythrina edulis</i>
Chocho	<i>Erythrina rubrinervia</i>
Drago	<i>Dracaena draco</i>
Gualanday	<i>Jacaranda caucana</i>
Guamo churimo	<i>Inga spuria</i>
Guamo santafereño	<i>Inga</i> sp.
Guamo machete	<i>Inga densiflora</i>
Guayacán amarillo	<i>Tabebuia chrysantha</i>
Guayacán de Manizales	<i>Lafoensia puniceifolia</i>
Guayacán rosado	<i>Tabebuia rosea</i>
Guásimo	<i>Guazuma ulmifolia</i>
Laurel	<i>Ocotea lentii</i>
Leucaena	<i>Leucaena leucocephala</i>
Mantequilla	<i>Aegiphila mollis</i>
Matarratón	<i>Gliricidia sepium</i>
Membrillo	<i>Gustavia speciosa</i>
Mestizo	<i>Cupania cinérea</i>
Molinillo	<i>Magnolia hernandezii</i>
Montefrío	<i>Alchornea latifolia</i>
Nogal	<i>Cordia alliodora</i>
Nacedero	<i>Trichanthera giganea</i>
Nigüito	<i>Miconia lehmannii</i>
Níspero	<i>Erybotrya japonica</i>
Tambor	<i>Schizolobium parahybum</i>
Vainillo	<i>Senna spectabilis</i>
Yarumo	<i>Cecropia</i> sp.

Tabla 26. Especies arbóreas establecidas en el departamento de Nariño.

Especies arbóreas	Nombre científico
Arboloco	<i>Montanoa quadrangularis</i>
Arrayán	<i>Myrcia popayanensis</i>
Balso blanco	<i>Heliocarpus americanus</i>
Cámbulo	<i>Erythrina poeppigiana</i>
Carbonero	<i>Albizzia carbonaria</i>
Cedro negro	<i>Juglans neotropica</i>
Cedro rosado	<i>Cedrela odorata</i>
Chachafruto	<i>Erythrina edulis</i>
Chocho	<i>Erythrina rubrinervia</i>
Cucharo	<i>Myrsine guianensis</i>
Gualanday	<i>Jacaranda caucana</i>
Guamo churimo	<i>Inga spuria</i>
Guamo santafereño	<i>Inga sp.</i>
Guamo machete	<i>Inga densiflora</i>
Guayacán amarillo	<i>Tabebuia chrysantha</i>
Guayacán de Manzales	<i>Lafoensia puniceifolia</i>
Guayacán rosado	<i>Tabebuia rosea</i>
Guásimo	<i>Guazuma ulmifolia</i>
Laurel	<i>Ocotea lentii</i>
Leucaena	<i>Leucaena leucocephala</i>
Membrillo	<i>Gustavia speciosa</i>
Mestizo	<i>Cupania cinérea</i>
Nogal	<i>Cordia alliodora</i>
Nacedero	<i>Trichanthera gigantea</i>
Nigüito	<i>Miconia lehmannii</i>
Níspero	<i>Erybotrya japonica</i>
Quillotocto	<i>Tecoma stans</i>
Roble	<i>Quercus humboldtii</i>
Yarumo	<i>Cecropia sp.</i>

Construcción y firma de acuerdos forestales con los productores

Una vez seleccionadas las áreas a reforestar, los promotores forestales concertaron con los propietarios de los predios un convenio o acuerdo participativo (Figura 47), en el cual se estipularon los modelos forestales implementados, las especificaciones para la labor, el valor y la frecuencia del incentivo, los procedimientos de verificación y las obligaciones de las partes interesadas, entre otros. De la misma manera los productores a participar en el modelo de **fomento** también suscribieron su acuerdo de participación.

Esta actividad se ejecutó bajo la coordinación del nivel central del Proyecto Manos al Agua, con el acompañamiento del equipo técnico de Cenicafé. La metodología aplicada para el plan de incentivos de reforestación se adaptó de la implementada por el Programa forestal KfW liderado por la FNC.



Figura 47. Caficultora firmando acuerdo forestal.

Los documentos de soporte de la actividad forestal en la finca fueron los siguientes:

- Fotocopia de cédula de ciudadanía del productor participante.
- Documento de tenencia de la tierra.
- Acuerdo forestal participativo (modelo forestal, especies forestales definidas, condiciones de siembra, plazo de labor y monto del incentivo).
- Acta de entrega de material (cuando el productor recibió las plántulas forestales).
- Acta de recibo de obra o labor (se firmó una vez se verificó la siembra y estado de árboles forestales en el campo).
- Soporte de entrega de incentivo.
- Ficha de diagnóstico forestal.

El cumplimiento de las condiciones estipuladas en el documento de acuerdo forestal fue relevante para el logro de los resultados.

En total, se registraron **1.443** acuerdos firmados para los cinco departamentos (Tabla 27).

Tabla 27. Número de acuerdos participativos firmados por departamento.

Departamento	Acuerdos con incentivo	Acuerdos con fomento
Antioquia	51	427
Caldas	35	201
Cauca	22	326
Nariño	28	101
Valle del Cauca	53	199

Seguimiento y verificación de las siembras

Bajo el esquema de incentivo se estableció un monto económico a entregar, dependiendo de los modelos utilizados en cada finca. A partir de este acuerdo se definió un esquema de pagos donde, dependiendo del área sembrada y los modelos forestales usados, se le entregaba al caficultor y su familia el 50% del incentivo después de la verificación de siembra del material vegetal por parte del promotor forestal, y el otro 50% del incentivo se entregó semestralmente, luego de que el mismo profesional verificara mantenimiento y supervivencia de la siembra.

Para el esquema de **incentivo**, durante cada verificación de siembra, el promotor forestal georreferenció las áreas sembradas establecidas; con estos datos se elaboraron los mapas de ecosistemas hídricos estratégicos que permitieron visualizar el avance y resultado final del plan de trabajo.

Para el esquema de **fomento** únicamente se verificó la siembra del material vegetal y se georreferenció el área sembrada. El seguimiento al mantenimiento de siembra fue más espaciado en el tiempo.

Resultados alcanzados

El proceso forestal desarrollado en Manos al Agua, mediante las estrategias de incentivo y fomento, permitió una vinculación de fincas y comunidades logrando la siembra de más de 437 hectáreas con 313.812 árboles de especies nativas, mediante seis modelos de herramientas del paisaje y con utilización de 39 especies forestales diferentes, entre las que se incluyeron especies vulnerables y amenazadas.

En la Tabla 28 se muestran los principales resultados alcanzados en el plan de reforestación GIA con relación al número de fincas con inversión forestal, el área total sembrada con especies nativas y el número total de árboles sembrados tanto con el esquema de incentivo como de fomento.



Tabla 28. Consolidado de resultados de la implementación del Plan de reforestación GIA.

Indicador	Estrategia	Unid.	Antioquia	Cauca	Caldas	Nariño	Valle del Cauca	Resultado
Número de fincas con inversión forestal realizada	Incentivo	No.	48	23	36	29	62	195
	Fomento	No.	297	194	213	118	129	1.254
Área forestal sembrada	Incentivo	Ha	29,2	27,6	30,3	20,9	44,8	161,9
	Fomento	Ha	48,0	42,5	50,9	26,2	36,5	275,2
Número de árboles forestales sembrados	Incentivo	No.	21.453	22.595	22.203	30.924	30.714	128.688
	Fomento	No.	31.234	37.500	40.422	22.639	32.466	185.124
Consolidado de resultados GIA	Fincas							1.449
	Área sembrada (ha)							437,1
	Número de árboles sembrados							313.812

Esta actividad forestal en microcuencas permitió evidenciar varios de los siguientes aspectos que contribuyeron con el impacto alcanzado:

- Generar un cambio de comportamiento y una mejor actitud de los técnicos, productores, sus familias y la comunidad sobre la importancia de los árboles para el manejo forestal y su relevancia en la protección de las fuentes hídricas, la conectividad boscosa y el manejo del paisaje como soporte a la estrategia de manejo de microcuencas cafeteras.
- Contribuir con la capacidad de regulación y recuperación de la microcuenca como sistema, por la reducción de riesgos asociados al manejo inadecuado de suelos de ladera y el recurso hídrico.
- Complementar las actividades de manejo de aguas en finca y las acciones de manejo de suelos, con el involucramiento de las comunidades, contribuyendo con uno de los principales impactos alcanzados en las microcuencas, con un mejoramiento en el nivel de calidad y cantidad del recurso hídrico en el 92% de estos territorios.

Capacitación en manejo forestal y de suelos (plan de formación multinivel)

Se brindó capacitación en temas de restauración ecológica y estrategias de sensibilización a todo el equipo GIA: 25 extensionistas responsables de cada una de las microcuencas y cinco promotores forestales encargados de realizar las implementaciones en cada zona de trabajo.

Como contribución para el cumplimiento del proceso pedagógico y de formación multinivel del Proyecto, se elaboró un documento con la propuesta metodológica y de contenidos para el curso educativo que se brinda a los productores GIA de las 25 microcuencas relacionadas con la implementación de modelos forestales según la necesidad y las características de la finca cafetera (Figura 48).



Figura 48. Capacitación a Extensionistas GIA, material pedagógico construido para capacitar a los caficultores y sus familias y curso de curso de manejo forestal dictado por el equipo GIA.

En total, se realizaron más de 250 actividades de formación con más de 3.990 participantes. La Tabla 29 detalla el número de actividades de formación y el número de participantes por departamento, así como el porcentaje de mujeres participantes por región.

Tabla 29. Número de actividades de formación en el componente forestal con corte a febrero de 2018.

Departamento	No. Actividades	No. Participantes	Mujeres participantes (%)
Antioquia	48	973	43%
Caldas	63	832	50%
Cauca	8	159	30%
Nariño	14	335	44%
Valle del Cauca	118	1.691	43%
Total general	251	3.989	

Especies reportadas como vulnerables

Algunas de las especies reportadas como vulnerables o amenazadas ya han empezado a ser validadas como especies de sombrío en zonas cafeteras cobijadas por el Proyecto. Del siguiente listado de especies reportadas como vulnerables o amenazadas, el proyecto fomentó su siembra en las 25 regiones cafeteras (Tabla 30 a 34).

Tabla 30. Especies reportadas en amenaza en el departamento de Antioquia.

Nombre común	Nombre científico
Trapiche	<i>Prunus integrifolia</i>
Aceituno	<i>Vitex cymosa</i>
Guayacán rosado	<i>Tabebuia rosea</i>
Tambor	<i>Schizolobium parahybum</i>
Chingalé	<i>Jacaranda copaia</i>
Cedro rosado	<i>Cedrela odorata</i>
Cedrillo	<i>Guarea guidonia</i>

Tabla 31. Especies reportadas en amenaza en el departamento del Valle del Cauca.

Nombre común	Nombre científico
Trapiche	<i>Prunus integrifolia</i>
Chaquiro	<i>Retrophyllum rospigliosii</i>
Cedro negro	<i>Juglans neotropica</i>
Mondey	<i>Prunus integrifolia</i>
Cascarillo	<i>Ladenbergia macrophylla</i>
Guamo machete	<i>Inga</i> sp.

Tabla 32. Especies reportadas en amenaza en el departamento de Caldas.

Nombre común	Nombre científico
Trapiche	<i>Prunus integrifolia</i>
Aceituno	<i>Vitex cymosa</i>
Guayacán rosado	<i>Tabebuia rosea</i>
Tambor	<i>Schizolobium parahybum</i>
Chingalé	<i>Jacaranda copaia</i>
Cedro rosado	<i>Cedrela odorata</i>
Cedrillo	<i>Guarea guidonia</i>

Tabla 33. Especies reportadas en amenaza en el departamento de Cauca.

Nombre común	Nombre científico
Roble	<i>Quercus humboldtii</i>
Chaquiro	<i>Retrophyllum rospigliosii</i>
Guayacán de Manizales	<i>Lafoensia punicifolia</i>
Arboloco	<i>Montanoa quadrangularis</i>
Aliso	<i>Alnus acuminata</i>
Cedro rosado	<i>Cedrela odorata</i>
Mondey	<i>Prunus integrifolia</i>
Pino rey	<i>Podocarpus oleifolius</i>
Cucharo	<i>Myrsine guianensis</i>
Cascarillo	<i>Ladenbergia magnifolia</i>
Cedro negro	<i>Juglans neotropica</i>

Tabla 34. Especies reportadas en amenaza en el departamento de Nariño.

Nombre común	Nombre científico
Cedro negro	<i>Juglans neotropica</i>
Aliso	<i>Alnus acuminata</i>
Roble	<i>Quercus humboldtii</i>
Mondey	<i>Prunus integrifolia</i>
Chaquiro	<i>Retrophyllum rospigliosii</i>
Pino rey	<i>Podocarpus oleifolius</i>
Cascarillo	<i>Ladenbergia magnifolia</i>
Guayacán de Manizales	<i>Lafoensia punicifolia</i>
Fresno	<i>Tapiria guianensis</i>
Arboloco	<i>Montanoa quadrangularis</i>
Cucharo	<i>Myrsine guianensis</i>



Como un análisis adicional se llevó a cabo un estudio de paisaje, enfocado en entender el efecto de las coberturas boscosas sobre la contaminación producto de la fertilización del café.

Para realizar este ejercicio se modelaron tres escenarios del efecto de las coberturas boscosas (i) antes de las acciones de reforestación GIA, (ii) después de las acciones GIA y (iii) un plan de trabajo en reforestación propuesto, para continuar mejorando la reducción de la contaminación difusa producto de la fertilización del café, a partir de siembras de árboles nativos, orientadas a la protección del recurso hídrico.

Como resultado se obtuvo que las áreas de reforestación implementadas por el Proyecto GIA tuvieron un gran efecto potencial en la reducción de la contaminación a escala local. El detalle de este estudio se encuentra en el libro **"Análisis de paisaje en una microcuenca cafetera: un acercamiento al efecto de las coberturas de la tierra en la calidad del agua"** de las publicaciones del proyecto GIA.





- El plan de reforestación del proyecto Manos al Agua – GIA permitió tomar conciencia a los productores, sus familias y la comunidad, sobre la importancia de la presencia de coberturas boscosas tanto en su finca como en las zonas importantes para la protección del recurso hídrico de las microcuencas, con el fin de proteger sus suelos, fortalecer la conectividad boscosa, proteger los cauces de los cuerpos de agua y adaptarse a la variabilidad climática, incrementando las posibilidades de permanencia y sostenibilidad de su negocio cafetero.
- El plan forestal fue un **complemento fundamental** a las actividades de manejo de aguas en finca (ahorro y tratamiento de aguas residuales), a las acciones de manejo de suelos, el involucramiento comunitario y la articulación de actores, para alcanzar el impacto logrado en el **92%** de las microcuencas cafeteras en torno a una mejor calidad y cantidad del recurso hídrico.
- Las dos estrategias utilizadas en Manos al Agua para vincular a los productores, sus familias y la comunidad, en el plan de reforestación con **incentivo** económico para realizar las siembras y **fomento** para promover siembras voluntarias, evidenció la fortaleza y gran potencial que tiene la estrategia de manejo integral de microcuencas, maximizando los recursos y logrando un mayor nivel de cobertura.
- La estrategia de **incentivo** trabaja a escala de finca y su cobertura se ve condicionada por la disponibilidad de recursos, lo que lleva a la necesidad de establecer un enfoque localizado con énfasis en un propósito específico (por ejemplo, protección de cauces de cuerpos de agua), mientras que la estrategia de **fomento** aunque también depende de la disponibilidad de recursos, permite ampliar la cobertura, con una alta participación de fincas y comunidades, haciendo énfasis en un **proceso regional** y con un impacto complementario.
- Promover el acompañamiento técnico y profesional de un equipo multidisciplinario, una estrategia de sensibilización y formación continua, la visión de manejo de microcuencas con énfasis en la gestión del recurso hídrico y el manejo del paisaje, permitió incrementar de forma significativa el impacto positivo dentro del territorio.
- La complejidad inherente a un proceso de reforestación con especies nativas en una unidad de manejo de microcuenca, hace necesario concebir un plan de trabajo estructurado, organizado y con la suficiente flexibilidad, para integrar la necesidad del manejo de la microcuenca y la protección del recurso hídrico, con las necesidades y posibilidades de cada familia cafetera y la comunidad.
- Los criterios de selección de fincas dieron soporte a la estructura y organización del plan de trabajo de reforestación, reduciendo el riesgo de perder las inversiones realizadas y permitiendo no solo la trazabilidad del proceso, sino también poder medir el impacto potencial de las actividades tanto a nivel de finca como a nivel de paisaje en región.
- El éxito de un proceso de reforestación con especies nativas también depende de una **planeación** a corto, mediano y largo plazo, para asegurar la disponibilidad de árboles, así como poder contar con **viveros que tengan la experiencia y capacidad en la propagación** de este material vegetal. Las especies forestales nativas tienen diversos procesos de propagación que no permiten una fácil estandarización de la producción. Dicho material debe estar adaptado a las condiciones climáticas similares a las encontradas en zonas donde se van a realizar las siembras.

Recomendaciones

- Para optimizar recursos dentro de un proceso de reforestación con especies nativas para poder aumentar la cobertura y el impacto de las acciones, se recomienda una estrategia que involucre de forma ordenada y secuencial, al menos los siguientes elementos:
- Sensibilización.
- Criterios de selección.
- Línea de trabajo de **incentivo** económico a nivel de fincas.
- Formación continua.
- Línea de trabajo de **fomento** con la participación voluntaria y el involucramiento de fincas y comunidades.
- Seguimiento y verificación.
- Un acuerdo forestal con el caficultor debe establecer unas reglas del juego claras y sencillas, que reflejen el compromiso del participante con el plan de trabajo, que asegure el cumplimiento y que sea lo suficientemente flexible como para que se reflejen los intereses de la familia caficultora.
- Viveros con experiencia en propagación de material vegetal nativo son indispensables para el desarrollo de un plan de reforestación. La planificación de la propagación y suministro del material vegetal debe garantizar que los árboles estén disponibles en el sitio y momento adecuado para la realizar las siembras.



BIBLIOGRAFÍA

CENTRO NACIONAL DE INVESTIGACIONES DE CAFÉ – CENICAFÉ. Construyendo el modelo para la gestión integrada del recurso hídrico en la caficultura colombiana. Cenicafé, Chinchiná, Caldas – Colombia. 2011. 91 p.

EAE Business School. Mapa de procesos: Tipos, definición y desarrollo, 2017. En <https://retos-operaciones-logistica.eae.es>. (Consultado noviembre de 2017)

FARFÁN V., F. Producción de café en sistemas agroforestales. In: SISTEMAS de producción de café en Colombia. Chinchiná (Colombia), Cenicafé-FNC, 2007. p. 161-200.

FARFÁN V., F. Árboles con potencial para ser incorporados en sistemas agroforestales con café. Chinchiná: CENICAFÉ, 2012. 87 p.

FARFÁN V., F. Mantenimiento del componente arbóreo en sistemas agroforestales con café. Avances Técnicos Cenicafé (Colombia) No. 440:1-8. 2014

FARFÁN V., F. Agroforestería y sistemas agroforestales con café. Manizales, Caldas (Colombia), 2014. 342 p.

FARFÁN V., F. Sistemas agroforestales para establecer en la finca cafetera. Avances Técnicos Cenicafé (Colombia) No. 474:1-8. 2016.

GLOBAL OMNIUM. Los tipos de agua y la medición de la Huella Hídrica. Disponible En Línea: <http://actualidad.globalomnium.com/huella-hidrica-tipos-agua/>. 2015 (Consultado en septiembre de 2017).

GRANADOS., S., D.; LÓPEZ R., G. F.; HERNÁNDEZ G., M. A. Ecology and silviculture In temperata forest. Revista Chapingo Serie Ciencias Forestales y del Ambiente 13(1): 67-83, 2007.

GUTIÉRREZ V., B.A.; FIERRO G., L.H. Diagnóstico y diseño participativo en sistemas agroforestales: Manual y guías de campo. Bogotá: Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria, 2006. 110 p.

IDEAM. Estudio Nacional del Agua. Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales IDEAM. Bogotá, Colombia. 253 p. 2014.

IDEAM, INVEMAR, SINCHI, IIAP, IAvH 2016. Informe del Estado del Medio Ambiente y de los Recursos Naturales 2015. Documento Síntesis. Bogotá, D.C., 2017. 75 pág.

INSTITUTO GEOGRÁFICO AGUSTÍN CODAZZI - IGAC. "Anti ranking" de los departamentos con los mayores conflictos de los suelos en Colombia. IGAC, Bogotá, Colombia. En: <http://www.igac.gov.co/wps/wcm/connect>, 2014. 5 p. (consultado noviembre de 2017)

MINISTERIO DE AGRICULTURA Y DESARROLLO RURAL. Plan de acción para la reforestación comercial. Minagricultura, Bogotá – Colombia. 2011. 32 p.

OSPINA A., O. L.; VANEGAS P., S.; ESCOBAR N., G. A. Restauración ecológica, rehabilitación y recuperación de áreas disturbadas. Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. Plan Nacional de Restauración. Bogotá D. C. Colombia. Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2013. 80 p.

SINAC. Guía del productor para el establecimiento y manejo de plantaciones forestales comerciales. Costa Rica, Oficina Nacional Forestal (ONF) y Sistema Nacional de Áreas de Conservación (SINAC), 1ª ed. San José, C. R. 2009. 32 p.

ORGANIZACIÓN PARA ESTUDIOS TROPICALES - OTS. SAN JOSÉ. COSTA RICA. Sistemas agroforestales; principios y aplicación en los trópicos. San José, OTS - CATIE, 1986. 817 p.

UNIVERSITY OF MISSOURI CENTER FOR AGROFORESTRY (UMCA). Training Manual for Applied Agroforestry Practices. Produced by the University of Missouri, Center for Agroforestry (UMCA). Technology Transfer and Outreach Unit. Columbia. 2006. 425 p.

VALLADARES, F., BALAGUER, L., MOLA, I., ESCUDERO, A., ALFAYA, V. Restauración ecológica de áreas afectadas por infraestructuras de transporte. Bases científicas para soluciones técnicas. Fundación Biodiversidad, Madrid, España. Fundación Biodiversidad. 2011. 327 p.

VAN NOORDWIJK, M.; HAIRIAH, K. URNIATUN. Tree-soil-crop interactions. Bogor, International Centre for Research in Agroforestry –ICRAF, 2000. 12 p. (Lecture Note 2).

VARGAS R., O. Restauración ecológica: biodiversidad y conservación. Acta Biológica Colombiana. Acta Biológica Colombiana, 16(2):221-246. 2011.