



Planes de Manejo para la Conservación de **Abarco, Caoba, Cedro, Palorosa y Canelo de los Andaquíes**



MINAMBIENTE



2015

Cárdenas López, Dairon; Castaño Arboleda, Nicolás; Sua Tunjano, Sonia; Quintero Barrera, Lorena [et. al.]

Planes de Manejo para la Conservación de Abarco, Caoba, Cedro, Palorosa, y Canelo de los Andaquíes. Dairon Cárdenas López, Nicolás Castaño Arboleda, Sonia Sua Tunjano, Lorena Quintero Barrera [et. al.] Bogotá, Colombia: Instituto Amazónico de Investigaciones Científicas - SINCHI, 2015.

1. *Cariniana pyriformis* 2. *Swietenia macrophylla* 3. *Cedrela odorata* 4. *Aniba rosaeodora* 5. *Ocotea quixos*
6. PLANES DE MANEJO PARA LA CONSERVACIÓN 7. ESPECIES AMENAZADAS 8. MADERABLES
9. ABARCO. 10. CAOBA 11. CEDRO 12. PALOROSA 13. CANELO DE LOS ANDAQUÍES. 14. COLOMBIA.

ISBN 978-958-8317-90-8

© Instituto Amazónico de Investigaciones Científicas - SINCHI
Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible

Primera edición:

Marzo de 2015

Revisión técnica:

Diego Higuera Díaz, Carlos Garrid Rivera

Cartografía:

Sonia Mireya Sua Tunjano

Fotografías:

Dairon Cárdenas L., Nicolás Castaño, Sandra Guerrero, Mauricio Bernal, Laura Rivera, Iván Montero y Ricardo Segura

Coordinación de la producción editorial:

Diana Patricia Mora Rodríguez

Producción editorial

Diagramación, fotomecánica,
impresión y encuadernación: *Editorial Scripto S.A.S.*

Reservados todos los Derechos

Disponible en:

Instituto SINCHI, Calle 20 No. 5-44

Tel.: 4442077 - www.sinchi.org.co

Impreso en Colombia

Printed in Colombia



Gabriel Vallejo López

Ministro de Ambiente y Desarrollo Sostenible

Pablo Vieira Samper

Viceministro de Ambiente y Desarrollo Sostenible

María Claudia García Dávila

Directora de Bosques, Biodiversidad y Servicios Ecosistémicos



**Instituto
amazónico de
investigaciones científicas
SINCHI**

Luz Marina Mantilla Cárdenas

Directora General

Carlos Alberto Mendoza Vélez

Subdirector Administrativo y Financiero

Marco Ehrlich

Subdirector Científico y Tecnológico

Autores

Dairon Cárdenas López (Biólogo-Botánico)
Nicolás Castaño Arboleda (Biólogo)
Sonia Sua Tunjano (Ing. Catastral y Geodesta)
Lorena Quintero Barrera (Bióloga)
Mauricio Bernal Rodríguez (Biólogo)
Sandra Guerrero Rodríguez (Ing. Forestal)
Lorena Maniguaje Rincón (Ing. Forestal)
Luis Eduardo Rivera Martín (Ing. Forestal)
Misael Rodríguez Castañeda (Tecn. Rec. Nat.)
Holger Arango Álvarez (Ing. Forestal)
Álvaro Javier Vásquez Peinado (Ing. Forestal)
Julio Cesar Cabrera Matajira (Ing. Forestal)
Andrea Giraldo Sánchez (Ing. Forestal)
Juan Camilo González Echeverry (Ing. Forestal)
Ángel Mena Arias (Ing. Forestal)
Carlos Alberto Gutierrez (Biólogo)
Laura Lorena Rivera (Bióloga)
Mabel Morales Velásquez (Bióloga)
Lina María Pedraza (Bióloga)
Germán Camilo Martínez Villate (Biólogo)

Interventores y Acompañamiento Técnico MinAmbiente

Grupo de Bosques

Carlos Garrid Rivera
Luz Stella Pulido Pérez
Carolina Eslava Galvis

Grupo de Gestión en Especies Silvestres

Diego Higuera Díaz

ÍNDICE

PRESENTACIÓN	11
INTRODUCCIÓN	13
MARCO CONCEPTUAL.....	14
Consideraciones sobre el Concepto de Especie y Población	14
Conservación del Hábitat Natural de las Especies	14
Manejo Forestal Sostenible	15
El Mercado y la Extracción de Maderas de Bosques Naturales	16
Amenaza de las Especies Objeto de Estudio	17
Dictámenes de Extracción No Perjudicial (DENP)	17
Marco Normativo Colombiano	19
Modelos de Distribución Potencial de Especies	23
Herramientas Moleculares en Identificación de Especies y Control al Tráfico Ilegal	24
ASPECTOS METODOLÓGICOS PARA LA FORMULACIÓN DE PLANES DE MANEJO	28
Entrevistas en Herbarios, CAR's, Depósitos de Madera y a Expertos	28
Mapas de Distribución de las Especies	28
Evaluación de Poblaciones Naturales	31
Muestreo de Campo	32
Análisis de Datos	34
Caracterización Molecular	35
Elaboración de Lineamientos para la Conservación y Manejo	40
RESULTADOS DE LA RECOPIACIÓN DE INFORMACIÓN PARA LOS PLANES DE MANEJO	41
Resultados de Reportes de Herbarios	41
Resultados de Entrevistas	42
Consideraciones sobre el Esfuerzo de Muestreo	43
PLAN DE MANEJO PARA LA CONSERVACIÓN DEL ABARCO <i>Cariniana pyriformis</i> Miers	45
Aspectos Generales del Abarco	46
Identificación de Poblaciones Naturales de Abarco	52
Evaluación de Poblaciones Naturales de Abarco	55
Códigos de Barra de ADN y Huella Genética de Abarco	63
Lineamientos para la Conservación y Manejo del Abarco	67

PLAN DE MANEJO PARA LA CONSERVACIÓN DE CAOBA	
<i>Swietenia macrophylla</i> King	75
Aspectos Generales de la Caoba	76
Identificación de Poblaciones Naturales de Caoba	81
Evaluación de Poblaciones Naturales de Caoba	85
Códigos de Barra de ADN y Huella Genética de Caoba	92
Lineamientos para la Conservación y Manejo de la Caoba	95
 PLAN DE MANEJO PARA LA CONSERVACIÓN	
DE CEDRO <i>Cedrela odorata</i> L.	103
Aspectos Generales del Cedro	104
Identificación de Poblaciones. Naturales de Cedro	111
Evaluación de Poblaciones Naturales de Cedro	114
Códigos de Barra de ADN y Huella Genética de Cedro	121
Lineamientos para la Conservación y el Manejo del Cedro	125
 PLAN DE MANEJO PARA LA CONSERVACIÓN	
DE PALOROSA <i>Aniba rosaeodora</i> Ducke	135
Aspectos Generales de Palorosa	136
Identificación de las Poblaciones Naturales de Palorosa	141
Evaluación de Poblaciones Naturales de Palorosa	144
Códigos de Barra de ADN y Huella Genética de Palorosa	145
Lineamientos para la Conservación y Manejo del Palorosa	147
 PLAN DE MANEJO PARA LA CONSERVACIÓN	
DEL CANELO DE LOS ANDAQUÍES <i>Ocotea quixos</i> (Lam.)	
<i>Kosterm.</i>	153
Aspectos Generales del Canelo de los Andaquíes	154
Identificación de Poblaciones Naturales del Canelo de los Andaquíes	159
Evaluación de Poblaciones Naturales del Canelo de los Andaquíes	162
Códigos de Barra de ADN y Huella Genética de Canelo de los Andaquíes	164
Lineamientos para la Conservación y Manejo del Canelo de los Andaquíes	167
 AGRADECIMIENTOS.....	175
 BIBLIOGRAFÍA.....	177

Índice de Figuras

Figura 1. Localidades para identificación y evaluación de campo.....	31
Figura 2. Método de muestreo de transecto lineal de longitud variable. Distancia total recorrida (dt). Distancia perpendicular desde un individuo a la línea del transecto (dp).....	33
Figura 3. Ilustración de metodología desarrollada para el muestreo de la regeneración natural.....	33
Figura 4. Ilustración de Abarco (Adaptado de Galeano et al. 2007).....	46
Figura 5. Individuo de Abarco. a. Fustal. b. Plántula y pixidio abierto. c. Pixidios con semillas d. Semillas (Fotos: Sandra Guerrero, Mauricio Bernal y Nicolás Castaño– Instituto Sinchi)	47
Figura 6. Corte de madera de Abarco (Foto: Iván Montero - Instituto Sinchi).....	48
Figura 7. Mapa de distribución histórica de Abarco en Colombia.....	53
Figura 8. Modelo de distribución potencial actual de Abarco en Colombia.	54
Figura 9. Comparación de densidades de Abarco, en las localidades de estudio para individuos mayores a 10 cm de DAP	57
Figura 10. Distribución de individuos de Abarco con y sin evidencia de haber fructificado.	58
Figura 11. Distribuciones por clases diamétricas y distribuciones teóricas ajustadas de las nueve poblaciones evaluadas de Abarco. Distancia total recorrida en los transectos de cada área evaluada como el esfuerzo de muestreo; Bahía Solano 7 km, Riosucio 11.3 km, Unguía 1.8 km, Chigorodó 3.9 km, Tierralta 1.7 km, Saragoza 2.1 km, Remedios 8.9 km, Puerto Boyacá 4.5 km, Minero 5.6 km y Norcasia 10.6 km. Distribuciones teóricas ajustadas, Normal: Bahía Solano, Riosucio y Saragoza. Weibull: Unguía, Chigorodó, Remedios y Minero. Lognormal: Puerto Boyacá	60
Figura 13. Estimativos de la regeneración del Abarco obtenidos de 4 subparcelas de 320 m ² cada una (área total por parental evaluado 1280 m ²). Los datos se expresan en cantidad de individuos por parental por m ² organizados según clase de tamaño (plántula, brinzal y latizal) y según la localidad.	62
Figura 14. Árbol filogenético secuencias matK para Abarco. Alineamiento MUSCLE, distancia K2P, agrupamiento Neighbor-joining.....	64
Figura 15. Árbol filogenético secuencias rbcL para Abarco. Alineamiento MUSCLE, distancia K2P, agrupamiento Neighbor-joining.....	64
Figura 16. Análisis de coordenadas principales en abarco basado en una matriz de distancias genéticas de marcadores moleculares microsatélites.	66
Figura 17. Árbol de Caoba en áreas de bosque natural (Foto: Nicolás Castaño - Instituto Sinchi).....	76
Figura 18. Ilustración de Caoba (Adaptado de Pennington & Styles 1981)	77
Figura 19. Vista de corte tangencial de madera de Caoba (Foto: Dairon Cárdenas - Instituto Sinchi).....	78
Figura 20. Mapa de distribución histórica de Caoba en Colombia	82
Figura 21. Mapa de distribución potencial actual de Caoba en Colombia.....	84
Figura 22. Densidades poblacionales de Caoba, en las localidades evaluadas. Prueba de comparación de medias de Tukey con una probabilidad del 95%.....	86

Figura 23. Distribución diamétrica real y ajustada a la función teórica Normal para tres poblaciones naturales de Caoba en Colombia	88
Figura 24. Relación de diámetro a la altura del pecho - DAP y altura total de individuos de Caoba en bosque natural (n=47) y fuera del bosque (n=18) en Colombia	89
Figura 25. Calidad de los individuos de Caoba en Bosque natural en Colombia (n=47). 1) Fuste recto. 2) Inclinado. 3) Bifurcado. 4) Deformado o torcido. 5) Podrido. 6) Competencia con lianas. 7) Presencia de patógenos	91
Figura 26. Árbol filogenético secuencias matK para Caoba. Alineamiento MUSCLE, distancia K2P, agrupamiento Neighbor-joining. Amarillo: secuencias reportadas en BOLD; Verde: Secuencias reportadas en Genbank.....	93
Figura 27. Árbol filogenético secuencias matK para Caoba. Alineamiento MUSCLE, distancia K2P, agrupamiento Neighbor-joining. Amarillo: secuencias reportadas en BOLD; Verde: Secuencias reportadas en Genbank.....	93
Figura 28. Análisis de coordenadas principales en Caoba basado en una matriz de distancias genéticas de marcadores moleculares microsatélites.....	94
Figura 29. Ilustración de Cedro (Instituto Sinchi).....	104
Figura 30. Fotografía de corte de madera de Cedro. (Foto: Ricardo Segura - Instituto Sinchi)	105
Figura 31. Mapa de distribución histórica de Cedro en Colombia.....	112
Figura 32. Modelo de distribución potencial actual de Cedro en Colombia.....	114
Figura 33. Distribuciones diamétricas reales y ajustadas a una función teórica de poblaciones de Cedro en bosque primario poco intervenido.....	117
Figura 34. Relación entre DAP y altura total de individuos de Cedro en bosques naturales (n=290) y otras coberturas (n=322) en Colombia. Otras coberturas hacen referencia a árboles de regeneración natural ubicados en rastrojos, potreros arbolados y sistemas silvoagrícolas	119
Figura 35. Calidad de los individuos de Cedro en bosque natural (n=290) en Colombia. 1. Fuste recto; 2. Inclinado; 3. Bifurcado; 4. Deformado o torcido; 5. Podrido; 6. Competencia con lianas y 7. Presencia de patógenos.....	120
Figura 36. Árbol filogenético secuencias matK para Cedro. Alineamiento MUSCLE, distancia K2P, agrupamiento Neighbor-joining.....	123
Figura 37. Árbol filogenético secuencias rbcL para Cedro. Alineamiento MUSCLE, distancia K2P, agrupamiento Neighbor-joining.....	124
Figura 38. Análisis de coordenadas principales en Cedro basado en una matriz de distancias genéticas de marcadores moleculares microsatélites.....	125
Figura 39. Ilustración de Palorosa. (Tomado de Béguin et al. 1985).....	137
Figura 40. Corte transversal de la madera de Palorosa (Foto: Ricardo Segura – Instituto Sinchi).....	137
Figura 41. Mapa de distribución histórica de Palorosa en Colombia.....	142
Figura 42. Mapa de distribución potencial actual de Palorosa.....	143
Figura 43. Distribución diamétrica real y ajustada a la función teórica LogNormal (n=12; p= 0.99) para una población de Palorosa en la Amazonía colombiana	145

Figura 44. Árbol filogenético secuencias rbcL para Palorosa. Alineamiento MUSCLE, distancia K2P, agrupamiento Neighbor-joining.....	146
Figura 45. Árbol filogenético secuencias matK para Palorosa. Alineamiento MUSCLE, distancia K2P, agrupamiento Neighbor-joining.....	147
Figura 46. Ilustración de Canelo de los Andaquíes. a. Detalle de una rama b. Fruto c. Flor y diagrama floral d. Disección floral: en la parte superior vista de los estambres de adentro hacia afuera y en la parte inferior vista de los estambres de afuera hacia adentro. Estambres organizados según el verticilo (I, II y III) y en el extremo derecho el ovario. (Ilustración Mauricio Bernal- Instituto Sinchi).....	154
Figura 47. Canelo de los Andaquíes. a) Individuo latizal, b) individuo fustal, c) flores y d) cúpula seca (Fotos: Laura Rivera- Instituto Sinchi)	155
Figura 48. Corte de madera de Canelo de los Andaquíes (Foto: Dairon Cárdenas - Instituto Sinchi).....	156
Figura 49. Mapa de distribución histórica de Canelo de los Andaquíes en Colombia.....	159
Figura 50. Modelo de distribución potencial actual de Canelo de los Andaquíes en Colombia	161
Figura 51. Distribución por clases diamétricas y distribución teórica ajustada de individuos de Canelo de los Andaquíes en: A. Orito, Putumayo. Distancia total recorrida: 1.9 Km. Distribución teórica ajustada Normal. B. Albania, Caquetá Distancia total recorrida: 7.1 Km	163
Figura 52. Relación logarítmica entre el DAP (cm) y la altura total del árbol (n=15) de Canelo de los Andaquíes en Colombia.	163
Figura 53. Regeneración natural de Canelo de los Andaquíes (Ocotea quixos) identificada en la localidad de Orito (Putumayo).....	164
Figura 54. Árbol filogenético secuencias matK y rbcL para Canelo de los Andaquíes. Alineamiento MUSCLE, distancia K2P, agrupamiento Neighbor-joining	165
Figura 55. Árbol filogenético secuencias ITS2 para Ocotea quixos y O. cymbarum. Alineamiento MUSCLE, distancia K2P, agrupamiento Neighbor-joining	166
Figura 56. Análisis de coordenadas principales en Canelo de los Andaquíes, basado en una matriz de distancias genéticas de marcadores moleculares microsatélites	167

Índice de Tablas

Tabla 1. Variables bio-climáticas usadas para elaboración de los mapas de distribución potencial de las especies.	29
Tabla 2. Cebadores microsatélites evaluados en las cinco especies	36
Tabla 3. Herbarios y bases de datos consultados para registrar Abarco, Caoba, Cedro, Palo rosa y Canelo de los Andaquíes.....	41
Tabla 4. Principales propiedades físico mecánicas del Abarco.....	48
Tabla 5. Algoritmos de OpenModeller con los valores de los criterios evaluados para el mapa de distribución potencial actual de Abarco.....	54
Tabla 6. Áreas por categoría de ocurrencia potencial de Abarco en Colombia	55

Tabla 7. Localidades donde se evaluaron las poblaciones naturales de Abarco en el territorio nacional.....	55
Tabla 8. Densidad poblacional de Abarco para individuos mayores a 10 cm de DAP, en las localidades evaluadas. Entre paréntesis el intervalo de confianza de 95%.....	56
Tabla 9. Recopilación de datos de crecimiento de Abarco en plantaciones y de enriquecimiento de coberturas en Colombia	59
Tabla 10. Regeneración natural de Abarco identificada en 4 localidades de estudio	61
Tabla 11. Características de los marcadores microsatélites evaluados en Abarco.....	65
Tabla 12. Valores de Heterocigocidad encontrados en Abarco mediante siete marcadores SSR.....	66
Tabla 13. Algoritmos de openModeller con los valores de los criterios evaluados para el mapa de distribución potencial de Caoba en Colombia	83
Tabla 14. Áreas por categoría de ocurrencia potencial de Caoba en Colombia.....	84
Tabla 15. Densidad poblacional de Caoba en las localidades evaluadas.	85
Tabla 16. Reportes de densidad poblacional de Caoba en varios países tropicales de América.....	87
Tabla 17. Reportes de diámetro mínimo de Corta (DMC) para Caoba en los países tropicales de América.....	90
Tabla 18. Reportes de tasa de crecimiento en diámetro para Caoba en Bosque Natural	90
Tabla 19. Principales propiedades físico mecánicas del Cedro.....	106
Tabla 20. Algoritmos de OpenModeller con los valores de los criterios evaluados para el mapa de distribución potencial actual de Cedro en Colombia	113
Tabla 21. Áreas por categoría de ocurrencia potencial de Cedro en Colombia	113
Tabla 22. Densidad de Cedro en las diferentes zonas de estudio en el territorio colombiano.....	115
Tabla 23. Densidad de Cedro según clases diamétricas para otros países de la región	116
Tabla 24. Reportes de diámetro mínimo de corta (DMC) para Cedro en diferentes países de Centro y Suramérica	118
Tabla 25. Reportes de tasa de crecimiento en diámetro de Cedro en Bosques Naturales de Colombia.....	119
Tabla 26. Áreas por categoría de ocurrencia potencial de Palorosa en Colombia	144
Tabla 27. Modelos de openModeller que cumplen con los criterios de evaluación para el mapa de distribución potencial actual de Canelo de los Andaquíes.....	160
Tabla 28. Área por categoría de ocurrencia potencial del Canelo de los Andaquíes en Colombia.....	161
Tabla 29. Densidad de Canelo de los Andaquíes en las localidades de estudio en la Amazonia colombiana. Entre paréntesis el intervalo de confianza de 95%.....	162
Tabla 30. Características de los marcadores microsatélites evaluados en Canelo de los Andaquíes	166
Tabla 31. Valores de Heterocigocidad encontrados en Canelo de los Andaquíes mediante siete marcadores SSR.....	167

PRESENTACIÓN

La investigación científica tiene diversos propósitos entre los cuales se destaca la generación de conocimiento para conservar las especies amenazadas por diversos factores ambientales y antrópicos. En este marco, el Instituto Amazónico de Investigaciones Científicas “SINCHI” y el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, firmaron los Convenios Interadministrativos de Asociación No. 28 de 2012 y 118 de 2013, cuyo propósito fue adelantar la elaboración de planes de manejo de las especies Cedro (*Cedrela odorata*), Caoba (*Swietenia macrophylla*), Palorosa (*Aniba rosaeodora*), Abarco (*Cariniana pyriformis*) y el Canelo de los Andaquíes (*Ocotea quixos*), en el territorio nacional.

Los planes de manejo para la conservación de especies en peligro son una necesidad identificada desde el primer Libro Rojo de plantas amenazadas. Es así, como en atención a la normatividad existente y con el propósito de continuar aportando estrategias tangibles frente a los retos de la conservación de las especies amenazadas en todo el territorio nacional, dichos planes son hoy en día una realidad.

Estos planes también constituyen un aporte al cumplimiento los compromisos internacionales del país tales como el Convenio de Diversidad Biológica y la Convención sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestres –CITES-, así como un avance significativo en las metas propuestas por el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible para procurar la conservación de la biodiversidad del país.

Los objetivos propuestos para la elaboración de estos Planes fueron los siguientes: 1) Identificar poblaciones naturales de las especies en su hábitat natural; 2) Generar mapas de distribución histórica y potencial de las especies evaluadas, a través del empleo de herramientas de modelación que orienten la ubicación de poblaciones naturales en toda su área de distribución; 3) Generar códigos de barra de ADN y huella genética de las especies, utilizando herramientas moleculares para la identificación de especie y control al tráfico ilegal de las mismas, y 4) Adelantar una construcción colectiva de lineamientos para la conservación de dichas especies amenazadas.

La construcción de los Planes de manejo partió de una exhaustiva recopilación de información secundaria en todos los herbarios colombianos y extranjeros, que documentaron la presencia de las especies evaluadas; así mismo se adelantaron consultas en las Corporaciones Autónomas y de Desarrollo Sostenible, cuya jurisdicción correspondía con el hábitat natural de las especies. También, se adelantaron entrevistas en depósitos de madera y aserríos; así como a los botánicos y expertos nacionales que facilitaron información sobre poblaciones naturales relictuales.

Todo lo anterior permitió generar modelos predictivos y con base en ellos identificar poblaciones naturales para ser evaluadas con el fin de generar un diagnóstico completo, sobre el estado de conservación de las especies objeto de estos planes.

Se destaca el uso de herramientas moleculares como una ayuda científica para la lucha contra el tráfico ilegal de maderas como un aporte para la conservación, aunque esta es una primera aproximación al uso de estos apoyos, ya se perfilan como un avance efectivo para el control de especies de amplia utilización, como el Abarco o el Cedro.

La definición de lineamientos para la conservación de las especies amenazadas, se fundamentó en la evaluación de la situación actual de las poblaciones y en el análisis de los niveles de



PLANES DE MANEJO PARA LA CONSERVACIÓN DE Abarco, Caoba, Cedro, Palorosa y Canelo de los Andaquíes

amenaza, los cuales se presentaron en cinco estrategias así: 1) Instrumentos de Política y Gestión; 2) Conservación *in-situ*; 3) Conservación *ex-situ*; 4) Lineamientos de Investigación y Monitoreo, y 5) Educación y Divulgación. La conservación de estas especies depende de una correcta coordinación interinstitucional y el apoyo de la sociedad civil para que dinamicen e implementen los lineamientos a partir de las evaluaciones de campo.

Es destacable la importancia del trabajo interinstitucional y el valor que adquiere para la investigación el uso de tecnologías avanzadas de modelamiento de datos para predecir e identificar poblaciones de especies y el desarrollo de huellas genéticas y códigos de barras, para aportar desde la genética molecular herramientas para la identificación de maderas objeto de tráfico ilegal. La concertación entre los actores involucrados también fue una estrategia valiosa que hoy permite que el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible y el Instituto “SINCHI” presenten ante la comunidad científica, académica y los tomadores de decisiones, esta publicación cuya importancia trasciende el aporte en materia de ciencia y tecnología y que contribuye con elementos para la formulación de políticas públicas orientadas a la conservación y manejo de especies.

Por todo lo anterior, es un placer para nosotros presentar al público los *Planes de manejo y conservación de Abarco, Caoba, Cedro, Palorosa y Canelo de los Andaquíes*, en esta publicación que con certeza impactará positivamente en las poblaciones de estas especies y en un compromiso sobre su uso responsable.

Queremos expresar nuestros agradecimientos a quienes contribuyeron desde su conocimiento científico para robustecer la información relativa a las especies en cuestión, a los herbarios nacionales e internacionales, a los especialistas quienes con sus conocimientos nos apoyaron de manera decidida para aumentar el valor de esta publicación. También manifestamos nuestra gratitud a las corporaciones autónomas regionales y de desarrollo sostenible por disponer la información requerida para el buen desarrollo de estos procesos y por facilitar la presencia de sus delegados en los espacios de concertación y difusión. Reconocemos también a la Dirección de Bosques y Servicios Ecosistémicos del MADS por proporcionar los recursos económicos y técnicos que contribuyeron de manera significativa a la construcción de estos Planes. Además queremos agradecer especialmente a los investigadores del Instituto “SINCHI” de la línea de investigación en Flora y al Laboratorio de Recursos Genéticos por apoyar el desarrollo de este proyecto. Reconocemos además el valor del aporte de los pobladores locales y de los dueños de los aserrios por su disposición para apoyar este trabajo y a cada uno de los lectores que permiten hacer una difusión efectiva de los contenidos estratégicos de estos Planes de Manejo.

Esperamos que con esta publicación mejoremos las condiciones de las especies de Cedro, Caoba, Palorosa, Abarco y Canelo de los Andaquíes, para que en un futuro cercano no sean consideradas especies amenazadas sino recursos que contribuyan al desarrollo sostenible del país.



PABLO ABBA VIEIRA SAMPER
Viceministro de Ambiente y
Desarrollo Sostenible



LUZ MARINA MANTILLA CÁRDENAS
Directora General
Instituto SINCHI

INTRODUCCIÓN

Colombia es considerado un país megadiverso por contar con cerca del diez por ciento (10%) de la biodiversidad terrestre mundial¹⁵. Sin embargo, el aumento del área destinada a la actividad agrícola y ganadera, la sobre-explotación de madera y los incendios forestales, vienen causando una acelerada degradación y pérdida de la biodiversidad, así como la transformación de las coberturas naturales. Como consecuencia se ha estimado que en el país la tasa de deforestación anual es cercana a las 300.000 hectáreas (IDEAM 2010), lo que ha ocasionado la disminución del hábitat natural de muchas especies, algunas de ellas maderables finas como Abarco (*Cariniana pyriformis*), Caoba (*Swietenia macrophylla*), Cedro (*Cedrela odorata*), Palorosa (*Aniba rosaeodora*) y Canelo de los Andaquies (*Ocotea quixos*), reduciendo sus poblaciones naturales dramáticamente durante las últimas décadas.

En consecuencia, Colombia como país miembro de la Convención de Diversidad Biológica (CBD, Ley 164 de 1994) y de la Convención sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestres (CITES, Ley 17 de 1981), asumió el reto de conservar *in situ* la biodiversidad, reducir la pérdida de hábitat y sus especies, complementar y actualizar la información disponible y evaluar las poblaciones naturales.

En este contexto en el 2007 se adelantó el volumen 4 del Libro Rojo de las Plantas de Colombia, “Especies maderables amenazadas primera parte”, usado para incorporar especies en la Resolución No. 0192 de 2014, “Por la cual se declaran las especies silvestres que se encuentran amenazadas en el territorio nacional y se toman otras determinaciones”; donde Abarco (*Cariniana pyriformis*), Caoba (*Swietenia macrophylla*), Cedro (*Cedrela odorata*), Palorosa (*Aniba rosaeodora*), y el Canelo de los Andaquies (*Ocotea quixos*) se incluyeron dentro de la lista de especies con algún grado de amenaza a nivel nacional

Por su parte durante la Décimo Cuarta Conferencia de las Partes de la Convención CITES, se recomendó a los países complementar y actualizar la información disponible; evaluar las poblaciones naturales considerando al menos distribución, cobertura, densidad, estructura de tamaños, dinámica de regeneración y cambios de uso del suelo, de especies incluidas en los apéndices CITES entre las que se encuentra el Cedro, la Caoba y el Palorosa. Por otro lado, en las estadísticas con que cuenta el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible respecto de tráfico ilegal para el período 2002 - 2010, se encontró que dentro de las especies más reportadas en los decomisos están el Cedro (*Cedrela odorata*) y el Abarco (*Cariniana pyriformis*).

En este marco y con el fin de continuar aportando estrategias tangibles frente a los retos de la conservación de las especies amenazadas, se firmaron los Convenios Interadministrativos de Asociación No. 28 de 2012 y 118 del 2013, entre el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible y el Instituto Amazónico de Investigaciones Científicas -Sinchi, con el fin de adelantar la elaboración de planes de manejo de las especies Cedro (*Cedrela odorata*), Caoba (*Swietenia macrophylla*), Palorosa (*Aniba rosaeodora*), Abarco (*Cariniana pyriformis*) y el Canelo de los Andaquies (*Ocotea quixos*) en el territorio nacional aportando además a las Metas de Aichi¹⁶ (Metas 1, 2, 3, 4, 12, 17) y a la Estrategia Nacional para la Conservación de Plantas (García *et al.* 2010) en las Metas 2, 3, 7, 11, 12 y 14.

15 <http://www.siac.net.co/web/sib/cifras>

16 <http://www.cbd.int/doc/strategic-plan/2011-2020/Aichi-Targets-ES.pdf>



MARCO CONCEPTUAL

Consideraciones sobre el Concepto de Especie y Población

A lo largo de la historia se han presentado varios intentos por definir y delimitar el concepto de especie (Cracraft 1989). Uno de los conceptos más aceptados (biológico) la define como un grupo de organismos que son capaces de entrecruzarse y producir descendencia fértil. En muchos casos los individuos se separan, quedando aislados de la población original, situación que puede dar paso a una diferenciación o a una nueva especie (especiación). De manera general, todos los conceptos se han agrupado teniendo en cuenta los principales atributos morfológicos, biológicos, ecológicos o filogenéticos, los cuales han estado basados en la experiencia o en la teoría derivada de la biología evolutiva. Sin embargo, ninguno de estos conceptos ha logrado reunir todas las condiciones necesarias para posicionarse como una definición universal (Medina 2012).

Por lo anterior surge el interrogante del concepto de especie que se debe adoptar para responder al reto de conocer, manejar y conservar la biodiversidad. Para responder a este interrogante, de Queiroz (2007a,b) ha planteado que las características que definen los diferentes conceptos no son excluyentes, sino que son cualidades que las especies van adquiriendo de manera secuencial y de acuerdo a parámetros evolutivos. De este modo, los individuos experimentarán procesos de aislamiento geográfico, aislamiento reproductivo y cambios morfológicos, con lo cual concluye que “*cada especie es un linaje que evoluciona de manera independiente dentro de una meta-población*”.

Esta evolución cambiante en el espacio y en el tiempo, permite que muchas especies presenten un rango de distribución natural amplio, a veces aislado geográficamente por barreras físicas o fragmentación de hábitat. Por lo tanto, es posible que nos encontremos con un conjunto de poblaciones o subpoblaciones, definidas como el grupo de individuos de la misma especie, que habita un área de tamaño suficiente para permitir la dispersión normal y/o comportamiento migratorio (Berryman 2002, Camus & Lima 2002).

Al respecto, el tamaño ocupado por una población puede estar definido a escala local o a escala natural (meta-población). A escala local, las probabilidades de entrecruzamiento entre individuos de la misma población son mucho mayores que la existente con individuos de otras poblaciones (Primack 1993, Caughley & Gunn, 1996 citados por Rojas & Gallina 2007). A escala natural, estaría compuesta por muchas poblaciones locales o subpoblaciones que se entrecruzan y aunque se espera dispersión entre ellas, esta podría no existir o no ser visible porque hay aislamiento por barreras físicas (Andrewartha & Birch 1954). Para el presente estudio se asumió el concepto de población local o subpoblación, determinado principalmente por la discontinuidad de hábitat o barreras físicas.

Conservación del Hábitat Natural de las Especies

Según la FAO (2011), cada año desaparecen más de 13 millones de hectáreas de bosques en todo el mundo debido a factores como la sobre explotación y la tala ilegal, la conversión a tierras

agrícolas y ganaderas, la gestión inadecuada de la tierra, la creación de asentamientos humanos, las explotaciones mineras, la construcción de embalses y carreteras, las especies invasoras, los incendios forestales y los cultivos ilícitos. Adicionalmente deben mencionarse las construcciones civiles que no cumplen con la normatividad ambiental, así como los proyectos de explotación maderera que se realizan bajo prácticas ineficientes y de baja productividad, que afectan grandes áreas de bosque (Rudas *et al.* 2007, González *et al.* 2011).

En Colombia el área boscosa ocupa más del 60,92% de la superficie continental y de esta el 53,64% corresponde a bosques naturales (IDEAM 2010). De acuerdo con la cuantificación de la Deforestación Histórica Nacional (Cabrera *et al.* 2011), entre los años 2000 - 2007 se deforestaron aproximadamente 2.000.000 de hectáreas, con una pérdida de 336.000 ha/año-1 mientras que, para el periodo 2005 - 2010 la superficie deforestada fue de 1.191.365 ha, perdiendo anualmente 238.273 ha de bosque natural en Colombia. Los departamentos con mayor área de bosque natural son Amazonas, Caquetá, Guainía, Guaviare y Vaupés mientras que los departamentos de Antioquia, Chocó, Cesar, Nariño y Santander, representan en conjunto aproximadamente el 53% del área de vegetación secundaria nacional. Las áreas declaradas de Reserva Forestal de la Nación (Ley 2 de 1959), albergan 51.376.621 ha de bosques (45% del territorio), equivalente al 74% de la cobertura boscosa del país (IDEAM *et al.* 2007).

Considerando las áreas de coberturas naturales transformadas, según el Informe del Estado del Medio Ambiente y los Recursos Naturales Renovables de 2010 (IDEAM 2010), el hábitat natural o área de distribución potencial del Abarco, la Caoba, el Cedro, el Palorosa y el Canelo de los Andaquíes se ha transformado cerca del 41.65% sin considerar la región Amazonia-Orinoquia, que constituyen el 55.44% del total de los ecosistemas del país. En este sentido, cabe resaltar que aunque las coberturas boscosas permanecen (caso de Amazonia, Darién, Serranía de San Lucas o Serranía de las Quinchas), las poblaciones naturales de estas especies se han degradado considerablemente, al menos en su estructura y diversidad genética, razón por la cual han llegado al estado de amenaza ampliamente reconocido por aserradores, el sector maderero empresarial y las entidades de control y vigilancia; todo esto debido al modelo de aprovechamiento selectivo de estas especies. Lo anterior evidencia el grave deterioro del hábitat natural de las especies evaluadas y la urgente necesidad de generar acciones orientadas a la conservación de los ecosistemas donde tiene su distribución natural en el territorio colombiano.

Manejo Forestal Sostenible

El Manejo Forestal Sostenible (MFS) es el conjunto de acciones y decisiones sobre los bosques, que busca obtener beneficios económicos y sociales de estos con el fin de satisfacer las demandas actuales de la sociedad, sin alterar su función ecológica y sin comprometer la satisfacción de las necesidades futuras; también es aquél conjunto de acciones y decisiones que aseguran una producción de bienes y servicios a perpetuidad, pero ocasionando la mínima alteración sobre los ecosistemas (Rice *et al.* 2001).

El concepto de un sector forestal legal, regulado y manejado de manera sostenible, ha sido entendido y adoptado por muchos gobiernos como un equilibrio posible entre la conservación y el control de la explotación desmedida. Esta concepción intenta conciliar las inquietudes ambientales globales con los intereses y necesidades socioeconómicos de la sociedad, al tiempo que



mantiene el equilibrio entre los intereses de los propietarios de tierras y las compañías forestales, con la necesidad de la conservación y la protección del medio ambiente (Williams & Cardona 2012).

El aprovechamiento de madera es una de las intervenciones más importantes del hombre en el bosque, por la magnitud del impacto sobre el ecosistema y por la intencionalidad económica que lo justifica como actividad humana. Cuando se corta un árbol, se elimina del ecosistema un arreglo particular de información genética (Klug W. & Cummings 1999, Almarza 2004) que difícilmente se presenta en otros árboles, cuanto mayor es la intensidad del aprovechamiento, mayor es el riesgo de perder información. Esta información le permite a la especie adaptarse a ambientes cambiantes; si la diversidad de juegos de información se disminuye, también se disminuye la capacidad adaptativa de la población y se aumenta el riesgo de la extinción de la especie y del flujo genético (Valerio 1997).

El Mercado y la Extracción de Maderas de Bosques Naturales

En Colombia se calcula que la producción de madera es de alrededor de 2.73 millones de metros cúbicos anuales, la cual procede un 80% de bosques naturales y sólo el 20% de plantaciones (IDEAM 2010). Estimaciones realizadas por el Banco Mundial (2006) señalan que cerca del 42% de la producción total de madera en Colombia es ilegal, pudiendo ser mucho mayor según otros estudios (IDEAM & Ecoforest 2009). Esto implica que anualmente cerca de 1.5 millones de metros cúbicos de madera en troza, o su equivalente en madera aserrada, se explotan, transportan y comercializan de manera ilegal (Pacto Intersectorial por la Madera Legal en el Plan Nacional de Desarrollo 2010-2014).

La tala excesiva y el tráfico ilegal de maderas han constituido un serio problema que amenaza la subsistencia de varias especies, particularmente aquellas con alto valor comercial; una práctica que presenta bajas inversiones e ingresos inmediatos, cuya dinámica está determinada más por la demanda que por la oferta (IDEAM & Ecoforest 2009). Esta situación genera una dificultad para lograr un aprovechamiento sostenible con distribución justa y equitativa de los beneficios.

Como respuesta a esta grave situación en el sector maderero, se han adelantado varias iniciativas de parte del Estado colombiano a fin de contrarrestar la ilegalidad en la extracción maderera. Es así como en los últimos años se vienen desarrollando acuerdos generados en el “Pacto Intersectorial por la Madera Legal”, incluido en el Plan Nacional de Desarrollo 2010-2014 *Prosperidad para Todos* que fue aprobado mediante la Ley 1450 de 2011. Este acuerdo busca contrarrestar el 40% de ilegalidad en el mercado nacional de maderas e involucra actividades de supervisión y control orientados a asegurar que el aprovechamiento, la transformación primaria y secundaria así como el transporte, la comercialización y uso de la madera se realice única y exclusivamente con la observancia de las normas vigentes.

Sin embargo, a pesar de la contribución que puede ejercer la legalidad dentro de la actividad maderera, ésta por sí sola no puede garantizar la sostenibilidad. Ante esta realidad, el fortalecimiento de procesos como la Certificación Forestal Voluntaria pueden encontrar mayor soporte y

contribuir a dicha causa. Estos procesos a partir de la evaluación del desempeño de la industria forestal busca reconocer y certificar que un producto forestal proviene de un bosque manejado con criterios de sostenibilidad ambiental, social y económica; lo que equivale en el contexto internacional a un bosque ordenado, en sentido estricto.

Por su parte, la implementación de herramientas moleculares aporta a la reducción de tráfico ilegal de la madera, a reducir la ilegalidad y en consecuencia a la conservación de los bosques y sus recursos. Es preciso resaltar que en la actualidad Colombia se está integrando a la Red Mundial de Seguimiento a la Madera, mediante la iniciativa global de Identificación de Especies Maderables y su Origen”, liderada por “Global Timber Tracking Network” (GTTN).

Amenaza de las Especies Objeto de Estudio

Respecto a la presión generada sobre las poblaciones naturales de las especies maderables, el Libro Rojo de Plantas de Colombia (Cárdenas & Salinas 2007), registra 34 especies categorizadas como amenazadas, entre las cuales están el Abarco categorizada como En Peligro Crítico (CR A2cd + 4cd), la Caoba En Peligro Crítico (CR A2cd), el Cedro En Peligro (EN A2cd), el Palorosa En Peligro Crítico (CR A2cd) y el Canelo de los Andaquíes En Peligro (EN A2acd).

La principal amenaza que enfrentan la mayoría de estas especies es la drástica reducción de sus poblaciones naturales por la intensa explotación maderera y la reducción de hábitat natural de las mismas; esta situación es aún más preocupante si se tiene en cuenta que, varias de ellas crecen en ecosistemas fuertemente transformados (Cárdenas & Salinas 2007). En Colombia el consumo de madera se ha concentrado históricamente en el sector de la construcción, donde han sido muy usadas en la elaboración de ventanas, puertas, biombos, postes, columnas, vigas y pisos (Duque-Jaramillo 1931), ejerciendo una presión selectiva sobre las maderas más finas como es el caso del Abarco, la Caoba, el Cedro, el Palorosa y el Canelo de los Andaquíes; estas últimas con fines cosméticos o medicinales.

Dictámenes de Extracción No Perjudicial (DENP)

Dado que algunas de las especies objeto de evaluación en el presente trabajo hacen parte de los Apéndices CITES: Caoba, Cedro y Palorosa y en el marco de ésta convención se han generado estrategias como los Dictámenes de Extracción No Perjudicial (DENP), se hace necesario entender los alcances de esta iniciativa.

El concepto de DENP surge en la Convención sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestres (CITES) como un mecanismo para determinar si el comercio internacional (importación, exportación, re-exportación) de ciertas especies puede ser perjudicial para su supervivencia en su **hábitat natural**. Su propósito es proteger las especies de los efectos perjudiciales de la sobre explotación producto del comercio internacional, asegurar la utilización sostenible, y estimular la cooperación internacional entre las Partes.

Por lo tanto cada Estado Miembro debe designar un órgano científico independiente de toda presión política o económica para emitir los Dictámenes, basados en investigaciones sobre la distribución y la abundancia de las poblaciones de las especies objeto de comercio. Así mismo,



cada Estado miembro debe designar una autoridad que verificará el origen legal del espécimen que se quiere comercializar y se encargará de reglamentar, monitorear y controlar el comercio de los productos de la fauna y de la flora, de cada estado miembro (Vásquez 2008).

Con el propósito de regular el comercio internacional, la Convención funciona con base en una serie de permisos y certificados que deben ser presentados cuando salen o ingresan los especímenes de flora y fauna de un país, para esto posee tres Categorías o Apéndices (I, II y III) y para cada Apéndice existen restricciones dependiendo del grado de amenaza que presente la especie, lo cual determina el permiso que debe emitir la autoridad competente, conforme a la normatividad de la Convención.

En el Apéndice II están las especies que, si bien en la actualidad no se encuentran necesariamente en peligro de extinción, podrían llegar a esa situación a menos que el comercio de ellas esté sujeto a una reglamentación estricta. En este Apéndice se encuentran la Caoba y el Palorosa. No obstante estas especies se encuentran bajo declaratoria de amenaza en el territorio nacional, según Resolución 192 del 10 de febrero de 2014 en **Peligro Crítico** (CR).

El Apéndice III incluye todas las especies que cualquiera de las Partes manifieste que se hallan sometidas a reglamentación dentro de su jurisdicción con el objeto de prevenir o restringir su explotación, y que necesitan la cooperación de otras Partes en el control de su comercio. En este Apéndice se encuentra el Cedro; también bajo declaratoria de amenaza en el territorio nacional según Resolución 192 del 10 de febrero de 2014 **En Peligro** (EN).

En ese contexto un Dictamen de Extracción No Perjudicial (DENP), se aplica a especies del Apéndice I cuando se requiere: a) la obtención un permiso de exportación, b) para la obtención de un permiso de importación. Así mismo se requiere un DENP para especies del Apéndice II para obtener un permiso de exportación. En relación con el Apéndice III, no se requiere DENP para su exportación.

Para el caso de las especies objeto de evaluación en este trabajo, las cuales están incluidas en el Apéndice II se concederán únicamente cuando una Autoridad Científica del Estado haya hecho una evaluación basada en datos científicos que permita verificar que una propuesta de exportación no será perjudicial para la supervivencia de las especies.

Estos dictámenes deben basarse en metodologías de evaluación de los recursos que pueden incluir, entre otros, el examen de los siguientes aspectos (CITES, 2012): **a)** Biología y características del ciclo vital de la especie, **b)** Área de distribución de la especie (histórica y actual), **c)** Estructura, estado y tendencias de la población (nacional o en la zona de recolección), **d)** Amenazas, **e)** Niveles o pautas de extracción y mortalidad de cada especie, **f)** Medidas de gestión actualmente en vigor y propuestas y **g)** Resultados del monitoreo de la población.

Siguiendo lo establecido en el Artículo IV de la CITES para reglamentar el comercio de especímenes de especies incluidas en el Apéndice II de la Convención, en el párrafo 2) del Artículo IV define que: “La exportación de cualquier espécimen de una especie incluida en el Apéndice II requerirá la previa concesión y presentación de un permiso de exportación, el cual únicamente se concederá una vez satisfechos los siguientes requisitos: **a)** que una Autoridad Científica del Estado de exportación haya manifestado que esa exportación no perjudicará la supervivencia de



esa especie; **b)** que una Autoridad Administrativa del Estado de exportación haya verificado que el espécimen no fue obtenido en contravención de la legislación vigente en dicho Estado sobre la protección de su fauna y flora”.

Consideraciones sobre los Dictámenes de Extracción No Perjudicial (DENP) de las Especies de Interés

Considerando que los Dictámenes de Extracción No Perjudicial (DENP) surgen en la Convención sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestres (CITES), como un mecanismo para determinar si el comercio internacional (importación, exportación, re-exportación) de ciertas especies puede ser perjudicial para la supervivencia en su **hábitat natural**; se concluye que en la actualidad la elaboración de Dictámenes de Extracción No Perjudiciales **NO** son necesarios en Colombia para Palorosa (*Aniba rosaeodora*) y Caoba (*Swietenia macrophylla*), incluidas en Apéndice II de la CITES, dado que no existe exportación de estas especies. Lo cual y en consideración con los resultados obtenidos en el presente trabajo en la evaluación de las poblaciones naturales de las especies en su **hábitat natural** que indican una alta reducción de individuos y baja densidad poblacional, así como la falta de información en aspectos indispensables para los DENP como son el monitoreo de las poblaciones; hace que el país no cuente con poblaciones que la Autoridad Científica pueda certificar que el comercio internacional no pondrá en peligro la supervivencia de estas especies en su **hábitat natural** a nivel nacional.

Por otra parte para Cedro (*Cedrela odorata*), y considerando que según el mismo Artículo IV, Dictamen de Extracción No Perjudicial (DENP) no se requiere para especies incluidas en el Apéndice III, *Cedrela odorata* estaría exenta del DENP.

Marco Normativo Colombiano

Con relación a los asuntos y temas ambientales, Colombia cuenta con una amplia trayectoria en materia de legislación ambiental, cuyos inicios datan de la época del libertador Simón Bolívar al expedir un decreto sobre “medidas de protección y aprovechamiento de los bosques”; el Decreto ordena la delimitación del patrimonio forestal, el uso integral de los recursos naturales renovables, el mejoramiento de los productos forestales y su aprovechamiento (Rojas y Vieras 2009)

Desde entonces a nivel normativo, nuestro país cuenta con un gran desarrollo de leyes, decretos y resoluciones, que de forma directa o indirecta hacen referencia a la conservación de la flora. De manera particular se encuentran los aspectos considerados en los planes para la conservación de especies, donde podrían vincularse el Abarco, la Caoba, el Cedro, el Palorosa y el Canelo de los Andaquíes. Entre estas herramientas normativas se resaltan las siguientes:

El Código Nacional de Recursos Naturales Renovables y de Protección al Medio Ambiente (Decreto Ley 2811 de 1974), el cual con fundamento en el principio que el ambiente es patrimonio común de la humanidad y es necesario para la supervivencia y el desarrollo económico y social de los pueblos, regula el manejo de los recursos naturales renovables, la defensa del ambiente y de los recursos naturales renovables contra la acción nociva de fenómenos naturales y los demás elementos y factores que conforman el ambiente o influyen en los elementos ambientales.



PLANES DE MANEJO PARA LA CONSERVACIÓN DE Abarco, Caoba, Cedro, Palorosa y Canelo de los Andaquíes

La Ley 17 de 1981, por la cual se aprueba la “Convención sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestres”-CITES. Este tratado internacional concertado entre los estados contratantes, tiene como finalidad velar porque el comercio internacional de especímenes de animales y plantas silvestres no constituya una amenaza para la supervivencia de las especies.

La Constitución Política de Colombia de 1991, indica que “la protección del medio ambiente y los recursos naturales del país fue elevada a la categoría de deber y derecho colectivo, definiendo obligaciones del Estado y de los ciudadanos para proteger las riquezas culturales y naturales de la Nación” (Art. 8). En el Art. 79 dispone como deber del Estado la protección de la diversidad e integridad del ambiente, la conservación de las áreas de especial importancia ecológica y el fomento de la educación para el logro de estos fines. Adicionalmente en el Art. 80 dispone que el Estado deba planificar el manejo y aprovechamiento de los recursos naturales, para garantizar su desarrollo sostenible, su conservación, restauración o sustitución, así como velar por la prevención y control de los factores de deterioro ambiental, la imposición de las sanciones legales y exigir la reparación de los daños causados.

La Ley 99 de 1993, crea el Ministerio del Medio Ambiente, se reordena el sector público encargado de la gestión y conservación del medio ambiente y los recursos naturales renovables, se reorganiza el Sistema Nacional Ambiental -SINA, incluyendo la redefinición y creación de un total de 34 Corporaciones Autónomas Regionales y cinco (5) Institutos de Investigación. Su objetivo es conocimiento y protección prioritaria de la biodiversidad del país, como patrimonio nacional y de interés de la humanidad y su aprovechamiento en forma sostenible, así como los tipos de sanciones por mal uso o aprovechamiento de los recursos naturales renovables.

Así mismo establece que las autoridades encargadas de autorizar, controlar y vigilar la comercialización de los recursos naturales son las Corporaciones Autónomas Regionales, los departamentos, municipios y distritos. También, se fijan las condiciones y exigencias que se hacen a las empresas que utilizan los recursos naturales con fines económicos: tasas retributivas y compensatorias, tasas para compensar los gastos de mantenimiento de la renovabilidad de los recursos naturales, entre otras.

La Ley 165 de 1994, mediante la cual Colombia ratifica el Convenio sobre Diversidad Biológica de las Naciones Unidas, suscrito en 1992 en Río de Janeiro; el cual plantea tres objetivos principales: la conservación de la biodiversidad, la utilización sostenible de sus componentes y la participación justa y equitativa de los beneficios que se deriven de la utilización de recursos genéticos. Así mismo, contempla regular las actividades de la administración pública y de los particulares respecto al uso, manejo, aprovechamiento y conservación de los bosques y la flora silvestre con el fin de lograr un desarrollo sostenible.

La Decisión Andina 391 de 1996, por la cual La Comunidad Andina de Naciones expide el Régimen Común para el Acceso a los Recursos Genéticos de los países miembros de la Comunidad; dicha decisión tiene por objeto regular el acceso a los recursos genéticos y sus productos derivados, a fin de garantizar la conservación de la diversidad biológica y su utilización sostenible.

El Decreto 1791 de 1996, establece el Régimen de Aprovechamiento Forestal, en virtud del cual, se regulan las actividades de la administración pública y de los particulares respecto al uso,



manejo, aprovechamiento y conservación de los bosques y la flora silvestre, con el fin de lograr su desarrollo sostenible.

El Documento CONPES N° 2834 de 1996, adoptado con el propósito de “garantizar la conservación y uso sostenible de los bosques”, y cuyo objetivo principal es el uso sostenible de los bosques con miras a su conservación, incorporación del sector forestal a la economía nacional y contribución al mejoramiento de la calidad de vida de la población, mediante las siguientes estrategias: a) modernizar el sistema de administración de bosques, b) conservar, recuperar y usar los bosques naturales, c) fortalecer los instrumentos de apoyo; y d) consolidar la posición internacional de Colombia en materia de bosques.

La Resolución 573 de 1997, por la cual se establece el procedimiento de los permisos a que se refiere la Convención sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestres -CITES-, y se dictan otras disposiciones.

La Ley 599 de 2000, mediante la cual se dicta el Código Penal Colombiano, incluyendo en el Título XI, un capítulo único sobre “Delitos contra los recursos naturales y medio ambiente”, tales como el ilícito aprovechamiento de los recursos naturales renovables, la violación de fronteras para la explotación de recursos naturales, entre otros.

La Resolución 0348 de 2001, por la cual se establece el Salvoconducto Único Nacional para la movilización de especímenes de la diversidad biológica, el cual amparará únicamente los individuos, especímenes y productos indicados, será válido por una sola vez y por el término señalado en el mismo.

El Decreto 1498 de 2008, el cual define al Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural la entidad encargada de formular la política de cultivos forestales y se generan definiciones alrededor de las plantaciones y se dictan disposiciones para el registro y movilización de plantaciones y sistemas agroforestales.

La Resolución 159 de 2008, por la cual se delega al ICA las funciones del Decreto 1498 de 2008; excepto las relacionadas con el establecimiento de un mecanismo de identificación de los productos provenientes de los sistemas agroforestales o cultivos forestales con fines comerciales.

El Decreto 2372 de 2010, el cual reglamenta el Decreto Ley 2811 de 1974, la Ley 99 de 1993, la Ley 165 de 1994 y el Decreto Ley 216 de 2003, en relación con el Sistema Nacional de Áreas Protegidas, las categorías de manejo que lo conforman y los procedimientos generales relacionados con éste. En su artículo dos (2) define área protegida como: “Área definida geográficamente que haya sido designada, regulada y administrada a fin de alcanzar objetivos específicos de conservación”.

La Resolución 37 de 2013, en la cual se establece que el Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural o su delegado llevará a cabo el registro de cultivos forestales y sistemas agroforestales o con fines comerciales, sin perjuicio de la fecha de establecimiento de los mismos, siempre y cuando cumplan con los requisitos.



Por último se resalta la Política Nacional para la Gestión Integral de la Biodiversidad y sus Servicios Ecosistémicos –PNGIBSE 2012, que promueve la Gestión Integral de la Biodiversidad y sus Servicios Ecosistémicos, de manera que se mantenga y mejore la resiliencia de los sistemas socio ecológicos, a escalas nacional, regional, local y transfronteriza; considerando escenarios de cambio y a través de la acción conjunta, coordinada y concertada del Estado, el sector productivo y la sociedad civil. La PNGIBSE enmarcará y orientará conceptual y estratégicamente todos los instrumentos ambientales de gestión (políticas, normas, planes, programas y proyectos), existentes o que se desarrollen para la conservación de la biodiversidad en sus diferentes niveles de organización, además de ser base de articulación intersectorial y parte fundamental en el desarrollo del país.

La Resolución 192 de 2014, del MADS en la cual se declaran las especies silvestres que se encuentran amenazadas en el territorio nacional; entre las cuales se encuentran incluidas el Abarco, la Caoba, el Cedro, el Palorosa y el Canelo de los Andaquíes.

Vedas al Aprovechamiento de Abarco, Caoba, Cedro, Palorosa y Canelo de los Andaquíes

Las vedas son las restricciones o prohibiciones de la explotación, utilización, colecta y caza de especímenes de fauna y flora silvestre, en el territorio nacional o en una parte de él, con el objeto de garantizar su protección y permanencia en su hábitat natural, así como prevenir su tráfico ilegal (MAVDT 2003). Las vedas para el corte, aprovechamiento y comercialización de recurso forestal, son indispensables para proteger individuos adultos de especies de alto valor comercial que se encuentran altamente amenazadas en nuestro país.

En relación con el Abarco la Corporación Autónoma Regional del Centro de Antioquia - Corantioquia mediante Resolución 3183 de 2000 y Resolución 10194 del 10 de abril de 2008 impone veda y la mantiene actualmente. Por su parte la Corporación Autónoma para la Defensa de la Meseta de Bucaramanga (CDMB) prohíbe el aprovechamiento de la especie mediante Resolución 1986 de Diciembre 1 de 1984. La Corporación Autónoma de Santander emite la veda total y absoluta por tiempo indefinido al Abarco mediante Resolución 469 de 2012. Por último, la Corporación para el Desarrollo Sostenible del Urabá (Corpourabá) prohíbe el aprovechamiento de la especie y veda su explotación bajo cualquier normatividad mediante Resolución 076395 de Agosto 4 de 1995 y después excluye la especie de la veda para los municipios de Murindó y Vigía del Fuerte, mediante Resolución 1021B de Noviembre 7 de 2003.

Para la Caoba; la Corporación para la Defensa de la Meseta de Bucaramanga (CDMB) mediante Resolución 1986 de diciembre 1 de 1984, prohíbe el aprovechamiento de los individuos de la especie en su jurisdicción. Por su parte la Corporación Autónoma de Risaralda (CARDER) mediante Resolución 177 de Abril 9 de 1997, determina que la Caoba “no podrá ser objeto de aprovechamiento, excepto para realizar investigaciones o cuando se trate de plantaciones o rodales debidamente registrados”. Así mismo la Corporación para el Desarrollo Sostenible del Urabá (Corpourabá) en la Resolución 076395 de agosto 4 de 1995 prohíbe su aprovechamiento y veda su explotación bajo cualquier modalidad. También la Corporación Autónoma Regional de Santander (CAS) mediante en la Resolución 469 de 13 de abril de 2012 decreta veda absoluta y total

por tiempo indefinido para explotación de 4 especies, por estar en peligro de extinción; entre ellas la Caoba. No se encontró ningún Acto Administrativo orientado a proteger la especie en las Corporaciones donde existen poblaciones naturales claves identificadas en este estudio como la Corporación Autónoma Regional de Sucre - Carsucre y la Corporación Autónoma Regional para el Desarrollo Sostenible del Chocó - Codechoco.

Para el caso del Cedro, la Corporación Autónoma Regional del Tolima (Cortolima), prohíbe su aprovechamiento mediante Acuerdo 10 de marzo 11 de 1983. También la Corporación para la Defensa de la Meseta de Bucaramanga (CDBM) mediante Resolución 1986 de diciembre 1 de 1984, prohíbe el aprovechamiento de los individuos de todo el género *Cedrela* en su jurisdicción. Sin embargo existe una salvedad para explotaciones forestales provenientes de sistemas agroforestales debidamente registrados (Acuerdo No. 887 del 28 de Abril de 2000)

Para las especies Palorosa y Canelo de los Andaquíes no se conoce ningún Acto Administrativo vigente por parte de Corpoamazonia orientado a proteger dichas especies.

A nivel nacional el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible en la Resolución 192 de 2014, declara las especies silvestres que se encuentran amenazadas en el territorio nacional; entre las cuales se encuentran incluidas, el Abarco, la Caoba, el Cedro, el Palorosa y el Canelo de los Andaquíes. Aunque esta resolución da la alerta sobre la situación de estas especies, no contempla medidas de protección a las mismas. En consecuencia con lo anterior, es claro que no existe una consideración vinculante que defina prohibiciones o acciones específicas para el control y vigilancia de estas especies bajo declaratoria de amenaza.

Modelos de Distribución Potencial de Especies

Según Cárdenas & Salinas (2007), es notorio que el hábitat natural de varias de las especies abordadas en el presente estudio se encuentra significativamente deteriorado y en mal estado de conservación. Esta situación, sumada a procesos de extracción selectiva a los que se han visto sometidas históricamente, hace necesario el empleo de herramientas de modelación que orienten la ubicación de poblaciones naturales en toda su área de distribución.

En este sentido los modelos de distribución potencial de especies y sus diferentes aplicaciones han demostrado ser un aporte valioso para la toma de decisiones, la identificación de poblaciones y su posterior manejo (Sua *et al.* 2009). Con el apoyo de herramientas SIG (Sistemas de Información Geográficos) se ha avanzado en la definición de áreas de distribución potencial de especies, utilizando criterios de análisis y diferentes algoritmos que permiten una escogencia más objetiva, así como mayor robustez en la sustentación de los resultados obtenidos.

Una serie de publicaciones científicas en diferentes aspectos ecológicos y sobre diferentes especies y ecosistemas, han contribuido al desarrollo de estas “herramientas capaces de modelar la distribución potencial de las especies” (Huntley *et al.* 1989, Martínez-Meyer *et al.* 2004); generando grandes aportes y desarrollos conceptuales, y facilitando los procesos matemáticos para la obtención de mapas y análisis de los modelos, los cuales se combinan para predecir la distribución espacial de una especie representada en un mapa, con base en registros que evidencian la presencia de la especie y la combinación de variables ambientales. Estas herramientas son conocidas



como modelos de distribución de especies (SDMs por sus siglas en inglés), “modelos predictivos de distribución del hábitat”, “modelos de idoneidad del hábitat” (HSMs por sus siglas en inglés) o “modelos de nicho ecológico” (Benito de Pando 2007).

Dentro de la amplia gama de herramientas desarrolladas para este fin se tienen programas como GARP (Algoritmo genético) (Stockwell & Peters 1999), FloraMap™ (Componentes principales) (Jones & Gladkov 1999), MAXENT (Máxima entropía) (Phillips *et al.* 2004), Biomaper (Ecological Niche Factor Analysis- ENFA) (Nix 1986), Redes neuronales - ANN (Avilla *et al.* 2008), BIO-MOD (Árboles de clasificación y regresión) (Thuiller 2003), DOMAIN (Parámetros de Gower) (Carpenter *et al.* 1993), openModeller (Muñoz *et al.* 2009), entre los más relevantes. Dentro de este grupo de herramientas se destacan OpenModeller y BioMod, los cuales tienen incorporados gran cantidad de algoritmos en un lenguaje de programación amable para los usuarios, dando como salida información estandarizada y comprable para incorporarla a una herramienta SIG y hacer los posteriores análisis.

El programa openModeller desarrollado por el *Centro de Referência em Informação Ambiental* (CRIA) de Brasil, se destaca por ser una herramienta de código abierto, que usa una interfaz gráfica de usuario y reúne una colección de diferentes algoritmos sobre generación de modelos de distribución de especie, tales como: ANN-Artificial Neural Networks, AquaMaps, Bioclim, CSM-ClimateSpaceModel, Envelope Score, Environmental Distance, GARP-Genetic Algorithm for Rule-set Production, GARP Best Subsets, SVM-Support Vector Machines, ENFA y MAXENT (Muñoz *et al.* 2009).

Por otro lado, openModeller presenta estadísticas útiles para la evaluación de los modelos lo cual facilita la selección final, en donde se tiene en cuenta parámetros como valores de sensibilidad, de error de omisión, porcentaje de celdas aptas y los valores de curva ROC. La sensibilidad es la medida del número de presencias acertadas sobre número total de presencias, el error de omisión son los puntos que quedan por fuera del área de presencia de un modelo, el porcentaje de celdas aptas es el total de celdas sobre el número de presencias detectadas, la curva ROC una función de la especificidad y la sensibilidad del modelo contra los valores de presencia-ausencia (Hanley & McNeil 1982).

Herramientas Moleculares en Identificación de Especies y Control al Tráfico Ilegal

De cara a los compromisos adquiridos en el Convenio de Diversidad Biológica (CDB), el control del tráfico ilegal de los recursos biológicos ha sido uno de los principales desafíos, al ser la identificación precisa de las especies y su procedencia una gran dificultad. En Colombia se han venido generando manuales para la identificación de especies (López & Cárdenas 2002, López & Montero 2005), los cuales poseen limitantes de acuerdo a la destreza de quién se enfrenta a la identificación de las especies o sus partes, ya que exige un conocimiento previo, situación que requiere la opinión y el examen de especialistas para su identificación. Hoy en día existen iniciativas mundiales que han desarrollado marcadores moleculares que permiten la identificación de especies mediante un fragmento corto de ADN. La documentación molecular de las especies resulta una herramienta útil para catalogar e inventariar la biodiversidad a partir de partes o fragmentos de un individuo, con significativas aplicaciones en la conservación y en el control al tráfico ilegal.

Códigos de Barra de ADN en Plantas

El término “DNA barcoding” (en español códigos de barra de ADN) es de uso reciente en la literatura y se apoya en el uso de una región de ADN estandarizada, como un marcaje para la identificación de especies de forma rápida y precisa. Este término fue utilizado por primera vez por Arnot *et al.* (1993) y desde el año 2003, comenzaron a consolidarse los códigos de barra de ADN, con el inicio del ahora establecido *Consortium for the Barcode of Life* (CBOL) (en español Consorcio para el Código de Barras de la Vida), una iniciativa internacional que soporta el desarrollo de códigos de barra de ADN a nivel mundial (Valentini *et al.* 2009).

Éstos códigos, no tienen la ambición de construir el árbol de la vida o hacer taxonomía molecular, más bien producir una herramienta diagnóstica basada en un fuerte conocimiento taxonómico recopilado en una biblioteca de referencia de ADN. Las principales metas de los códigos de barra de ADN son: i) asignar la identidad de especie a un individuo o ejemplar desconocido y ii) aumentar el descubrimiento de nuevas especies y facilitar la identificación, particularmente en especies crípticas, microscópicas y otros organismos con morfología compleja o inaccesible (Frézal & Leblois 2008, Kress *et al.* 2005).

Es de anotar que en tres situaciones importantes la identificación de especies es relevante y está, necesariamente, basada en datos moleculares: 1) en la determinación taxonómica de organismos deteriorados o a partir de fragmentos de ellos, como comida o extractos estomacales; 2) cuando no hay una obvia manera de hacer una correspondencia entre el adulto y especímenes inmaduros, como en larvas de peces, anfibios, coleópteros o estados asexuales de hongos y 3) cuando las características morfológicas claramente no distinguen las especies, como en algas rojas, especies de hongos, especímenes de mosquitos colectados en campo; 4) cuando por el tamaño no es posible la identificación visual, o si la especie tiene un ciclo de vida polimórfico y/o exhibe una plasticidad fenotípica pronunciada (Frézal & Leblois 2008).

El CBOL Plant Working Group (2009) después de un vasto trabajo molecular y bioinformático, seleccionó el código de barras de ADN universal para plantas terrestres; un código de dos genes (dos *locus*) que incluye una porción de la región codificante de los genes *rbcL* y *matK* del cloroplasto, lo cual implicó la solución de varios problemas como universalidad, calidad de la secuencia, discriminación de especies y costo (Cräutlein *et al.* 2011).

La región *matK*, tiene cerca de 800 pares de bases (pb) y suministra frecuentemente una alta resolución, lo cual indica una buena identificación de especies; las desventajas incluyen la falta de cebadores universales para todos los taxones y las dificultades técnicas debido al bajo éxito de amplificación, especialmente en los grupos externos a las angiospermas. La región *rbcL* es más corta, con un tamaño de 500 pb aproximadamente; esta región tiene varias ventajas como la disponibilidad de cebadores universales estándar, alto éxito de amplificación y una buena calidad de las secuencias. Aunque su poder de discriminación es menor que el de *matK*, el código de *rbcL* proporciona una ruta a familia, género y algunas veces hasta especie (Cräutlein *et al.* 2011). También hay otras opciones en plantas en el cloroplasto, las cuales pueden ser empleadas como suplementarios si la resolución no es la adecuada cuando se utilizan los códigos de barra estándar.

En este contexto, la implementación de este tipo de tecnologías permite la identificación de especies a partir de un fragmento del individuo lo cual es importante en casos donde no se cuenta



con todas las estructuras reproductivas que permitan la identificación a nivel de especie. Esta técnica será particularmente útil en el control de tráfico ilegal de especies maderables. Una vez se cree una base de datos de las secuencias de ADN de aquellas especies objeto de tráfico ilegal, se podrá realizar la identificación de una especie por medio de las regiones código de barra de ADN a partir de fragmentos del individuo.

Marcadores Moleculares Microsatélites

Los marcadores moleculares, como los microsatélites, son secuencias de ADN identificables que se encuentran en sitios específicos en el genoma y son transmitidos por las leyes normales de herencia de una generación a la siguiente; no deben ser considerados genes normales puesto que no tienen ningún efecto biológico, en lugar de ello pueden ser considerados como puntos de referencia constantes en el genoma (Semagn *et al.* 2006). Los microsatélites permiten conocer la variabilidad genética de los individuos de una misma especie, de esta manera es posible identificar la huella genética de los diferentes especímenes identificados bajo la misma especie. De este modo, podrá constituirse como una herramienta importante para determinar el origen de productos de especies sometidas al tráfico ilegal.

Los microsatélites son conocidos como secuencias simples repetitivas (SSR single sequence repeats), repeticiones en tandem³ variables en número (variable number tandem repeats VNTR) y repeticiones cortas en tandem (*short tandem repeats* STR) (Selkoe & Toonen 2006). La variabilidad de los microsatélites es frecuentemente tan alta que incluso con un pequeño número de *loci* y un gran número de individuos, todos los individuos tienen un único genotipo multilocus (la combinación de los alelos que un organismo posee). Por lo tanto es posible abordar preguntas como discriminación, relaciones, estructura y clasificación genética, no solamente a nivel poblacional (empleando frecuencias alélicas), sino también a nivel individual (mediante el genotipo) (Wan *et al.* 2004). Recientemente, Degen *et al.* (2012) emplearon marcadores moleculares en *Swietenia macrophylla* como una herramienta para el control del tráfico ilegal, en este sentido los SSR fueron ensayados para identificar el origen geográfico de la madera de esta especie y en varios casos lograron asignar las muestras de madera al país de origen correcto.

La principal limitación de la utilización de marcadores SSR de bibliotecas genómicas es su alto costo de desarrollo y esfuerzo requerido para obtener cebadores que trabajen en una especie determinada. El uso más generalizado de SSR genómicos en plantas también se facilita si los *loci* son transferibles entre especies (Semagn *et al.* 2006).

La aplicación de marcadores SSR transferibles entre especies y géneros se ha reportado en muchas especies de plantas cultivables, especialmente en estimaciones de diversidad en estudios de germoplasma. Aunque la transferencia de SSR hacia otras especies puede presentar ciertos problemas potenciales que limitan su empleo, entre los cuales están el tartamudeo de bandas (*stutter bands*), alelos nulos y amplicones heterologos, esta opción se ha convertido en la menos costosa y efectiva cuando se requieren hacer estudios de mapeo genético y comparativo, estimaciones de diversidad genética y relaciones filogenéticas y selección asistida por marcadores e identificación de cultivares, entre otras aplicaciones (Wang *et al.* 2009).

3 Tandem: Segmentos cortos de ADN repetidos consecutivamente, múltiples veces (Aluru 2006)

En los últimos años, los marcadores moleculares microsatélites se han propuesto como un sistema de seguimiento de origen de la madera (p.e Tnah *et al.* 2010; Jolivet & Degen 2012; Degen *et al* 2012), para ello debe existir variación genética dentro en la especie de interés e idealmente estar estructurada geográficamente. Una variación genética idónea se establece dentro de las poblaciones naturales de casi todas las especies, debido a una combinación de procesos mutacionales y poblacionales (p. e. flujo genético y deriva). De otro lado, la estructura genética, con el tiempo, puede ser el efecto de diferentes escalas espaciales causadas por la limitada dispersión de polen y semillas dentro de una población, por el flujo genético limitado entre poblaciones o por la disrupción histórica de un rango continuo de una especie por cambios geográficos o climáticos. Cada una de estas variaciones producirá una discontinuidad genética o variación clinal dentro de una especie que puede ser identificada empleando marcadores moleculares como los microsatélites (Lowe, 2008).

Aunque estudios con marcadores moleculares (p. e microsatélites) sobre filogeografía y de análisis estructural de poblaciones muestran diferencias genéticas significativas a niveles regionales y continentales amplios, se puede emplear la variación a escalas más pequeñas para distinguir genéticamente poblaciones individuales (Lowe 2008).

El desarrollo de una metodología basada en marcadores moleculares como los microsatélites que permitan la trazabilidad de origen de la madera de una especie, se realiza en varias etapas las cuales incluyen: el desarrollo de marcadores específicos de la especie, el muestreo de las poblaciones (inventario genético) en todo el rango de distribución de la especie, lo cual es la base para identificar el origen de la madera, la evaluación de los marcadores para determinar su poder y posible resolución espacial para identificar el origen geográfico, la construcción de una base genética de referencia y por último el empleo de test estadísticos de asignación de muestras y desarrollo de simulaciones computacionales para el diseño de estrategias apropiadas para la trazabilidad de la madera



ASPECTOS METODOLÓGICOS PARA LA FORMULACIÓN DE PLANES DE MANEJO

Entrevistas en Herbarios, CAR's, Depósitos de Madera y a Expertos

Con el fin de obtener los registros históricos como base para la identificación de poblaciones naturales de las especies y su posterior verificación en campo, se visitaron diferentes Herbarios que representan las principales regiones biogeográficas del país. En cada herbario se revisó cada ejemplar de Abarco, Caoba, Cedro, Palorosa y Canelo de los Andaquíes. A su vez, se consultó vía Internet la base de datos del SiB³ (Sistema de Información sobre la Biodiversidad) y de GBIF (Global Biodiversity Information Facility)⁴ donde se revisaron todos los registros de las especies de interés reportadas en el territorio colombiano. Se registró la información concerniente a colector, fecha de colección, localidad, georreferenciación, altitud, hábitat, fenología, usos, determinador, fecha de determinación y observaciones del individuo. No se consideraron registros duplicados en diferentes Herbarios, ni tampoco los que mostraran un bajo nivel de confiabilidad en la determinación taxonómica y en la definición geográfica de la localidad.

Sumado a estos registros, se hicieron entrevistas estructuradas en las Corporaciones Autónomas Regionales, Corporaciones de Desarrollo Sostenible y Secretarías de Ambiente, con jurisdicción en las áreas de distribución natural de éstas especies, con el fin de identificar poblaciones naturales remanentes que puedan estar sometidas actualmente a aprovechamiento y/o vinculadas en los Planes de Ordenamiento Forestal (POF) existentes. Adicionalmente, se realizaron entrevistas en los depósitos y/o sitios de transformación de madera en las principales ciudades del país, para establecer cómo se encuentra en la actualidad el comercio de las especies y adicionalmente contar con información sobre procedencias de las mismas. Otra fuente de información fueron algunos expertos, quienes debido a su amplio conocimiento de los bosques naturales en diferentes regiones del país, complementaron la información sobre las poblaciones naturales. Por último, se tuvo en cuenta los datos registrados en publicaciones científicas sobre la presencia de las especies evaluadas.

Mapas de Distribución de las Especies

Mapas de Distribución Histórica de las Especies

A partir de los registros biológicos de los Herbarios visitados, los obtenidos en las bases de datos en Internet (Sistema de Información en Biodiversidad en Colombia -SiB- y Global Biodiversity Information Facility -GBIF) y las localidades reportadas por las diferentes Corporaciones Autónomas y de Desarrollo Sostenible, se realizó el mapa de distribución histórica de las especies.

4 Accedido a través del portal de datos SiB Colombia, data.sibcolombia.net, 2012-09.

5 Accedido a través del portal de datos: <http://data.gbif.org/welcome.htm>, 2012-09

Mapas de Distribución Potencial de las Especies

Para la elaboración de los mapas de distribución potencial, se partió del mapa de distribución histórica al cual se le adicionaron las localidades reportadas en las entrevistas a las Corporaciones Regionales sobre sitios recientes de aprovechamiento, las localidades reportadas por depósitos de madera y carpinterías sobre fuente de la madera comercializada y/o transformada y las localidades reportadas por los expertos en temas forestales. Todos los registros fueron espacializados en un mapa utilizando ArcGis 10.

Se usaron las 19 variables bioclimáticas generadas por WorldClim - Global Climate Data (Hijmans *et al.* 2005) con una resolución espacial de 1 km cuya descripción se presenta en la Tabla 1.

Tabla 1. Variables bio-climáticas usadas para elaboración de los mapas de distribución potencial de las especies.

Variable	Descripción
Bio_01	Temperatura media anual
Bio_02	Media del rango de T diario
Bio_03	Temperatura media de las máximas del mes más cálido
Bio_04	Temperatura media de las mínimas del mes más frío
Bio_05	Rango anual calculado como B03-B04
Bio_06	Isotermalidad calculada como B02/B05
Bio_07	Desviación estándar de la Temperatura mensual
Bio_08	Temperatura media del cuatrimestre más húmedo
Bio_09	Temperatura media del cuatrimestre más seco
Bio_10	Temperatura media del cuatrimestre más cálido
Bio_11	Temperatura media del cuatrimestre más frío
Bio_12	Precipitación media anual
Bio_13	Precipitación media del mes más húmedo
Bio_14	Precipitación media del mes más seco
Bio_15	Rango anual de Precipitación, calculado como B14-B13
Bio_16	Precipitación total media del cuatrimestre más húmedo
Bio_17	Precipitación total media del cuatrimestre más seco
Bio_18	Precipitación total media del cuatrimestre más cálido
Bio_19	Precipitación total media del cuatrimestre más frío

Adicionalmente, se utilizó las siguientes capas de información:

Aspect	Aspecto del relieve generado de STRM
Tpind	Índice de humedad generada por Global 30 Arc-Second Elevation Data Set (GTOPO30).
Mdt	Modelo digital de elevación (STRM). 90m de resolución
Slope	Pendiente generada de STRM
b_nb	Mapa Bosque/No bosque año 2011 (IDEAM 2013). 250 m de resolución
Fa	Flujo de acumulación hídrica (GTOPO30)





Del total de localidades, se realizó una partición aleatoria de los datos en dos grupos: uno para calibración de los modelos (90%) y otro para evaluación del modelo (10%). Con el 90% de las localidades de cada especie se procedió a generar un modelo de distribución potencial, usando openModeller (vs. 1.2), con los diferentes algoritmos del programa. Con esta información se elaboraron los modelos.

La evaluación de los mejores modelos de openModeller, se realizó con base en cuatro criterios: i) sensibilidad, ii) error de omisión, iii) porcentaje de celdas aptas y iv) valores de curva ROC⁶ de cada uno. Los mejores modelos fueron escogidos cuando los valores de sensibilidad estuvieron cercanos a 1, tuvieron menor error de omisión, mayor porcentaje de celdas clasificadas como aptas y valores de curva ROC mayores a 75%, siendo este último el más utilizado en la evaluación de modelos de una misma especie y una misma área de estudio (Muñoz & Felicísimo 2004, Benito de Pando & de Giles 2007, 2008).

Para la obtención de un modelo único, una vez se seleccionaron los modelos que mejor representaron la distribución de la especie (los algoritmos con mayores valores en cada criterio definido) y con base en los puntos de presencia para evaluación, se definieron tres categorías de probabilidad de presencia (alto, medio y bajo) para cada uno dentro del rango de mayor probabilidad. Para ello, sobre cada modelo, se superpusieron los registros de evaluación y se calculó la media aritmética y desviación estándar de los valores de los píxeles donde cayeron cada uno de los registros de acuerdo con Martínez (2005). Con estos valores, fueron designadas las siguientes categorías:

Categoría Bajo para valores menores a $\bar{X} - \frac{\delta}{2}$

Categoría Media para valores entre $\bar{X} - \frac{\delta}{2}$ y $\bar{X} + \frac{\delta}{2}$

Categoría Alta para valores mayores a $\bar{X} + \frac{\delta}{2}$

Donde $\bar{X}$ = Media aritmética y δ = Desviación estándar

Finalmente, para la definición del modelo de distribución actual de cada especie en bosque natural, se aplicó una máscara con valores booleanos (cero o uno) sobre los datos en el mapa, cuyo criterio corresponde a áreas con cobertura de bosque natural presente y áreas desprovistas de bosque natural, las cuales fueron tomadas del mapa Bosque/No Bosque año 2011 (IDEAM 2013). Para el caso de la especie Abarco y Caoba, la máscara se aplicó a la región amazónica y para el caso de Palorosa y Canelo de los Andaquíes dado que son de Amazonia, la máscara aplicó al resto del país. El modelo de cada especie fue validado por expertos con quienes se definió el que mejor representa la distribución potencial de cada especie.

6 La curva ROC, es la representación de los valores de omisión y comisión de los puntos de presencia sobre el modelos generado, en donde se calculan la fracción de presencias correctamente clasificadas y la fracción de presencias erróneamente clasificadas. Una explicación detallada de este análisis se encuentra en Hanley & McNeil (1982).

Evaluación de Poblaciones Naturales

Selección de Localidades para Identificación y Evaluación de Poblaciones Naturales

Las localidades para identificación y evaluación de poblaciones naturales se seleccionaron con base en el mapa de distribución potencial elaborado para cada especie. Se procuró evaluar el 100% de las localidades identificadas, sin embargo algunas presentaban problemas de acceso (orden público y falta de autorización de Parques Nacionales Naturales principalmente) las localidades evaluadas se presentan en la (Figura 1).

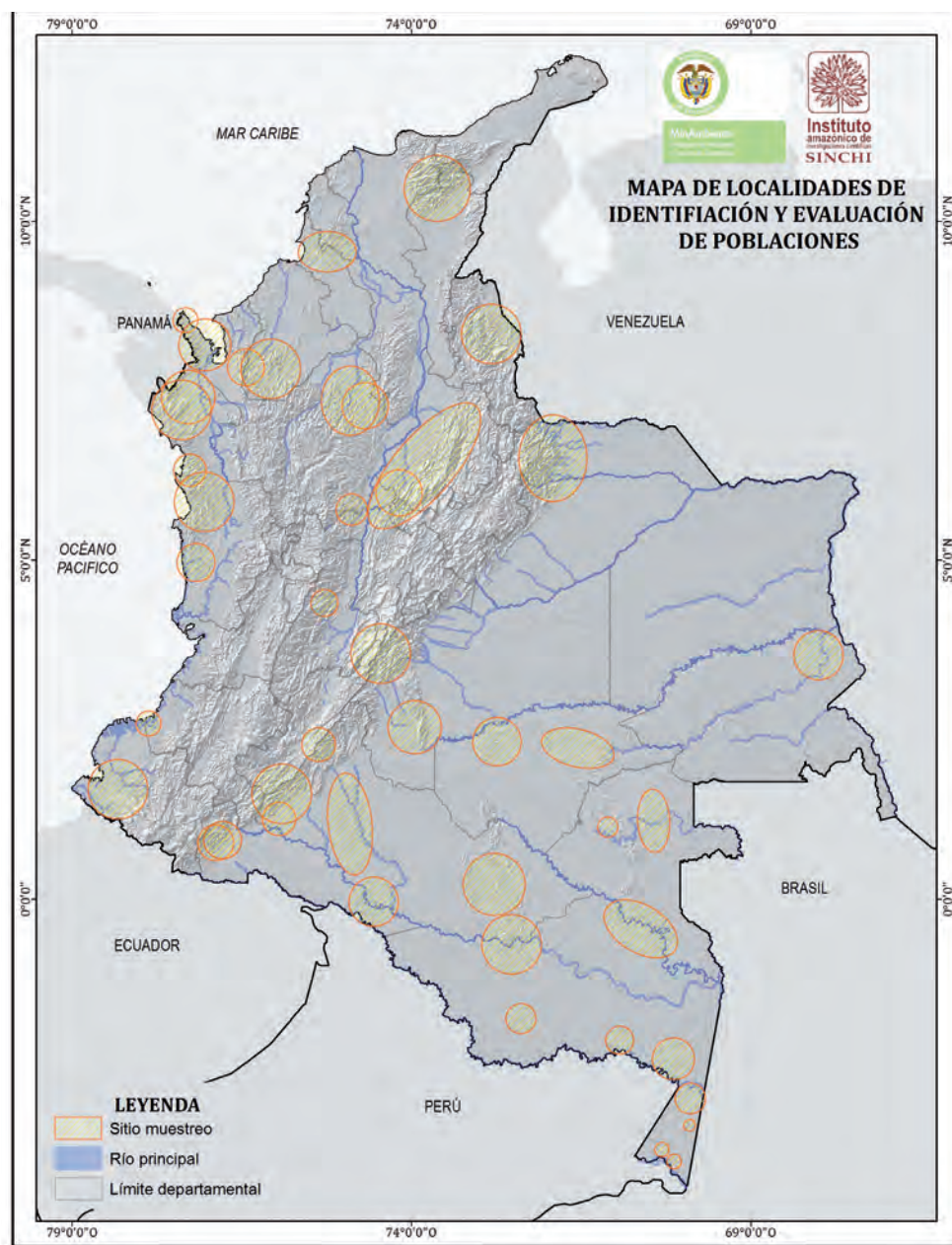


Figura 1. Localidades para identificación y evaluación de campo.



Muestreo de Campo

Una vez seleccionadas las localidades, se procedió a realizar una primera verificación en campo de la probable existencia de poblaciones naturales viables o remanentes para cada una de las especies en cada uno de los sitios. En todos los casos, fue necesario contar con la ayuda de guías locales conocedores de las especies y de los distintos tipos de ecosistemas boscosos presentes. Se realizaron extensos recorridos y una vez identificado un individuo, se procedió a georreferenciarlo, a registrar las distintas variables dasométricas, registro fotográfico de sus principales caracteres vegetativos, colecta de una muestra botánica y una muestra de tejido foliar para los análisis de ADN. Adicionalmente para cada localidad se obtuvo información acerca del estado legal del territorio, historia de uso de la tierra y otros aspectos de contexto social de la región, así como información sobre las presiones históricas y presentes del bosque⁷.

Posterior a la confirmación de la presencia de una población viable de la especie de interés en una localidad, se hizo una segunda fase de campo con el objeto de evaluar la estructura poblacional en su hábitat natural y el estado de conservación. Para tal fin y teniendo en cuenta que se trata de especies que han sido sometidas a procesos intensivos de explotación, se definió un muestreo dirigido no probabilístico, que consistió en seleccionar unidades elementales de la población en bosques con buen estado de conservación (Thomson 2002). Se realizó la mayor cantidad posible de unidades muestrales y en cada unidad se procuró realizar recorridos largos, a fin de capturar el mayor número de individuos de cada población.

Se emplearon dos metodologías de muestreo: una para evaluar los individuos ≥ 1.5 metros de altura y otra para evaluar la regeneración natural en sus primeros estadios de desarrollo. Para evaluar individuos ≥ 1.5 m de altura, se siguió la metodología basada en transectos lineales de longitud y ancho variable (Buckland *et al.* 2001; Marques *et al.* 2010), donde se registraron todos los individuos encontrados a ambos lados de la línea, midiendo la distancia perpendicular entre el individuo y el punto sobre el transecto, el cual es georreferenciado (Figura 2). Esta metodología permite mayor versatilidad y agilidad al muestrear cada especie individualmente, sin necesidad de delimitar parcelas; a su vez permite evaluar atributos poblacionales como densidad, sobre la base de mediciones precisas de los objetos detectados en la proximidad a la línea (Thomas *et al.* 2010). Es muy útil cuando se requieren estimaciones confiables para comparaciones entre sitios en poco tiempo, para individuos que se encuentran dispersos en un área geográfica grande, es altamente rentable y a menudo el único método disponible (Buckland *et al.* 2001, Buckland *et al.* 2007, Jensen & Meilby 2012). Es además muy eficiente en el caso de evaluar especies conspicuas o emblemáticas ampliamente reconocidas, pero con graves problemas de conservación.

7 Dado que se contó con conocedores expertos en las zonas visitadas se preguntó por la tenencia de la tierra de los sitios visitados (el estado legal del territorio), sobre la historia de aprovechamiento forestal de la zona (con el fin de conocer hace cuanto tiempo se extrae madera de los sitios visitados), contexto social de la región (cualquier proceso que afectara las poblaciones de las especies de interés).

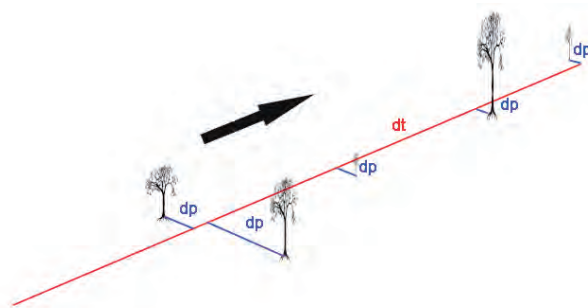


Figura 2. Método de muestreo de transecto lineal de longitud variable.

Distancia total recorrida (dt). Distancia perpendicular desde un individuo a la línea del transecto (dp).

Por otro lado, para evaluar la regeneración de las especies, se establecieron 4 parcelas triangulares concéntricas al árbol parental direccionadas en sentido de los 4 puntos cardinales (Figura 3). Las parcelas fueron de 40 m de largo y 16 m de base; tomando como parámetro el área que cubre la lluvia de semillas (Díez & Moreno 1998). Dentro de las parcelas se registraron todos los individuos de la especie pertenecientes a las siguientes categorías: a) plántulas (altura menor a 0.30 m), b) brinzales (altura entre 0.30 m y 1.5 m) y c) latizales (altura mayor a 1,5 m y DAP menor a 10 cm) (Gamboa 2008). Con este tipo de muestreo además de disminuir los tiempos de muestreo, se obtiene información estadísticamente aceptable (Gamboa 2008; Safranyik & Linton 2002).

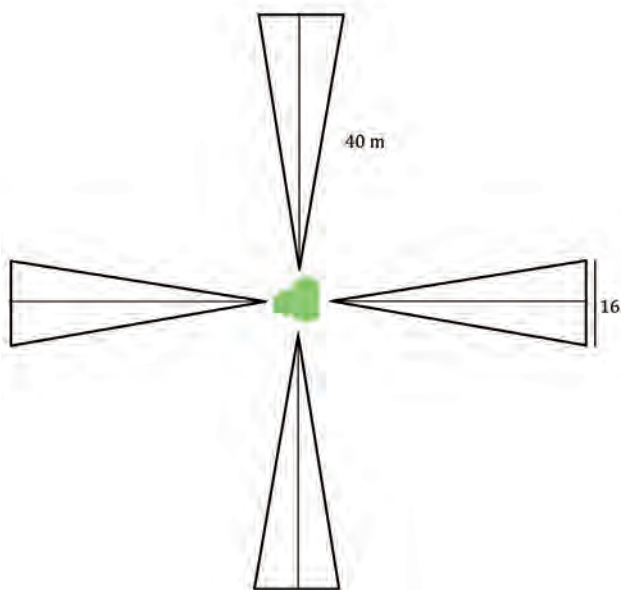


Figura 3. Ilustración de metodología desarrollada para el muestreo de la regeneración natural.

A cada individuo registrado en los transectos, se le registraron las medidas de diámetro a la altura del pecho (DAP, tomado a 1.3 m), altura total, altura del fuste (calculadas con clinómetro), coordenadas geográficas, una muestra botánica y una de tejido para los análisis de ADN. Para el caso de los individuos encontrados en las subparcelas (regeneración natural), se anotó la coordenada del parental al cual estaban relacionados, su categoría de tamaño y la abundancia. Las muestras botánicas se procesaron e identificaron en el Herbario Amazónico



Colombiano (COAH) y las muestras de tejido se amplificaron en el Laboratorio del Instituto Sinchi y se secuenciaron en el laboratorio del Instituto de Genética de la Universidad Nacional de Colombia.

De cada sitio se tomaron datos sobre el tipo de bosque, densidad de cobertura, especies características y topografía del terreno. Cabe resaltar que en el proceso de inventario, se registraron individuos de las especies de interés creciendo en diferentes arreglos agroforestales y potreros arbolados, los cuales se tomaron como colecciones de referencia y para la evaluación molecular.

Análisis de Datos

Los principales atributos poblacionales pueden dividirse en aspectos estructurales y dinámicos (Morlans 2004). Para efectos del presente estudio, se tuvieron en cuenta los siguientes aspectos estructurales: número de individuos, clases diamétricas, densidad, altura, distribución espacial (georreferenciación de cada uno de los individuos), calidad y estado fenológico del individuo.

Estructura Poblacional

Asumiendo que existe una relación entre el tamaño de un árbol y su edad, la distribución de las clases diamétricas de un fragmento de bosque refleja su estructura demográfica y por lo tanto, su historia reciente (Ajbilou *et al.* 2003). Para el análisis de la estructura poblacional, se clasificaron los individuos por clases diamétricas en un rango de 10 cm de amplitud. La tipificación de los patrones de distribución de diámetros se realizó empleando el paquete estadístico Stat Graphics Centurion XVI (Versión 16.1.18; Stat Point Technologies, Inc), mediante el ajuste a las funciones teóricas Weibull, Log Normal o Normal con un nivel de confianza del 95%, cuya elección del mejor modelo se basó en la prueba de bondad de ajuste Kosmogorov-Smirnov. En el caso de las poblaciones relictuales con menos de 3 individuos no se realizó ajuste a una distribución teórica.

Densidad Poblacional

El muestreo basado en distancia es un grupo de métodos en los cuales se registran las distancias desde una línea, a partir de las cuales se estima la densidad y/o abundancia de una especie o grupo de estudio (Thomas *et al.* 2010). La estimación de densidad para cada especie y localidad se realizó utilizando el programa Distance 6.0 (<http://www.ruwpa.st-and.ac.uk/distance/>) recomendado por Sutherland (2006) para datos de muestreo en transectos. Esta herramienta utiliza diversos modelos para la distribución de probabilidad de encuentro de los individuos; en este caso, se evaluaron los modelos medio-normal y exponencial negativo, con los multiplicadores Coseno y Polinomial. El mejor modelo de ajuste fue escogido teniendo en cuenta el menor valor del Criterio de Información Akaike (AIC, por sus siglas en inglés), que evalúa el ajuste con el menor número de variables que utiliza cada modelo. El valor de ajuste de los datos sobre el modelo escogido se definió por la prueba de bondad de ajuste Kosmogorov-Smirnov, con límites de confianza a un 95% de probabilidad, a excepción de los datos de la localidad de Juradó, que fueron de 99%.

Para cada uno de los sitios de estudio, se calculó la densidad y para determinar si existían diferencias o no entre las densidades estimadas para cada localidad, se realizó un ANOVA de una vía, utilizando el programa Stat Graphics Centurion XVI (Versión 16.1.18; Stat Point Technologies, Inc). En caso de que hubiese diferencias significativas entre las medias, se utilizó la prueba de rangos múltiples Tukey HSD con un 95% de confiabilidad, para establecer cuales sitios presentaban diferencias en la variable. Para el caso de las Parcelas Permanentes, la densidad se determinó con el valor neto de densidad poblacional.

La metodología empleada permite hacer estimativos confiables de la abundancia poblacional dentro de cada una de las unidades muestreadas, las cuales no fueron seleccionadas completamente al azar (se usó el conocimiento de guías locales). Lo anterior se debe en muy buena medida al hecho de que la distribución natural de las poblaciones arbóreas es gregaria (Condit *et al.* 2000), lo cual impide usar la misma información para estimados poblacionales a escalas más grandes bajo los supuestos de la teoría de muestreo clásica que asume que los individuos de la población poseen una distribución aleatoria. Para poder hacer estimaciones confiables de los tamaños poblacionales de cada especie a escalas más grandes, se requiere de estudios adicionales que empleen metodologías alternativas como el muestreo adaptativo (Sutherland 2006), las cuales se encuentran aún en estado de evaluación y desarrollo.

Información de Crecimiento

A partir de información disponible de las Parcelas Permanentes, se obtuvieron tasas de crecimiento medio anual en diámetro según la disponibilidad de datos de remediación de cada parcela.

Caracterización Molecular

Amplificación por Medio de Microsatélites (Huella Genética)

Con el propósito de identificar los microsatélites idóneos para estas especies se realizó una revisión de literatura especializada. Para el caso de Cedro se encontraron trabajos donde se han caracterizado microsatélites específicos; aquellos reportados por Hernández *et al.* (2007) han sido empleados en trabajos de diversidad genética y sistemas de apareamiento (Hernandez 2008) y en estudios de distribución geográfica de la diversidad genética de dos especies de *Cedrela* (*C. lilliol* y *C. balansae*) sujetas a severos procesos de degradación en la selva de Bolivia (Zelener *et al.* 2012).

Para el caso de Caoba, Lemes *et al.* (2002) reportaron diez *locus* microsatélite específicos para esta especie, los cuales han sido empleados en trabajos de estructura genética de poblaciones en Mesoamérica (Novick *et al.* 2003) y en el Amazonas brasileiro (Lemes *et al.* 2003), así como en estudios de flujo genético en poblaciones manejadas (André 2005), en poblaciones de explotación forestal en la Amazonía brasileira (André *et al.* 2008) y recientemente Degen *et al.* (2012) emplearon estos cebadores en un trabajo para la verificación del origen de la Caoba. Adicionalmente, se han reportado 12 nuevos marcadores microsatélites en esta especie (Lemes *et al.* 2011).



Para Abarco y Canelo de los Andaquíes la revisión de literatura especializada indicó que no existen microsatélites específicos, por ello se evaluó la transferibilidad de marcadores microsatélites reportados en otras especies del mismo género. Para el caso de Abarco (*Cariniana pyriformis*) se evaluaron varios marcadores reportados por Guidugli *et al.* (2008) y Tambarussi *et al.* (2013) trabajos donde se han caracterizado microsatélites para *Cariniana legalis* y se ha evaluado su transferibilidad a *Cariniana estrellensis* (Tambarussi *et al.* 2013; Guidugli *et al.* 2010). Para el Canelo de los Andaquíes (*Ocotea quixos*) se evaluaron los microsatélites reportados por Martins (2013), que fueron desarrollados para las especies *Ocotea odorifera* y *Ocotea porosa*. Es de anotar que para Colombia no existen reportes de la aplicación de microsatélites en estas especies.

Extracción de ADN

Para la extracción de ADN se empleó material foliar, previamente seco en sílica gel, del cual se tomaron aproximadamente 20 mg que se maceraron en un homogenizador FastPrep® (MP). Posteriormente se empleó el protocolo propuesto por Doyle & Doyle (1987) reportado previamente en algunas de estas especies. Cuando se presentaron dificultades en la extracción de ADN (p.e. poca cantidad, baja calidad por presencia de polisacáridos, fenoles, metabolitos secundarios), se utilizaron kits comerciales de extracción de ADN o columnas de limpieza de basadas en membranas de sílica.

Aplicación de Marcadores Moleculares Microsatélites

Cuando no existían marcadores moleculares reportados para las especies trabajadas, los criterios de selección de los cebadores fueron principalmente: el contenido de información polimórfica (PIC), la heterocigocidad, el número de alelos y la transferencia en otras especies del mismo género.

Para Abarco se evaluaron doce marcadores reportados por Guidugli *et al.* (2008) y Tambarussi *et al.* (2013). Para Caoba se evaluaron diez marcadores propuestos por Lemes *et al.* (2002). Para el caso de Cedro se emplearon nueve microsatélites reportados por Hernández *et al.* (2007) y para el caso del Canelo de los Andaquíes se emplearon los ocho marcadores reportados por Martins (2013) (Tabla 2).

Los cebadores fueron sintetizados y marcados en el extremo 5' con fluorocromos diferentes (6-FAM, PET, NED o VIC) (Tabla 2), en todos los casos condiciones de mezcla y de reacción de PCR fueron realizadas de acuerdo a lo reportado por cada uno de los autores.

Tabla 2. Cebadores microsatélites evaluados en las cinco especies

Nombre	Secuencia 5'-3'	Marcaje 5'
Abarco		
Cle01	F: TTCTCTTCCCCTCTTCCTC *R: GTTCTTTTCCTTTCCAAACCAACCAC	6-FAM
Cle02	F: TCTCAAACTCCCCTCAAG R: GTTCTTCCGAAGAAATCATCACCTCA	NED
Cle05	F: CAAGCCGCACCTTTATCTAT R: GTTCTTGCAGCCAACAGGATAGCA	PET

Continúa en la página siguiente ►

► Viene de la página anterior

Nombre	Secuencia 5'-3'	Marcaje 5'
Abarco		
Cle08	F: GCAATCCTCCAAACAGCATT R: GTTCTTCCCTCTCCATGACCGTTA	VIC
Cle10	F: AAGTAGAAACACCTGGCAGA R: GTTCTTCCCTATTTCATCCTCAGCAG	6-FAM
Cle12	F: GCCTTGTTAGATGTTGCCTGT R: GTTCTTTTGGTTAGTCTCCCTGTTAGC	NED
Ces04	F: AGCATCCTTTGAATTGG R: GTTCTTCTTCAAAGTAAAGATATAAAAC	PET
Ces07	F: TTGTAACAAACGGCATGTCC R: GTTCTTGTTTCGGAACAGACAAAGAGG	VIC
Ces11	F: AAGTAATTTCAATTCTCAAGTGG R: GTTCTTGTTCTGATATGGGCTTTCC	6-FAM
Ces16	F: GGACATACCTGCCAAAAC R: GTTCTTAGAGTTAGTTGCTGTTATATGG	NED
Ces18	F: ATAATCATGACCTGTGCC R: GTTCTTGTCCTGATCAAGTATGC	PET
Ces10	F: GGGCAGACCAAATCAAGAG R: GTTCTTGCCATTCTATAAACATTCAAG	VIC
Caoba		
Sm01	F: GCGCGATTGATTGACTTC R: GTTCTTGCGCTTAGCATTATTCTCC	PET
Sm22	F: TCTGCTACAGAGCTGGATGC R: GTTCTTGATGCTCGAAGAAGTCGTTG	NED
Sm31	F: CTTCTAATGTTCTGATGCCTG R: GTTCTTAGCAACTCGTGAGGAATTAC	VIC
Sm32	F: CACCTTATGTACACCACACAG R: GTTCTTGAAGGAGACACCAGCAATC	PET
Sm34	F: GCACTCAAGGTACACTATGAT R: GTTCTTTACGTGTGAATGCGTCTAT	FAM
Sm40	F: TGCTACTGTCAAGAGTGTAT R: GTTCTTGACAAACATGTACCACAAG	VIC
Sm45	F: CCTTATGTTCAACACACAGTA R: GTTCTTGAGACACCAGCAATCCAG	NED
Sm46	F: GCAGTACTCGCCTATCTCA R: GTTCTTTGAGAACTGCAGAATCCTTT	FAM
Sm47	F: GCCATTGGTCTCAATCTTAC R: GTTCTTGGAAGAGTCTTAGAACACAG	FAM
Sm51	F: GCAATTTCCAGAAGAAACC R: GTTCTTCTGTAGGCGATAACAATCAG	VIC
Cedro		
Ced2	F: TTTGCTTTGAGAAACCTTGT R: GTTCTTAACTTTCGAATTGGTTAAGG	PET
Ced18	F: CAAAGACCAAGATTGATGC R: GTTCTTACTATGGGTGGCACAACACTAC	6-FAM
Ced41	F: TCATTCTTGGATCCTGCTAT R: GTTCTTGTGGGAAAGATTGTGAAGAA	VIC

Continúa en la página siguiente ►



PLANES DE MANEJO PARA LA CONSERVACIÓN DE Abarco, Caoba, Cedro, Palorosa y Canelo de los Andaquíes

► Viene de la página anterior

Nombre	Secuencia 5'-3'	Marcaje 5'
Cedro		
Ced44	F: ACTCCATTAAGTCCATGAA R: GTTCTTATTTTCATTCCTTTAGCC	VIC
Ced54	F: GATCTCACCCTTGAAAAA R: GTTCTTGCTCATATTTGAGAGGCATT	NED
Ced61a	F: CAATCAAACCAAAAAATGGAT R: GTTCTTGCAAATTAACCAGAAAAACG	PET
Ced65	F: GAGTGAGAAGAAGAATCGTGATAGC R: GTTCTTGAGGTTTCGATCAGGTCTTGG	NED
Ced95	F: ATTTTCATTCCCTTTAGCC R: GTTCTTTATCATCTCCCTCACTCCA	6-FAM
Ced131	F: CTCGTAATAATCCCATTCCA R: GTTCTTGAGATATTTTGGGGTTTT	PET
Canelo de los Andaquíes		
Ood 05	F: GACACAGTAATGCTGGGGAAA R: GTTCTTACCCTCAACCTCATCATTGC	VIC
Ood 07	F: TAATGGGTCCCCTGTTTGA R: GTTCTTCCCCTTCTTCCCTCTCAC	NED
Ood 09	F: ATATGCTACTCTTTGGAAGC R: GTTCTTCTAGTAAAATTGTCCAACGA	6-FAM
Ood 14	F: CCTTAACTTCACCCTCTCC R: GTTCTTCCAAGTTCAAAGAGGAAAA	PET
Ood 15	F: AACAGAGTGGACTCGAAGAA R: GTTCTTTATGGAAGTGCCTCTTTCTC	6-FAM
Ood 16	F: TCCATTCGGAGAGAAAAATA R: GTTCTTCTCTAGTGACGAATGGAAG	NED
Ood 17	F: AGTAGCTTCACCAACCAAGA R: GTTCTTTGGCTTGTTTACTCCCTTA	VIC
Ood 20	F: TTAGTCTCACCTTCCATTCC R: GTTCTTTGGACACGAGGTAGTTTCT	PET

*Al extremo 5' de los cebadores reverse se adicionó una secuencia GTTCTT para mejorar la calidad de la amplificación.

Separación de Fragmentos de Microsatélites

Los fragmentos amplificados mediante PCR fueron diluidos para su lectura en el analizador genético. Para calcular el tamaño de los alelos resultantes fueron mezclados con un marcador de peso molecular GeneScan 600 LIZ size standard o GeneScan 1200 LIZ (Applied Biosystems). La separación de fragmentos se realizó mediante un analizador genético Applied Biosystems 3500 (en el Instituto de Genética de la Universidad Nacional de Colombia) o 3730xl DNA Analyzer (en MacroGen Inc). Los electroferogramas fueron analizados mediante la aplicación adicional Micro-satellite del software Geneious v5.6 (Drummond *et al.* 2012).

Análisis de los Resultados Huella Genética

Con la lectura de los microsatélites obtenidos se construyó una matriz de los alelos encontrados en cada uno de los *loci* evaluados, a partir de la cual se realizó una matriz binaria y se calcula-

ron distancias genéticas entre los individuos analizados. Las distancias estuvieron definidas de acuerdo a Huff *et al.* (1993), en las cual una comparación del mismo estado tiene un valor de 0 (comparaciones tanto 0 vs 0 y 1 vs 1), mientras que cualquier comparación de estados diferentes (0 vs 1 o 1 vs 0) tiene un valor de 1. Con el propósito de observar las relaciones genéticas entre los individuos evaluados se realizó un análisis de coordenadas principales a partir de la matriz de distancias genéticas. Igualmente se calculó, la heterocigocidad (media sobre loci) observada y esperada insesgada, el contenido de información polimórfica mediante el paquete estadístico GenAlEx (Peakall & Smouse 2006, 2012).

Extracción de ADN para Códigos de Barra

Para la generación de códigos de barra de ADN se colectaron como mínimo cinco a siete individuos de cada especie. El material colectado se almacenó en bolsas de papel rotuladas e introducidas en bolsas plásticas de selle hermético las cuales contenían abundante sílica gel en una proporción de peso 5-10:1 (peso sílica: peso material vegetal) (Powell *et al.* 2011). Cada especie o individuo del cual se obtuvieron las secuencias, tuvo un ejemplar botánico que reposa en el Herbario Amazónico Colombiano (COAH). Los protocolos de extracción de ADN fueron aquellos empleados para los procedimientos de marcadores moleculares microsatélite anteriormente mencionados.

Aplicación de Códigos de barra de ADN

Las regiones código de barras de ADN fueron aquellas propuestas por el CBOL: *matk* y *rbcl*, y cuando fue necesario se empleó un tercer marcador ITS. La amplificación y condiciones se realizaron de acuerdo a los protocolos propuestos por el CBOL PlantWorkingGroup. La secuenciación de las regiones amplificadas se realizó a través del servicio de secuenciación del Instituto de Genética de la Universidad Nacional de Colombia.

Análisis de los Resultados Códigos de Barra

Las secuencias obtenidas fueron editadas mediante el software Geneious v 5.6 (Drummond *et al.* 2012) y comparadas con la base de datos Genbank⁸ (Benson *et al.* 2005) mediante el programa BLAST. De cada especie se realizaron alineamientos múltiples de las secuencias obtenidas por medio del algoritmo MUSCLE, dado que se trata de identificar estándares globales para estas especies se siguió la metodología propuesta por el CBOL y a partir del alineamiento se calcularon distancias Kimura 2-Parametros (K2P) de cuya matriz se construyó un árbol filogenético mediante el método neighbor-joining. Los análisis filogenéticos fueron realizados utilizando MEGA ver-

8 El Genbank es una base de datos electrónica mantenida por el National Center for Biotechnology Information de los Estados Unidos de América. Contiene más de un billón de secuencias anotadas y con referencia cruzada con otras bases de datos. Los científicos pueden enviar sus secuencias de ADN al Genbank gratuitamente en la web. El éxito e importancia del Genbank ha llevado a muchas revistas científicas a requerir la sumisión al Genbank como prerequisite para la publicación de un artículo, lo cual asegura el acceso de los datos a la comunidad científica. La intención del Genbank no es competir con las revistas académicas, más bien es la mejorar la habilidad de la comunidad científica en el acopio de información (Hars 2003).



sión 5 (Tamura *et al.* 2011) el cual posee los algoritmos mencionados anteriormente para realizar las estimaciones de distancia y construcción de árboles filogenéticos.

Elaboración de Lineamientos para la Conservación y Manejo

Para la elaboración de los lineamientos de manejo, se realizó una revisión de literatura sobre planes de manejo en Latinoamérica, así como planes de conservación realizados en el país⁹. A partir del análisis de los resultados obtenidos en campo se hizo una recopilación de propuestas sobre acciones de manejo aplicables a las especies de interés. Se tomó como base el trabajo adelantado por Kattan *et al.* (2005), el cual fue analizado por el equipo técnico del proyecto a fin de elaborar una matriz de priorización de las diferentes problemáticas relacionadas a la conservación y manejo de cada una de las especies. Dicha priorización se basó en criterios de frecuencia de las propuestas identificadas, importancia de las propuestas (efectos sobre las poblaciones naturales de las especies seleccionadas) y factibilidad de llevarlas a cabo bajo las condiciones actuales del país (institucionales, financieras). Como producto de esta priorización se elaboró una primera propuesta de lineamientos que fue evaluada por el comité evaluador del Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible de donde se obtuvo una versión preliminar la cual fue presentada a las Corporaciones Autónomas y de Desarrollo Sostenible (CAR)¹⁰, en cinco talleres donde se analizaron cada una de las propuestas de lineamientos, y se incorporaron todas las consideraciones generadas por los participantes.



9 Se revisaron 22 Planes así: Alcalá & Gutierrez 2010, Boderó *et al.* 2007, Castaño *et al.* 2007, CITES 2010b, CITES 2010c, CORANTIOQUIA 2011a y b, CVC-FUNAGUA 2011, Díaz 2006, García *et al.* 2010, Gómez 2011, Kattan *et al.* 2005, Lombardi *et al.* 2009a, Lombardi *et al.* 2009b, Lozano-Zambrano 2010, Magin 2006, Marmillod 2007, Mendieta *et al.* 1999, Pineda *et al.* 2010, PNN Amacayacu 2005, Rebollar *et al.* 2002, Trujillo *et al.* 2008.

10 Dado su papel de Autoridades Ambientales Regionales tiene la función de llevar a cabo el control del aprovechamiento forestal en Colombia y por ende su papel es fundamental en las estrategias que se definan.

RESULTADOS DE LA RECOPILACIÓN DE INFORMACIÓN PARA LOS PLANES DE MANEJO

Resultados de Reportes de Herbarios

En total se consultaron 20 Herbarios colombianos y nueve extranjeros¹¹ (Tabla 3), donde se revisaron 834 ejemplares. El herbario con mayor número de registros fue el Herbario Nacional Colombiano COL representados principalmente en especímenes de inicios del siglo XX, seguidos del Herbario Amazónico Colombiano COAH con colecciones estrictamente amazónicas colectadas desde los años 80's.

Tabla 3. Herbarios y bases de datos consultados para registrar Abarco, Caoba, Cedro, Palo rosa y Canelo de los Andaquíes

Fuente	Abarco	Caoba	Cedro	Palo rosa	Canelo de los Andaquíes
Herbario Nacional Colombiano (COL)	13	10	68	0	0
Herbario Amazónico Colombiano (COAH)	0	1	27	14	19
Herbario de la Universidad del Valle (CUVC)	0	3	6	0	0
Herbario Federico Medem Bogotá (FMB)	0	0	19	0	0
Herbario de la Universidad de Antioquia (HUA)	10	1	26	0	0
Herbario de la Universidad de Córdoba (HUC)	2	2	2	0	0
Herbario de la Universidad del Quindío (HUQ)	0	0	2	0	0
Herbario Joaquín Antonio Uribe, Medellín (JAUM)	8	2	10	0	1
Herbario Jardín Botánico Gabriel Piñeres (JBGP)	0	0	2	0	0
Herbario Universidad de los Llanos (LLANOS)	0	0	0	0	0
Herbario Gabriel Gutiérrez, UNAL (MEDEL)	6	2	4	0	0
Herbario de la Universidad de Nariño (PSO)	0	0	2	1	0
Herbario de la Universidad del Tolima (TOLI)	0	1	3	0	0
Herbario J. B. Juan María Céspedes (TULV)	2	1	4	0	0
Herbario Universidad Distrital de Bogotá (UDBC)	16	5	31	0	0
Herbario Universidad Industrial Santander (UIS)	0	1	1	0	0
Herbario Universidad del Magdalena (UTMC)	0	1	0	0	0
Herbario UNAL, sede Palmira (VALLE)	0	0	1	0	0
Base de datos GBIF (Herbarios extranjeros)	5	0	31	0	0
Herbario Jardín Botánico Eloy Valenzuela (CDMB)	3	0	0	0	0
Herbario de la Universidad de Córdoba (HUCO)	1	0	0	0	0
Herbario de la Universidad de Caldas (FAUC)	2	0	0	0	0
Total registros por especie	68	30	239	15	20

¹¹ Herbarios extranjeros que reportaron colecciones de las especies de interés fueron: Swedish Museum of Natural History (http://www.nrm.se/english.16_en.html); Smithsonian Institution (<http://collections.mnh.si.edu/search/botany/>), Missouri Botanical Garden (<http://www.mobot.org>), Harvard University (<http://www.huh.harvard.edu>), Royal Botanic Gardens Kew (<http://www.kew.org/collections/herbcol.html>), New York Botanical Garden (Muséum National d'Histoire Naturelle (<http://colhelp.mnhn.fr>), Field Museum of Natural History (<http://fieldmuseum.org/explore/departement/botany/collections>), Real Jardín Botánico de Madrid (<http://www.rjb.csic.es>).



Registros de Abarco

Los especímenes de herbario provienen de los departamentos de Antioquia, Bolívar, Caldas, Chocó, Córdoba, Norte de Santander, Santander y Valle del Cauca. Entre todos los especímenes, 9 se encontraron con flor y 15 con fruto. Vale la pena destacar que para ser una especie tan comercial, son muy pocos los ejemplares que se encuentran en los Herbarios.

Registros de Caoba

Los registros provienen de 14 departamentos, aunque se debe resaltar que varios de estos registros corresponden a individuos cultivados como ornamentales y sólo 12 ejemplares botánicos corresponden a registros en bosques naturales así: Antioquia 4, Córdoba y Sucre 2 respectivamente y Bolívar, Choco y Santander con un (1) registro.

Registros de Cedro

Los 239 ejemplares están ampliamente distribuidos en los diferentes departamentos del país, siendo Antioquia el departamento con mayor número de registros con un total de 47, seguido de Santander con 16 y Amazonas, Chocó y Meta con 15 registros cada uno.

Registros de Palorosa

De los 15 registros, 14 pertenecen al Herbario Amazónico Colombiano (COAH) y uno al Herbario de la Universidad de Pasto (PSO), el cual no pudo ser ubicado con absoluta certeza dentro del departamento del Amazonas, de donde provienen 13 de los ejemplares. Un registro fue ubicado en el departamento de Caquetá.

Registros de Canelo de los Andaquíes

Los registros están únicamente en los Herbarios COAH y JAUM. La distribución restringida de la especie y la rápida desaparición de su hábitat, explican la poca cantidad de ejemplares y su escasa representatividad en el resto de Herbarios del país (Salinas & Cárdenas 2007). La mayor parte de los especímenes colectados provienen del departamento de Caquetá, esto se debe a un esfuerzo de muestreo intenso que existió en el trabajo de González (2011), enfocado en la especie.

Resultados de Entrevistas

Entrevistas a Depósitos, Carpinterías de Madera

En total se realizaron 472 entrevistas a sitios de acopio, distribución y transformación de madera (depósitos y carpinterías en las grandes ciudades del país). Se encontró que el 86.9% de los sitios visitados comercializa alguna de las maderas de interés. A pesar de existir vedas para la Caoba, emitidas por parte de algunas corporaciones autónomas como CARDER, Corpourabá y CDMB, se registraron registros en el 3% de los sitios visitados. Por el contrario, las especies conocidas como Cedro se comercializan en todos los departamentos del país, con un 84.3% de presencia en

los sitios visitados. Para el caso del Abarco, el 66% ofreció información de al menos una procedencia. Para el caso del Canelo, debido a que actualmente no se comercializa en el país, no se reportaron datos en las entrevistas realizadas.

Entrevistas en las Corporaciones Autónomas y de Desarrollo Sostenible y a Expertos en el Tema

En total se realizaron 30 entrevistas a funcionarios de las Corporaciones Regionales (CAR's) en cuyas jurisdicciones se hallaron registros históricos de las especies de interés. También se entrevistó a funcionarios de tres Secretarías de Distritales de Ambiente y a 25 botánicos expertos¹² con amplio conocimiento en bosques naturales en diferentes regiones del país.

Adicionalmente durante las visitas a las CAR's fue posible realizar la consulta a los Planes Generales de Ordenación Forestal en diez Corporaciones, un Plan de Manejo Integrado, un formato de Libro de Operaciones, un inventario inicial a empresas o industrias forestales, además de informes de movilización, re-movilización y renovación en 16 corporaciones (con coordenadas, sitios de origen y destinos, volúmenes movilizados, finalidad del aprovechamiento, entre otros). Además, se obtuvieron informes del decomiso de madera de 4 corporaciones, un listado de depósitos, un listado de las solicitudes del Certificado de Incentivo Forestal y localidades de procedencia de los aprovechamientos. Finalmente, se contó con la Evaluación Integral del Estado de la Industria Forestal en la Región Metropolitana del Valle de Aburrá y el listado de depósitos de la jurisdicción suministrada por el Área Metropolitana del Valle de Aburrá.

Revisión de literatura

Fueron consultadas 17 referencias bibliográficas entre libros, artículos científicos, planes de ordenación forestal, datos de corporaciones en la web, que permitieron la localización de algunos registros de las especies de interés (v.g.: Pino & Mosquera 2004, Codechocó 2005a,b, CVS & UNAL 2005, Rangel-Ch. 2005, Corpourabá 2006, Gómez & Toro 2007, Klinger 2009, Sánchez 2008, Estupiñán & Jiménez 2010, Gómez 2010, Rivera-Díaz 2010, Rangel-Ch.2010, Corpocaldas 2011, Jimenez-Escobar 2012, Codechocó 2013, Moreno 2013).

Consideraciones sobre el Esfuerzo de Muestreo

Para el presente estudio se generó una grilla de hexágonos de 10 km en cada uno de sus lados¹³ para todo el territorio nacional; a esta división se sobrepusieron los registros reportados de la presencia de alguna de las especies evaluadas, con el fin de calcular el área donde se presenta mayor

12 Eduino Carbonó (Universidad del Magdalena), Ana Lucia López-G. (Universidad del Quindío), Lyndon Carvajal Rojas (Universidad Distrital), Hermes Cuadros (Universidad del Atlántico), Cesar Augusto Marin (Universidad Industrial de Santander), Hugo Martinez Higuera (Universidad del Tolima), María Eugenia Morales-Puentes (UPTC), Juan Lázaro Toro (Corantioquia), Pablo Stevenson (Universidad de los Andes), Felipe Alfonso Cardona Naranjo (Universidad de Antioquia), Francisco Castro (Consultor Externo), Wilson Rodriguez Duque (Universidad de Antioquia), Álvaro Idarraga Piedrahita (Universidad de Antioquia), Luis Miguel Alvarez (Universidad de Caldas), Alvaro Cogollo Pacheco (Jardín Botánico de Medellín), William Ariza (Herbario Universidad Distrital), Esteban Alvarez (Jardin Botanico de Medellín), Gonzalo Moscoso (Forestpa) y William Klinger (IIAP).



PLANES DE MANEJO PARA LA CONSERVACIÓN DE Abarco, Caoba, Cedro, Palorosa y Canelo de los Andaquíes

número de reportes de las especies. Esta definición coincidió con los sitios que fueron muestreados exhaustivamente y de donde se obtuvo la mayor información para los individuos existentes en poblaciones naturales.

Sobre las áreas boscosas se sumaron aquellos hexágonos explorados, donde se obtuvo al menos un registro de alguna de las especies. Así mismo se sumaron los hexágonos donde se realizó la evaluación de las poblaciones naturales de las especies de interés en el presente estudio, a fin de determinar el área efectiva muestreada, que correspondió a 1'903,291 ha. Cabe considerar que fueron encontradas poblaciones de al menos una de las especies en un área de 274,310 ha¹⁴, correspondiente aproximadamente al 4.87% del área boscosa del país.



- 13 El hexágono es una forma geométrica que permite formar una grilla de unidades adyacentes en todos sus sentidos o ejes, y que además disminuye el efecto de las esquinas en comparación a una grilla de cuadrados” (Kandu 2008), minimizan la proporción entre área/perímetro sin dejar espacios sin cubrir (Mateucci & Silva 2005).
- 14 De las 54'943,610 ha de bosque en Colombia (Mapa de Bosque/No Bosque IDEAM 2013) se descartaron 15.836.652 ha, que corresponden a aquellas áreas de los departamentos de Guainía, Vichada, Vaupés, Meta, Casanare y Arauca, donde históricamente no se ha reportado ninguna de las especies del presente estudio



**PLAN DE MANEJO
PARA LA CONSERVACIÓN
DEL ABARCO**
Cariniana pyriformis Miers

Aspectos Generales del Abarco

Taxonomía y Nombres Comunes del Abarco

Reino:	Plantae
Filo:	Magnoliophyta
Clase:	Magnoliopsida
Orden:	Ericales
Familia:	Lecythidaceae
Nombre científico:	<i>Cariniana pyriformis</i> Miers

Consideraciones taxonómicas y/o sinónimos: *Cariniana* es un género con dieciséis especies (Huang *et al.* 2008), tres de las cuales se encuentran en el territorio nacional (Prance & Mori 1979). Algunos sinónimos reconocidos son *Cariniana exigua* Miers. y *Cariniana clavata* Novikova (Tropicos 2013b).



Figura 4. Ilustración de Abarco (Adaptado de Galeano *et al.* 2007)

Nombres comunes: Abarco, Chibugá, Cocobarco, Piloncillo (Colombia), Bacú (Venezuela), Colombian Mahogany (Estados Unidos) (Prance & Mori 1979, Bernal *et al.* 2013).

Descripción Botánica del Abarco

Árbol caducifolio hasta de 50 metros de altura y 2 m de diámetro (Figura 5) (Prance & Mori 1979). Corteza externa fisurada de color café, desprendible en tiras largas y corteza viva blanda de color amarillo cremoso (Vargas & Giraldo 2002). Ramas jóvenes pubérulas, rápidamente tornándose glabras. Hojas simples, alternas, muy acuminadas, de lámina lanceolada a oblonga de 4,5–7,5 cm de larga, 2–3,2 cm de ancho, margen crenado y peciolo cortos y vena principal de la hoja con domacios. Inflorescencias hermafroditas dispuestas en panículas terminales entre 6–12 cm, con flores blancas a rosadas muy pequeñas. Los frutos son pixidios dehiscentes cónicos de 7–8 cm de largo con columela triangular. Cada fruto contiene de 8–25 semillas piriformes, de 4,1 cm de largo con un ala unilateral de 1,3 cm de longitud (Figura 4, Figura 5) (Betancur & Raigosa 1973, Prance & Mori 1979, Diez & Moreno 1998).



Figura 5. Individuo de Abarco. a. Fustal. b. Plántula y pixidio abierto. c. Pixidios con semillas d. Semillas (Fotos: Sandra Guerrero, Mauricio Bernal y Nicolás Castaño– Instituto Sinchi)



Características de la Madera del Abarco

El color de la albura es café y está bien demarcada, mientras que el duramen es rosado-café a ligeramente púrpura (CIRAD 2012). El grano puede ser recto a entrecruzado, con veteado definido por líneas y fibras, de textura media (Figura 6). Presenta elementos vasculares muy notorios y mucha tilosis, así como punteaduras intervasculares medianas, cristales romboides en las fibras y radios bajos contrastados en el corte radial. Presenta cristales de sílice en el parénquima axial, lo cual genera un gran desgaste en la maquinaria al trabajarla. Tiene brillo de medio a alto y pule bien. No tiene olor ni sabor característicos (Sarabia 1994).



Figura 6. Corte de madera de Abarco (Foto: Iván Montero - Instituto Sinchi)

Es una madera fuerte y resistente, moderadamente dura y pesada, muy resistente al ataque de hongos e insectos (Gerry 1952, Escobar *et al.* 1993, Diez & Moreno 1998, Gómez & Toro 2007, CIRAD 2012). El contenido de humedad es de 65.97% en verde y 11.65% seco al aire (Vargas & Giraldo 2002). La gravedad específica (seca al aire) es de 0.46 – 0.7 (Gerry 1952). Las principales propiedades físico-mecánicas se presentan en la Tabla 4.

Tabla 4. Principales propiedades físico mecánicas del Abarco

Propiedades Físicas

Densidad (g cm-3)	Seca al aire	Verde	Básica	Anhidra
	0.71	0.96	0.46 – 0.58	0.64
Contracción normal (%)	Tangencial	Radial	Volumétrica	T/R
	2.76	1.37	4.09	---
Contracción total (%)	5.13 – 6.40	3.13 – 3.17	8.30 – 9.75	2.06

Propiedades Mecánicas

	MOR (kg cm-2)		MOE (kg cm-2)		ELP (kg cm-2)	
	Verde (>30%)	Seca al aire	Verde (>30%)	Seca al aire	Verde (>30%)	Seca al aire
Flexión Estática	642 - 767	1028	103 - 105	132	513	---
Compresión paralela a las fibras	272 - 303	543	114	---	238	---
Compresión perpendicular a las fibras	116	---	---	---	61 - 69	109

Dureza (kg)				Cizallamiento (kg cm ⁻²)		Extracción de clavos (kg)	
Lados		Extremos		Promedio		Tangencial Extremos	
Verde (>30%)	Seca al aire	Verde (>30%)	Seca al aire	Verde (>30%)	Seca al aire	Verde (>30%)	Seca al aire
379	508	341	509	86 - 93	120	66	61

MOR= Módulo de ruptura, MOE= Módulo de elasticidad, ELP= Esfuerzo en el límite proporcional

Modificado de: (Vargas & Giraldo 2002, Vásquez & Ramírez 2005)

En cuanto a la trabajabilidad, el cepillado de la madera se hace en dirección al grano mientras que para el moldurado se hace en sentido contrario; es fácilmente penetrable en las tres orientaciones (Vargas & Giraldo 2002). Tiene buena estabilidad dimensional y una baja absorción de humedad (Martin 1984).

Distribución y Hábitat Natural de Abarco

Crece naturalmente en el extremo nor-occidental de América del sur, en zonas bajas y medias del norte de Colombia y la región de Maracaibo en Venezuela. Al parecer crece en Panamá, pero no existen colecciones que lo corroboren y las colecciones del resto de países por lo general son malas determinaciones o provenientes de árboles cultivados (Mori *et al.* 2010). En Colombia se ha encontrado en el Chocó, Urabá, Valle del río Sinú, cuenca Cauca-Magdalena y la región del Catatumbo (Galeano *et al.* 2007). En la región amazónica se aprovecha bajo el nombre Abarco otras especies (p.e *Cariniana micrantha*), las cuales pueden confundirse por el uso del mismo nombre común para todas las especies del género. Cabe resaltar que en la región del Guaviare ha sido introducido ampliamente en arreglos agroforestales, por el Instituto Sinchi.

El Abarco es una especie considerada heliófita durable, adaptada a un establecimiento rápido en claros de bosques maduros debido en parte a que posee semillas pequeñas y aladas, con cotiledones foliáceos y verdes, características que favorecen los procesos de dispersión y germinación respectivamente (Tsou & Mori 2002). Cabe resaltar que en el presente estudio, se encontró regeneración de la especie tanto en zonas de alta luminosidad como bordes de cursos de agua así como en bosques con dosel cerrado. Esta situación sugiere que el Abarco tolera un



amplio rango de condiciones variables de luminosidad durante sus primeros estadios, favoreciendo así su establecimiento.

La distribución natural de la especie corresponde a bosques húmedos y muy húmedos tropicales, en altitudes entre 50 y 800 msnm, con temperaturas superiores a 24°C y precipitaciones entre los 2000 y 5000 mm anuales con períodos secos bien definidos. Crece en bosques primarios y secundarios tardíos. Se desarrolla muy bien en suelos moderadamente profundos de textura franco-arcillosa a areno-arcillosa, con buen drenaje y tolera suelos ácidos con pH entre los 4.5 a 5.5 de preferencia en paisajes de terrazas, colinas, cañones de quebradas y ríos (Convenio Cornare–Universidad Nacional 1993, CONIF 1996, Gómez & Toro 2007, Gómez 2010).

Algunas especies asociadas como *Cyathea petiolata* (Cyatheaceae), *Magnolia* sp. (Magnoliaceae), *Brownea* sp. y *Dialium guianense* (Caesalpiniaceae), *Voyria truncata* (Gentianaceae), *Dipteryx oleifera*, *Myroxylon balsamum* (Fabaceae), *Centrolobium paraense* (Mimosaceae).

Fenología del Abarco

Según Prance & Mori (1979) la floración de Abarco se presenta durante diciembre. Otros estudios reportan que este evento sucede en el periodo comprendido entre julio a septiembre (Gómez & Toro 2007, Gómez 2010, Sinchi 2012), aspecto que coincide con los registros fértiles (flor) reportados en Herbarios del país, colectados en los departamentos de Antioquia y Santander durante agosto y septiembre. Sin embargo, también fueron encontrados para estos mismos departamentos, registros de Herbarios del país, con individuos en flor durante los meses de marzo, abril y mayo. Varios estudios sugieren que el Abarco florece en época de lluvias y fructifica en época seca (Gómez & Toro 2007, Gómez 2010, Sinchi 2012), siendo este comportamiento fenológico al parecer, característico de las especies con semillas aladas en la familia Lecythidaceae (Lepsch-Cunha & Mori 1999).

En cuanto a la fructificación, fue posible encontrar registros de colecciones con frutos en el departamento de Antioquia durante los meses de agosto y septiembre. Se ha reportado que el periodo de fructificación puede durar entre seis y siete meses, periodo que tardan los frutos en madurar (Gómez & Toro, Gómez 2010).

Dinámica de la Regeneración Natural del Abarco

En la subfamilia Lecythidoideae a la cual pertenece *Cariniana pyriformis*, la variación en los tipos de embriones está relacionada con estrategias de crecimiento y establecimiento de las plántulas (Tsou & Mori 2002). Las semillas de los géneros *Cariniana*, *Couroupita* y *Couratari* son pequeñas y con pocas reservas alimenticias; en compensación, presentan cotiledones foliáceos verdes (fotosintéticos), que les permiten crecer y establecerse rápidamente en claros del bosque (Tsou & Mori 2002). Las semillas del Abarco son predadas por diversos organismos como hongos, termitas, hormigas, loros, guacamayas y micos (Diez & Moreno 1998, Gómez & Toro 2007). La dispersión de las semillas es por medio del viento y se han reportado distancias de dispersión de hasta 40 m con relación al árbol parental (Diez & Moreno 1998).

Silvicultura y Manejo del Abarco

A nivel de silvicultura se han realizado investigaciones en cuanto a morfología y germinación de la semilla, tratamientos pre-germinativos, reproducción asexual, establecimiento de plantaciones y reforestación. Se destacan los estudios realizados por Mozo (1972) que publica una lista de especies aptas para la reforestación en Colombia, entre las que se incluye el Abarco. Escobar & Rojas (1992) registran al Abarco como una especie potencial para el establecimiento de sistemas agropastoriles bajo condiciones del piedemonte amazónico. Yaya *et al.* (2005) realizaron un estudio en inducción de organogénesis en Abarco, como base para el desarrollo de protocolos de propagación *in vitro*, mientras que Gómez & Toro (2007) proponen el manejo de la especie en vivero. Al mismo tiempo, instituciones comerciales como El Semillero han generado guías silviculturales con indicaciones precisas del cultivo de Abarco.

De un fruto de Abarco se pueden obtener de 8 a 25 semillas viables, las cuales pueden conservarse secas en un envase hermético hasta 10 meses en cámaras de refrigeración (Gómez & Toro 2007). Un kilogramo de semilla puede contener alrededor de 6237 semillas (Diez & Moreno 1998). Las semillas no requieren ningún tratamiento pre-germinativo y pueden germinar en total oscuridad o en plena exposición solar (Diez & Moreno 1998, Gómez & Toro 2007). La germinación comienza 12 días después de la siembra y se prolonga hasta los 27 días (Diez & Moreno 1998). En los municipios de Remedios y El Bagre (Antioquia) se recolectaron semillas de individuos de bosque natural, las cuales alcanzaron tasas de germinación cercanas al 100% y fueron utilizadas en proyectos de restauración y enriquecimiento de rastrojos en el mismo departamento (Humberto Marín, Eduard Londoño, com. pers.).

Gómez & Toro (2007) recomiendan sembrar las plántulas en campo después de 5 a 6 meses de permanencia en vivero, cuando han alcanzado al menos 20 cm de altura. Se recomienda plantar la especie para enriquecer rastrojos o bosques secundarios, donde se obtienen árboles con buena forma pero se sacrifica el rendimiento, pues crecen cerca de un 50% menos que en plantaciones a plena exposición. En este último caso se recomiendan distancias de siembra de 4 x 4 m, limpias en fajas a los 8 y 15 años y podas de formación en las primeras etapas de crecimiento (El Semillero 2013).

Usos e Importancia Comercial del Abarco

Como muchas especies de la familia Lecythidaceae, la corteza del Abarco tiene fibras muy resistentes y fuertes que han sido usadas por las comunidades locales para la fabricación de canastos y como amarres. Adicionalmente la corteza ha sido utilizada para hacer un tipo de calzado tradicional campesino denominado “*abarca*”, de ahí su nombre común.

La madera del Abarco es muy conocida por su durabilidad tanto en agua como en tierra y su resistencia a hongos y termitas (Gerry 1952, Escobar *et al.* 1993, Diez & Moreno 1998, Gómez & Toro 2007, CIRAD 2012). En las comunidades campesinas el Abarco llegó a jugar un papel fundamental en su economía y en su uso directo (Estupiñán-González & Jiménez-Escobar 2010). La madera se utiliza para fabricación de canoas y botes, construcción interior y exterior, muebles, vagones, carrocerías, empaques, chapas decorativas, triplex y cabos de herramientas. La madera se trabaja fácilmente con herramientas manuales, pero requiere de herramientas especiales al ser trabajada de forma mecánica por su alto contenido de sílice (Gerry 1952, CIRAD 2012).



Se le conoce en algunos países con el nombre común de “Colombian Mahogany”, debido a su parecido superficial con la madera de Caoba, y por lo cual fuera exportada desde Cartagena hacia Europa y Estados Unidos (Gerry 1952). En los últimos años, en la región amazónica se ha venido aprovechando *Cariniana micrantha* y *Allantoma decandra* bajo el nombre de Abarco y su madera ha reemplazado en algunos sectores el uso de la madera de *Cariniana pyriformis*.

Situación Actual del Abarco en Colombia

Debido a su alto valor comercial la especie ha sido sobreexplotada en muchas zonas del país, de manera que a nivel internacional se encuentra catalogada como Casi amenazada (NT) según el listado de la IUCN (World Conservation Monitoring Centre 1998). A nivel nacional está categorizada como en Peligro Crítico (CR A2 cd + 4cd), ocasionado por la alta transformación y destrucción del hábitat (Galeano *et al.* 2007), categoría que fue acogida por el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible mediante la Resolución 192 de 2014. Adicionalmente, la especie presenta vedas regionales en Corpourabá mediante la Resolución 076395 de agosto 04 de 1995, que prohíbe el aprovechamiento de la especie y veda su explotación bajo cualquier modalidad en los territorios de su jurisdicción y posteriormente excluye la veda para los municipios de Murindó y Vigía del Fuerte mediante Resolución 1021B de noviembre 07 de 2013; la CDMB mediante la Resolución 1986 de diciembre 01 de 1984 prohíbe su aprovechamiento y Corantioquia restringe en todo el territorio de su jurisdicción el uso y aprovechamiento de la especie mediante la Resolución 3183 de enero 26 de 2000 y la Resolución 10194 de 10 de abril de 2008 donde mantiene la veda.

Las poblaciones naturales de esta especie conocida históricamente en unas 20 localidades, se encuentra seriamente diezmada y ha sufrido una drástica reducción, estimada en más del 80% en los últimos 100 años. (Galeano *et al.* 2007). Las poblaciones remanentes en su mayoría, están fuera de reservas o áreas protegidas, aunque se tienen registros de presencia en las Reservas de la Sociedad Civil “Cañón del Rioclaro”, Antioquia, “Riomanso – San Antonio”, Caldas (Galeano *et al.* 2007), en la Reserva de la Fundación Biozoo ubicada en Tierralta, Córdoba y en la Reserva Natural de las aves El Paujil, localizada entre Boyacá y Santander. Ha sido empleada exitosamente en reforestaciones en clima cálido-húmedo en varios sitios del trópico, y cultivada puntualmente en reforestaciones en Trinidad y Tobago, Jamaica y en el Jardín Botánico de Singapur (Prance & Mori 1979).

Identificación de Poblaciones Naturales de Abarco

Mapa de Distribución Histórica de Abarco

Se encontraron en el territorio nacional 262 localidades con registros de Abarco, las cuales corresponden a la distribución natural de la especie. Esta información fue obtenida de la revisión de datos en especímenes de Herbarios, bases de datos de colecciones botánicas en internet y la información suministrada por las CAR's a través de entrevistas, consultas a expertos y revisión de documentación. Con coordenadas geográficas se encontraron 68 localidades y las demás fueron asignadas por el equipo técnico, obteniendo 179 sobre cobertura boscosa (Figura 7).

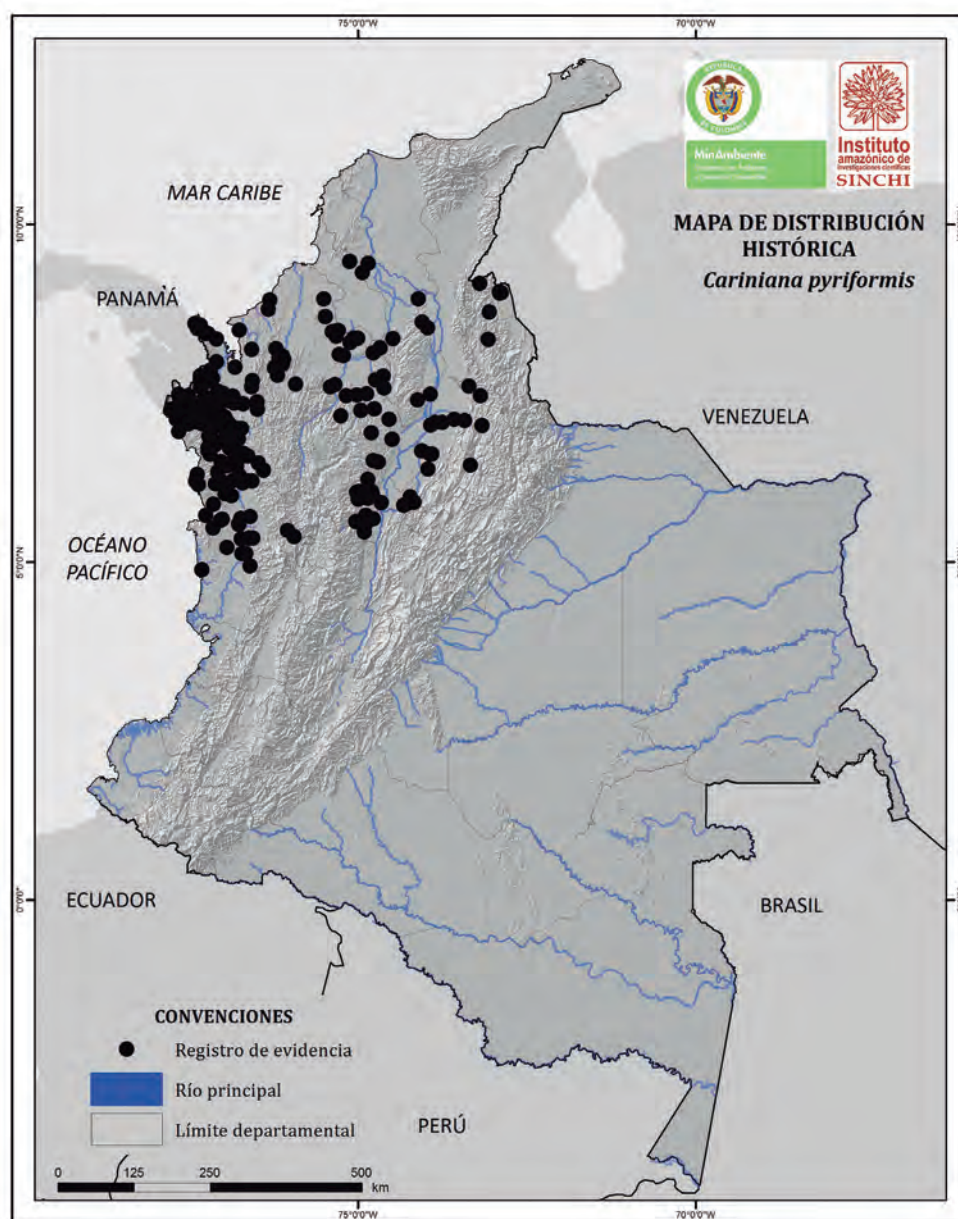


Figura 7. Mapa de distribución histórica de Abarco en Colombia

Mapa de Distribución Potencial de Abarco

El mapa de distribución potencial de Abarco se elabora a partir del mapa de distribución histórica. En tal sentido para la evaluación del modelo final y definición de las categorías de distribución potencial, se reservaron 78 puntos para la verificación del modelo. Con los demás registros depurados y ubicados en coberturas boscosas (101) se ejecutaron los algoritmos en OpenModeller y con base en los criterios seleccionados, los modelos que mejor representan la distribución potencial de la especie se muestran en la Tabla 5.



PLANES DE MANEJO PARA LA CONSERVACIÓN DE Abarco, Caoba, Cedro, Palorosa y Canelo de los Andaquíes

Tabla 5. Algoritmos de OpenModeller con los valores de los criterios evaluados para el mapa de distribución potencial actual de Abarco.

Algoritmo	Sensibilidad	Porcentaje de celdas aptas	Curva ROC %
Maximum Entropy	0.77	35%	0.75
GARP with Best Subsets	0.33	2%	0.64
Environmental Distance - Euclidean	0.73	0.6%	1
Environmental Distance - Chebyshev	0	0.012	0.51
Environmental Distance - Manhattan	0.55	8.1%	0.81

Se realizó una revisión y con criterio de experto se definió que el modelo generado con el algoritmo Maximum Entropy determina las áreas en donde mejor se distribuye potencialmente el Abarco. Con los 78 puntos de evaluación se definieron las categorías de distribución y como resultado se obtuvo el mapa de la Figura 8.

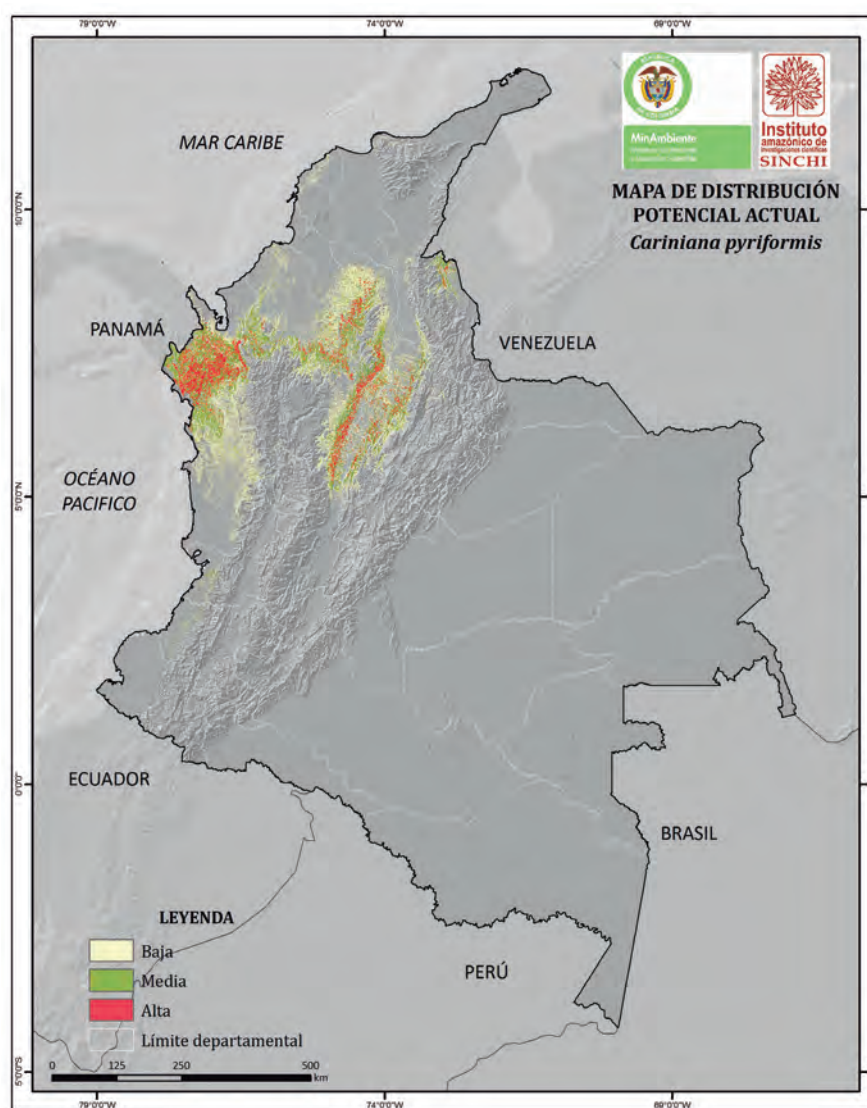


Figura 8. Modelo de distribución potencial actual de Abarco en Colombia.

En la Tabla 6, se definen las áreas aproximadas de distribución potencial por categoría y su correspondiente porcentaje sobre el área total de probabilidad del modelo.

Tabla 6. Áreas por categoría de ocurrencia potencial de Abarco en Colombia

Categoría	Área Total (ha)	% Área Boscosa
Alto	997,545	15
Medio	2'511,969	39
Bajo	2'951,829	46

Evaluación de Poblaciones Naturales de Abarco

Posterior a la identificación de poblaciones naturales, se priorizaron 10 localidades con poblaciones en aceptable estado de conservación para posteriormente realizar la evaluación poblacional (Tabla 7) (Figura 11).

Tabla 7. Localidades donde se evaluaron las poblaciones naturales de Abarco en el territorio nacional.

Nombre asignado a la población natural	Localidad	Municipio	Departamento
Bahía Solano	Jardín Botánico del Pacífico	Bahía Solano	Chocó
Riosucio	Consejo Mayor del Salaquí	Riosucio	Chocó
Unguía	Resguardo Indígena Arquía (Tule)	Unguía	Chocó
Chigorodó	Resguardo Indígena Polines	Chigorodó	Antioquia
Tierralta	Finca Tutifruti, vereda Tuis-Tuis	Tierralta	Córdoba
Zaragoza	Finca en la vereda la Arenosa	Zaragoza	Antioquia
Remedios	Fincas en Vda La Gorgona y Vda. El Puná	Remedios	Antioquia
Puerto Boyacá	Reserva Natural El Paujil	Puerto Boyacá / Bolívar	Boyacá / Santander
Minero	Fincas Cuenca del río Minero	Sucre / Bolívar	Santander
Norcasia	Reserva Natural Riomanso	Norcasia	Caldas

Densidad de Abarco en Bosque Natural

Se registró una densidad de 0.52 – 1.72 Ind./ha, para árboles con DAP mayor a 10 cm. Las localidades Chigorodó y Unguía presentaron la densidad más alta con 1.72 y 1.31 Ind./ha respectivamente, en Bahía Solano (0.91 Ind./ha), Remedios (1.10 Ind./ha) y Minero (1.11 Ind./ha) las densidades fueron intermedias. Mientras que en los bosques de Riosucio (0.66 Ind./ha), Tierralta (0.59 Ind./ha), Zaragoza (0.77 Ind./ha) y Puerto Boyacá (0.61 Ind./ha), las densidades fueron más bajas (Tabla 8).

En general, el Abarco tiene una baja abundancia natural de individuos en los sitios evaluados. En otros estudios, el valor encontrado para ésta variable en la zona de amortiguación del Parque Nacional Natural Paramillo (Serranía de San Jerónimo) fue de 0.73 Ind./ha (Villa & Ramírez



2005). Para otras especies del género, p.e. *Cariniana micrantha*, en la Amazonia colombiana, presenta una densidad de 0.4 Ind./ha (Rivera-Martin *et al.* 2013).

Tabla 8. Densidad poblacional de Abarco para individuos mayores a 10 cm de DAP, en las localidades evaluadas. Entre paréntesis el intervalo de confianza de 95%.

Localidad	No. Individuos	Intensidad de muestreo	Densidad árboles ha-1		
			Global DAP ≥ 10 cm	10 – 50 cm DAP	DAP ≥ 50 cm
Bahía Solano	20	7 km	0.91 (0.24 - 3.38)	0.58 (0.13 – 2.67)	0.07 (0.01 – 0.3)
Riosucio	30	11.3 km	0.66 (0.39 - 1.12)	0.09 (0.00 – 32.86)	0.58 (0.34 – 1.00)
Unguía	8	1.8 km	1.31 (0.65 - 2.65)	1.11 (0.52 – 2.36)	--
Chigorodó	17	3.9 km	1.72 (0.75 - 3.93)	0.98 (0.46 – 2.10)	0.77 (0.26 – 2.23)
Tierralta	4	1.7 km	0.59 (0.17 - 2.02)	--	0.44 (0.08 – 2.34)
Saragoza	8	2.1 km	0.77 (0.27 – 2.17)	0.65 (0.18 – 2.33)	--
Remedios	34	8.9 km	1.10 (0.77 – 1.58)	1.01 (0.64 – 1.60)	0.12 (0.02 – 0.63)
Puerto Boyacá	13	4.5 km	0.61 (0.01 – 3.43)	0.60 (0.01 – 4.96)	0.09 (0.01 – 1.17)
Minero	19	5.6 km	1.11 (0.58 – 2.15)	1.26 (0.64 – 2.49)	0.24 (0.07 – 0.80)
Norcasia	9	10.6 km	0.52 (0.18 – 1.48)	0.52 (0.18 – 1.48)	--

La densidad de árboles con DAP superior a 50 cm (Diámetro Mínimo de Corta propuesto por Codechocó), varía entre 0 y 0.77 Ind./ha (Tabla 8).

En Riosucio y en Chigorodó, aún se pueden encontrar individuos con DAP superior a 50 cm en una densidad mucho más alta que en el resto de lugares estudiados. Sin embargo las bajas densidades generalizadas de individuos adultos, refleja un claro agotamiento de la oferta de árboles aprovechables dentro de bosques naturales.

El Análisis de Varianza para las densidades globales de las localidades mostró que no existe una diferencia estadísticamente significativa con un nivel de confianza del 95% para esta variable entre los sitios ($F=0.90$ $p=0.53$. Figura 9).

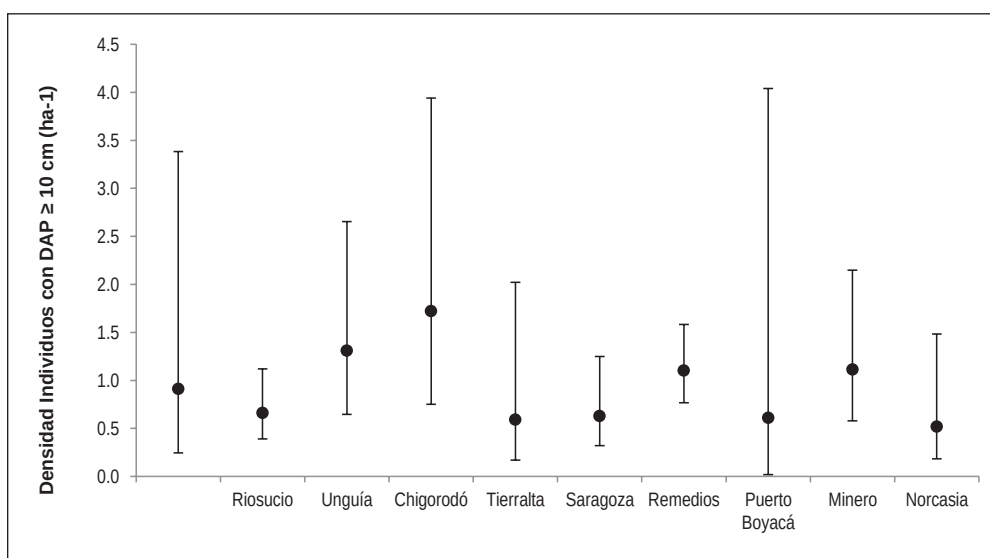


Figura 9. Comparación de densidades de Abarco, en las localidades de estudio para individuos mayores a 10 cm de DAP

Estimación del Inicio Reproductivo y Diámetro Mínimo de Corta (DMC) para Abarco

La determinación del DMC de una especie debe incluir una serie de variables asociadas al crecimiento, edad reproductiva entre otras. La edad reproductiva es un factor importante por cuanto garantiza que un individuo genere descendencia y cumpla un papel ecológico dentro de los procesos de regeneración de la especie. Una evidencia muy característica para esta especie, es la caída y acumulación por largos periodos de sus frutos (pixidios) bajo la copa de árboles paternos, lo que se convierte en una evidencia para verificar el inicio de la actividad reproductiva. De los 214 individuos encontrados en los transectos, 46 presentaron pixidios bien sea en sus ramas o en el suelo. Como casos extremos de actividad reproductiva temprana, se encontraron individuos con pixidios en el suelo a partir de los 32 cm de DAP, siendo más frecuente a partir de 50 cm de DAP (Figura 10). De los 52 individuos encontrados en los transectos con DAP >a 50 cm, sólo el 71% presentó pixidios en el suelo. Esta situación puede deberse a que no todos los individuos florecen y fructifican todos los años.

Codechocó es la única Corporación Regional que ha implementado un Diámetro Mínimo de Corta (DMC), el cual corresponde a 50 cm de DAP. Asumiendo que el abarco comienza a producir semillas a partir de los 50 cm de DAP, es recomendable implementar un DMC de al menos 70 cm de DAP, para cualquier aprovechamiento de bosque natural en el país, a fin de garantizar un periodo de tiempo prudente para la producción de semillas viables. Esta medida aportaría a la regeneración natural de las poblaciones sometidas a eventual aprovechamiento.



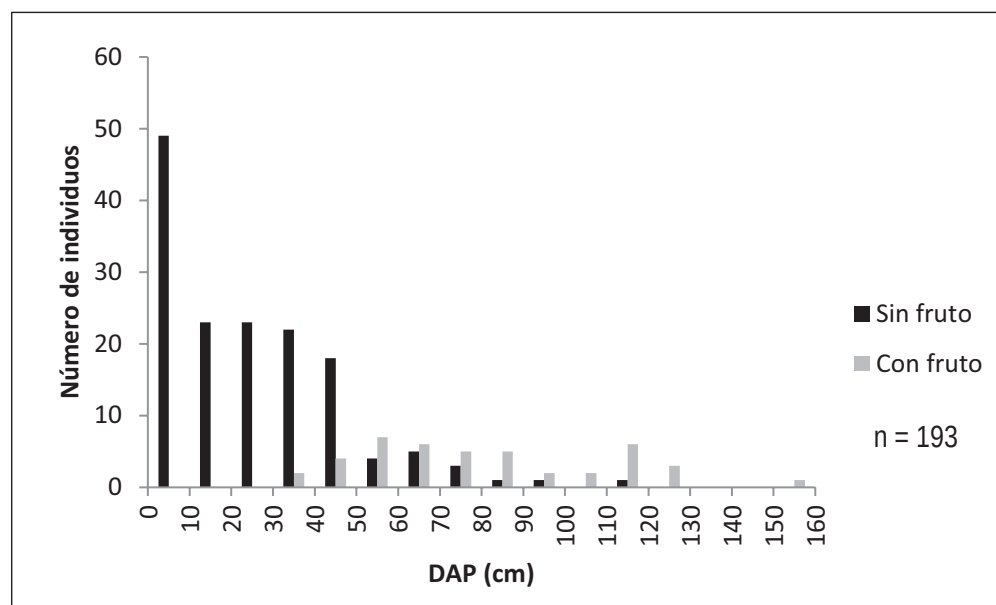


Figura 10. Distribución de individuos de Abarco con y sin evidencia de haber fructificado.

Distribución por Clases Diamétricas de Abarco en Bosque Natural

Fundamentalmente dos procesos afectan la distribución de clases diamétricas características de una especie: cambios en el crecimiento y mortalidad dependientes del tamaño (historia natural) y variaciones temporales en el reclutamiento (Bin *et al.* 2012). El análisis de las distribuciones diamétricas nos permite inferir el estado demográfico de las masas de bosque y sus posibles problemas de conservación (Ajbilou *et al.* 2003). En principio, una distribución en forma de J invertida, es decir con una mayor proporción de clases de tamaño pequeño, aseguraría el reclutamiento y la regeneración de la población (Taylor & Halpern 1991). Durante los recorridos el 73.3% correspondieron a árboles con DAP mayor o igual a 10 cm, mientras que el 26.7% fueron individuos menores a 10 cm de DAP.

La población de Riosucio es la más conservada y sugiere que en condiciones naturales de un bosque primario las clases diamétricas más grandes tienden a dominar y la regeneración es limitada (Figura 11). Las poblaciones de Bahía Solano, Remedios, Puerto Boyacá, Minero y Norcasia tienden a mostrar una distribución de J invertida donde las clases diamétricas más pequeñas dominan. Esto nos sugiere que este tipo de distribución es característica del Abarco en bosques naturales con algún grado de intervención y que el reclutamiento y la regeneración de estas poblaciones estarían garantizados si se controla un aprovechamiento sostenible hoy en día. En las poblaciones de Unguía, Tierralta y Saragoza existen vacíos en varias clases diamétricas sugiriendo una afectación de sus poblaciones (Figura 11).

La presencia de individuos con DAP superior a 50 cm se debe en su mayoría a una decisión de los propietarios de no cortar los árboles; de ahí la importancia de reconocer el rol que pueden jugar algunos líderes comunitarios en la conservación de la especie. Otro factor puede ser que debido al elevado costo que implica su aprovechamiento en áreas lejanas a las vías de acceso, los pobladores optan por no aprovecharlos. A esto se suman fluctuaciones del mercado, precios bajos

o especies sustitutas de mayor valor comercial o facilidad de extracción, que de una u otra manera han desestimulado su aprovechamiento.

Crecimiento y Relaciones Alométricas de Abarco

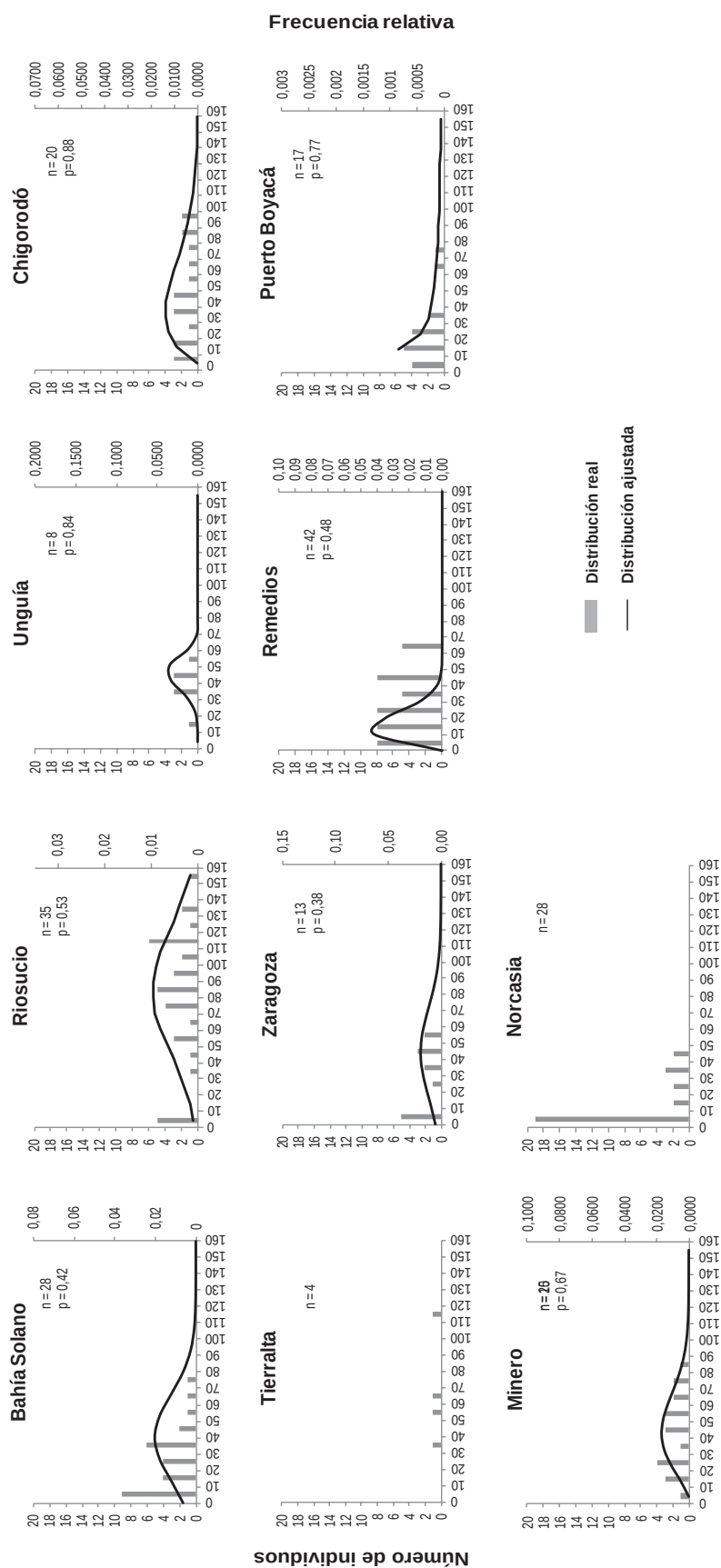
En la Tabla 9, se presentan datos de crecimiento para Abarco en diferentes regiones de Colombia, en plantaciones o arreglos agroforestales de diferente tipo. Es de resaltar el dato obtenido en Guaviare donde a los 27 años un individuo alcanza en promedio un DAP de 51.6 cm (Giraldo *et al.* 2013a, b), diámetro más probable estimado de inicio de actividad reproductiva.

Tabla 9. Recopilación de datos de crecimiento de Abarco en plantaciones y de enriquecimiento de coberturas en Colombia

Edad (años)	DAP promedio (cm)	Crecimiento en diámetro (cm año-1)	Crecimiento en altura (m año-1)	Región	Paisaje	Fuente
3	6.5 – 8.5	2.17 – 2.82	---	Carare-Opón	Colinas bajas	Venegas (1982)
3	3.8	1.28	---	La Teresita, Chocó	---	Conif (1985)
6	11.3	1.88	1.8	Urabá	Colinas bajas y valle aluvial	Vargas & Klop (1987)
3.5	5.6	1.6	1.3	Lloró, Chocó	Terrazas (plantación campo abierto)	Caycedo (1988)
3.5	---	---	0.9	Lloró, Chocó	Terrazas (fajas de enriquecimiento)	Caycedo (1988)
3.5	---	---	0.47	Lloró, Chocó	Colinas (fajas de enriquecimiento)	Caycedo (1988)
3.6	---	---	0.6	Samurindó, Chocó	Terrazas (plantación campo abierto)	Caycedo (1988)
4.6	9.5	2.06	1.3	Las Ánimas, Chocó	Terrazas (plantación campo abierto)	Caycedo (1988)
3	---	---	1.1	Samurindó, Chocó	Terrazas (fajas de enriquecimiento)	Caycedo (1988)
14	31.5	2.25	1.43	Guaviare	Tierra firme (enriquecimiento)	Giraldo <i>et al.</i> (2013a,b)
27	51.6	1.91	1.11	Guaviare	Tierra firme (enriquecimiento)	Giraldo <i>et al.</i> (2013a,b)

Las relaciones alométricas determinan como el incremento en una parte de un individuo se correlaciona con otra (Gayon 2000). La relación DAP–altura ha sido utilizada en el estudio de la dinámica de crecimiento del bosque, dado que gran parte de la variabilidad en altura puede ser explicada por la variable DAP (Delgado *et al.* 2005). En la Figura 12 se muestra la relación alométrica del DAP–altura para Abarco, la cual presentó un buen ajuste ($R^2=0.88$); según el modelo y los datos reales medidos en campo, los individuos más grandes de Abarco pueden llegar a medir hasta 50 metros de altura.





Clase diamétrica (cm)

Figura 11. Distribuciones por clases diamétricas y distribuciones teóricas ajustadas de las nueve poblaciones evaluadas de Abarco. Distancia total recorrida en los transectos de cada área evaluada como el esfuerzo de muestreo: Bahía Solano 7 km, Riosucio 11.3 km, Unguía 1.8 km, Chigorodó 3.9 km, Tierralta 1.7 km, Zaragoza 2.1 km, Remedios 8.9 km, Puerto Boyacá 4.5 km, Minero 5.6 km y Norcasia 10.6 km. Distribuciones teóricas ajustadas, Normal: Bahía Solano, Riosucio y Zaragoza. Weibull: Unguía, Chigorodó, Remedios y Minero. Lognormal: Puerto Boyacá.

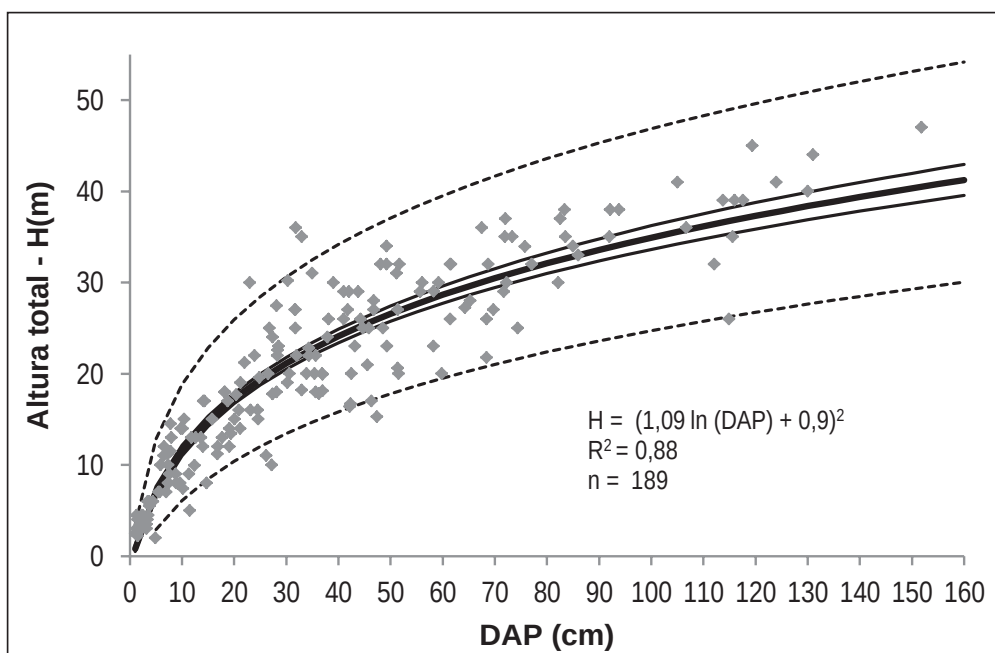


Figura 12. Relación logarítmica entre el DAP (cm) y altura total del árbol (n=189) para el Abarco.

El Abarco es una especie emergente en los bosques donde habita. Para individuos de Abarco con altura mayor a 10 m y sin bifurcaciones (134 individuos), el fuste aprovechable (hasta las primeras ramas) representa en promedio el 67% ($\pm 11\%$) de todo el tronco. Esta especie tiene un fuste recto que permite obtener grandes rendimientos en su aprovechamiento. El crecimiento rápido y el buen estado fitosanitario, hacen del Abarco una especie ideal para reforestaciones comerciales (Giraldo *et al.* 2013a, b).

Regeneración Natural de Abarco

Para evaluar la regeneración natural de Abarco, se realizaron parcelas triangulares a 7 individuos (2 en Bahía Solano, 1 en Minero, 1 en Remedios y 3 en Riosucio). Se encontraron 50 plántulas (menores a 30 cm de altura), 14 brinzales (altura entre 0.3 – 1.5 m) y 3 latizales (individuos mayores a 1.5 m de altura y menores a 10 cm de DAP) (Tabla 10).

Tabla 10. Regeneración natural de Abarco identificada en 4 localidades de estudio.

Localidad	Ind parentales evaluados	Regeneración natural		
		Plántula	Brinzal	Latizal
Bahía Solano	2	0	6	0
Minero	1	0	4	3
Riosucio	3	3	1	0
Remedios	1	47	4	0
TOTAL	7	50	15	3



PLANES DE MANEJO PARA LA CONSERVACIÓN DE Abarco, Caoba, Cedro, Palorosa y Canelo de los Andaquíes

El número de individuos menores a 10 cm de DAP por m² en cada parental fue de 0.002 en Bahía Solano, 0.005 en Minero, 0.001 y 0.040 en Remedios (Figura 13). Estos valores se consideran bajos si se considera que la regeneración de una especie es poco abundante cuando se encuentran menos de 0,2 individuos/m² menores a 1 m de altura de (Mostacedo & Fredericksen 2001). En el caso de Remedios, la abundancia de plántulas es alta, pero hay una disminución considerable en el estadio de brinzal y no se encontraron latizales. Esto es debido a que las plántulas tienen altos porcentajes de mortalidad por efectos de la competencia y depredación que reducen su abundancia (Mostacedo & Fredericksen 2001). Los datos sugieren que en el Nordeste Antioqueño el árbol parental había fructificado recientemente y por eso se registraron plántulas a su alrededor, situación que no pudo ser observada en ningún otro parental (Tabla 10). También la presencia alta de plántulas, es una evidencia de una alta producción de semillas y buena capacidad de germinación (Diez & Moreno 1998, Gómez & Toro 2007).

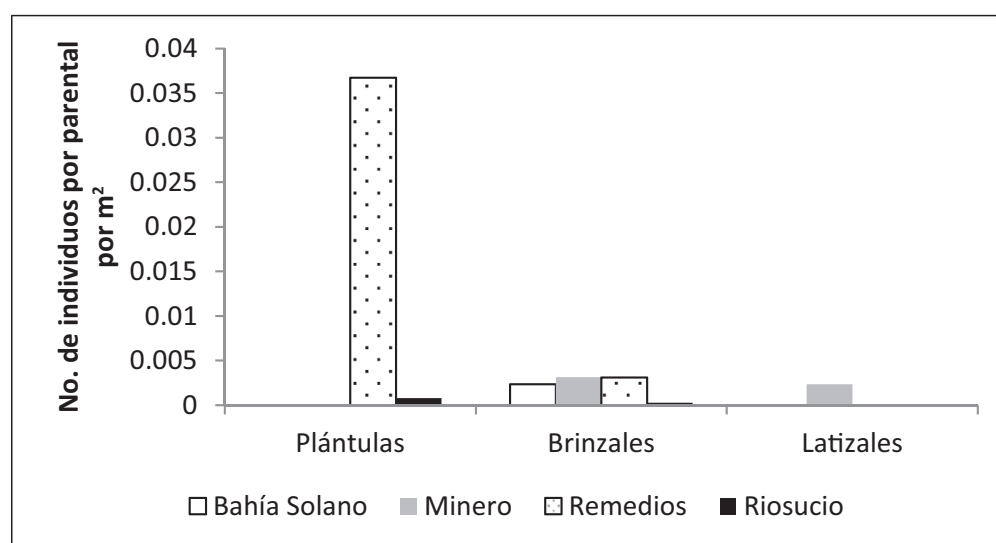


Figura 13. Estimativos de la regeneración del Abarco obtenidos de 4 subparcelas de 320 m² cada una (área total por parental evaluado 1280 m²). Los datos se expresan en cantidad de individuos por parental por m² organizados según clase de tamaño (plántula, brinzal y latizal) y según la localidad.

En la Figura 13 se puede observar que la regeneración en Bahía Solano, Minero y Remedios es superior a la de Riosucio. Esta tendencia sugiere que la regeneración natural del Abarco es superior en bosques con algún grado de intervención, en comparación con bosques primarios bien conservados y con baja dinámica de claros.

Consideraciones sobre las Evaluaciones Poblacionales de Abarco

- La oferta de árboles aprovechables actualmente es muy limitada, por lo cual es urgente poner en marcha acciones rápidas de conservación y de buen manejo.
- Las poblaciones naturales de Abarco con algún grado de intervención suelen tener buena presencia de individuos juveniles, lo que convierte estos escenarios como potenciales para proponer herramientas de manejo para la especie.
- Este estudio permite justificar un Diámetro Mínimo de Corte para el Abarco de al menos 70 cm.
- La especie tiene características óptimas de forma, resistencia y crecimiento y, es excelente candidata para ser una de las especies forestales más cultivadas en el país.

Códigos de Barra de ADN y Huella Genética de Abarco

Códigos de Barra de ADN de Abarco

Con el propósito de abarcar toda la variabilidad de la especie para la generación del código de barras de ADN, se evaluaron 39 ejemplares botánicos procedentes de Chocó (9), Córdoba (3), Antioquía (17), Boyacá (2) y Santander (8).

Para el código de barras de ADN se emplearon aquellas regiones parciales de los genes de *matK* y *rbcL*, que actualmente son las propuestas por el grupo de trabajo en plantas (*Plant working group*) del consorcio para los códigos de barra de la vida (Consortium for the Barcode of Life - CBOL). En el caso de *matK*, se obtuvieron 38 secuencias de individuos de esta especie, donde se produjo una secuencia consenso de 788 pb (pares de bases) a partir del alineamiento múltiple. Para *rbcL*, se analizaron 38 secuencias de individuos de esta especie y a partir del alineamiento múltiple se obtuvo una secuencia consenso de 619 pb.

Se utilizaron dos métodos para estimar la confiabilidad de la secuencia obtenida candidata a código de barras; el primero mediante la comparación del resultado obtenido con la base de datos del Genbank a través del programa nucleotide BLAST (Basic Local Alignment Tool) y el segundo mediante la estimación de la distancia genética y construcción de un árbol filogenético con secuencias de la misma especie y género, cuando existieron secuencias disponibles en las bases de datos de BOLD (base de datos especializada en códigos de barra de ADN) y Genbank. A la vez estos métodos ofrecieron una manera de validar la identificación taxonómica.

En el primer caso, para la secuencia *rbcL* obtenida se encontró semejanza del 99% con otras secuencias de este gen de especies del mismo género: *Cariniana guianensis* y de la misma familia: *Grias cauliflora*, *Lecythis poiteau*, *Eschweilera chartaceifolia*. En el caso de la secuencia de *matK* la semejanza fue del 99% con secuencias de este gen de especies de la misma familia: *Eschweilera grandiflora* y *Lecythis persistens*. Con el segundo método, se calcularon las distancias genéticas entre las secuencias obtenidas para cada uno de los genes. Cabe aclarar que no hay reportes de secuencias *matK* y *rbcL* para *Cariniana pyriformis*, por tanto este análisis se realizó incluyendo secuencias del mismo género en el caso de *rbcL*, y de la misma familia en el caso de *matK*. Las Figuras 14 y 15, muestran los arboles filogenéticos obtenidos con las secuencias *rbcL* y *matK* obtenidas para *Cariniana pyriformis*, donde se observa el agrupamiento de las secuencias de *C. pyriformis* en cada caso, y su diferenciación con secuencias de la misma familia y género.



PLANES DE MANEJO PARA LA CONSERVACIÓN DE
Abarco, Caoba, Cedro, Palorosa y Canelo de los Andaquíes

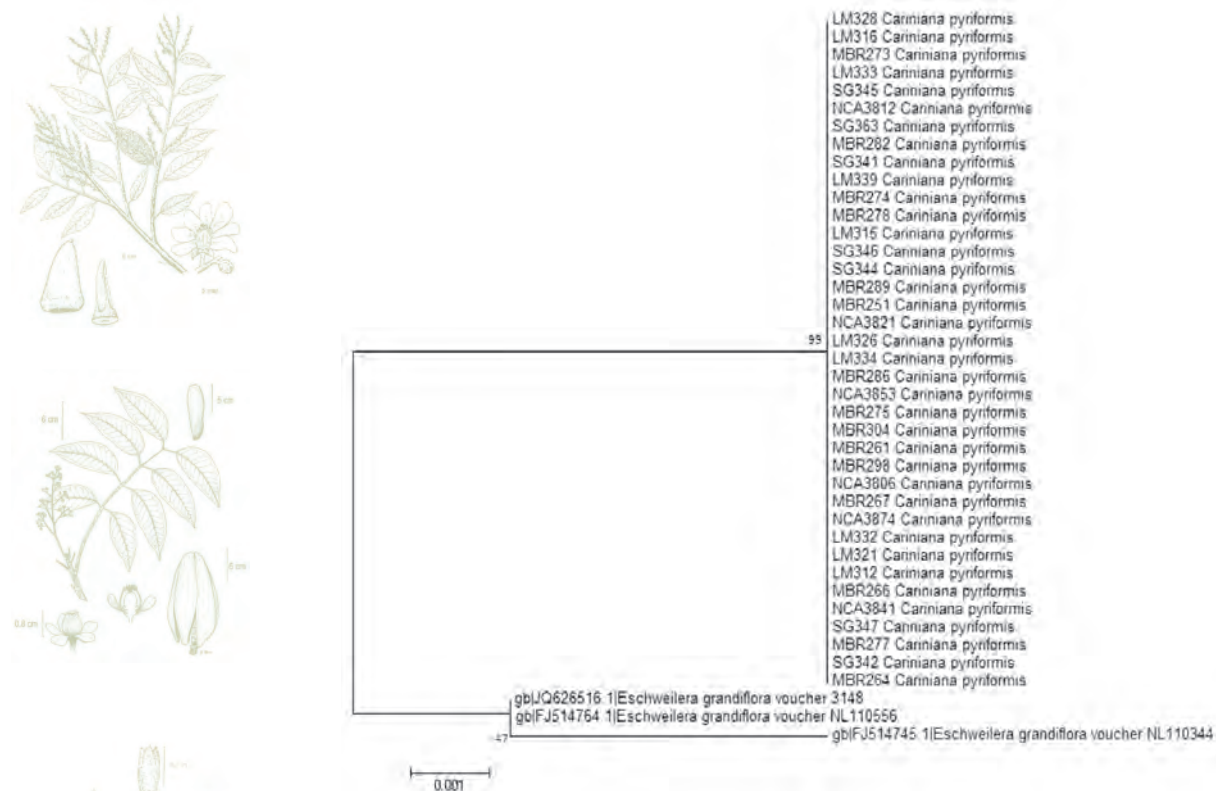


Figura 14. Árbol filogenético secuencias *matK* para Abarco.
Alineamiento MUSCLE, distancia K2P, agrupamiento Neighbor-joining.



Figura 15. Árbol filogenético secuencias *rbcl* para Abarco.
Alineamiento MUSCLE, distancia K2P, agrupamiento Neighbor-joining.

Cabe aclarar que el código de barras en plantas propuesto por el CBOL son los genes *matK* y *rbcL*, por lo que el análisis de distancias genéticas debe realizarse con los genes *matK* y *rbcL* en conjunto. En las bases de datos Genbank y BOLD no se encontraron secuencias para ambos genes de la especie *Cariniana guianensis*, que por su cercanía filogenética podría brindar resultados más informativos en el análisis. Esta razón hizo necesario realizar las estimaciones de distancia genética de forma independiente en cada gen y complementar el análisis de *matK* con secuencias de la misma familia. De acuerdo a los resultados obtenidos, se reportan por primera vez secuencias de códigos de barra de ADN para la especie *Cariniana pyriformis* distribuida en Colombia. Estos resultados pueden constituirse en una herramienta útil en la identificación de esta especie en temas de tráfico ilegal.

Huella Genética de Abarco

En la evaluación de microsatélites para Abarco se trabajaron doce cebadores, sin embargo debido a los problemas del alto contenido de polisacáridos fue necesario incluir en la mezcla de amplificación, aditivos que permitieran solventar el problema de la inhibición. Finalmente fue posible obtener resultados en 7 de los 12 *loci* evaluados, para los cuales se obtuvo amplificación específica y reproducibilidad.

Actualmente para Abarco no existen marcadores moleculares microsatélites desarrollados; sin embargo la evaluación de la transferibilidad de este tipo de marcadores desarrollados en otras especies, se convierte en una alternativa rápida y poco costosa para evaluar la caracterización genética de una especie. Particularmente, para Abarco se evaluaron doce marcadores reportados en *Cariniana estrellensis*, en los cuales se obtuvo resultados en siete marcadores (Tabla 11) que fueron probados en 163 individuos distribuidos en 7 poblaciones naturales de la especie.

Tabla 11. Características de los marcadores microsatélites evaluados en Abarco.

Locus	Rango de fragmentos observados	A	PIC
Cle01	164-174	3	0.37
Cle02	162-170	5	0.63
Cle10	148-150	2	0.04
Cle12	234-252	8	0.72
Ces07	170-184	6	0.41
Ces11	206-224	7	0.47
Ces16	166-206	17	0.89

A: Numero de alelos, PIC: Índice de contenido de información polimórfica

La Tabla 11, indica que los marcadores que dan mayor información sobre la variabilidad genética en los 163 individuos evaluados fueron los *loci* Ces16, Cle 02 y Cle12.

En cuanto a la diversidad genética encontrada en las poblaciones naturales evaluadas, de acuerdo a las diferencias de la heterocigocidad esperada y observada (Tabla 12) con los marcadores evaluados, se encontró que existe una diversidad genética baja, particularmente en el caso de las poblaciones de Bahía Solano, Norcasia, Nordeste Antioqueño y Quinchas-Minero, para los cuales se evaluó un numero de más de 20 individuos, lo que permite estimaciones más precisas de



PLANES DE MANEJO PARA LA CONSERVACIÓN DE Abarco, Caoba, Cedro, Palorosa y Canelo de los Andaquíes

diversidad debido al tamaño de muestra. No obstante, los valores de diversidad deben ser vistos también en virtud del número de individuos que hoy persisten como poblaciones naturales, y que por lo tanto son la única fuente de diversidad genética de la especie en estas localidades.

Tabla 12. Valores de Heterocigocidad encontrados en Abarco mediante siete marcadores SSR.

Población	Ho	He
Bahía Solano, Chocó	0.332 ±0.115	0.420 ±0.083
Norcasia	0.337 ±0.141	0.483 ±0.113
Nordeste Antioqueño	0.356 ±0.105	0.565 ±0.092
Paramillo, Córdoba	0.238 ±0.140	0.238 ±0.140
Quinchas-Minero	0.331 ±0.105	0.512 ±0.105
Riosucio	0.338 ±0.137	0.378 ±0.130
San Francisco	0.500 ±0.189	0.524 ±0.187
Serranía de San Lucas	0.305 ±0.139	0.393 ±0.101
Urabá Chocó	0.310 ±0.156	0.536 ±0.108
Total	0.339 ±0.044	0.450 ±0.040

Ho: Heterocigocidad observada, He: Heterocigocidad esperada; Total: Media sobre loci y poblaciones

Se buscó generar una metodología de huella genética, que permita la identificación de una población de origen de Abarco. La Figura 16 indica de manera gráfica mediante un análisis de coordenadas principales, las distancias genéticas encontradas en las poblaciones evaluadas. Se puede observar que en general existen agrupamientos que principalmente están constituidos por varios individuos de una misma localidad, sin embargo la total discriminación podría ser posible mediante la evaluación de marcadores adicionales de *Cariniana estrellensis* que se encuentran reportados, dado que fue posible su transferencia a Abarco (*C. pyriformis*).

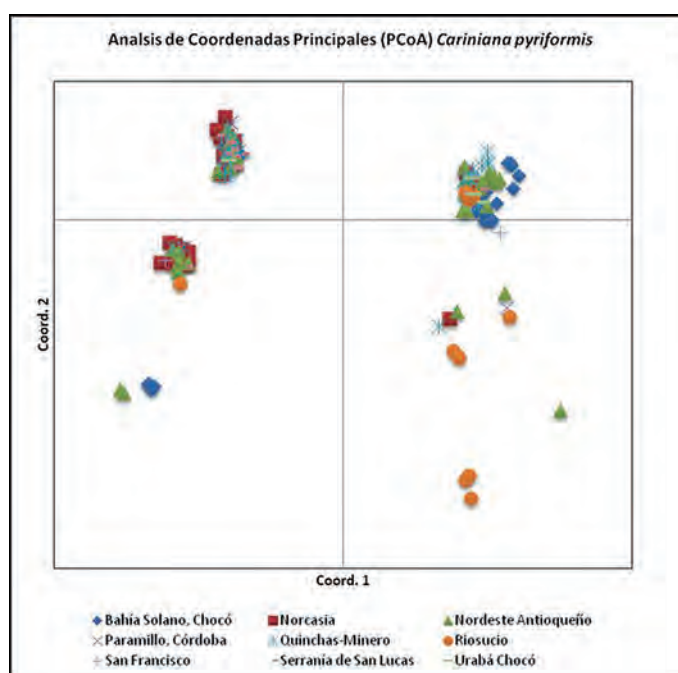


Figura 16. Análisis de coordenadas principales en abarco basado en una matriz de distancias genéticas de marcadores moleculares microsatélites.

Lineamientos para la Conservación y Manejo del Abarco

Los lineamientos para la conservación de especies y sus hábitats, parten del análisis del estado de sus poblaciones y los grados de amenaza. Buscan generar acciones prioritarias en el corto, mediano y largo plazo, con impactos a escala local, regional y/o nacional, a fin de conservar o restaurar poblaciones amenazadas (Kattan *et al.* 2005). Estos procesos de planificación para el manejo de las especies con algún riesgo de amenaza, requiere involucrar una serie de relaciones interinstitucionales y de participación comunitaria, el fomento a la investigación y a los programas educativos, así como el fortalecimiento o revisión del marco normativo legal existente. Dicha planificación debe desencadenar en programas de conservación *in situ* y *ex situ*, abordando de manera integral la solución a un problema creciente de explotación maderera y/o destrucción del hábitat (Kattan *et al.* 2005).

En este contexto, se establecieron 5 líneas de acción que incluyen (acorde a lo propuesto por Kattan *et al.* 2005): Instrumentos de política y gestión, estrategias de conservación *in situ*, estrategias de conservación *ex situ*, lineamientos de investigación y monitoreo y estrategias de educación y divulgación. Estos lineamientos se elaboraron teniendo en cuenta un desarrollo de actividades que contemplen el corto (1 a 5 años), mediano (5 a 10 años) y largo plazo (10 o más años). A continuación se describen y se presentan las líneas de acción, que deben ser actualizadas a medida que se avance en el logro de las metas propuestas.

Instrumentos de Política y Gestión para la Conservación del Abarco

Para el desarrollo de una gestión ambiental efectiva, debe contemplarse la participación activa y conjunta del Estado, la sociedad civil y los diferentes sectores productivos, todo ello con el fin de contribuir al cumplimiento de los objetivos de conservación, restauración o recuperación ambiental definidos en las diferentes políticas ambientales nacionales y en los instrumentos de planificación y normativos que de éstas se derivan. A continuación se presentan unas propuestas que se enmarcan dentro del marco jurídico de La Constitución Política de Colombia, así como en sus diferentes leyes, decretos, resoluciones y políticas expedidas para la protección, manejo y uso del ambiente y los recursos naturales.

Problemática: A pesar de la categorización del Abarco como especie en Peligro Crítico (Galeano *et al.* 2007), la inclusión en la declaratoria de amenaza por parte del Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible (Resolución 192 de 2014) y vedas al aprovechamiento por parte de Corpourabá, CAS, CDMB y Corantioquia, no se ha conseguido eliminar las presiones sobre la especie, principalmente porque las restricciones son de carácter regional, lo que hace que se desplacen los aprovechamientos a otras zonas del país. Actualmente, se confirmó que las poblaciones naturales remanentes de Abarco y su hábitat natural muestran disminuciones debido a la alta presión por la explotación maderera de carácter selectivo, la expansión de la frontera agrícola y ganadera y el incremento de las actividades mineras ilegales.

Meta: Disponer de instrumentos de política y gestión para conservar los remanentes de las poblaciones naturales de Abarco presentes en el territorio colombiano.

Objetivo 1: Mejorar los sistemas de control y vigilancia sobre bosque natural para mantener la trazabilidad de la madera de Abarco.



PLANES DE MANEJO PARA LA CONSERVACIÓN DE
Abarco, Caoba, Cedro, Palorosa y Canelo de los Andaquíes



Acciones	Plazo	Resultados esperados	Indicadores	Responsables
Establecer veda nacional al aprovechamiento de Abarco proveniente de poblaciones naturales.	Corto plazo.	Veda nacional al aprovechamiento de Abarco en poblaciones naturales.	Un acto administrativo que reglamente la veda a nivel nacional.	MADS. CAR's.

Objetivo 2: Generar alternativas económicas que incentiven el establecimiento y manejo de plantaciones de Abarco.



Acciones	Plazo	Resultados esperados	Indicadores	Responsables
Gestionar la Inclusión de Abarco en el Certificado de Incentivo Forestal CIF.	Corto plazo.	Familias beneficiadas con el incentivo al establecimiento y manejo de plantaciones forestales de Abarco.	Número de familias beneficiadas.	Min. Agricultura, ICA, MADS, CAR's. Comunidades local.

Objetivo 3: Mejorar los sistemas de control y vigilancia sobre las plantaciones y movilización de la madera, teniendo claro su punto de origen, para mantener la trazabilidad de la madera de Abarco.



Acciones	Plazo	Resultados esperados	Indicadores	Responsables
Implementar mecanismos de identificación de origen y cadena de custodia para plantaciones de Abarco.	Corto plazo.	Certificación del origen mediante huella genética y procedimientos de trazabilidad de movilización de Abarco procedente de plantaciones.	Número de procedencias registradas y cadena de custodia implementadas.	Min. Agricultura, ICA, CAR's.

Objetivo 4: Generar alternativas económicas que incentiven la conservación de poblaciones naturales de Abarco.



Acciones	Plazo	Resultados esperados	Indicadores	Responsables
Incentivar mecanismos para la comercialización sostenible de semillas.	Corto plazo	Familias beneficiadas con la comercialización sostenible de semillas y plántulas.	Número de familias beneficiadas	MADS, CAR's. Comunidades y Agremiaciones locales.
Gestionar ante los municipios con poblaciones naturales en buen estado de conservación, deducciones de impuesto predial.		Deducción de impuesto predial para áreas con poblaciones naturales de Abarco en buen estado de conservación.	Área de hábitat natural de Abarco protegida en predios privados.	Municipios. Secretarías de Ambiente.

Continúa en la página siguiente ►

► Viene de la página anterior

Acciones	Plazo	Resultados esperados	Indicadores	Responsables
Establecer compra de predios por parte de municipios o pago por servicios ecosistémicos (Ley 99 de 1993, Ley 1450 del 2011).		Mayor número de áreas protegidas con presencia de Abarco.	Número de predios protegidos con presencia de Abarco.	

Estrategia de Conservación *in situ* para Abarco

Las estrategias de conservación *in situ* están fundamentadas en la protección y mantenimiento de la biodiversidad en su entorno natural, pues ésta es la manera más efectiva de preservar y garantizar la pervivencia de la diversidad biológica (Primack *et al.* 2001). Estas estrategias están estrechamente relacionadas con la ordenación del territorio y la designación de espacios naturales protegidos, que pueden ser de carácter público o privado y que debido a sus condiciones y atributos en cuanto a riqueza de hábitat y especies, se constituyan como enclaves de gran valor ambiental. Si bien la sola designación de estos espacios protegidos, no asegura la conservación del hábitat y las especies que lo conforman, representa un fundamento base para el logro de este objetivo.

Problemática: Los remanentes de las poblaciones naturales de Abarco en el territorio nacional, se encuentran seriamente amenazados debido a la destrucción de su hábitat y a la extracción de buena parte de los individuos de clases diamétricas mayores a 50 cm (adultos), situación que genera un desbalance sucesional de la especie. Adicionalmente existe un alto nivel de incertidumbre acerca de la presencia de la especie en el Sistema Nacional de Áreas Protegidas (SINAP) y algunos de los remanentes de poblaciones se encuentran en zonas sin figura de protección.

Meta: Conservar los remanentes naturales de Abarco presentes en el territorio nacional

Objetivo 1: Identificar, proteger y recuperar remanentes de poblaciones naturales.

Acciones	Plazo	Resultados esperados	Indicadores	Responsables
Identificar remanentes de poblaciones naturales de Abarco en el Sistema Nacional de Áreas Protegidas.	Corto plazo.	Nuevas poblaciones identificadas en el SINAP.	Nº de poblaciones identificadas al interior del SINAP.	SINAP, MADS, CARs, Red de Reservas de la sociedad civil, Centros de investigación.
Establecer un programa de enriquecimiento del Abarco y monitoreo en el hábitat natural, con adecuadas prácticas silviculturales.		Recuperación de poblaciones naturales de Abarco, aumentando individuos en las diferentes clases diamétricas.	Hectáreas con manejo silvicultural y mayor número de individuos en cada clase diamétrica.	
Incorporar poblaciones remanentes de Abarco en nuevas áreas del SINAP.		Al menos una nueva área dentro del SINAP para fomentar la conservación del Abarco.	Nº de áreas establecidas para la conservación del Abarco.	



Objetivo 2: Asegurar el abastecimiento de semillas de Abarco con una buena diversidad genética. (Procedente de poblaciones naturales locales y con óptimas características genotípicas y fenotípicas).

Acciones	Plazo	Resultados esperados	Indicadores	Responsables
Establecer protocolos para la selección, recolección y propagación semillas provenientes de árboles semilleros manejados.	Corto plazo.	Árboles semilleros protegidos que garanticen disponibilidad de semillas para programas de restauración.	Nº. de árboles semilleros protegidos y con semillas certificadas.	MADS, CAR's, ICA, Comunidad local.

Estrategia de Conservación *ex situ* para Abarco

Las estrategias de conservación *ex situ*, representan un mecanismo complementario muy valioso, que aportan al mantenimiento de las poblaciones de las especies que han sufrido grandes presiones (Primack *et al.* 2001), como es el caso del Abarco. En este sentido, cuando una población remanente es demasiado pequeña para mantener la especie o los pocos individuos sobrevivientes se encuentran fuera de las áreas protegidas, es probable que la única forma de evitar su extinción sea mantener un número de individuos en condiciones artificiales bajo la supervisión humana (Kleiman *et al.* 1996). En esta línea, es importante destacar el papel que pueden cumplir los jardines botánicos, las Corporaciones autónomas regionales y los bancos de germoplasma existentes en el país (ya que cuentan con los instrumentos necesarios para realizar propagación, mantenimiento y preservación de semillas), así como las colecciones vivas de árboles (*arboretum*).

Problemática: Las poblaciones naturales de Abarco en Colombia se encuentran seriamente diezmadas y su hábitat natural ha sido ampliamente transformado, por lo que se requiere asegurar la conservación de la especie. Sus poblaciones no se encuentran bien representadas en jardines botánicos del país o arboretum privados y la propagación e inclusión del Abarco en otros sistemas de cultivo, no ha sido ampliamente difundido y apoyado.

Meta: Implementar y/o ampliar programas de conservación *ex situ* para Abarco, que permita la propagación de la especie en ambientes diferentes a su hábitat natural y mantener la diversidad genética de la especie.

Objetivo 1: Asegurar la conservación de la variabilidad genética del Abarco, a través de programas de conservación *ex situ*.

Acciones	Plazo	Resultados esperados	Indicadores	Responsables
Propagación y distribución de Abarco en Jardines Botánicos, y áreas cercanas a su hábitat, procedente de árboles seleccionados sobresalientes fenotípicamente.	Corto plazo.	Producción y distribución de individuos de Abarco en Jardines Botánicos y áreas cercanas a su hábitat natural.	Número de árboles sembrados y mantenidos.	Jardines Botánicos, CARs y Secretarías de ambiente.

Objetivo 2: Incluir el Abarco en los bancos de germoplasma existentes en el país (e.g. CIAT, Universidad Católica de Oriente, CONIF).

Acciones	Plazo	Resultados esperados	Indicadores	Responsables
Almacenamiento de semillas seleccionadas de diversas poblaciones naturales de Abarco para ser conservarlas en bancos de germoplasma.	Corto y mediano plazo.	Semillas de Abarco incluidas en bancos de germoplasma.	Número de bancos de germoplasma con semillas de Abarco seleccionadas.	Institutos de investigación, CIAT, CONIF, Universidades, Jardines Botánicos.

Lineamientos de Investigación y Monitoreo para Abarco

La línea de investigación y monitoreo comprende todas las actividades y proyectos que se puedan desarrollar con miras a generar conocimiento o llenar los vacíos de información que existan en relación con los aspectos prioritarios para la conservación de las especies (aspectos como biología, ecología, genética, dinámica poblacional y silvicultura). Así mismo, incluye acciones para desarrollar programas de monitoreo, basados en el desarrollo de actividades periódicas que permitan mantener información actualizada sobre el estado y desarrollo de las poblaciones y las tendencias en la disponibilidad de hábitat (Kattan *et al.* 2005).

Uno de los problemas que se presenta al trabajar por la conservación de especies, es la dificultad que afrontan los investigadores, planificadores y quienes toman las decisiones para acceder a fuentes de información técnica y científica (Kattan *et al.* 2005). La generación de conocimiento, la información y la transferencia tecnológica, estarán orientadas a estimular la capacidad científica nacional para realizar la investigación apropiada, que genere información pertinente y no repetitiva, para el mejoramiento de las propuestas de conservación y uso sostenible de la especie.

Problemática: A pesar de ser una especie de gran importancia, aún falta información para Colombia de las tasas de crecimiento de poblaciones naturales de Abarco, así como sobre aspectos básicos de su historia natural (i.e. fenología, polinización, biología reproductiva, dinámica poblacional, entre otros). Debe mencionarse que tampoco se conocen las implicaciones que puede tener el cambio climático sobre los remanentes de las poblaciones naturales de esta especie.

Objetivo 1: Establecer un programa de monitoreo de poblaciones naturales de Abarco en el territorio nacional.

Acciones	Plazo	Resultados esperados	Indicadores	Responsables
Establecimiento de parcelas permanentes para el monitoreo de poblaciones naturales de Abarco con el apoyo de comunidades locales.	Corto, mediano y largo plazo.	Conocimiento de aspectos relacionados con la historia natural (fenología, dinámica poblacional, tasas de crecimiento, regeneración natural) del Abarco en condiciones naturales.	Número de parcelas permanentes establecidas para el estudio de la historia natural del Abarco, en su hábitat natural.	Institutos de Investigación, Universidades, SINAP, Comunidades locales.



PLANES DE MANEJO PARA LA CONSERVACIÓN DE Abarco, Caoba, Cedro, Palorosa y Canelo de los Andaquíes

Objetivo 2: Establecer programas de investigación en silvicultura en los bosques naturales y en sistemas de plantaciones, arreglos agroforestales y otros.

Acciones	Plazo	Resultados esperados	Indicadores	Responsables
Adelantar ensayos con diversas prácticas silviculturales de Abarco en bosques y arreglos, con el apoyo de las comunidades.	Corto plazo	Paquetes tecnológicos de silvicultura para Abarco.	Número de investigaciones realizadas.	Institutos de Investigación, ICA, Universidades y CARs.

Objetivo 3: Identificar especies promisorias con características similares a la madera de Abarco.

Acciones	Plazo	Resultados esperados	Indicadores	Responsables
Investigación en especies maderables alternativas.	Corto plazo.	Especies con propiedades físico mecánicas similares al Abarco identificadas.	Número de especies identificadas y evaluadas.	Institutos de Investigación, ICA, Universidades y CARs.

Estrategia de Educación y Comunicación para Abarco

Los programas educativos representan una gran importancia para el logro de los diversos objetivos de conservación, pues se fundamentan en cambios de actitud de la población, al ofrecer herramientas pedagógicas para la formación de capacidades de observación, información, reflexión y compromiso con su entorno natural (Arango *et al.* 2002), además ofrecen conocimientos novedosos de historia natural y en general aspectos relacionados con la importancia ambiental, el papel de las especies y los ecosistemas, así como los servicios ecosistémicos que prestan.

Una estrategia de comunicación que aporte a los procesos de conservación, será la transmisión de la información en los medios masivos, puesto que éstos se constituyen es una práctica y efectiva herramienta para la toma de decisiones y el manejo de conflictos, al aportar en los procesos de comprensión y difusión de los hallazgos científicos en cuanto a los problemas del medio ambiente.

Problemática: El desconocimiento de los diversos aspectos ecológicos del Abarco, así como de sus atributos y potencialidades de manejo, ha apoyado la disminución y presión sobre sus poblaciones naturales. Adicionalmente, cuando los resultados de las investigaciones no son socializados ni dirigidos a los diversos públicos, como la comunidad o la academia, se está aportando a que se dupliquen esfuerzos y no se avance en el conocimiento sobre la especie y sus opciones de conservación.

Meta: Crear un programa de educación y divulgación asociado a destacar la importancia ecológica del Abarco, con el propósito de sensibilizar a la población participante y se contribuya a implementar de manera exitosa, los programas de conservación de la especie.

Objetivo 1: Establecer un programa de sensibilización y educación ambiental dirigido a los pobladores locales y comunidad en general, con el fin de resaltar la importancia de la conservación del Abarco, el valor de sus servicios ecosistémicos, y la transferencia de la información disponible sobre aspectos ecológicos y silviculturales, así como las alternativas de inclusión del Abarco en sistemas productivos con manejo sostenible.

Acciones	Plazo	Resultados esperados	Indicadores	Responsables
Desarrollar talleres por cada población identificada, charlas y/o reuniones con actores locales, donde se presenten aspectos de la ecología del Abarco y aspectos de conservación, ecología, restauración, entre otros.	Corto plazo.	Información incorporada en procesos de educación ambiental y comunidades sensibilizadas. Población capacitada en temas de conservación de Abarco.	Número de talleres realizados y personas capacitadas. Número de charlas y talleres realizados.	MADS, CARs, SENA, ICA, Comunidades locales.

Objetivo 2: Proponer una estrategia de comunicación y difusión sobre las amenazas de las poblaciones naturales del Abarco, los beneficios de su conservación, los resultados de los programas de investigación, monitoreo y educación, de forma tal que diversos tipos de públicos (comunidad académica, funcionarios públicos, pobladores locales), estén informados sobre diversos aspectos ecológicos de la especie.

Acciones	Plazo	Resultados esperados	Indicadores	Responsables
Generar material divulgativo sobre la importancia de la conservación de la especie y sus beneficios. Difundir la estrategia de conservación y manejo de Abarco utilizando diversos medios masivos.	Corto a mediano plazo.	Comunidades locales informadas sobre la importancia de la conservación de la especie y sus beneficios. Pobladores locales apropiados de la estrategia de conservación y manejo del Abarco.	Número de piezas educativas publicadas. Número de programas de difusión locales y/o regionales desarrollados.	Institutos de Investigación, MADS, CARs, Comunidades locales.





**PLAN DE MANEJO
PARA LA CONSERVACIÓN
DE CAOBA**

Swietenia macrophylla King

Aspectos Generales de la Caoba

Taxonomía y Nombres Comunes de la Caoba

Reino:	Plantae
Filo:	Magnoliophyta
Clase:	Magnoliopsida
Orden:	Sapindales
Familia:	Meliaceae
Nombre científico:	<i>Swietenia macrophylla</i> King

Consideraciones taxonómicas y Sinónimos: El género *Swietenia* tiene tres especies: *Swietenia mahogani* Jacq., *Swietenia macrophylla* King y *Swietenia humilis* Zucc. Algunos sinónimos reconocidos son *Swietenia candollei* Pittier, *Swietenia tessmannii* Harms, *Swietenia krukovii* Gleason y *Swietenia belizensis* Lundell.



Figura 17. Árbol de Caoba en áreas de bosque natural (Foto: Nicolás Castaño - Instituto Sinchi)

Nombres comunes: Caoba, Cedro caoba (Colombia), Cedro carmín, Cahoga (idioma Embera), Venadillo, Cobilla (México), Caoba del sur, Caoba del Atlántico, Aguano, Oruba, Mara, Cobano (Ecuador), Mara (Bolivia), Mahogany (EE.UU.), Mogno (Brasil).

Descripción botánica de la Caoba

Árbol hasta de 50 metros de altura y hasta 3 m de diámetro (Brown *et al.* 2003). De copa amplia y abierta con ramas insertas en la parte alta del fuste, el cual es recto, cilíndrico y desarrolla aletones (Figura 17). Corteza interna rosada a roja, fibrosa, amarga y astringente. Hojas compuestas, alternas, grandes, paripinnadas, con 6 a 12 folíolos glabros y con raquis sin crecimiento terminal. Inflorescencias en panículas, las flores son pequeñas, de colores pardos amarillentos y unisexuales pero con vestigios bien desarrollados del sexo opuesto. Los frutos son cápsulas de forma ovoide a piriformes, de 12 a 20 cm de largo, cerca de 5 cm de diámetro y 300 g de peso, que se abren en cinco válvulas de color café. Las semillas son alargadas y chatas, poseen un ala en el extremo más angosto, y son de color café, rojizo o pardo (Figura 18) (Pennington & Styles 1981).

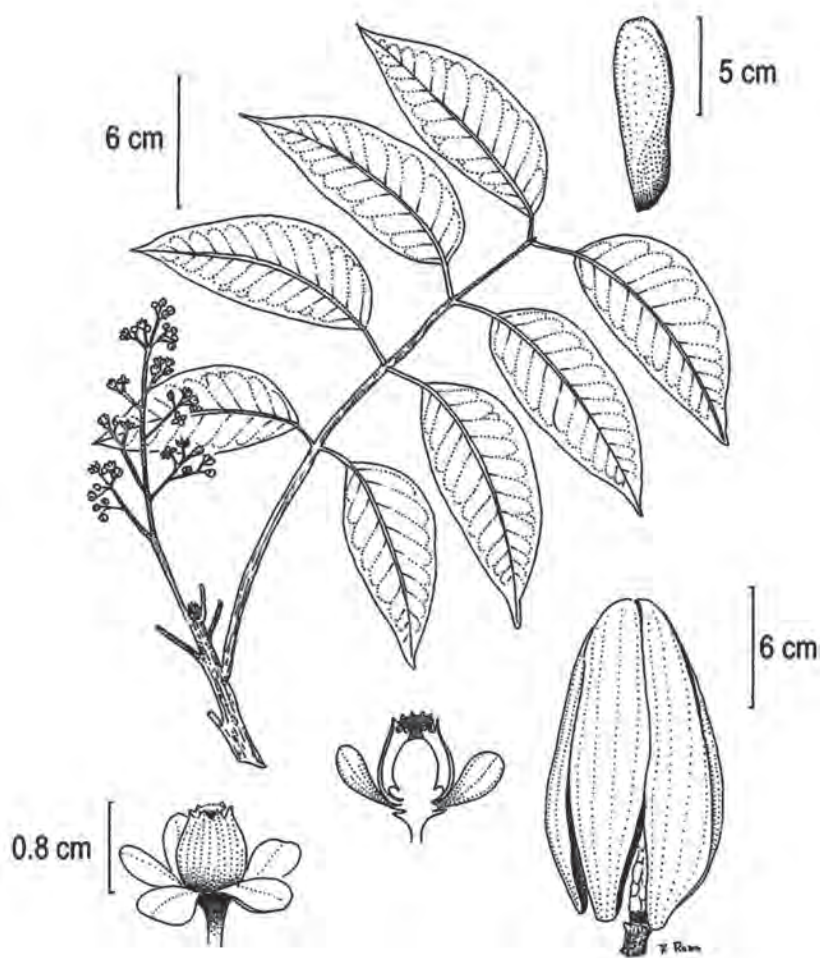


Figura 18. Ilustración de Caoba (Adaptado de Pennington & Styles 1981)

Características de la Madera de la Caoba

El color de la albura es amarillento y el duramen rosado, el cual con el tiempo se torna marrón rojizo (Figura 19). Su fibra es recta aunque en algunos casos es ligeramente ondulada, con grano medio a fino. Es una madera de alta durabilidad natural, fácil trabajabilidad y alta



estabilidad dimensional (Brown *et al.* 2003). Su brillo de mediano a alto, veteado suave, no presenta olor característico y su sabor es ligeramente amargo (Mendieta *et al.* 1999). Esta madera puede manifestar tensiones internas, sin embargo su mecanización se realiza sin dificultades. La densidad media de la Caoba es de 520 kg/m³, la resistencia a la flexión estática de 871.8 kg/cm², la resistencia a la compresión es de 501 kg/cm² y su módulo de elasticidad de 113.1 kg/cm² (Escobar *et al.* 1993).



Figura 19. Vista de corte tangencial de madera de Caoba (Foto: Dairon Cárdenas - Instituto Sinchi)

Distribución y Hábitat Natural de la Caoba

La Caoba es originaria de la zona intertropical americana (Snook 1996 Lugo *et al.* 2002), el área de distribución natural va desde México hasta Brasil y Bolivia (Pennington & Styles 1981). En Colombia se ha registrado en la costa Atlántica, el valle medio del río Magdalena, en los departamentos de Bolívar, La Guajira, Magdalena, Santander, Sucre y el Chocó Biogeográfico (Cárdenas & Salinas 2007).

La Caoba es una especie heliófita durable, es decir que necesita claros para su desarrollo temprano y puede encontrarse en bosques maduros debido a su longevidad (Calvo 2000 Bodero *et al.* 2007). Habita en zonas con climas secos o húmedos con una estación seca marcada hasta los 1400 msnm (Whitmore 1983 citado por Céspedes *et al.* 2003). Según López & Cárdenas (2002) es una especie que prefiere sitios de topografía plana a moderadamente pendiente hasta del 15% en suelos medianamente fértiles y con una precipitación entre 1500 - 3500 mm anuales.

En los Montes de María, municipio de Colosó (Sucre), en el presente trabajo la especie se encontró dentro de bosques primarios levemente intervenidos, entre 200 y 500 m de altitud, en ambientes con pendientes moderadas a fuertes entre 30° y 40°, sobre afloramientos rocosos, especialmente a orillas de corrientes de agua. En el ecosistema se asocia con Carreto (*Aspidosperma polyneuron*), Caracolí (*Anacardium excelsum*), Jobo (*Spondias mombin*), Ceiba tolua (*Pachira quinata*) y Palma de vino (*Attalea butyracea*), entre otras.

En el municipio de Juradó se encontraron individuos desde los 27 hasta los 360 msnm, sobre superficies fuertemente disectadas, con una preferencia por las cimas o partes altas. Algunas

especies asociadas fueron: Abarco (*Cariniana pyriformis*), Balso (*Ochroma pyramidale*), Ceiba bonga (*Ceiba pentandra*), Ceiba tunuda (*Hura crepitans*), Caracolí (*Anacardium excelsum*), Carrá (*Huberodendron patinoi*), Chanul (*Sacoglottis procera*), Volado (*Cavanillesia platanifolia*), Guino (*Carapa guianensis*), Hobo (*Spondias mombin*), Higuerón (*Ficus glabrata*), Mil pesos (*Oenocarpus bataua*), Guerregue (*Astrocaryum standleyanum*). Estas características concuerdan con lo reportado por algunos autores para la región (Murillo 2009, Klinger 2011; Mena-Arias *et al.* 2010).

En la Cuchilla El Minero y en la Serranía de las Quinchas (Santander), se encontraron árboles adultos de Caoba creciendo en bosques naturales con pendientes moderadas en altitudes que oscilan entre los 300 y 656 msnm; en estos bosques se pudieron identificar especies asociadas de importancia maderable como Ceiba (*Ceiba pentandra*), Abarco (*Cariniana pyriformis*), Comino (*Aniba perutilis*) entre otros.

Fenología de la Caoba

El periodo de floración va de abril a junio en la parte norte y central de Suramérica donde sus frutos tardan entre 10-12 meses en madurar (Pennington & Styles 1981). La época de producción de semillas varía significativamente en las diferentes áreas de Centroamérica; en Panamá, el pico de producción es en noviembre, en Costa Rica a finales de noviembre y principios de diciembre, en Nicaragua en la Costa Atlántica se colecta en enero y febrero, en Honduras en febrero y marzo en las zonas altas (700 msnm), en Petén Guatemala en febrero y marzo; en la mayoría de las áreas de Bélize, se ha encontrado una variación entre árboles dentro de las mismas áreas de producción hasta de un mes (Navarro 1999). En Colombia, durante el desarrollo del presente estudio se observó en fructificación entre los meses de agosto a diciembre.

En México se ha encontrado que los árboles de más de 75 cm de DAP producen significativamente un mayor número de frutos que los de menor diámetro (Snook *et al.* 2005), similar situación en Bolivia para árboles de más de 70 cm de DAP (Verwer *et al.* 2008) y en Brasil para individuos con más de 60 cm de DAP (Grogan & Galvao 2006).

Dinámica de la Regeneración Natural de la Caoba

La Caoba es una especie demandante de luz, que regenera bien en claros recién abiertos (Snook *et al.* 2005, Van Rheen *et al.* 2004); algunos estudios sugieren que la regeneración natural es episódica y asociada a grandes disturbios (Whitmore 1973, García *et al.* 1993, Snook 1996, Grogan *et al.* 2002). En la región de Pará, Brasil, se encontró que la regeneración en bosques semi-decuidos es muy prolifera comparada con la de los bosques siempre verdes; en este caso se evidencia que el factor luz define en gran medida su éxito (Brown *et al.* 2003). Un estudio realizado por Brown *et al.* (2003) muestra que la regeneración es similar entre bosques aprovechados y bosques no aprovechados y el factor determinante del éxito de su regeneración parece estar asociado más al tipo de bosque.

La dispersión por el viento no sobrepasa los 100 m alrededor de los árboles semilleros y la densidad de las semillas dispersadas es alta cerca del árbol y disminuye con la distancia (Jiménez 1999, Navarro 1999). Sin embargo la distancia media de dispersión es alrededor de 30 metros, con una proporción alta de semillas cayendo a distancias muy cortas (Gullison *et al.* 1996), lo que puede ocasionar una elevada mortalidad de plántulas entre el 40 y el 70% (Gullison *et al.* 1996,



Negreros-Castillo *et al.* 2003). Lo anterior podría estar relacionado con el potencial de regeneración bajo de la especie señalado por Alcalá (2011).

Silvicultura y Manejo de la Caoba

En sistemas agroforestales exitosos en el Valle del Cauca (Colombia) se recomienda recolectar los frutos antes de que abran y dispersen sus semillas, es decir cuando tienen un color café (Calle & Murgueitio 2013). Éstos se transportan en bolsas de tela o papel (no de plástico) y se deben dejar en un lugar seco durante cinco días para luego exponerlas al sol por períodos de cuatro horas durante tres días.

Un fruto de *Swietenia macrophylla*, puede contener alrededor de 40 a 60 semillas viables, las cuales se pueden conservar por un año o más en cámaras de refrigeración y por algunos meses al aire libre. En condiciones de baja humedad (3 a 7%) y temperatura (3°C) pueden conservarse por 8 años, mientras que a temperatura ambiente y en bolsas de papel pueden conservarse hasta por 8 meses (Calle & Murgueitio 2013). Un kilogramo de semilla puede contener alrededor de 1300 y 2000 semillas (Navarro 1999).

Según Navarro (1999), la producción en vivero es sencilla puesto que no requiere tratamientos germinativos. La semilla puede ser llevada directamente a bolsa o cama de germinación, bajo condiciones de buena humedad y sombra, donde tardan aproximadamente 10 a 20 días en germinar. Así mismo, Calle & Murgueitio (2013), recomiendan que las semillas se deben enterrar de 2 a 3 cm en el sustrato de germinación, con el ala de la semillas hacia arriba. En vivero las plántulas deben pasar de condiciones de sombra fuerte a plena luz a las 4 semanas y pueden estar disponibles para llevar a plantación cuando alcancen una altura de 30 a 50 cm (Navarro 1999).

No es recomendable sembrar este árbol en plantaciones puras ni en alta densidad, ya que la probabilidad de ataques severos del barrenador es muy alta sobre todo en los primeros años (Mayhew & Newton 1998, los cuales tienden a reducirse cuando los árboles alcanzan los 8 a 10 m de altura (Briceño 1997). Sin embargo, se ha informado de la existencia de plantaciones casi puras de limitada extensión con densidades de hasta 55 - 70 árboles por hectárea en Panamá, Nicaragua, Guatemala, Belice y México (Cordero & Boshier 2003).

Siguiendo las directrices de Cordero & Boshier (2003) y dado que la sombra lateral puede reducir el daño de la plaga, se recomienda asociar la Caoba con especies forrajeras de rápido crecimiento, preferiblemente nativas. También se sugiere plantarla en baja densidad, bien sea en hileras o en forma aleatoria, en rastrojos o bosques secundarios; en este caso la vegetación aledaña se debe eliminar solo en las franjas o círculos de siembra alrededor de los árboles. También se puede asociar con cultivos agrícolas anuales o perennes como café y cacao, siempre en baja densidad y con espaciamientos de 15 x 15 m o incluso mayores (Cordero & Boshier 2003, Jimenez 2012).

Según Navarro (1999) la Caoba puede crecer hasta 2 m de altura por año en sitios fértiles; con abonamiento de 50 gr de fertilizante por año, se pueden obtener hasta 12 m de altura a los 6 años. Escenarios de manejo agroforestal permiten obtener entre 22-29.3 m³ ha⁻¹ de madera aserrada con un potencial de fijación de carbono de 11 Mg por hectárea a los 21 años de edad y una densidad máxima alcanzable por la especie de 100 árboles por hectárea y un 48% del cultivo cubierto con sombra (Jiménez 2012). Algunos estudios sugieren que en el bosque natural los árboles de Caoba requieren 60 a 100 años para alcanzar la talla comercial, mientras que en plantaciones y sistemas agroforestales pueden hacerlo en la mitad del tiempo (Cordero & Boshier 2003, Calle & Murgueitio 2013).

Finalmente es importante resaltar que en plantaciones y arreglos agroforestales, la polilla *Hypsipyla grandella* Zeller (Lepodiptero de la familia Pyralidae), ataca los cogollos de los juveniles de la especie generando una muerte apical que conlleva a la formación de reiteraciones del tallo principal (Bauer & Francis 1998, Navarro 1999, Lopes *et al.* 2008). Estos ataques siguen constituyendo un reto importante en la planeación de los diseños de cultivos tanto de Cedro como de Caoba y son un factor limitante de la densidad de siembra. Una alta diversidad y una baja densidad de individuos contribuyen a una reducción importante de los ataques (Bauer & Francis 1998, Lopes *et al.* 2008).

Usos e Importancia Comercial de la Caoba

La Caoba produce una de las maderas más finas y apreciadas del mundo para la elaboración de muebles (Lugo *et al.* 2002). Ha sido ampliamente utilizada en la fabricación de muebles finos, ebanistería, artesanías, decoración de interiores, tableros, enchapado fino, instrumentos musicales, construcción de embarcaciones, moldes, reglas de cálculo, esculturas, triplex, trabajos de tornería y tallados (Cárdenas & Salinas 2007). Sin duda, la Caoba es la madera de mayor valor comercial y explotación más intensa en el trópico americano. La madera más antigua tiene precios aún más elevados; por ejemplo, una silla elaborada con piezas de madera que data de 1620 según expertos del Ministerio de Agricultura de los Estados Unidos, puede alcanzar un precio comercial de US \$ 500,000. Otros usos consisten en la obtención de tintes, taninos y aceites extraídos de la madera, semillas y corteza los cuales son usados en la elaboración de cosméticos y medicinas (Cordero & Boshier 2003).

Situación Actual de la Caoba en Colombia

La Caoba es una de las especies con mayor presión comercial y sus poblaciones han sido diezmadas muy rápidamente en todas sus áreas de distribución natural. Esta situación motivó a que fuera incluida en el apéndice II de la Convención sobre Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora (CITES) en el año 2002, siendo categorizada a nivel mundial como vulnerable (VU A1cd+2cd) ver. 2.3 1994 (World Conservation Monitoring Centre 1998). A nivel nacional fue categorizada como En Peligro Crítico (CR A2cd) debido a la reducción de sus poblaciones naturales en más del 80% (Cárdenas & Salinas 2007).

Por otra parte, el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, declaró esta especie como amenazada a nivel nacional mediante Resolución 192 de 2014. A nivel regional su aprovechamiento ha sido reglamentado por algunas Corporaciones Regionales, como la CDMB (Resolución 1986 de diciembre 1 de 1984, la CARDER (Resolución 177 de abril 9 de 1997), Corpourabá (Resolución 076395 de agosto 4 de 1995) y la CAS (Resolución 469 de 13 de abril de 2012).

Identificación de Poblaciones Naturales de Caoba

Mapa de Distribución Histórica de la Caoba

Se obtuvo 99 registros de Caoba en todo el territorio nacional, cuya información fue obtenida de la revisión de especímenes de Herbarios visitados, bases de datos de colecciones botánicas en



Mapa de Distribución Potencial de Caoba

A partir de los 24 registros sobre cobertura boscosa se probaron varios algoritmos en el programa OpenModeller y con base en la evaluación de los criterios previamente establecidos fue posible la selección de nueve algoritmos (Tabla 13).

Tabla 13. Algoritmos de openModeller con los valores de los criterios evaluados para el mapa de distribución potencial de Caoba en Colombia.

Algoritmo	Sensibilidad	Error de Omisión	Porcentaje de celdas aptas	Curva ROC %
Bioclim	0.73	7	1.4%	0.99
Envelope Score	0.73	0.27	95.8%	0.99
EnvironmentalDistance - DOMAIN	0.73	0.27	0.6%	1
EnvironmentalDistance_chebyshev	0.73	0.27	0.01%	1
EnvironmentalDistance_manhattan	0.68	0.31	36.1%	1
GARP with Best Subsets - new openModeller implementation	0.68	0.31	25.1%	0.9
GARP with best subsets - DesktopGARP implementation	0.70	0.29	1.6%	0.99
MaximumEntropy	0.68	0.31	20.2%	0.62
Programa maxent	0.68	0.31	14.6%	0.96

A partir de los algoritmos seleccionados se realizó la superposición de los modelos para obtener un nuevo modelo que determinó cuales son las áreas donde mejor se distribuye potencialmente la Caoba. Con los puntos de evaluación se definieron las categorías de distribución y como resultado de este análisis se obtuvo el mapa de distribución potencial de Caoba (Figura 21). Las áreas aproximadas de distribución potencial por categoría y su correspondiente porcentaje sobre el área total de probabilidad del modelo se presentan en la Tabla 14.



**PLANES DE MANEJO PARA LA CONSERVACIÓN DE
Abarco, Caoba, Cedro, Palorosa y Canelo de los Andaquíes**

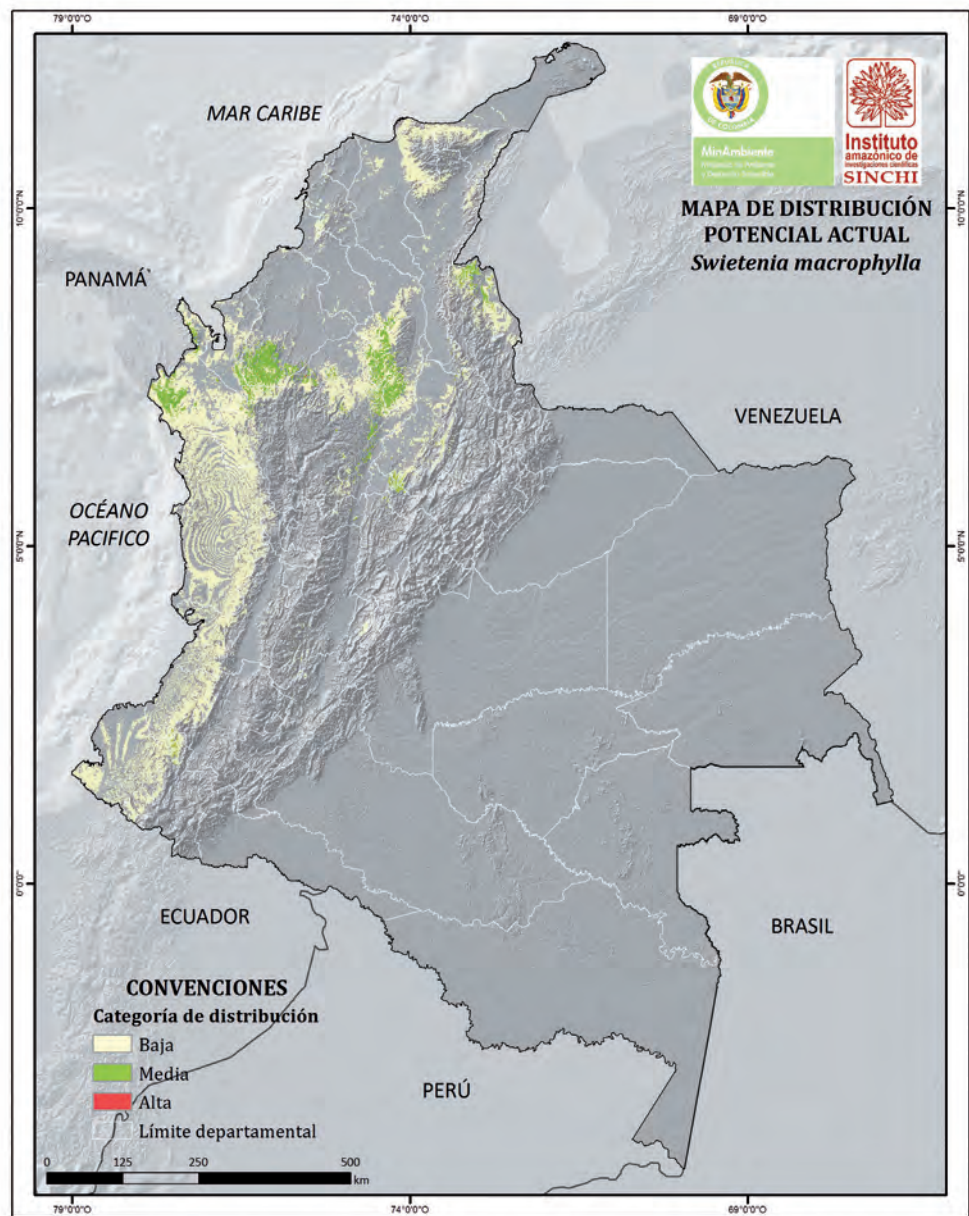


Figura 21. Mapa de distribución potencial actual de Caoba en Colombia

Tabla 14. Áreas por categoría de ocurrencia potencial de Caoba en Colombia

Categoría	Área Total (Ha)	% Área Boscosa
Alta	2,426	0.02
Media	1'149,421	12.64
Baja	7'944,839	87.34

Evaluación de Poblaciones Naturales de Caoba

A partir del mapa de distribución potencial se adelantó el trabajo de campo para la corroboración de presencia y evaluación de las poblaciones naturales remanentes de Caoba en las diferentes localidades. De este modo se obtuvo un total de 77 registros de la especie, de los cuales 59 provienen de poblaciones en bosques con buen estado de conservación y 18 fueron árboles aislados en potreros o cultivos.

De las localidades visitadas, se realizó la evaluación poblacional en tres (3) sitios donde se identificó una población natural aparentemente viable: Juradó (Chocó), Colosó (Sucre) y Cuchilla del Minero-Serranía de las Quinchas (Santander).

Densidad de Caoba en Bosque Natural

En la localidad de Juradó, departamento del Chocó, se realizaron dos recorridos en un bosque primario en buen estado de conservación, donde se estimó una densidad poblacional de 1.79 Ind./ha (0.99 – 3.44, $p=0.03$). La densidad para la categoría de individuos con DAP menor de 10 cm, fue de 0.12 Ind./ha, mientras que para la categoría comprendida entre 10 – 80 cm de DAP fue de 0.86 Ind./ha (0.21 – 3.45, $p=0.06$, $n=9$), mientras que para la categoría de individuos con DAP mayor a 80 cm, se encontró una densidad por hectárea de 0.8 ind. (0.24 – 2.67, $p=0.49$) correspondiente a 13 individuos. De acuerdo con Cordero & Boshier (2003), la Caoba se encuentra aislada o en grupos y en raras ocasiones se encuentran densidades mayores de 4 – 8 árboles por hectárea, siendo estos valores superiores a los encontrados en el presente estudio (Tabla 15).

Tabla 15. Densidad poblacional de Caoba en las localidades evaluadas.

Localidad	Densidad (árboles ha ⁻¹)	Intervalo de confianza (árboles ha ⁻¹)	Nº Individuos	Intensidad de muestreo (km)
Juradó (Chocó)	1.79	0.99 – 3.44	23	10.2
Colosó (Sucre)	0.17	0.05 – 0.54	8	11.4
Cuchilla del Minero (Santander)	0.10	0.04 – 0.25	16	22.3

En la evaluación poblacional en Colosó, departamento de Sucre, la cual se realizó en áreas de bosques bien conservados y con algún grado de intervención, el número de árboles por hectárea fue de 0.17 (0.05 – 0.54, $p=0.72$). En el rango de la clase diamétrica 10 – 80 cm fueron registrados 7 individuos con una densidad de 0.15 Ind./ha (0.04 – 0.51 $p=0.79$). Un solo individuo fue registrado en la categoría mayor a 80 cm, cuya densidad se estimó en 0.02 Ind./ha.

En la evaluación poblacional en los bosques del Distrito Regional de Manejo Integrado del Río Minero y en la Reserva Forestal Protectora Cuchilla del Minero (departamento de Santander), se registró un total de 16 árboles cuya densidad estimada fue de 0.10 Ind./ha (0.04 – 0.25, $p=1.00$). La densidad para la clase diamétrica de individuos menores a 10 cm de DAP, fue de 0.01 Ind./ha ($n=1$) y para la clase entre 10 – 80 cm de DAP fue de 0.10 Ind./ha (0.04 – 0.25, $p=0.99$, $n=15$); no se registraron individuos con diámetro mayor a 80 cm de DAP.



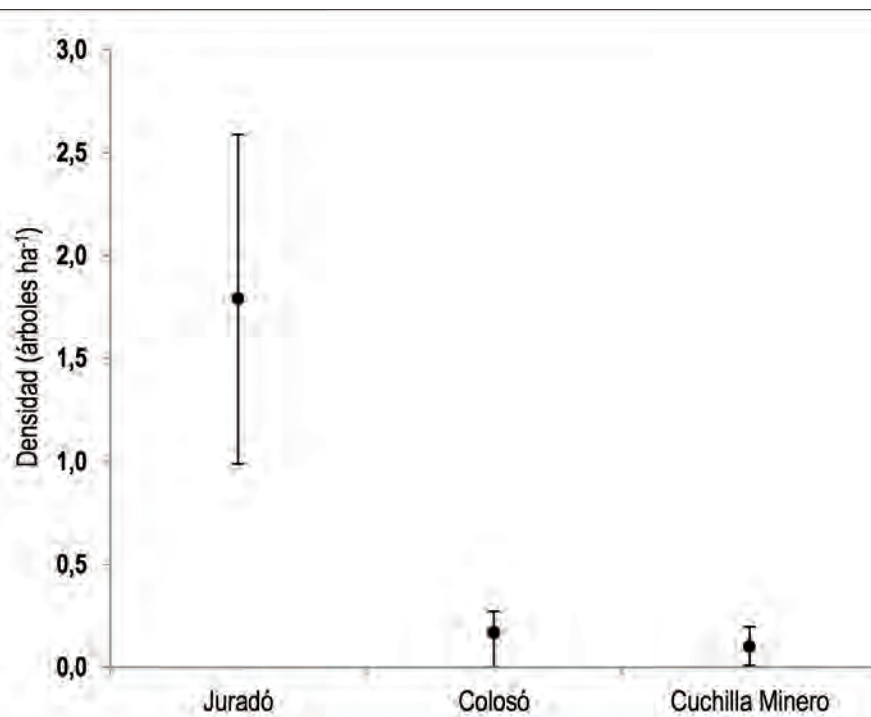


Figura 22. Densidades poblacionales de Caoba, en las localidades evaluadas.
Prueba de comparación de medias de Tukey con una probabilidad del 95%.

Cuando se comparan las densidades poblacionales estimadas en las tres localidades evaluadas, el ANOVA mostró que existe diferencia estadísticamente significativa ($p = 95\%$) ($F=77.65$, $p=0.00$). La prueba de rangos múltiples de Tukey (Figura 22), muestra que las densidades de Colosó (Sucre) y Serranía de las Quinchas (Santander) fueron similares, mientras que la densidad de Juradó fue diferente con un valor de densidad más alto.

A nivel de los países del trópico americano, se puede observar que en la mayoría las densidades por hectárea de árboles de Caoba con diámetro mayor a 10 cm son muy bajas, tendencia que se mantiene para dos de las tres localidades evaluadas en el presente estudio (Colosó y Cuchilla del Minero) (Tabla 15, Tabla 16). Es claro entonces que la población de Juradó (Chocó) está en buen estado de conservación y que además se encuentra en un hábitat donde la especie es muy competitiva, de ahí su alta densidad, comparable con las poblaciones de los lugares más densos de Centroamérica (Tabla 16). Entre tanto, las poblaciones de Colosó (Sucre) y la Cuchilla del Minero (Santander) seguramente diezmadas por una intensa e histórica extracción selectiva, presentan valores de densidad muy bajos comparados con otras regiones de América (Tabla 16). Según Brown *et al.* (2003), la Caoba presenta altas densidades en bosques donde es muy competitiva (en el límite entre bosques semi-caducifolios y siempre verdes) y bajas donde tiende a ser excluida competitivamente (bosques densos siempre-verdes). Igualmente, la densidad se encuentra directamente relacionada con la intensidad de las explotaciones, su duración y manejo.

Tabla 16. Reportes de densidad poblacional de Caoba en varios países tropicales de América

País-Región	Densidad (Ind./ha)	Clase de diámetro (cm)	Fuente
Honduras	1 - 2	Global	Mendieta <i>et al.</i> (1999)
Perú	0.375	> 65	Marmillod (2007)
Colombia-Chocó	3.6	Global	Klinger (2011)
Nicaragua	0.1 - 4	>50	Travisany (2006)
Bolivia	0.07 – 0.64	>20	Mejia <i>et al.</i> (2008)
Perú	0.003 - 0.164	>75	Mejia <i>et al.</i> (2008)
Brasil-Pará	0.11 – 0.93	>10	Brown <i>et al.</i> (2003)
México-Quinta	1	>80	Snook (2000)
Bolivia	0.2 - 1.6	>10	Brown <i>et al.</i> (2003)
Bélice	2.6	>10	Brown <i>et al.</i> (2003)
Venezuela	0 – 0.2	>10	Brown <i>et al.</i> (2003)
Costa Rica-Guanacaste	5.6 – 12.3	>10	Brown <i>et al.</i> (2003)

Es importante destacar que las poblaciones pequeñas (bajas densidades) están sujetas a reducciones rápidas en el número de individuos y por lo tanto son mucho más propensas a la extinción local por pérdida de variabilidad genética, fluctuaciones demográficas y/o fluctuaciones ambientales (Primack *et al.* 2001). En general las poblaciones de Caoba en Colombia cuentan con pocos individuos de dimensiones aprovechables, por lo que la explotación selectiva y la expansión de la frontera agrícola constituyen una grave amenaza para la conservación de los pocos relictos poblacionales presentes aún en el país.

Distribución por Clases Diamétricas de Caoba en Bosque Natural

La distribución por clases diamétricas de las tres poblaciones evaluadas, se ajustó a una distribución Normal, caracterizada por su forma de campana, con una mayor concentración de individuos en las clases diamétricas intermedias (Figura 23). Varios autores asocian distribuciones en clases diamétricas en forma de campana o “multipicos” con una regeneración ligada a grandes disturbios, condicionado a un reclutamiento episódico y con cohortes marcadas (Gullison *et al.* 1996, Snook 1996). Sin embargo, Brown *et al.* (2003) encontraron en Brasil que las distribuciones diamétricas de Caoba en áreas pequeñas (5 ha) pueden ser de formas muy variadas (J invertida, amodal y campana), mientras que al evaluar un área mayor de 300 ha la distribución de la población completa tiende a una distribución de J invertida.

Existen otros factores como la ausencia de adecuada penetración de luz necesaria para el desarrollo de la especie, intolerancia a la sombra densa y el consumo de sus semillas por roedores y aves durante la época de producción y dispersión de semillas, impiden un completo y adecuado desarrollo de la especie. Las situación descrita sumado a su posición fisiográfica (en pendientes mayores al 90% y filos de montañas), alturas superiores a 40 m de sus individuos y alrededor del 26% de los individuos ya alcanzaron la madurez o su clímax haciéndolos vulnerables al volcamiento, hace aún más difícil el reclutamiento de nuevos individuos que aseguren la permanencia de la especie.



PLANES DE MANEJO PARA LA CONSERVACIÓN DE Abarco, Caoba, Cedro, Palorosa y Canelo de los Andaquíes

En la población natural evaluada en Juradó (Chocó), el 4% de los individuos fueron menores a 10 cm de DAP, el 66% se presentó en la clase comprendida entre 10-80 cm de DAP, mientras que el 30% restante presentó diámetro mayor a 80 cm de DAP (Figura 23); esta distribución en forma de campana evidencia claramente problemas inherentes a la regeneración natural de la especie. De acuerdo con Brown *et al.* (2003) la Caoba muestra una escasa regeneración o ausencia de la misma en bosques aprovechados. Por el contrario, en la población de Colosó (Sucre) solo el 13% de los individuos presentó un DAP superior a 80 cm y en población de La Cuchilla del Minero (Santander), no se registraron individuos con diámetro superior a 80 cm (Figura 23). Esta disminución de las clases diamétricas sugiere que estas poblaciones fueron sometidas a extracción selectiva en el pasado, aspecto que pudo afectar la representatividad de individuos en todas las clases diamétricas y por ende su estado de conservación.

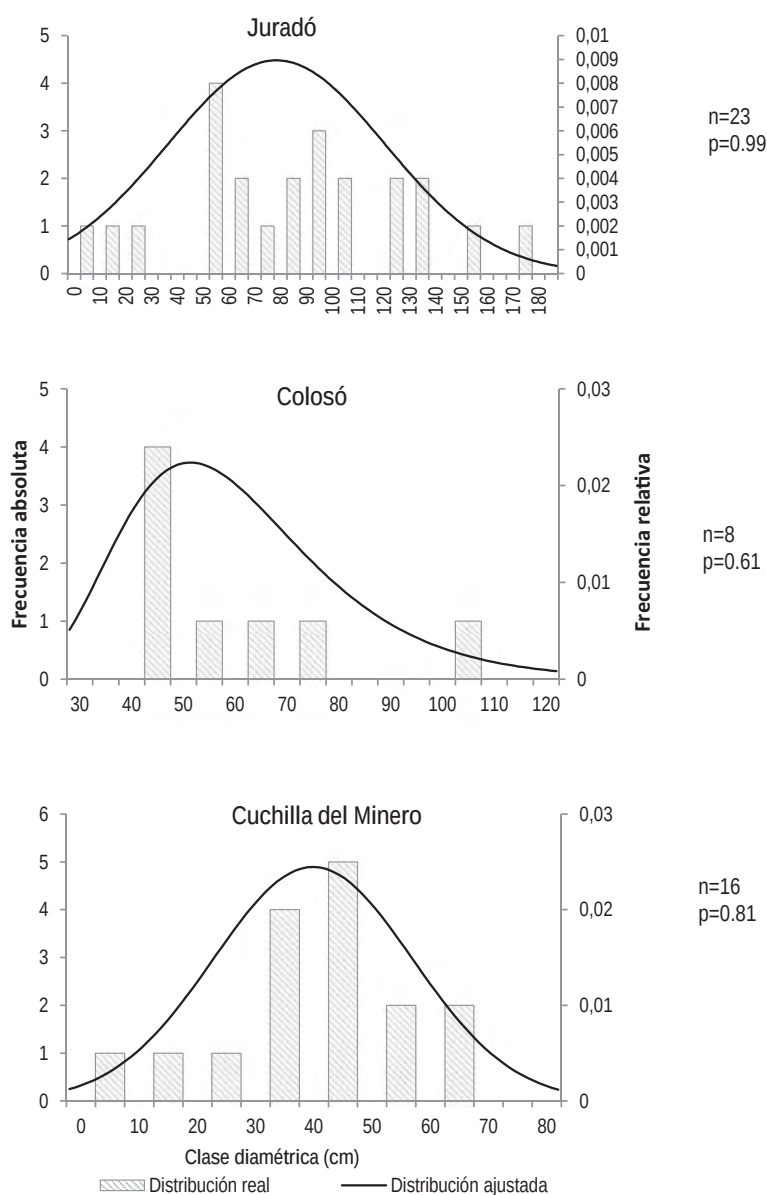


Figura 23. Distribución diamétrica real y ajustada a la función teórica Normal para tres poblaciones naturales de Caoba en Colombia.

Crecimiento y Relaciones Alométricas de la Caoba

La relación alométrica entre el DAP y la altura total para individuos de Caoba en condiciones de bosque natural presentó un coeficiente de correlación de 0.775, lo cual indica que variables como la altura, pueda ser explicada a partir del DAP con un alto poder predictivo. Los árboles de Caoba pueden llegar a ser de los más grandes del bosque, con alturas de hasta 51 m (Figura 24).

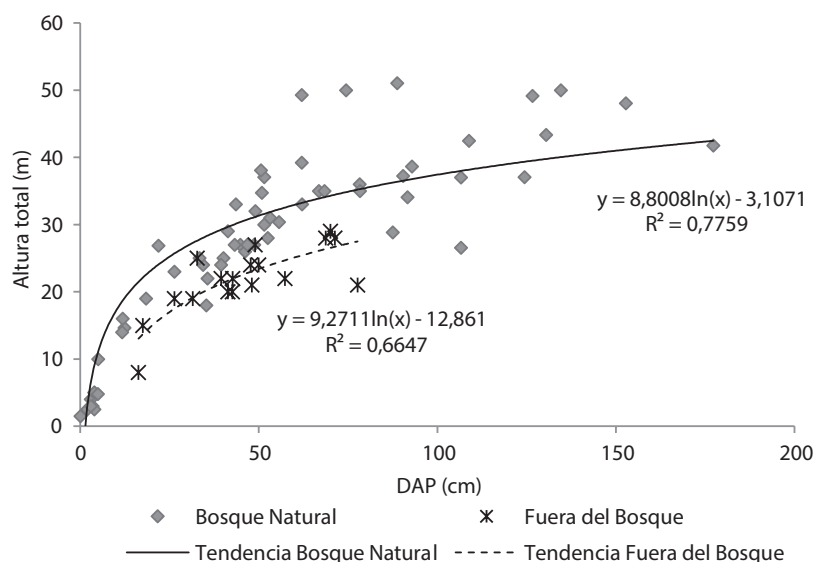


Figura 24. Relación de diámetro a la altura del pecho - DAP y altura total de individuos de Caoba en bosque natural (n=47) y fuera del bosque (n=18) en Colombia.

Con respecto al Diámetro Mínimo de Corta (DMC), en los países donde se comercializa la Caoba se han reportado diferentes valores que van desde 50 cm en Nicaragua, hasta 90 cm en Honduras (Boot & Gullison 1995, Gullison *et al.* 1996, Mendieta *et al.* 1999, Magin 2006, Boderó *et al.* 2007, Maristerra *et al.* 2007, Grogan *et al.* 2008, Schulze *et al.* 2008, Lombardi *et al.* 2009a, Alcalá 2011) (Tabla 17). Cabe resaltar, que en las poblaciones de Caoba en Colombia, la densidad de individuos por hectárea por encima 80 cm de DAP es muy baja (Juradó 0.8, Colosó 0.02 y en la Cuchilla del Minero cero), por lo que se considera que no existe una oferta significativa del recurso a nivel nacional. En consecuencia, las medidas de manejo de la especie deberán estar enfocadas en la conservación de los árboles remanentes y a la implementación de estrategias de restauración ecológica en el hábitat natural de la especie y de favorecimiento al establecimiento de la regeneración natural.



PLANES DE MANEJO PARA LA CONSERVACIÓN DE Abarco, Caoba, Cedro, Palorosa y Canelo de los Andaquíes

Tabla 17. Reportes de diámetro mínimo de corta (DMC) para Caoba en los países tropicales de América.

País	DMC (cm)	Fuente
Bolivia	80	Gullison <i>et al.</i> (1996), Boot & Gullison (1995)
Bélice	58	CITES (2003)
Brasil	60	Schulze <i>et al.</i> (2008), Maristerra <i>et al.</i> (2007), Grogan <i>et al.</i> (2008)
Ecuador	60	Bodreo <i>et al.</i> (2007)
Guatemala	55	Magin (2006)
Honduras	90	Mendieta <i>et al.</i> (1999)
México	55	Alcalá (2011)
Nicaragua	50	Magin (2006)
Panamá	75	Magin (2006)
Perú	75	Lombardi <i>et al.</i> (2009a)

En la Tabla 18 se presentan los reportes de tasas de crecimiento en diámetro de Caoba en algunos países de su distribución natural. En Centroamérica, el ciclo de corta varía entre 25 y 40 años, tiempo estimado que tardan los árboles jóvenes en pasar clases diamétricas intermedias y éstos en pasar a clases diamétricas adultas aprovechables (CITES 2006). En Colombia no se cuenta con datos de crecimiento en bosques naturales, lo que evidencia el vacío de información para la implementación de distintas estrategias de conservación y manejo, y refleja la inmediata necesidad de llevar a cabo el monitoreo de los relictos poblaciones aún existentes en nuestro país.

Tabla 18. Reportes de tasa de crecimiento en diámetro para Caoba en Bosque Natural

País-Región	Tasa de crecimiento (cm año ⁻¹)	Fuente
Perú	0.75	Mejía <i>et al.</i> (2008)
México - Quintana	0.8	Rebollar <i>et al.</i> (2002)
Brasil - Mato Grosso	0.35	Dünisch <i>et al.</i> (2003)
Ecuador	0.14 – 0.36	Bodero <i>et al.</i> (2007)

Calidad Fenotípica y Estado Fitosanitario de Caoba

Para la evaluación de las poblaciones de Caoba, se realizaron algunas observaciones acerca de la calidad fenotípica de los individuos. El 93% de los fustes son rectos y el 7.2% está deformado o inclinado. Ésta condición, sumada a la ausencia de patógenos, muestra que la calidad fenotípica de los fustes de esta especie en bosque natural es por lo general óptimo (Figura 25).

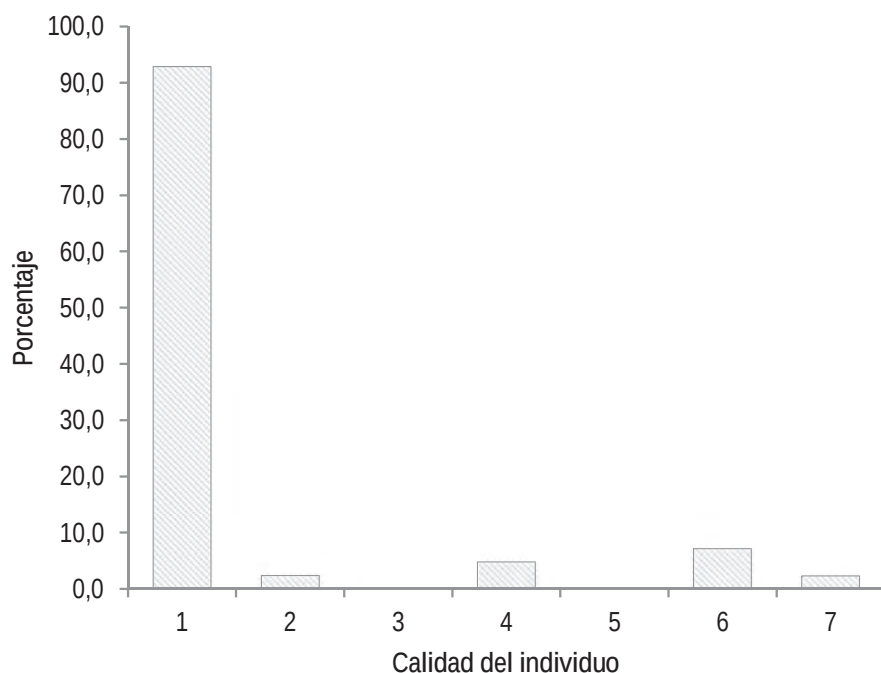


Figura 25. Calidad de los individuos de Caoba en Bosque natural en Colombia (n=47). 1) Fuste recto. 2) Inclinado. 3) Bifurcado. 4) Deformado o torcido. 5) Podrido. 6) Competencia con lianas. 7) Presencia de patógenos.

La dominancia de los fustes rectos indica que se han desarrollado de forma natural en bosques poco intervenidos y con dosel alto (Feldpausch *et al.* 2011), lo que permite inferir que bajo estas condiciones el árbol presenta cierta resistencia al ataque del barrenador de las meliáceas durante su desarrollo juvenil (Briceño 1997).

Consideraciones sobre las Evaluaciones Poblacionales de Caoba

- Los resultados obtenidos indican que las poblaciones naturales de Caoba en Colombia han sido fuertemente diezgadas y que aún permanecen relictos poblacionales “muy reducidos” en condiciones de bosque natural. Las poblaciones más significativas se encontraron en las localidades de Juradó (Chocó), Colosó (Sucre) y Cuchilla del Minero (Santander), aunque con un número de individuos muy por debajo en relación con poblaciones naturales presentes en otros países. Sin embargo, dichas poblaciones naturales conforman los pocos bancos genéticos aún disponibles para nuestro país.
- En las poblaciones naturales remanentes evaluadas en Colosó (Sucre) y Cuchilla del Minero (Santander), la escasa regeneración natural encontrada, sumada a la baja densidad de individuos adultos permite concluir que existen problemas estructurales que ponen en riesgo la supervivencia de la especie.
- En Juradó (Chocó) el buen estado de conservación de la población indica que aparentemente nunca ha sido aprovechada, lo que se debe en gran medida a las restricciones de aprovechamiento que ejercen las autoridades del cabildo indígena de los resguardos de Juradó y Nussi Purru y a las dificultades de acceso al sitio.



Códigos de Barra de ADN y Huella Genética de Caoba

Códigos de Barra de ADN de Caoba

Los códigos de barra de ADN de Caoba se generaron a partir de 17 ejemplares procedentes de los departamentos de Choco (5), Santander (8), Sucre (2) y Norte de Santander (2).

Para la generación del código de barras de ADN correspondiente a la región *matK* se analizaron 16 secuencias cuyo alineamiento produjo una secuencia consenso de 737 pb. Para *rbcL* se analizaron 17 secuencias, en las cuales se encontraron dos variaciones (haplotipos), con frecuencias de 70% y 30%, cuyo alineamiento produjo una secuencia consenso de dicha región de 627 pb.

Se utilizaron dos métodos para estimar la confiabilidad de la secuencia obtenida candidata a código de barras; el primero mediante la comparación del resultado obtenido con la base de datos del Genbank y el segundo mediante la estimación de la distancia genética entre secuencias de la misma especie y género, cuando hay secuencias disponibles en las bases de datos de BOLD (base de datos especializada en códigos de barra de ADN) y Genbank. A la vez estos métodos ofrecen una manera de validar la identificación taxonómica.

Cuando las secuencias *matK* y *rbcL* obtenidas fueron comparadas con de la base de datos del Genbank para Caoba, se obtuvo un acierto del 98-100%, con lo cual se corrobora que las secuencias obtenidas corresponden claramente a *Swietenia macrophylla*.

Para el caso de las distancias genéticas, a partir de su estimación se realizó un árbol filogenético con las secuencias *matK* y *rbcL* reportadas en el Genbank y BOLD para esta especie y las secuencias de éstos dos genes obtenidos de los ejemplares analizados. En cuanto a las secuencias del género solo se encontraron para las regiones *matK* y *rbcL* de Caoba.

Como se observa en la Figura 26, la región *matK* no discrimina *Swietenia macrophylla* de *S. mahogani*. En el caso de la región *rbcL* (Figura 27), se encuentra una discriminación con *S. mahogani* en una secuencia del Genbank para esta especie, pero es de aclarar que esta base de datos no está especializada en este tipo de secuencias como es el caso de BOLD. Si bien el código de barras en plantas propuesto por el CBOL son los genes *matK* y *rbcL*, el análisis de distancias genéticas se debe realizar con los genes *matK* y *rbcL* juntos. En las bases de datos Genbank y BOLD las secuencias no cuentan con información suficiente que haga suponer que las secuencias reportadas provienen del mismo ejemplar, por lo tanto fue necesario realizar los análisis independientes en cada gen.



PLAN DE MANEJO PARA LA CONSERVACIÓN DE CAOBA *Swietenia macrophylla* King



Figura 26. Árbol filogenético secuencias matK para Caoba.
Alineamiento MUSCLE, distancia K2P, agrupamiento Neighbor-joining.
Amarillo: secuencias reportadas en BOLD; Verde: Secuencias reportadas en Genbank.

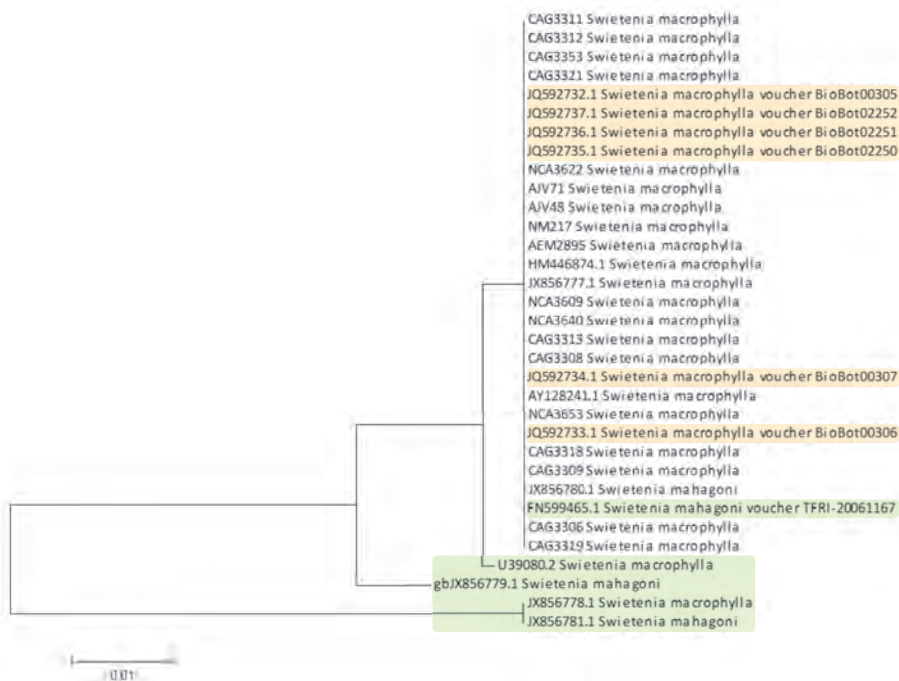


Figura 27. Árbol filogenético secuencias matK para Caoba.
Alineamiento MUSCLE, distancia K2P, agrupamiento Neighbor-joining.
Amarillo: secuencias reportadas en BOLD; Verde: Secuencias reportadas en Genbank.

En conclusión se generaron las regiones código de barras de ADN matK y rbcL de Caoba de individuos de poblaciones en su hábitat natural encontradas en Colombia, para las cuales no existían registros en las bases de datos de secuencias públicas.



Este producto constituye una herramienta mediante la cual se podrán detectar eventuales movilizaciones de la especie o partes de ella en el territorio nacional, contribuyendo así al control al tráfico ilegal como causa del deterioro a las dos poblaciones naturales encontradas en desarrollo del proyecto.

Huella genética de Caoba

La variación genética en una especie es debida a las condiciones medioambientales locales en la cual habita (p.e aquellas relacionadas con el clima, suelo, geología etc.); por lo tanto, ésta variación genética específica local es la que se necesita capturar a nivel de ADN para determinar si un individuo pertenece a una población determinada.

Se analizaron 62 individuos de Caoba de los departamentos de Chocó (33 individuos), Santander (21 individuos) y Sucre (8 individuos), en los cuales se evaluaron 10 marcadores microsatélites reportados por Lemes *et al.* (2002). De acuerdo a la dispersión de los puntos en la Figura 28, se puede observar agrupamientos de acuerdo al lugar de procedencia de los individuos, los que indica una distancia genética entre los individuos de las poblaciones evaluadas. Esto fue evidenciado con el valor del coeficiente de diferenciación genética $F_{st}=0.1$, que indica que existen diferencias genéticas entre las poblaciones evaluadas.

De acuerdo a estos resultados, los perfiles genéticos que se generaron mediante los marcadores moleculares microsatélites lograron diferenciar la procedencia de los individuos evaluados, lo cual indica que los marcadores empleados son útiles en la identificación genética de Caoba como ya ha sido demostrado por Degen *et al.* (2012). Este aporte del proyecto es significativamente importante dado que en diversas publicaciones es evidente la ausencia de información de este tipo sobre la especie para Colombia. También es información trascendental en aquellos esfuerzos internacionales que buscan la utilización de este tipo de marcadores moleculares para la identificación de origen de este tipo de especies (Degen *et al.* 2012).

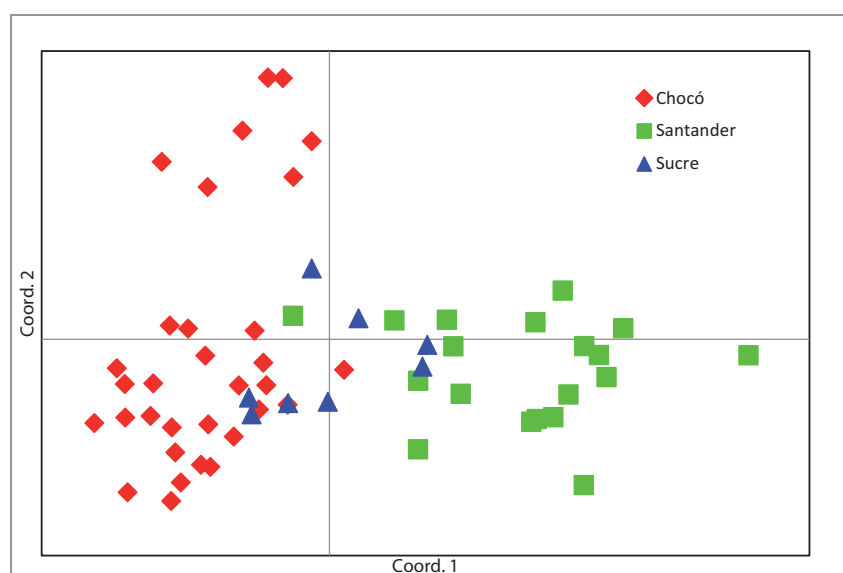


Figura 28. Análisis de coordenadas principales en Caoba basado en una matriz de distancias genéticas de marcadores moleculares microsatélites.

Lineamientos para la Conservación y Manejo de la Caoba

Los lineamientos para la conservación de especies y sus hábitats, parten del análisis del estado de sus poblaciones y los grados de amenaza. Buscan generar acciones prioritarias en el corto, mediano y largo plazo, con impactos a escala local, regional y/o nacional, a fin conservar o restaurar poblaciones amenazadas (Kattan *et al.* 2005). Estos procesos de planificación para el manejo de las especies con algún riesgo de amenaza, requiere involucrar una serie de relaciones interinstitucionales y de participación comunitaria, el fomento a la investigación y a los programas educativos, así como el fortalecimiento o revisión del marco normativo legal existente. Dicha planificación debe desencadenar en programas de conservación *in situ* y *ex situ*, abordando de manera integral la solución a un problema creciente de explotación maderera y/o destrucción del hábitat (Kattan *et al.* 2005).

En Colombia, la Caoba presenta una seria disminución y afectación de sus poblaciones naturales, expresada en bajas densidades poblacionales, especialmente de individuos juveniles y una muy baja capacidad regenerativa debido a escasa oferta de fuentes semilleras. Una de las principales causas a esta problemática ha sido por un lado la histórica y aún manifiesta extracción selectiva para el comercio de su valiosa madera y por otro el avance de la frontera agrícola que destruye su hábitat natural.

Estos escenarios complejos, obligan la generación de líneas de acción en el corto, mediano y largo plazo. Deben estar enfocadas en proteger el hábitat natural donde aún persisten poblaciones naturales relictuales, propender por la protección de los árboles adultos y fomentar su repoblamiento en áreas de bosque natural. En este sentido, es importante resaltar que para alcanzar éstas metas se requiere que la investigación (incluyendo el monitoreo) y la educación (a diversas escalas) sean componentes transversales e indispensables, así como la participación de las instituciones y de los pobladores locales en las diferentes estrategias planteadas.

Se establecen 5 líneas de acción (acorde a lo propuesto por Kattan *et al.* 2005): Instrumentos de política y gestión; estrategias de conservación *in situ*; estrategias de conservación *ex situ*; lineamientos de investigación y monitoreo y estrategias de educación y divulgación. Estos lineamientos están elaborados considerando actividades a corto (1 a 5 años), mediano (5 a 10 años) y largo plazo (10 o más años). A continuación se describen las líneas de acción, las cuales deberían ser actualizadas a medida que se avance en el logro de las metas propuestas.

Instrumentos de Política y Gestión para la Conservación de la Caoba

Para la gestión ambiental se prevé la participación conjunta del Estado, la sociedad civil y los sectores productivos, con el fin de contribuir al cumplimiento de los objetivos de conservación, restauración o recuperación ambiental definidos en las diferentes políticas ambientales nacionales y en los instrumentos de planificación y normativos que de éstas se derivan. Las siguientes propuestas encuentran fundamento jurídico en La Constitución Política de Colombia así como en sus diferentes leyes, decretos, resoluciones, acuerdos internacionales suscritos y en general en las políticas expedidas para la protección del ambiente y los recursos naturales.

Después de analizar los diferentes instrumentos de gestión que existen en el territorio nacional y contrastarlos con el estado de amenaza de las poblaciones naturales de Caoba, se ratifica



la conclusión señalada por Cárdenas & Salinas (2007) en el Libro Rojo en relación con las medidas de conservación que indican que la veda nacional al comercio de Caoba (proveniente de poblaciones naturales) es una de las medidas que se debe proponer. Lo anterior con base en que las vedas regionales existentes en el país (ver sub capítulo “Vedas al Aprovechamiento”) a pesar de restringir el uso en ciertas zonas, permite que en otras regiones se genere el tráfico ilegal de la madera.

Adicionalmente se propone la protección de individuos adultos en predios privados ubicados en bosques naturales, explorar mecanismos de incentivo o compensación que permitan la conservación de individuos adultos de alto valor ecológico, que a su vez generen beneficios económicos a los pobladores locales. Al respecto se puede destacar que en Colombia se han implementado diversos tipos de incentivos a la conservación (i.e. Certificado de Incentivo Forestal, Certificado de Incentivo a la Conservación), que de lograr direccionarse de manera efectiva, se convertirían en alternativas viables y posibles para contribuir a la preservación de las especies y sus servicios ecosistémicos (Calle *et al.* 2012).

PROBLEMÁTICA: Se corroboró que existe una gran disminución del hábitat de la Caoba, así como una disminución drástica de sus poblaciones en coberturas boscosas. Esto ratifica lo encontrado en la ficha del Libro Rojo de Especies Maderables, que la categoriza como en Peligro Crítico (Cárdenas & Salinas 2007) y su declaración de especie bajo amenaza según el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible (Resolución 192 de 2014). Adicionalmente, en los bosques en los que aún se encuentran individuos de Caoba, existe una fuerte presión por explotación maderera y avance de la frontera agrícola que amenazan su permanencia. Cabe resaltar que la normatividad existente en el país poco efecto ha tenido para controlar el grado de amenaza sobre la especie, en algunos casos por desconocimiento de la normatividad y en otros por la ilegalidad de aprovechamiento y comercialización de madera presente en varias regiones del país.

El alto valor de la madera de Caoba frente a la situación económica desfavorable de la mayoría de dueños de predios donde aún se encuentran individuos de Caoba, así como de los pobladores aledaños a las áreas boscosas del Estado, generan una presión continua hacia individuos que aún permanecen en pie. Por otro lado, no existe ningún incentivo económico que estimule mantener los árboles de Caoba en pie. Los incentivos que existen en la actualidad (Certificado de Incentivo Forestal CIF para conservación o reforestación) están enfocados a programas de reforestación o protección de ecosistemas.

Finalmente, aunque la madera de Caoba comercializada proviene de plantaciones agroforestales o potreros arbolados, esta modalidad puede permitir la movilización de madera proveniente de los bosques naturales, por lo que es indispensable realizar acciones de control para identificar el origen real de la madera.

META: Disponer de instrumentos de política y gestión para conservar las poblaciones naturales remanentes de Caoba presentes en el territorio colombiano.

OBJETIVO 1: Generar herramientas normativas y de gestión eficientes para garantizar la conservación de los remanentes naturales de Caoba en Colombia.



Acciones	Plazo	Resultados esperados	Indicadores	Responsables
Vedar a nivel nacional el aprovechamiento de Caoba en poblaciones naturales.	Corto plazo.	Declaración de veda al aprovechamiento de poblaciones naturales de Caoba a nivel nacional.	Acto administrativo por medio del cual se veda el aprovechamiento de Caoba en Colombia.	MADS.

OBJETIVO 2: Generar alternativas económicas que incentiven la conservación de las poblaciones naturales remanentes identificadas de Caoba.

Acciones	Plazo	Resultados esperados	Indicadores	Responsables
Establecer mecanismos para la comercialización sostenible de semillas de Caoba como incentivo económico para conservación de la especie.	Corto plazo.	Familias beneficiadas con el incentivo de comercialización sostenible de semillas.	Número de familias beneficiadas.	MADS, CARs. Comunidades locales.

OBJETIVO 3: Mejorar los sistemas de control y vigilancia sobre la movilización de madera proveniente de plantaciones, arreglos agroforestales y árboles aislados, a fin de mantener la trazabilidad de la madera de Caoba.

Acciones	Plazo	Resultados esperados	Indicadores	Responsables
Implementar mecanismos de identificación de origen de la madera. Implementar sistemas de cadena de custodia para Caoba proveniente de plantaciones, arreglos agroforestales y árboles aislados.	Corto plazo.	Certificación de origen mediante la huella genética de la madera de Caoba. Procedimientos de trazabilidad de movilización de madera de Caoba en marcha.	Número de procedencias determinadas y registradas para Caoba. Sistemas de cadena de custodia implementados.	Min. Agricultura, ICA, CARs.

Estrategia de Conservación *in situ* para Caoba

Una de las maneras más efectivas de preservar la diversidad biológica es mediante la protección del hábitat (Primack *et al.* 2001). Por lo tanto, formas efectivas de proteger las poblaciones de Caoba son: evaluar la presencia de poblaciones naturales dentro del Sistema Nacional de Áreas Protegidas y además, establecer nuevas áreas tanto de carácter público como privado, que contengan poblaciones naturales viables, donde se implementen las estrategias de conservación *in situ* propuestas. Sin embargo, es necesario hacer la salvedad que el diseño de áreas protegidas por sí solo no asegura la conservación de la especie, pero si es un fundamento importante para lograrlo.

PROBLEMÁTICA: Los relictos de las poblaciones naturales de Caoba en Colombia presentan presión por la destrucción de su hábitat natural y en general muy baja regeneración natural, lo que genera una alta incertidumbre sobre la viabilidad futura de dichas poblaciones. Además no existe conocimiento sobre la presencia de la especie en los Parques Nacionales Naturales y algunas



PLANES DE MANEJO PARA LA CONSERVACIÓN DE Abarco, Caoba, Cedro, Palorosa y Canelo de los Andaquíes

poblaciones naturales no tienen ninguna figura de protección. Además, los datos obtenidos en el presente estudio indican que las poblaciones naturales de Caoba en Colombia son muy pocas y se encuentran seriamente diezmadas, con un número de individuos muy bajo en relación con poblaciones naturales en otros países.

META: Conservar las poblaciones naturales de Caoba presentes en el territorio colombiano

OBJETIVO 1: Identificar, proteger y recuperar poblaciones naturales de Caoba en el Sistema Nacional de Áreas Protegidas y en predios privados.

Acciones	Plazo	Resultados esperados	Indicadores	Responsables
Identificar poblaciones naturales de Caoba en el Sistema Nacional de Áreas Protegidas.	Corto plazo.	Poblaciones identificadas en el SINAP.	Número de poblaciones identificadas en SINAP.	MADS, CARs, SINAP, Institutos de Investigación y Red de Reservas de la Sociedad Civil.
Establecer nuevas áreas bajo alguna figura de protección donde se conserve la Caoba.		Nuevas áreas protegidas con poblaciones naturales de Caoba.	Número de nuevas Áreas Protegidas con poblaciones.	
Establecer un programa de conservación de árboles semilleros.		Árboles semilleros protegidos.	Número de árboles semilleros.	
Realizar programas de enriquecimiento y monitoreo de individuos de Caoba en bosques naturales.		Poblaciones enriquecidas con plántulas para recuperar la estructura poblacional.	Plántulas que sobreviven al estado de latenciales.	

Estrategia de Conservación *ex situ* para Caoba

Las estrategias de conservación *ex situ* son alternativas válidas y complementarias para especies que han tenido una drástica reducción de sus poblaciones (Primack *et al.* 2001), como es el caso de la Caoba en Colombia. Cuando una población remanente es demasiado pequeña para mantener la especie o los pocos individuos que persisten, es probable que la única forma de evitar su extinción sea mantener un número de individuos en condiciones artificiales bajo la supervisión humana (Kleiman *et al.* 1996). Es importante destacar el papel que pueden cumplir los jardines botánicos, las CARs y los bancos de germoplasma existentes en el país, ya que estas entidades cuentan con los instrumentos necesarios para realizar su propagación, mantenimiento y preservación de semillas, así como colecciones vivas de árboles. El propósito de las acciones relacionadas con la conservación de las especies fuera de su hábitat natural, es mantener la diversidad genética para propósitos de reintroducción o restauración del hábitat de poblaciones naturales (Kattan *et al.* 2005).

PROBLEMÁTICA: No existe disponibilidad de semillas de Caoba y la especie no se encuentra ampliamente representada en Jardines Botánicos del país; la propagación e inclusión de la Caoba en otros sistemas de cultivo aún no ha sido ampliamente difundida. Además, los datos obtenidos en el presente estudio indican que las poblaciones naturales estudiadas presentan muy

baja regeneración natural, lo que sumado a una baja densidad permite evidenciar la existencia de problemas estructurales en las poblaciones naturales que ponen en riesgo la supervivencia de la especie.

META: Implementar un programa de conservación *ex situ* para la Caoba que permita propagar la especie en arreglos agroforestales y jardines botánicos, las cuales en el largo plazo puedan suplir la demanda de madera y de semillas de la especie en el mercado.

OBJETIVO 1: Asegurar la conservación de la variabilidad genética de la Caoba en Colombia, a través de un programa de conservación *ex situ*.

Acciones	Plazo	Resultados esperados	Indicadores	Responsables
Promoción de viveros que reproduzcan Caoba. Propagación y distribución de Caoba en Jardines Botánicos cercanos a su área natural de distribución.	Corto plazo.	Producción y distribución del material vegetal de Caoba.	Número de árboles sembrados en diferentes jardines botánicos.	Jardines Botánicos, CARs y Secretarías de Ambiente.

OBJETIVO 2: Inclusión de Caoba en sistemas agroforestales, silvopastoriles u otros, con el propósito de cubrir la demanda de la especie en el mercado nacional.

Acciones	Plazo	Resultados esperados	Indicadores	Responsables
Fomento de Caoba en diferentes sistemas silvopastoriles, agroforestales y otros.	Corto y Mediano plazo.	Aumento de la oferta de madera de Caoba procedente de sistemas silvopastoriles, agroforestales y otros.	Número de hectáreas implementadas en arreglos con Caoba.	Min. Agricultura, CARs, Propietarios privados.

OBJETIVO 3: Depositar y conservar material propagativo de Caoba en bancos de germoplasma existentes en el país.

Acciones	Plazo	Resultados esperados	Indicadores	Responsables
Almacenamiento y establecimiento de semillas procedentes de diversas poblaciones naturales de Caoba en bancos de germoplasma.	Corto y mediano plazo.	Semillas de Caoba incluidas en bancos de germoplasma.	Número de bancos de germoplasma con semillas de Caoba.	Institutos de Investigación, CIAT, CONIF, Universidades.

Lineamientos de Investigación y Monitoreo para Caoba

La línea de investigación y monitoreo agrupa todas las actividades y proyectos que se puedan desarrollar con el fin de generar conocimiento o llenar vacíos de información sobre aspectos prioritarios para la conservación de la Caoba, tales como su biología, ecología, genética, dinámica poblacional, silvicultura entre otros. Así mismo, incluye acciones para desarrollar programas de monitoreo, los cuales deben basarse en actividades periódicas que permitan mantener información



actualizada sobre el estado de las poblaciones y tendencias en la disponibilidad de hábitat (Kattan *et al.* 2005).

Uno de los problemas que se presenta al proponer la conservación de especies es la dificultad para acceder a fuentes de información técnica y científica por parte de los investigadores, planificadores y tomadores de decisiones (Kattan *et al.* 2005). La generación de conocimiento, la información y la transferencia tecnológica, estarán orientadas a estimular la capacidad científica nacional para realizar la investigación apropiada que genere información necesaria para el mejoramiento de las propuestas de conservación y uso sostenible de la especie. Es claro que en otros países se ha generado información sobre la especie, pero también es claro que el comportamiento de las especies puede ser diferente incluso entre regiones.

PROBLEMÁTICA: Existe una falta de información para Colombia de la biología reproductiva, dinámica poblacional y tasas de crecimiento de la especie en poblaciones naturales y se desconocen las implicaciones del cambio climático sobre las poblaciones remanentes de Caoba. Adicionalmente, la información generada en Colombia sobre la especie, proviene principalmente de sistemas bajo cultivo, dejando un vacío importante en el conocimiento de las dinámicas de la especie bajo condiciones naturales.

Por otra parte se desconocen las tasas de crecimiento y supervivencia de plántulas de Caoba, en procesos de restauración ecológica. Tampoco existe en la actualidad información sobre el crecimiento de plántulas, desarrollo y supervivencia en condiciones en bosques naturales.

META: Establecer un programa de investigación y monitoreo de poblaciones naturales remanentes de Caoba que permita completar vacíos de información sobre su historia natural y la generación de nuevo conocimiento.

OBJETIVO 1: Establecer un programa de monitoreo de poblaciones naturales de Caoba en Colombia.

Acciones	Plazo	Resultados esperados	Indicadores	Responsables
Establecimiento de parcelas permanentes para el monitoreo de la dinámica y ecología de poblaciones naturales remanentes de Caoba.	Corto, mediano y largo plazo.	Conocimiento sobre la dinámica y estructura poblacional de Caoba en su hábitat natural.	Número de parcelas permanentes establecidas.	Institutos de Investigación, Universidades y Comunidades locales.

OBJETIVO 2: Realizar ensayos silviculturales en Colombia para recuperar poblaciones en bosques naturales, y para su introducción en plantaciones o arreglos agroforestales.

Acciones	Plazo	Resultados esperados	Indicadores	Responsables
Realización de ensayos ecológicos con diversas prácticas silviculturales en bosques naturales, plantaciones y arreglos agroforestales.	Corto plazo.	Paquetes silviculturales para Caoba disponibles.	Número de investigaciones realizadas.	Institutos de Investigación, ICA, Universidades y CARs.

Estrategia de Educación y Comunicación para Caoba

Los programas educativos ofrecen herramientas pedagógicas para la formación de personas con capacidad de observación, información, reflexión y compromiso con su entorno natural (Arango *et al.* 2002). Además ofrece conocimientos novedosos sobre la historia natural y en general aspectos relacionados con la importancia ambiental, el papel de las especies y los ecosistemas, así como los servicios ambientales que prestan.

Una estrategia de comunicación para la conservación en medios masivos, es una herramienta que contribuye a la toma de decisiones y manejo de conflictos; también contribuye a la comprensión y comunicación de la información científica, vinculada a problemas del medio ambiente. Estas herramientas pueden ser visuales, orales y/o escritas.

PROBLEMÁTICA: El desconocimiento del manejo silvicultural de la Caoba, así como la subvaloración de sus servicios ecosistémicos ha apoyado la disminución de sus poblaciones naturales. Adicionalmente no existen espacios de transferencia de información sobre el manejo de la Caoba en Colombia. Algunos aspectos fundamentales de ecología, conservación, así como resultados de investigaciones no siempre son socializados con estrategias comunicativas diversas y dirigidas a cada público en particular.

META: Crear un programa de educación y divulgación dirigido a destacar la importancia ecológica y económica de la Caoba, de tal manera que los diferentes actores contribuyan a implementar programas de conservación de la especie.

OBJETIVO 1: Proponer una estrategia de comunicación y difusión sobre las amenazas de las poblaciones naturales de la Caoba, los beneficios de su conservación, así como los resultados de los programas de investigación y monitoreo, en su área de distribución natural.

Acciones	Plazo	Resultados esperados	Indicadores	Responsables
Generación de material divulgativo sobre la importancia de conservación de la Caoba y sus beneficios (al menos uno). Difundir la estrategia de conservación y manejo de la Caoba utilizando diversos medios masivos de comunicación.	Corto a mediano plazo.	Comunidades locales concientizadas sobre la importancia de conservación de la especie y sus beneficios. Pobladores locales apropiados de la estrategia de conservación y manejo de la Caoba.	Número de piezas educativas publicadas. Número de encuentros locales y/o regionales desarrollados.	Institutos de Investigación, MADS.





**PLAN DE MANEJO
PARA LA CONSERVACIÓN
DE CEDRO**
Cedrela odorata L.

Aspectos Generales del Cedro

Taxonomía y Nombres Comunes del Cedro

Reino:	Plantae
Filo:	Magnoliophyta
Clase:	Magnoliopsida
Orden:	Sapindales
Familia:	Meliaceae
Nombre científico:	<i>Cedrela odorata</i> L.

Consideraciones taxonómicas y Sinónimos: En Colombia existen cuatro especies del género *Cedrela*: *C. odorata* L., *C. fissilis* Vell., *C. montana* Moritz ex Turcz y *C. nebulosa* T.D. Penn. & Daza. Actualmente no existen sinonimias que puedan generar confusiones de identificación (Pennington & Muellner 2010).

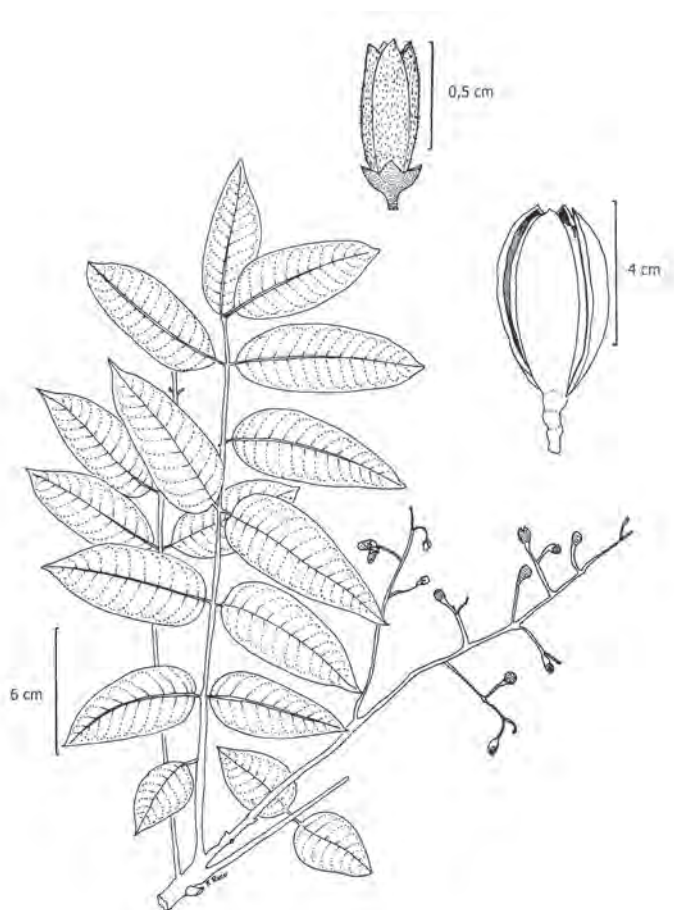


Figura 29. Ilustración de Cedro (Instituto Sinchi)

Nombres Comunes: En Colombia se conoce como Cedro, Cedro real, Cedro caoba, Cedro Caquetá, Cedro amargo, Cedro cebollo, Cedro rosado, Cedro colorado, Cedro Puerto Asís, Cedro canelo, Cedro blanco, Cedro gallo, Cedro rojo.

Descripción Botánica del Cedro

Árbol deciduo que puede alcanzar 40 metros de altura y hasta 2 metros de diámetro. Copa redondeada y fuste cilíndrico, recto, con bambas pequeñas o muy desarrolladas (Cintron 1990, Pennington & Muellner 2010); corteza externa pardo oscura, fisurada, lenticelada, desprendible en placas grandes y corteza interna rosada-castaño claro, fibrosa con sabor amargo (Arnáez 1988, Morales 1997). Hojas compuestas y alternas, paripinnadas con 7 a 11 pares de folíolos subopuestos a opuestos con pecíolos subsésiles, glabros o raramente pubescentes. Folíolos subopuestos a opuestos, cartáceos hasta subcoriáceos, lanceolados u oblongos con ápice agudo a acuminado y base generalmente asimétrica, margen entera, más verdes por el haz, con indumento simple a glabros (Pennington & Muellner 2010). Inflorescencias terminales, algunas veces en panícula o cimosas, de 15 a 40 cm de largo, flores hermafroditas, las masculinas son más grandes que las femeninas, de color blanco-amarillentas y anaranjadas. Los frutos son cápsulas leñosas color café oscuro, con lenticelas dehiscentes desde el ápice, que se abren en 5 valvas al madurar. Cada fruto contiene alrededor de 30 a 40 semillas aladas, planas, ovoides y pueden medir entre 5-6 mm (18-20 mm incluyendo el ala) (Figura 29) (Vargas 2002, Toledo *et al.* 2008, Pennington & Muellner 2010).

Características de la Madera de Cedro

La madera presenta un cambio gradual entre la albura que tiene vetas de color amarillo claro a pardo grisáceo, y el duramen que muestra una coloración grisácea a pardo rojiza (Figura 30). Cuando la madera está verde, presenta un sabor y olor desagradables (olor a ajo); en condición seca, el aroma cambia a agradable y el sabor se mantiene desagradable (Amáez & Flores 1986, Arnáez 1988, Pennington & Muellner 2010). Las principales propiedades físico-mecánicas de la madera se presentan en la Tabla 19.



Figura 30. Fotografía de corte de madera de Cedro. (Foto: Ricardo Segura - Instituto Sinchi)



Tabla 19. Principales propiedades físico mecánicas del Cedro.

Propiedades Físicas

Densidad(g cm ⁻³)				Contracción total (%)		
Seca	Verde	Básica	Anhidra	Tangencial	Radial	Volumétrica
0.50	0.76	0.3 – 0.6	0.42	6.3 – 7.0	3.1- 4.2	10.10- 10.30

Propiedades Mecánicas

Flexión Estática		Compresión	
MOR (kg cm ⁻²)	MOE (kg cm ⁻²)	Paralelas a las Fibras MOR (kg cm ⁻²)	Perpendicular a las Fibras ELP (kg cm ⁻²)
553	71	393	50

Dureza (kg)		Cizallamiento (kg cm ²)	Extracción de clavos (kg)
Lados	Extremos	Promedio	Tangencial Extremos
227	263	91	76 52

MOR= Módulo de ruptura, MOE= Módulo de elasticidad, ELP= Esfuerzo en el límite proporcional.

Valores ajustados al 12% de contenido de humedad.

Fuente: Vásquez & Ramírez (2005).

Distribución y Hábitat Natural del Cedro

El Cedro se encuentra ampliamente distribuido desde el norte de México hasta el norte de Argentina; en Suramérica se encuentra en Colombia, Ecuador, Perú, Bolivia y Brasil, así como también en Paraguay y norte de Argentina. El rango altitudinal de la especie va desde el nivel del mar hasta 800 msnm, aunque hay unos pocos registros a 1500 m (Pennington & Muellner 2010).

En Colombia se halla ampliamente distribuida a lo largo de todas las regiones bajas y de piedemonte andino; ha sido registrada en casi todos los departamentos del país, a excepción de Guainía, Norte de Santander, Vaupés y Vichada, donde aún no ha sido confirmada su presencia, con registros biológicos.

El Cedro es muy variable ecológicamente y su tamaño varía de acuerdo a la zona de vida donde se desarrolla; según Pennington & Muellner (2010) en bosques tropicales de tierras bajas y con lluvias estacionales los árboles son más grandes, mientras que en bosques secos son más pequeños y semi-decíduos. En América central y México se desarrolla sólo en los sitios de tierra firme, a menudo sobre piedra caliza bien drenada, mientras que en la región amazónica es más común en los suelos más fértiles periódicamente inundados (Pennington & Muellner 2010).

En el departamento del Amazonas crece tanto en bosques de tierra firme como inundables, sobre superficies planas a fuertemente onduladas, en suelos ácidos con bajo contenido de bases intercambiables y puede encontrarse en bosques primarios y secundarios en diferentes fases sucesionales (Castaño *et al.* 2007). Algunas especies asociadas en el bosque natural en el departamento del Amazonas en Colombia son Mata-matá (*Eschweilera coriacea*), Palma Bombona (*Iriartea deltoidea*), Asaí (*Euterpe precatoria*), Palma Chuchana (*Astrocaryum murumuru*),

Biscocho (*Nealchornea yapurensis*), Bili bili (*Guarea kunthiana*), Acapú (*Minquartia guianensis*), Cacao amarillo (*Theobroma microcarpum*) y Palma rayadora (*Socratea exorrhiza*) (Castaño *et al.* 2007). Sin embargo, hay que resaltar que estas especies son abundantes en toda la Amazonía y también han sido reportadas en otras localidades donde no crece el Cedro (Dunque 2004, Parrado-Rosselli 2005).

En el presente estudio se encontró que en la Serranía de la Macarena (departamento del Meta), el Cedro crece en bosques de galería, en superficies planas hasta pendientes de 10%. Se asocia con especies como Flor blanco (*Tabebuia pilosa*), Hobo (*Spondias mombin*), Cedro macho (*Pachira quinata*) y Palma de vino (*Attalea butyracea*). En los Montes de María (departamento de Sucre), se encontró en relictos de bosque primario poco intervenido, así como en bosques secundarios; en los bosques primarios crece en pendientes fuertes a moderadas, sobre suelos de caliza, en altitudes desde los 200 a los 500 msnm, asociado con especies como Carreto (*Aspidosperma polyneuron*), Caracolí (*Anacardium excelsum*), Jobo (*Spondias mombin*) y Ceiba tolua (*Pachira quinata*) entre otras.

Fenología del Cedro

Es una especie decidua que por lo general pierde su follaje durante la estación seca y florece al inicio de las lluvias (Worbes 1995, Borchert 1996, Lisi *et al.* 2008.). Borchert (1996) clasifica esta especie como perteneciente al ecotipo de árboles de hoja caduca y capacidad para almacenar agua en el tallo después del desprendimiento de las hojas. El almacenamiento de agua en el tallo sería utilizado para la floración y la maduración de los frutos durante el periodo seco, lo que conlleva a una disminución del diámetro del tronco (Reich & Borchert 1984).

Por lo general, los patrones de floración son invariables en condiciones de bosque húmedo tropical y bosque seco tropical, presentando un mismo ciclo estacional anual (Reich & Borchert 1984). Comparaciones realizadas entre la floración en bosques secos y bosques húmedos indican que en estos últimos es más larga o se presenta dos veces (Frankie *et al.* 1974). En un bosque tropical estacional de tierras bajas del sudeste de Brasil, la floración se presenta con una frecuencia sub-anual e irregular y con una fructificación anual y regular (Lex & Roberto 2005).

En la Amazonia, el estrés hídrico parece ser el factor que inicia la floración; en los bosques de tierra firme éste es inducido por el déficit de agua en el periodo menos lluvioso del año, mientras que en los bosques inundables se presenta debido a la reducción de la conductancia de agua desde la raíz a la copa, a causa de las condiciones anaeróbicas en la época de aguas altas (Worbes 1997).

En el presente trabajo se colectaron individuos en fructificación durante los meses de octubre, noviembre y diciembre en la región andina, valles interandinos, costa atlántica y Chocó biogeográfico. Para el caso de la Amazonia se han colectado con flor a lo largo de todo el año, lo cual indica una continua actividad reproductiva en esta región (Herbario Amazónico Colombiano-COAH¹⁵). Específicamente en el municipio de San José del Guaviare (departamento del Guaviare) se ha encontrado que la caída y renovación del follaje es continua durante el año, acentuándose al



15 http://www.sinchi.org.co/coleccionesbiologicas/index.php?option=com_herbario_v_oc&Itemid=29.

terminar la época lluviosa (mayo - junio); también se observan frutos verdes y maduros durante todo el año con un pico de producción hacia el mes de mayo (Guevara 1988). En general la presencia y madurez de los frutos en la copa de los árboles es coincidente con la finalización de la época lluviosa (Borchert 1996, Castaño *et al.* 2007).

Dinámica de la Regeneración Natural del Cedro

Es una especie de dosel, considerada como pionera de larga vida demandante de luz (van Rheenen *et al.* 2004); presenta un relativo rápido crecimiento y es capaz de competir con vegetación secundaria una vez se ha establecido. Sin embargo, en condiciones de bosques naturales con poco grado de intervención, los individuos se presentan dispersos y en bajas densidades (Pennington & Muellner 2010), condición atribuida a factores ecológicos que limitan el establecimiento de la regeneración natural.

La dispersión de semillas se produce por el viento mediante el cual logran colonizar micrositios bien iluminados del sotobosque lejos del árbol maternal. Una vez las semillas caen al suelo, una de las principales limitantes es la disponibilidad de agua (Vázquez-Yanes & Orozco-Segovia 1993); en efecto, es una especie que dispersa las semillas hacia el final de la época seca, logrando quedar en latencia y germinar tan pronto el medio se vuelve húmedo (Poorter 1999, Mostacedo & Pinard 2001). El tiempo que permanece en el suelo es determinante para la sobrevivencia de las semillas debido al ataque de depredadores (Peña-Claros & de Boo 2002).

La germinación es un proceso que puede realizarse en condiciones variables de luminosidad y puede durar alrededor de 20 días (Mostacedo & Pinar 2001, van Rheenen *et al.* 2004; Amaral *et al.* 2008). A pesar de la capacidad germinativa, en condiciones de mayor luminosidad las tasas de germinación y sobrevivencia son superiores. Por esta razón, se considera que respecto a la tolerancia a la luz, esta especie presenta un comportamiento intermedio, el cual se va tornando más heliófilo en la medida que crecen los individuos (Brienen & Zuidema 2006). En cuanto al crecimiento y sobrevivencia, las plántulas que crecen en sotobosque muestran poco crecimiento, mientras que las ubicadas en claros su crecimiento es mayor (Poorter & Hayashida-Oliver 2000).

Una vez superada la etapa de establecimiento de la regeneración natural, el crecimiento y sobrevivencia de los juveniles depende en gran medida de la disponibilidad de luminosidad en el sotobosque. Brienen & Zuidema (2006) encontraron que el crecimiento es altamente variable a nivel intraespecífico en la relación con la edad, condición que ha sido atribuida a las diferencias de luz en el micrositio donde habitan (Montgomery & Chazdon 2001, Poorter & Arets 2003). Por consiguiente en condiciones de bosque natural, la edad de los árboles grandes de esta especie estaría fuertemente determinada por el tiempo requerido para lograr alcanzar el dosel del bosque (Brienen & Zuidema 2006).

Germinación y Propagación de Cedro

Los frutos deben colectarse cuando pasan de color verde a marrón café, justo antes de que las valvas abran. Para lograr la dehiscencia, pueden secarse al sol por 24-35 horas o colocarse a la sombra bajo buena ventilación; la semilla no debe exponerse al sol directo ya que pierde viabilidad rápidamente. Las semillas pueden ser conservadas por varios años, siempre y cuando sean



deshidratadas hasta un contenido de humedad entre 6-8% y almacenadas en recipientes herméticamente sellados a una temperatura de 5°C; con este procedimiento ha sido posible obtener una germinación de hasta el 90% luego de 4 años de almacenamiento (Cordero *et al.* 2003, Trujillo 2004).

La germinación de esta especie es epígea y sucede rápidamente alcanzando porcentajes de germinación por encima del 70%. Debido a que éstas semillas no tienen ningún tipo de latencia, el tiempo de germinación puede reducirse y uniformizarse si las semillas son sumergidas en agua por un periodo de 24 horas antes de la siembra (Cordero *et al.* 2003). En condiciones de vivero, se recomienda la siembra en camas de germinación a una densidad de aproximadamente de 2000 semillas por m²; el sustrato debe ser de textura arenosa el cual debe ser lavado y desinfectado previamente (Cordero *et al.* 2003).

Bajo condiciones adecuadas de humedad y luz las plántulas presentan un desarrollo inicial rápido. Toledo *et al.* (2008) mencionan que la especie tiene un crecimiento rápido pero necesita mucha luz para crecer, aunque se ha reportado que también son tolerantes a la sombra (Cintrón 1990). Pruebas experimentales llevadas a cabo en la Amazonia boliviana encontraron que el crecimiento de las plántulas de Cedro fue mayor en respuesta a una mayor intensidad de luz (Hayashida-Oliver *et al.* 2001). Estos resultados son consistentes con los encontrados en unas parcelas experimentales con tratamientos de escarificación, donde las plántulas registraron mayores crecimientos en altura (IBIF 2007).

Para dar más oportunidades de sobrevivencia a las plántulas, se pueden hacer algunos tratamientos de liberación, sobre todo en las primeras etapas de crecimiento, pues se ha visto que la mortalidad es mayor durante este periodo. En este contexto, experiencias desarrolladas en el Estado de Acre, Amazonía Occidental del Brasil, demuestran que el Cedro se desarrolla de manera muy satisfactoria en lugares donde se ha realizado apertura de dosel (d'Oliveira & Ribas 2011). Esto indica la respuesta positiva a las aperturas controladas del dosel por efecto de los tratamientos silvícolas o por los claros ocasionados por la extracción de árboles, además permite inferir que las plántulas concentran su energía para un mayor crecimiento en zonas abiertas, de tal manera que existe un mayor crecimiento en relación con el interior del bosque (Arteaga 2006, Mostacedo *et al.* 2009). Por ello, es recomendable realizar por una parte, tratamiento de liberación para aquellos individuos ya establecidos cuya copa no se encuentra totalmente expuesta a la luz y por otro lado, realizar aclareos en aquellos sitios donde se realizan labores de enriquecimiento con plántula. También es necesario realizar la eliminación periódica de individuos que compitan por luz, de tal manera que se acelere el crecimiento en altura (Toledo *et al.* 2008).

Silvicultura en Plantaciones de Cedro

Se han desarrollado varios intentos por llevar a cabo siembras masivas de Cedro en América Latina, con resultados poco exitosos. Dicho suceso ha sido atribuible en gran medida, a la mala selección de los sitios experimentales, al no cumplir éstos con los requerimientos propios de la especie, como por ejemplo contar con suelos bien drenados, profundos y húmedos (Fernandez & Diaz 2010). Debe tenerse en cuenta que las condiciones de humedad no pueden ser muy altas, puesto que ello podría implicar un mayor riesgo de ataque por parte del barrenador de las Meliaceae *Hypsipyla grandella* Zeller (Lep., Pyralidae) (Cintrón 1990, Toledo *et al.* 2008). Este insecto en su estado larval, ataca los cogollos del Cedro formando protuberancias en el tallo principal que generan la muerte apical de los individuos, especialmente en su estado juvenil (Pennington





& Muellner 2010). En efecto, Parraguirre (1993 citado por Ramirez-Garcia *et al.* 2008) supone que el estado de susceptibilidad de la plaga está relacionado con el tamaño y vigor de las plantas, puesto que el ataque se presenta sobre individuos entre los 0.25 a 2.0 m de altura y la reacción de los mismos se produce con gran rapidez en los sitios que son más favorables para el crecimiento, como laderas y borde de las colinas, mientras que en suelos arenosos, la recuperación será más lenta. Adicionalmente, Vega (1974, citado por Ramirez-Garcia *et al.* 2008) reporta que en Surinam, aquellos brinzales que crecen en zonas abiertas, con alta demanda de luz, logran escapar del ataque del barrenador después de 3 o 4 años, momento en el cual el crecimiento subsecuente será mucho más rápido. Cabe destacar que el ataque se presenta de manera más pronunciada durante la temporada de lluvias y puede ser evitado o reducido si se realiza la plantación con bajas densidades (100 árboles/ha) y en mezcla con otras especies (Toledo *et al.* 2008). En caso de presentarse el ataque, es recomendable realizar podas de las ramas afectadas (Morales & Herrera 2009).

Para adelantar plantaciones de Cedro, Cordero *et al.* (2003) recomiendan mezclarlo con otras especies nativas como *Enterolobium cyclocarpum* ó *Samanea saman* con crecimiento más rápido o similar y que puedan dar sombra a las plántulas, a una densidad de siembra de 10-15 árboles/ha. Debido a lo extensa de su copa, se puede intercalar con cultivos, ya sea dentro de cafetales y/o platanales en los primeros años de la plantación.

Como una alternativa productiva y a la vez de recuperación de áreas degradadas, se llevó a cabo un trabajo en el sur de Tamaulipas en México entre los años 2002-2003, cuyo objetivo fue el determinar la factibilidad de convertir áreas agrícolas abandonadas en plantaciones forestales de especies comerciales, entre ellas Cedro; los resultados demostraron que la especie tiene una buena adaptación y crecimiento, lo que permitiría adelantar procesos sostenibles de reconversión de la tierra y apoyo para el fomento de las plantaciones forestales (Ramirez-Garcia *et al.* 2008). En el piedemonte amazónico se ha plantado en fajas en medio de rastrojos, en algunos casos en combinación con cultivos transitorios (FAO 1984). Es una especie ampliamente utilizada como sombrío; por ejemplo en el departamento de Santander se ha utilizado para el sombrío de café combinado con Guamos (*Inga* spp.) y Nogal cafetero (*Cordia alliodora*), mientras que en el pacífico se acompaña además de Guamo, con Cámbulo (*Erythrina* spp.), Carbonero (*Albizia carbonaria*), Laurel (*Cordia alliodora*) y Clavellino (*Cassia* spp.), con sombrío temporal de plátano o banano (*Musa* spp.) y otros árboles frutales. Para el caso de sombrío de cacao (*Theobroma cacao*), en Santander se ha combinado con Mónico negro (*Cordia gerascanthus*) y Frijolito (*Schizolobium parahybum*) (Escobar *et al.* 2007), mientras que en el pacífico se acostumbra a mezclar con roble (*Tabebuia* spp.) y Nogal cafetero (*Cordia alliodora*). Según la FAO (1984) en la región de Chocó y Nariño, se ha registrado en asocio con algunos cultivos tradicionales como Maíz (*Zea mays*), Caña (*Saccharum officinarum*) y Plátano (*Musa* spp.).

Usos e Importancia Comercial del Cedro

La madera de esta especie es considerada la segunda más valiosa de América Latina y el Caribe (OIMT 2011). Para el año 2008, la OIMT reportó para países como Perú, Bolivia y Brasil precios FOB de exportación de un metro cúbico de madera que alcanzaron valores de US 974 (OIMT 2011). La madera es muy apreciada por su alta calidad, trabajabilidad, durabilidad y fácil secado. Posee características físico-mecánicas muy buenas y excelente estabilidad dimensional; se usa en carpintería, mueblería fina, puertas, ventanas, ebanistería, instrumentos musicales, escultura,

tallados, molduras, chapas decorativas, revestimientos, contrachapado, elaboración de canoas, ornato en las ciudades, entre otros. También es considerado un árbol melífero rico en néctar y polen, utilizado en la crianza de abejas como proveedora de néctar, polen y propóleos. Es utilizado en medicina popular como reconstituyente, tónico, astringente, vermicida, febrífuga y para la lucha contra el asma y artritis (Cordero *et al.* 2003). Adicionalmente se conoce que los árboles son utilizados para recuperar suelos contaminados por metales pesados (Toledo *et al.* 2008).

Situación actual del Cedro en Colombia

El Cedro es una de las especies con mayor demanda en el mercado mundial, ante lo cual las poblaciones naturales han sido diezmadas durante las últimas décadas; por esta razón en el año 1994 fue categorizada como vulnerable (VU) (IUCN 2012). Este precedente llevó a Colombia en el año 2001 a incluirla en el Apéndice III de la Convención sobre Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora (CITES) (Cárdenas & Salinas 2007). En el año 2007 es categorizada a nivel nacional como En Peligro (EN) (Cárdenas & Salidas 2007). Posteriormente el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible mediante la Resolución 192 de 2014 la declarada como especie amenazada a nivel nacional (MAVDT 2014).

A pesar del inminente peligro en que se encuentran las poblaciones naturales de esta especie, en Colombia han sido escasas las iniciativas que propendan por la protección y conservación de esta especie. Las principales iniciativas han estado dirigidas a nivel regional a la formulación de vedas al aprovechamiento. En este contexto, Cortolima mediante el acuerdo N° 10 de marzo de 1983 declara veda permanente y total en el área de su jurisdicción para la especie denominada como Cedro negro (*Cedrela* sp.). A esto se suma el Acuerdo 003 de enero 25 de 1994, donde se declara veda permanente y total de todas las especies susceptibles de aprovechamiento forestal en el área de su jurisdicción. La CDMB mediante la resolución N° 1986 de diciembre de 1984 prohíbe el aprovechamiento de los individuos de varias especies dentro de la que se incluye todas las del género *Cedrela*. Sin embargo, en el caso de la CDMB, existe una salvedad para explotaciones forestales provenientes de sistemas agroforestales debidamente registrados (Acuerdo N° 887 del 28 de abril de 2000), en los cuales es muy común la presencia de Cedro (MAVD 2010).

Identificación de Poblaciones Naturales de Cedro

Mapa de Distribución Histórica de Cedro

Como producto del levantamiento de información inicial se encontraron en el territorio nacional 966 localidades con presencia de Cedro, las cuales corresponden a la distribución natural de la especie. Esta información fue obtenida de la revisión de datos en especímenes de Herbarios, bases de datos de colecciones botánicas en internet y la información suministrada por las CAR's a través de entrevistas y revisión bibliográfica. De la totalidad de localidades se georreferenciaron 924, de los cuales 577 se presentaron en áreas con cobertura boscosa (Figura 31), de los cuales se reservaron 58 puntos para la evaluación del modelo final y definición de las categorías de distribución potencial.



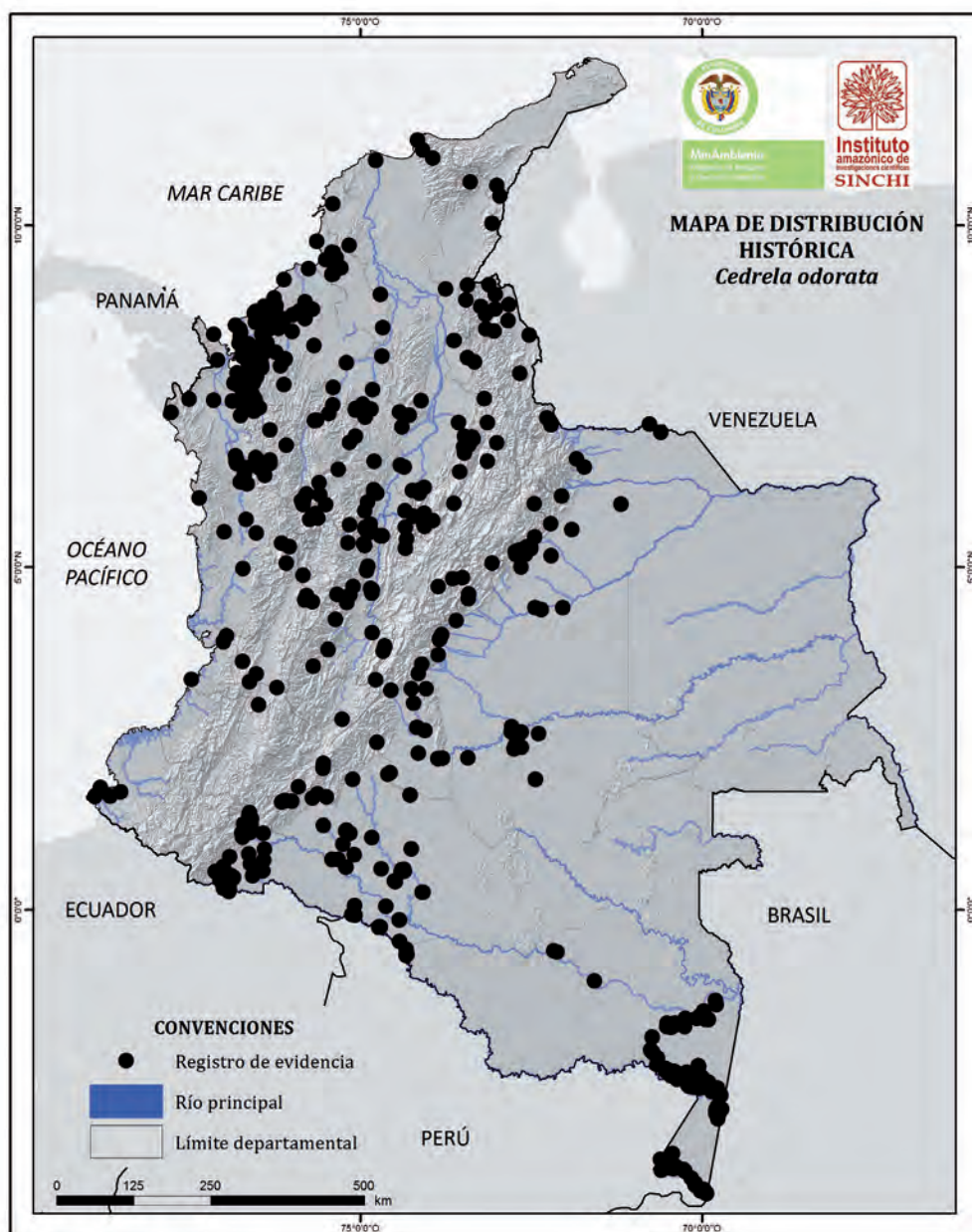


Figura 31. Mapa de distribución histórica de Cedro en Colombia.

Mapa de Distribución Potencial de Cedro

A partir de 519 registros ubicados en coberturas boscosas se corrieron los algoritmos en Open-Modeller y con base en los criterios seleccionados se definieron los que mejor representan la distribución potencial de la especie (Tabla 20).

Tabla 20. Algoritmos de OpenModeller con los valores de los criterios evaluados para el mapa de distribución potencial actual de Cedro en Colombia.

Algoritmo	Sensibilidad	Error de Omisión	Curva ROC (%)	Celdas aptas (%)
Climate Space Model	0.6746	0.3254	0.56	55.34
Environmental Distance	1.0000	0.0000	1	54.49
Environmental Distance_chebyshev	1.0000	0.0000	1	4.78
Environmental Distance_manhattan	1.0000	0.0000	1	84.62
GARP with Best Subsets - new openModeller implementation	0.6804	0.3195	0.74	31.53
GARP with best subsets - DesktopGARP implementation	0.7101	0.2899	0.74	36.37
Maximum Entropy	0.4260	0.5740	0.6	26.25
Niche Mosaic	1.0000	0.0000	0.73	54.11

Con estos algoritmos se realizó la superposición de los modelos para obtener un modelo que determina cuales son las áreas en donde mejor se distribuye potencialmente el Cedro, con los 58 puntos de evaluación se definieron las categorías de distribución y como resultado de este análisis se obtuvo la distribución potencial de Cedro (Figura 32).

En la Tabla 21, se definen las áreas aproximadas de distribución potencial por categoría y su correspondiente porcentaje sobre el área total de probabilidad del modelo.

Tabla 21. Áreas por categoría de ocurrencia potencial de Cedro en Colombia.

Categoría	Área Total (Ha)	% Área Boscosa
Alta	3'181,104	5.4
Media	28'908,447	48.8
Baja	27'128,825	45.8



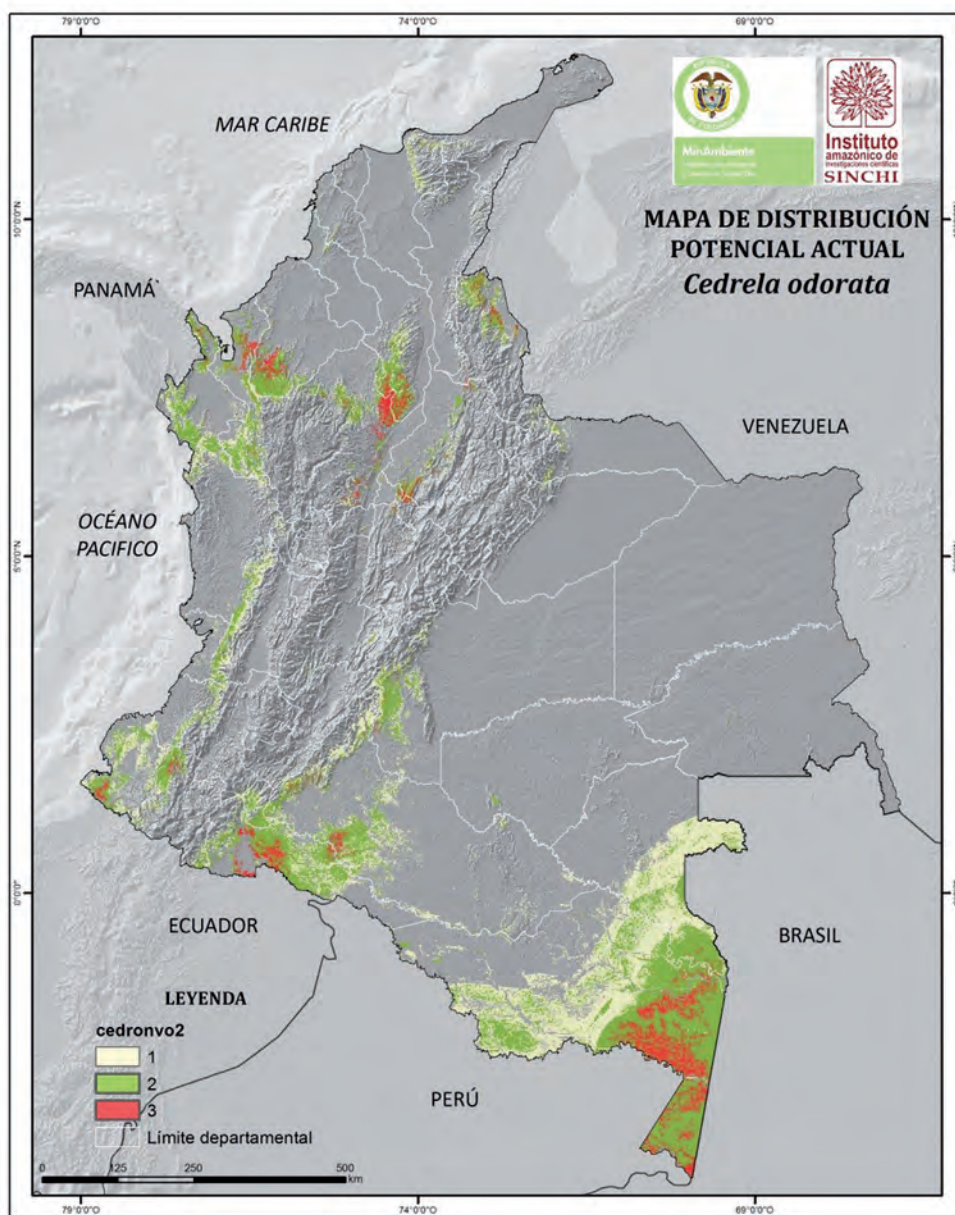


Figura 32. Modelo de distribución potencial actual de Cedro en Colombia.

Evaluación de Poblaciones Naturales de Cedro

A partir del mapa de distribución potencial se seleccionaron 59 localidades del país donde se consideró pertinente confirmar la existencia de Cedro. De estas localidades se visitaron 35 (59%) que no presentaron impedimentos de acceso. Luego de verificar la presencia de poblaciones naturales viables de la especie, se seleccionaron 12 zonas de la geografía nacional para evaluar el estado poblacional. En esta evaluación de campo se encontraron 613 individuos de Cedro, de los cuales 290 se encontraron en bosque (donde solo se registró un individuo por localidad se descartó la evaluación poblacional) y 323 en bosque secundario, sistemas agroforestales o individuos aislados en pastos, cultivos o

zonas urbanas¹⁶ (estos últimos no fueron tenidos en cuenta para las evaluaciones poblacionales pero si fueron tenidos en cuenta para los análisis genéticos).

Densidad de Cedro en Bosque Natural

La amplia distribución del Cedro en el territorio nacional y la consecuente variabilidad de las condiciones naturales de los bosques donde crece, se ve reflejado en las densidades variables encontradas con un promedio total de 0.39 Ind./ha (Tabla 22). Las localidades con más bajas densidades se encuentran restringidas a la región amazónica en la Reserva Forestal en Tarapacá, Resguardo UITIBOC y la zona Cahuinari-Predio Putumayo con densidades inferiores a 0.05 Ind./ha. En muchas zonas del país los conocedores locales mencionan dentro de una misma masa boscosa que existen áreas de “tierra de Cedro” y áreas “tierras de no Cedro”, lo cual coincide con las densidades variables encontradas en campo y que suponen variaciones en las condiciones del hábitat. La baja densidad de individuos de Cedro en los bosques puede ser consecuencia del comportamiento típico de una especie heliófita durable, cuyo establecimiento de la regeneración natural es dependiente de la apertura de claros grandes principalmente y de la disponibilidad de fuentes semilleras viables en el lugar. Sin lugar a duda, la extracción selectiva que ha sufrido esta especie por décadas ha afectado no sólo la presencia de árboles de gran porte, sino también la disponibilidad de fuentes semilleras.

Tabla 22. Densidad de Cedro en las diferentes zonas de estudio en el territorio colombiano.

Localidad	No. Individuos	Intensidad de muestreo Global	Densidad en bosque primario Ind./ha.	Densidad de individuos con DAP $\geq$ 80 cm Ind./ha.
Parcela Permanente de Tarapacá (Amazonas)	1	1 ha	1	0
La Macarena (Meta)	7	3.5 km	0.45 (0.11-0.82)	0
Colosó (Sucre)	3	11.4 km	0.41 (0.01 - 18.43)	0.14
Parcela Permanente PNN Amacayacu (Amazonas)	14	25 ha	0.48 (0.00 – 0.77)	0
Alto Mulatos (Antioquia)	22	10.75 km	0.40 (0.20 – 0.82)	0
Zona Ley 2da, Tarapacá* (Amazonas)	144	2819.7 ha	0.05	0.02
Resguardo UITIBOC, Tarapacá (Amazonas)	4	2.2 km	0.05 (0.01 – 0.39)	0.01
Cahuinari - Predio Putumayo (Amazonas)	2	12.7 km	0.25	0.13

La intensidad de muestreo se expresa en hectáreas (parcelas) y en número de kilómetros recorrido (transectos). La densidad es expresada en número de individuos por hectárea y se presenta entre paréntesis el intervalo de confianza al 95%.

*Tomado de Castaño *et al.* (2007) para individuos $>$ a 10 cm DAP.

16 Se encontraron 131 individuos en bosque secundario, 74 en sistemas agroforestales y 118 individuos aislados en pastos, cultivos o zonas urbanas.





La densidad de árboles de Cedro con DAP > a 80 cm (diámetro mínimo de corta propuesto por Castaño *et al.* 2007) fue cero o cercano a cero (Tabla 22), lo que supone un claro agotamiento de árboles aprovechables en los bosques naturales a nivel nacional.

El Análisis de Varianza para las densidades por localidades mostró que no existe una diferencia estadísticamente significativa con un nivel de confianza del 95% para esta variable entre los sitios ($F=1.42$; $p=0.243$). Los valores de densidad poblacional estimados, son similares a las reportadas para otros países (Tabla 23).

Tabla 23. Densidad de Cedro según clases diamétricas para otros países de la región.

País-Región	Densidad (ind. x ha ⁻¹)	Clase diamétrica (cm)	Fuente
Surinam	0.1	> 35	2011 CITES PC19 Inf. 6 -- p. 1
Surinam	0.13 - 0.25	> 10	2011 CITES PC19 Inf. 6 -- p. 1
Bolivia-Tucumano	2	> 60	Toledo <i>et al.</i> (2008)
Bolivia- Región amazónica y preandino-amazónica	0.24 - 0.32	> 60	Dauber <i>et al.</i> (2003), Toledo <i>et al.</i> (2008)
Bolivia-Chiquitana	0.04 – 0.06	> 60	Dauber <i>et al.</i> (2003), Toledo <i>et al.</i> (2008)



Distribución por Clases Diamétricas de Cedro en Boque Natural

Las localidades de Alto Mulatos (Córdoba) y La Macarena (Meta) se ajustaron a la función teórica Weibull ($p=0,88$ y $p=0,98$ respectivamente), caracterizada por una mayor concentración de individuos en las clases diamétricas intermedias (20-40 cm) (Figura 33). La distribución diamétrica en forma de campana refleja una estrategia de regeneración típica de las heliófitas durables, donde el reclutamiento está asociado a disturbios en el bosque (Orozco & Brumér 2002, Penington & Muellner 2010). Por otra parte, la población evaluada en el PNN Amacayacu se ajustó a la distribución LogNormal ($p=0.61$) donde el 50% corresponde a regeneración con diámetro menor a 10 cm de DAP, mientras que el otro 50% son árboles mayores a 10 cm, pero inferiores a 70 cm de diámetro. Esta población muestra un comportamiento en J invertida que se relaciona con poblaciones en la fase inicial de desarrollo y que podría ser el resultado del aprovechamiento selectivo de madera en el pasado y dos episodios de reclutamiento puntuales.



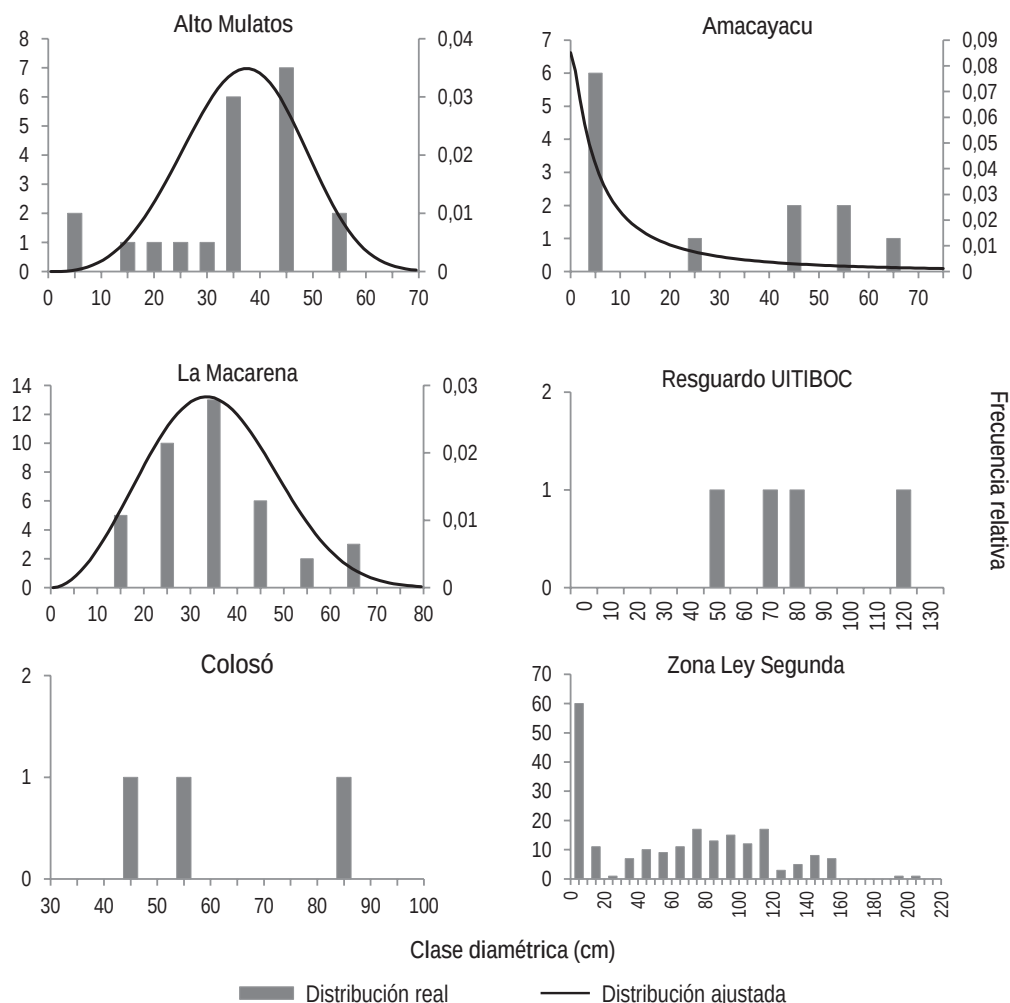


Figura 33. Distribuciones diamétricas reales y ajustadas a una función teórica de poblaciones de Cedro en bosque primario poco intervenido

Los diámetros de las poblaciones de Colosó (Sucre) y Resguardo UITIBOC (Amazonas) no se ajustaron a ninguna distribución teórica, debido al bajo número de registros (3 y 4 respectivamente), con ausencia de individuos en clases diamétricas inferiores. En contraste, en bosques de la Reserva Forestal de Ley 2ª al norte del río Putumayo (Amazonas), donde se registraron 208 individuos con diámetros hasta de 210 cm de DAP, se observó una tendencia multimodal, con un pico en la primera clase diamétrica (0-10 cm) donde se encuentra el 34% de los individuos. La tendencia en esta última localidad se debe principalmente al manejo silvicultural empírico que se lleva a cabo en la región donde se ha extraído históricamente los árboles con diámetros aprovechables, dejando pocos individuos como fuentes semilleras. Las poblaciones donde se evidenció presencia de regeneración natural fueron Alto Mulatos, Zona de Ley 2ª de Tarapacá y el PNN Amacayacu.

El Diámetro Mínimo de Corta (DMC) más conservador para Cedro es de 65 cm de DAP en Perú y el menos conservador es de 45 cm en Chocó (Tabla 24), mientras que para la Amazonia colombiana Castaño *et al.* (2007) proponen un Diámetro Mínimo de Corta de 80 cm. Es evidente que en todas las poblaciones evaluadas, excepto la Reserva Forestal de Ley 2ª en Tarapacá (Amazonas),



la oferta de árboles de diámetro superior a 50 cm es muy baja y de árboles con DAP superior a 80 cm es casi inexistente (Tabla 22).

Tabla 24. Reportes de diámetro mínimo de corta (DMC) para Cedro en diferentes países de Centro y Suramérica.

País	DMC (cm)	Fuente
Colombia - Chocó	>45	Codechocó
Honduras	>50	Mendieta <i>et al.</i> (1999)
Brasil	>50	Schulze <i>et al.</i> (2008)
México - Quintana	>55	Rebollar <i>et al.</i> (2002)
Perú	>65	Lombardi (2009 ^a)

Crecimiento y Relaciones Alométricas de Cedro

A partir de información de las parcelas permanentes de Norcasia¹⁷ (departamento de Caldas) (ISAGEN - Universidad Nacional de Colombia 2011), PNN Amacayacu¹⁸ (departamento del Amazonas) (Instituto Sinchi - Universidad Nacional de Colombia Sede Medellín – Parques Nacionales Naturales) y Tarapacá¹⁹ (departamento del Amazonas) (Instituto Sinchi), se obtuvieron tasas de crecimiento diamétrico medio anual de Cedro. En la parcela de 1 ha ubicada en Norcasia (Caldas), se obtuvo medidas de DAP de 11 individuos en los años 2005, 2007, 2010 y 2012 y se encontró un Incremento Medio Anual en diámetro de 0.61 cm (± 0.49). En la parcela del PNN Amacayacu de 25 ha ubicada en la Amazonia, se obtuvo medidas de DAP de 12 individuos de *Cedrela odorata* durante dos años; se encontró un Incremento Medio Anual en diámetro de 0.67 cm (± 0.56). En la parcela de 1 ha de Tarapacá (Amazonas), se tiene un solo individuo con medidas entre 2010 y 2012, donde se estimó un Incremento Medio Anual en diámetro de 1.03 cm de DAP. Las tasas de crecimiento de estas tres localidades son muy similares y mayores que las obtenidas en otras regiones (Tabla 25).

- 17 Parcela Permanente El Horno ubicada en jurisdicción del municipio de Norcasia (Caldas), en la vereda Moscovita a 600 msnm., temperatura promedio de 25,5 °C. Según el sistema de clasificación de zonas de vida (Holdridge 1982) las formaciones vegetales presentes en la zona corresponden a Bosque Húmedo Tropical (bh-T). Áreas con altas pendientes que oscilan entre el 60% y 100% y un bosque en estadio sucesional de 10 años en un buen estado de conservación. El uso previo del suelo era de cultivos de cacao y frutales además de servir como zonas para la extracción de madera y leña.
- 18 Parcela Permanente del Parque Nacional Natural Amacayacu, municipio de Leticia (Amazonas), ubicada a los 100 msnm. temperatura promedio de 26°C. Según el sistema de clasificación de zonas de vida corresponde a un Bosque Húmedo Tropical (bh-T), en bosque de tierra firme sobre superficies planas suavemente onduladas.
- 19 Parcela Permanente de Tarapacá ubicada en el corregimiento de Tarapacá en área de Ley 2ª (Reserva Forestal de la Nación), ubicada a los 100 msnm. temperatura promedio de 26°C. Según el sistema de clasificación de zonas de vida corresponde a un Bosque Húmedo Tropical (bh-T), en bosque de tierra firme sobre superficies planas suavemente onduladas.

Tabla 25. Reportes de tasa de crecimiento en diámetro de Cedro en Bosques Naturales de Colombia.

País-Región	Tasa de crecimiento anual (cm)	Fuente
Bolivia - región amazónica y pre-andino-amazónica	0.33	Toledo <i>et al</i> 2008 y Dauber <i>et al.</i> 2003
Bolivia-Chiquitana	0.33	Toledo <i>et al</i> 2008 y Dauber <i>et al.</i> 2003
Brasil-Mato Grosso	0.3	Dünisch <i>et al.</i> 2003
Bolivia-Chiquitano-amazónica	0.54	Dauber <i>et al.</i> 2003
Colombia (Dpto. Caldas) Norcasia	0.61 (± 0.49)**	Com. pers. ISAGEN
Colombia (Dpto. Amazonas) PNN Amacayacu	0.67 cm (± 0.56)**	Instituto Sinchi-Universidad Nacional de Colombia, Sede Medellín-Parques Nacionales
Colombia (Dpto. Amazonas) Tarapacá	1.03*	Instituto Sinchi

*Medición del único individuo de Cedro encontrado en la parcela. **Promedios de los individuos encontrados en cada parcela.

En cuanto a la relación entre el DAP y la altura total de los individuos de bosque natural con respecto a individuos en bosques secundarios (Figura 34), se evidencia que en bosque natural tienden a ser más altos y más gruesos respecto a los de otras coberturas. En el estudio realizado por Feldpausch *et al.* (2011), se observó que la estructura del bosque, en especial el área basal, afecta la relación alométrica diámetro-altura, diferencias que parecen estar asociadas al incremento en la competencia por luz y a la reducción de resistencia al viento. En el presente estudio se evidencian dichas diferencias siendo la competencia por luz, y el dosel más alto en condiciones de bosque primario los determinantes para que se presente una fuerte competencia por alcanzar el dosel.

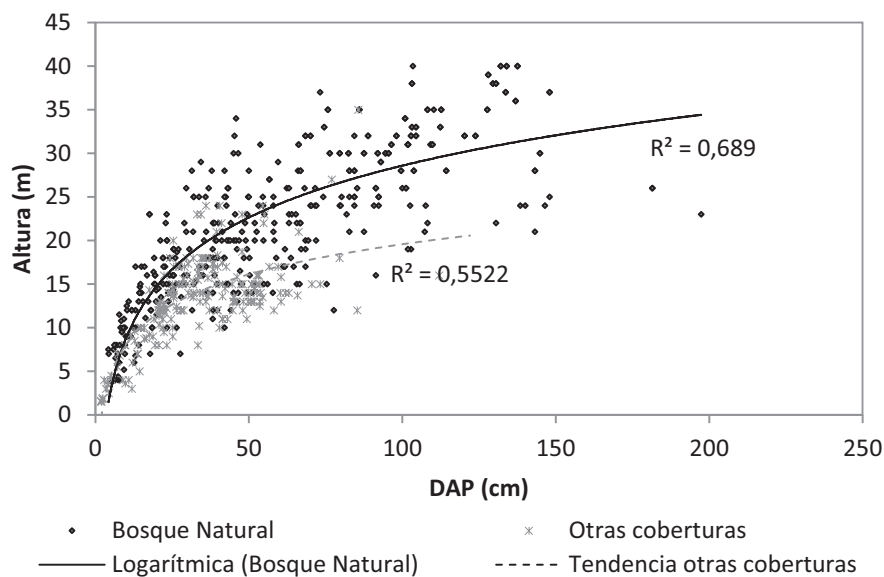


Figura 34. Relación entre DAP y altura total de individuos de Cedro en bosques naturales (n=290) y otras coberturas (n=322) en Colombia. Otras coberturas hacen referencia a árboles de regeneración natural ubicados en rastrojos, potreros arbolados y sistemas silvoagrícolas.



Calidad Fenotípica de Cedro

Se realizaron observaciones acerca de la calidad fenotípica de los individuos de Cedro y se encontró que el 65% de los individuos ubicados en bosque natural, presentan un fuste recto y solo el 3% presentaron señales de afectación por agentes patógenos (Figura 35).

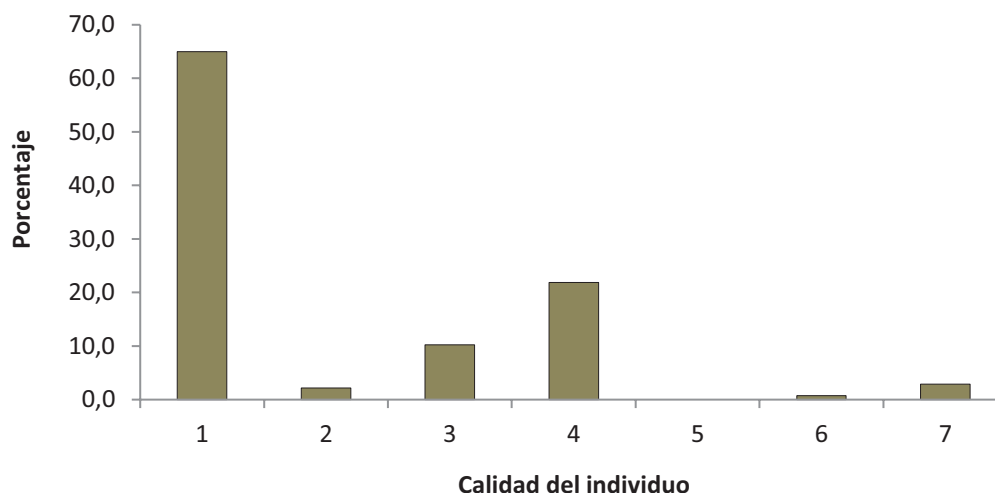


Figura 35. Calidad de los individuos de Cedro en bosque natural (n=290) en Colombia. 1. Fuste recto; 2. Inclinado; 3. Bifurcado; 4. Deformado o torcido; 5. Podrido; 6. Competencia con lianas y 7. Presencia de patógenos.

Consideraciones sobre las Evaluaciones Poblacionales de Cedro

- Las poblaciones remanentes de Cedro en los bosques maduros de Colombia son muy escasas y es necesario resguardar los pocos relictos aún existentes.
- Según las evaluaciones de densidad y estructura poblacional, se evidencia que las poblaciones naturales de Cedro en Colombia se encuentran seriamente deterioradas debido al proceso extractivista histórico, lo que no permite disponibilidad de fuentes semilleras necesarias para los posteriores procesos de regeneración natural.
- La oferta de árboles aprovechables de las poblaciones naturales remanentes de Cedro en Colombia es muy baja y no permite aprovechamientos comerciales sostenibles, ante lo cual se debe promover su conservación permanente y promover procesos de restauración de poblaciones
- En la actualidad los bosques secundarios son el hábitat más común del Cedro en Colombia, lo que potencializa su incorporación productiva mediante el desarrollo de investigación y transferencia tecnológica
- Es importante que cualquier esfuerzo de repoblamiento o reforestación de Cedro, contemple los requerimientos silviculturales de la especie y las condiciones biofísicas particulares de cada sitio. Este procedimiento redundará en mayores posibilidades de sobrevivencia, mayores tasas de crecimiento y una mayor calidad fenotípica y sanitaria, con miras a su aprovechamiento futuro.

Códigos de Barra de ADN y Huella Genética de Cedro

Códigos de Barra de ADN de Cedro

Para la generación de los códigos de barra en Cedro se generaron secuencias a partir de 85 ejemplares provenientes de los departamentos de Amazonas (36), Antioquia (5), Cundinamarca (4), Tolima (6), Chocó (5), Boyacá (3), Santander (5), Sucre (7), Meta (8), Arauca (3), Guaviare (1) y Casanare (2). Cuantas más secuencias se evalúen de individuos de la misma especie en todo su rango de distribución, se podrá asignar con mayor exactitud el código de barras de ADN al permitir abarcar toda la variación de la especie.

En la generación de los códigos de barra de la región *matK* de Cedro, se analizaron 85 secuencias de ADN. Se encontraron cuatro variaciones (haplotipos) con frecuencias 38.8 %, 34.1%, 17.6% y 9.4% de los cuales un haplotipo fue encontrado en el 94% de los ejemplares del departamento del Amazonas y cuyo alineamiento permitió obtener una secuencia consenso de 754pb. Para el caso de *rbcL*, se analizaron 69 secuencias de ADN cuyo consenso produjo una secuencia de 460 pb.

Se utilizaron dos métodos para estimar la confiabilidad de la secuencia candidata a código de barras; el primero mediante la comparación del resultado obtenido con la base de datos del Genbank.

Cuando las secuencias *matK* y *rbcL* obtenidas fueron comparadas con la base de datos del Genbank se obtuvo un acierto del 99-100% con secuencias reportadas de Cedro de los dos genes, indicando que las secuencias obtenidas corresponden a *C. odorata*.

A partir de la estimación de las distancias genéticas, se realizó un árbol filogenético con las secuencias *matK* y *rbcL* reportadas en el Genbank y BOLD para esta especie y las secuencias de éstos dos genes obtenidos de los ejemplares analizados. Sin embargo no se encontraron secuencias *matK* y *rbcL* de especies del género *Cedrela*.

En el caso de la región *matK*, el árbol filogenético incluyó un grupo de referencia con especies de la familia Meliaceae: *Swietenia macrophylla* y *Khaya anthotheca*. Como se observa en la Figura 36, se encontraron agrupamientos que corresponden a los cuatro haplotipos encontrados y una alta semejanza con las secuencias del Genbank reportadas para esta especie.

Para la región *rbcL*, el árbol filogenético también incluyó el grupo de referencia con especies de la familia Meliaceae: *Swietenia macrophylla* y *Khaya anthotheca* (Figura 37). En este caso se encontró alta semejanza con las secuencias del Genbank reportadas para esta especie.

Cabe aclarar que el código de barras en plantas propuesto por el CBOL son los genes *matK* y *rbcL* por lo que idealmente el análisis de distancias genéticas se debe realizar con los genes *matK* y *rbcL* juntos; sin embargo, en las bases de datos Genbank y BOLD las secuencias no cuentan con información suficiente que haga suponer que las secuencias reportadas provienen del mismo ejemplar, por lo que fue necesario realizar los análisis independientes en cada gen.



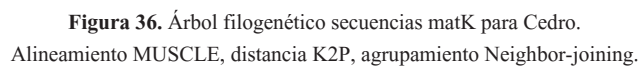
En conclusión se tienen las regiones código de barras de ADN matK y rbcL de Cedro de las poblaciones naturales encontradas en Colombia, para las cuales no existían registros en las bases de datos de secuencias públicas. Ahora se cuenta con los marcadores propuestos por el CBOL como códigos de barra de ADN los cuales serán útiles en la identificación de esta especie cuando se requiera realizar el control al tráfico de la especie y no se cuente con información suficiente para su identificación a través de características morfológicas.

Huella Genética de Cedro

La identificación del lugar de origen o procedencia de individuos de Cedro es uno de los factores críticos para la protección de sus poblaciones naturales. Actualmente, mediante los marcadores moleculares es posible detectar las diferencias genéticas de una población y a través de ellas caracterizar una población a través de sus variantes genéticas.

Para determinar la huella genética se evaluaron 86 individuos colectados en los departamentos de Amazonas (24), Antioquia (12), Arauca (4), Boyacá (3), Chocó (6), Meta (9), Santander (10), Sucre (10), Tolima (8), en los cuales se amplificaron 10 marcadores microsatélites reportados por Hernández *et al.* (2008). A partir de los resultados obtenidos se generó una matriz de distancias genéticas entre todos los individuos analizados, con la cual se realizó un análisis de coordenadas principales (Figura 38).





PLANES DE MANEJO PARA LA CONSERVACIÓN DE Abarco, Caoba, Cedro, Palorosa y Canelo de los Andaquíes

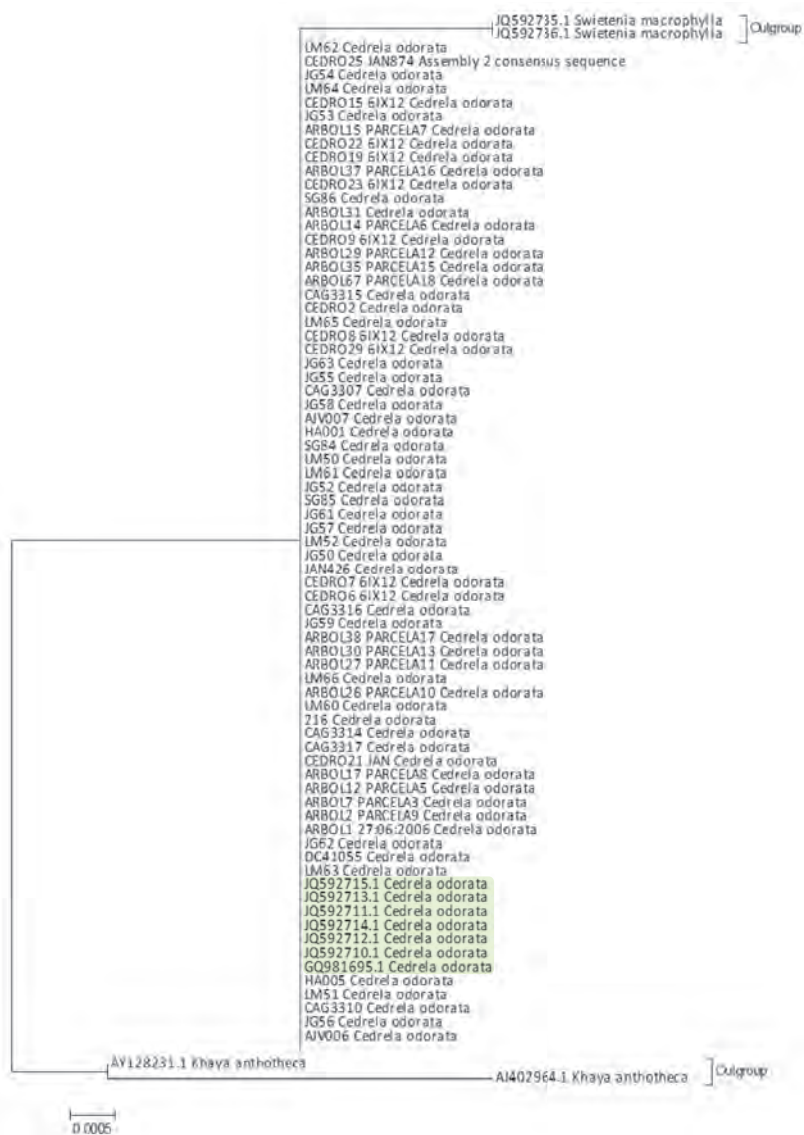


Figura 37. Árbol filogenético secuencias rbcL para Cedro.
Alineamiento MUSCLE, distancia K2P, agrupamiento Neighbor-joining.

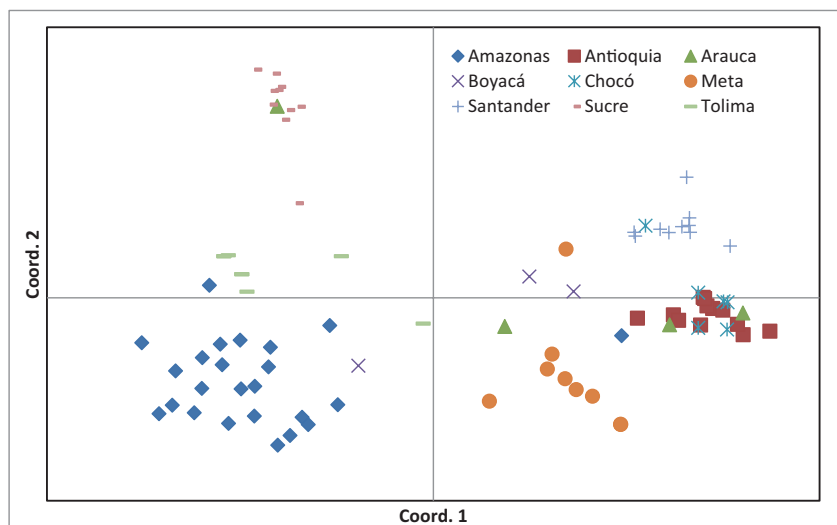


Figura 38. Análisis de coordenadas principales en Cedro basado en una matriz de distancias genéticas de marcadores moleculares microsatélites.

En la Figura 38 se puede observar que existen diferentes agrupamientos que corresponden a la procedencia de los individuos, lo cual se debe a diferencias genéticas entre las poblaciones naturales de Cedro evaluadas. Esta información fue corroborada con la estimación del coeficiente de diferenciación genética $F_{st}=0.34$ que indicó que existen diferencias genéticas entre las poblaciones evaluadas.

De acuerdo a estos resultados, las huellas genéticas (o perfiles genéticos) generadas para los individuos colectados en poblaciones naturales de Cedro, permiten diferenciar la procedencia de individuos de poblaciones naturales en especial para aquellas de Sucre, Amazonas, Meta y Santander. Sin duda, este resultado constituye un aporte fundamental para el control del tráfico ilegal, así como para la generación de herramientas de trazabilidad de los productos comercializados de esta especie.

Las diferencias genéticas observadas en esta especie podrían estar asociadas al tipo de hábitat en que cada población se encuentra, así como a la influencia geográfica de las barreras montañosas. Estas diferencias entre poblaciones ya han sido reportadas en otros trabajos para esta especie (p.e. Cavers & Lowe 2000, De la Torre *et al.* 2008) las cuales han sido atribuidas a la adaptación de las poblaciones a condiciones edafoclimáticas particulares y en algunos casos por barreras geográficas. Debido a esta circunstancia, Cavers *et al.* (2004) proponen que para propósitos de conservación en esta especie deben definirse unidades de conservación, donde se deberá: i) obtener datos de tipo cuantitativo mediante experimentos recíprocos de trasplante para reflejar los genes expresados y caracteres adaptativos que son el material básico del potencial evolutivo, ii) incorporar datos neutrales nucleares para identificar la dinámica del funcionamiento del flujo de genes de las metapoblaciones y iii) obtener datos de marcadores de orgánulos (p.e. cloroplasto) para agregar el componente de la historia evolutiva.

Lineamientos para la Conservación y el Manejo del Cedro

Los lineamientos para la conservación de especies y sus hábitats, parten del análisis del estado de sus poblaciones y los grados de amenaza. Buscan generar acciones prioritarias en el corto, mediano y largo plazo, con impactos a escala local, regional y/o nacional, a fin conservar o restaurar





poblaciones amenazadas (Kattan *et al.* 2005). Estos procesos de planificación para el manejo de las especies con algún riesgo de amenaza, requiere involucrar una serie de relaciones interinstitucionales y de participación comunitaria, el fomento a la investigación y a los programas educativos, así como el fortalecimiento o revisión del marco normativo legal existente. Dicha planificación debe desencadenar en programas de conservación *in situ* y *ex situ*, abordando de manera integral la solución a un problema creciente de explotación maderera y/o destrucción del hábitat (Kattan *et al.* 2005).

El panorama general encontrado en este estudio para el Cedro en Colombia, demuestra que existen pocas poblaciones en su hábitat natural, las cuales se encuentran en bajas densidades, con una regeneración natural limitada y muy pocos individuos de tamaños aprovechables. En contraste, se encuentra presente de manera considerable en los bosques secundarios, potreros arbolados y sistemas agroforestales (en estas dos últimas coberturas con una gran proporción de individuos bifurcados o deformes). Esta situación amerita tomar medidas de conservación de las poblaciones en estado natural, el fomento de la investigación en manejo silvicultural, control de plagas y enriquecimiento de poblaciones naturales y la generación de mecanismos eficientes de control del tráfico ilegal. Así mismo será indispensable buscar soluciones concertadas con las comunidades locales a fin de crear conciencia de la importancia ecológica y económica de conservar la especie en su estado natural.

A continuación se presentan 5 líneas de acción (acorde a lo propuesto por Kattan *et al.* 2005) para la elaboración del plan de manejo de la especie, el cual incluye: Instrumentos de política y gestión; estrategias de conservación *in situ*; estrategias de conservación *ex situ*; lineamientos de investigación y monitoreo y estrategias de educación y divulgación. Estos lineamientos están elaborados considerando actividades a corto (1 a 5 años), mediano (5 a 10 años) y largo plazo (10 o más años). A continuación se describen las líneas de acción, las cuales deberían ser actualizadas a medida que se avance en el logro de las metas propuestas.

Instrumentos de Política y Gestión para el Cedro

La gestión ambiental en Colombia se encuentra fraccionada o puede ser insuficiente por carencia de personal o recursos económicos, por lo que en estos lineamientos se prevé la participación conjunta del Estado, la sociedad civil y los sectores productivos, con el fin de contribuir al cumplimiento de los objetivos de conservación, restauración o recuperación ambiental definidos en las diferentes políticas ambientales nacionales y en los instrumentos de planificación y normativos que de éstas se derivan (v.g. Estrategia Nacional para el Pago por Servicios Ambientales 2007). Los siguientes lineamientos planteados encuentran fundamento jurídico en La Constitución Política de Colombia así como en sus diferentes leyes, decretos y resoluciones expedidas para la protección del ambiente y los recursos naturales en desarrollo de las políticas ambientales nacionales.

Después de analizar los diferentes instrumentos de gestión que existen en el territorio nacional y contrastarlos con el estado de amenaza de las poblaciones naturales de Cedro, se propone que el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible (MADS) establezca una veda a nivel nacional al comercio de productos de esta especie. Lo anterior considerando que las vedas regionales que ya existen (ver sub capítulo “Vedas al Aprovechamiento”) restringen el uso en ciertas zonas y desprotege otras que hacen parte del tráfico de este tipo de maderas. Adicionalmente, para la pro-

tección para los individuos adultos ubicados en bosques naturales de propiedad privada, se deberá explorar mecanismos de incentivo o compensación que permitan su conservación, a la vez que generen beneficios económicos a los pobladores locales, todo con el fin de disminuir la presión sobre poblaciones naturales del Cedro.

En Colombia se han implementado diversos tipos de incentivos a la conservación (ej. Certificado de Incentivo Forestal, Certificado de Incentivo a la Conservación), los cuales a su vez han sido considerados como alternativas viables y posibles para lograr la preservación de las especies y sus servicios ecosistémicos (Calle *et al.* 2012).

Problemática: La evaluación de las poblaciones de Cedro en Colombia, evidenció su drástica disminución en los bosques naturales, por lo cual se encuentran en peligro de extinción. Adicionalmente, se encontró que la disminución de las poblaciones está relacionada con la destrucción de hábitat y el deterioro de las poblaciones naturales, lo cual fue ratificado en la ficha de Cedro del Libro Rojo de Especies Maderables (Cárdenas & Salinas 2007). Ante esta problemática, la normatividad existente en el país poco ha contribuido al objetivo de disminuir el grado de amenaza sobre la especie.

La presión del mercado de la madera de Cedro contrasta con la situación económica desfavorable de la mayoría de los propietarios de predios donde aún se encuentran individuos de Cedro. Esta situación ha generado una presión continua para aprovechar los individuos que aún permanecen en pie. Por otro lado, no existe ningún incentivo económico que estimule mantener los árboles de Cedro en pie y los existentes (Certificado de Incentivo Forestal CIF para conservación o reforestación) están enfocados a programas de reforestación o protección de ecosistemas.

De otra parte, aunque mucha de la madera de Cedro comercializada proviene de plantaciones agroforestales o potreros arbolados, bajo esta modalidad es posible la movilización de madera proveniente de bosques naturales por lo que es indispensable realizar acciones de control para identificar el origen real de la madera.

Meta: Disponer de instrumentos de política y gestión para conservar las poblaciones de Cedro presentes en el territorio colombiano.

Objetivo 1: Asegurar la conservación de los remanentes naturales de Cedro en Colombia, mediante la promoción e implementación de instrumentos de gestión y control.

Acciones	Plazo	Resultados esperados	Indicadores	Responsables
Vedar a nivel nacional el aprovechamiento de Cedro proveniente de poblaciones naturales.	Corto plazo	Reducción de las presiones de uso para las poblaciones naturales de Cedro.	Acto administrativo por medio del cual se veda el aprovechamiento de Cedro proveniente de poblaciones naturales.	MADS, CARs



Objetivo 2: Generar alternativas económicas o llegar a acuerdos con los propietarios de predios en donde se identificaron poblaciones naturales de Cedro en buen estado de conservación para disminuir la presión sobre ésta especie.

Acciones	Plazo	Resultados esperados	Indicadores	Responsables
Crear incentivos forestales para la conservación, en bosques naturales con presencia de individuos de Cedro de tal manera que se conserve tanto el hábitat, como los individuos adultos de la especie. Gestionar con los municipios donde se identificaron poblaciones remanentes de Cedro, deducciones de impuesto predial para estas áreas boscosas.	Corto plazo.	Incentivos forestales para la protección de los individuos adultos de Cedro, en bosques naturales que crecen en predios privados.	Número de propietarios beneficiarios del incentivo. Número de poblaciones de Cedro protegidos en bosque natural de predios privados.	MADS-CARs, FINAGRO, Municipios, Secretarías del Medio Ambiente.

Objetivo 3: Mejorar los sistemas de control y vigilancia sobre las plantaciones, arreglos agroforestales y sobre la movilización de la madera proveniente de estas fuentes, para mantener la trazabilidad de la madera de Cedro.

Acciones	Plazo	Resultados esperados	Indicadores	Responsables
Reestructurar el sistema de registro de las plantaciones y arreglos agroforestales para que sea responsabilidad de las CARs. Implementar sistemas de cadena de custodia para plantaciones de Cedro y revisión y depuración de la línea base de plantaciones y arreglos agroforestales de Cedro en el país.	Corto plazo.	Total identificación del origen de la madera de Cedro movilizada.	Plantaciones y arreglos agroforestales con Cedro adecuadamente registrados. Número de herramientas y/o Sistemas de cadena de custodia implementadas para determinar origen de Cedro movilizada y/ comercializada.	MADS, Ministerio de Agricultura, ICA, DIAN, CARs.

Estrategia de Conservación *In Situ* para Cedro

Sin lugar a dudas la manera más efectiva de preservar la diversidad biológica es mediante la protección del hábitat (Primack *et al.* 2002). Por lo tanto una efectiva forma de proteger las poblaciones de Cedro es mediante el establecimiento de áreas protegidas tanto de carácter público como privado. Aunque estas áreas por si solas no aseguran la conservación de las especies, si son un fundamento importante para lograrlo. Es importante aclarar que dadas las presiones actuales sobre los individuos adultos de Cedro, es necesario realizar acciones rápidas que garanticen su protección.

Problemática: Los relictos de las poblaciones naturales de Cedro en Colombia presentan presión por la destrucción de su hábitat natural y en general muy baja regeneración, lo que genera una alta incertidumbre sobre la viabilidad futura de dichas poblaciones. Se tiene incertidumbre sobre la presencia de la especie en los Parques Nacionales Naturales y algunas poblaciones naturales encontradas no tienen ninguna figura de protección. Por otra parte, los resultados del presente estudio indican que las poblaciones de Cedro en su hábitat natural en Colombia son muy pocas y están muy diezmadas con una baja presencia de individuos juveniles; además la oferta de árboles aprovechables de las poblaciones naturales es muy baja.

Los árboles adultos de especies tan valiosas como el Cedro, están sometidas a fuertes presiones y de ser eliminados del bosque, se perderá con ellos la posibilidad de proveer semillas para la regeneración natural y/o artificial.

Meta: Proteger y recuperar poblaciones naturales de Cedro a través de la identificación de poblaciones naturales y la creación de áreas protegidas que incorporen poblaciones naturales que no estén bajo figuras de protección, así mismo implementar programas de silviculturales para el enriquecimiento y recuperación de la estructura de poblaciones naturales.

Objetivo 1: Identificar, proteger y recuperar poblaciones naturales de Cedro en el Sistema Nacional de Áreas Protegidas (SINAP).

Acciones	Plazo	Resultados esperados	Indicadores	Responsables
Identificar poblaciones naturales de Cedro en el Sistema Nacional de Áreas Protegidas. Establecer un programa de enriquecimiento con Cedro en bosques naturales, con adecuadas prácticas silviculturales. Establecer nuevas áreas con alguna figura de protección donde se fomente la conservación del Cedro.	Corto plazo	Nuevas poblaciones identificadas en el Sistema Nacional de Áreas Protegidas. Recuperación de las poblaciones naturales de Cedro reflejado en el aumento y abundancia de individuos de diferentes categorías. Al menos una nueva área dentro del SINAP donde se fomente la conservación del Cedro.	Numero de poblaciones identificadas al interior de Sistema Nacional de Áreas Protegidas. Hectáreas con manejo silvicultural y su número de plántulas que sobreviven al cabo de un año. Nuevas áreas protegidas para conservación del Cedro.	U A E S P N N , MADS, CARs, Centros de investigación con experiencia en restauración ecológica, Institutos de investigación.



Objetivo 2: Asegurar el abastecimiento de semillas de Cedro con una buena diversidad genética (Procedente de poblaciones naturales locales y con óptimas características genotípicas y fenotípicas).

Acciones	Plazo	Resultados esperados	Indicadores	Responsables
Establecer protocolos para la selección y conservación, recolección sostenible y propagación de árboles semilleros de Cedro.	Corto plazo.	Disponibilidad de semillas de Cedro para programas de restauración o para la regeneración natural de la especie.	Número de plántulas viables y establecidas de Cedro.	CARs, MADS, Institutos de Investigación, Comunidad local.
Establecer mecanismos de comercialización sostenible de semillas de Cedro seleccionadas.		Arboles semilleros conservados y familias beneficiadas por el comercio de semillas.	Número de árboles de Cedro protegidos declarados como semilleros.	

Objetivo 3: Promover la creación de áreas protegidas o de manejo especial a nivel privado para la conservación de poblaciones naturales de Cedro.

Acciones	Plazo	Resultados esperados	Indicadores	Responsables
Promover la creación de áreas con alguna figura de protección con el objetivo de proteger al menos una población de Cedro.	Corto plazo.	Incremento en el número de reservas de la sociedad civil dedicadas a proteger Cedro.	Número áreas con alguna figura de protección creadas y con poblaciones naturales de Cedro.	La Red de Reservas de la Sociedad Civil asesoraría la creación de reservas privadas.

Estrategia de Conservación *Ex Situ* para Cedro

Es importante resaltar que la mejor estrategia para la protección de la diversidad biológica es la conservación *in situ*; sin embargo, el Cedro presenta drásticas reducciones de sus poblaciones y presenta fuertes amenazas a los pocos individuos existentes y en este sentido las estrategias de conservación *ex situ*, son alternativas válidas y complementarias (Primack *et al.* 2002). Cuando una población remanente es demasiado pequeña para mantener la especie o los pocos individuos sobrevivientes se encuentran fuera de las áreas protegidas es probable que la única forma de evitar su extinción sea mantener un número de individuos en condiciones artificiales bajo la supervisión humana (Kleiman *et al.* 1996). En esta línea es importante destacar el papel que pueden cumplir los jardines botánicos, las Corporaciones autónomas regionales y los bancos de germoplasma existentes en el país, ya que estas entidades cuentan con los instrumentos necesarios para realizar propagación, mantenimiento y preservación de semillas así como las colecciones vivas de árboles. El propósito de las acciones relacionadas con la conservación de las especies fuera de sus hábitats naturales es mantener la diversidad genética para el manejo de las poblaciones o para propósitos de reintroducción o restauración de poblaciones naturales (Kattan *et al.* 2005).

Problemática: Las poblaciones naturales de Cedro en Colombia se encuentran seriamente diezmadas y su hábitat natural ha sido ampliamente transformado, por lo que se requiere asegurar la continuidad de los pocos individuos que quedan, a su vez no existe una disponibilidad de semillas de Cedro y sus poblaciones no se encuentran representadas en jardines botánicos del país.

Finalmente la propagación e inclusión de la Cedro en otros sistemas de cultivo aún no ha sido ampliamente difundida.

Adicionalmente existe una limitada producción de plántulas de Cedro en los viveros, baja abundancia de las poblaciones naturales y escasa implementación de sistemas productivos sostenibles para suplir la demanda de madera en el mercado. La consecución de semillas de Cedro provenientes de poblaciones naturales colombianas es difícil puesto que no existe una gran oferta de las mismas, lo que obliga a importarlas, generalmente de Brasil, con lo que se aumentan los costos y se corre el riesgo de incrementar la erosión genética de la Cedro en Colombia.

Meta: Implementar un programa de conservación *ex situ* para la Cedro que permita propagar la especie en ambientes urbanos y rurales en diversos tipos de arreglos agroforestales los cuales en el largo plazo podrían suplir la demanda de madera de la especie en el mercado y mantener la diversidad genética de la especie.

Objetivo 1: Asegurar la conservación de la variabilidad genética de la Cedro en Colombia, a través de un programa de conservación *ex situ*.

Acciones	Plazo	Resultados esperados	Indicadores	Responsables
Reproducción y siembra de árboles de Cedro en los jardines botánicos, ciudades aledañas y áreas rurales.	Corto plazo.	Producción y distribución del material vegetal de Cedro.	Número de árboles sembrados en diferentes jardines botánicos.	Jardines Botánicos, CARs, Secretarías de Ambiente.

Objetivo 2: Inclusión de Cedro en sistemas agroforestales, silvopastoriles, mixtos u otros.

Acciones	Plazo	Resultados esperados	Indicadores	Responsables
Fomento de siembra de Cedro en plantaciones y diferentes arreglos agroforestales y otros, con las comunidades campesinas.	Corto y Mediano plazo	Aumento de la oferta de madera de Cedro proveniente de plantaciones y diferentes arreglos agroforestales y otros.	Número de hectáreas implementadas en plantaciones diferentes arreglos agroforestales con Cedro.	Ministerio de Agricultura, ICA, CARs, Propietarios privados.

Objetivo 3: Incluir Cedro en los bancos de germoplasma existentes en el país (e.g. CIAT, Universidad Católica de Oriente, CONIF).

Acciones	Plazo	Resultados esperados	Indicadores	Responsables
Almacenamiento de semillas seleccionadas de diversas poblaciones naturales de Cedro para conservarlas en bancos de germoplasma.	Corto y mediano plazo.	Semillas de Cedro incluidas en bancos de germoplasma.	Numero de bancos de germoplasma con semillas de Cedro.	Institutos de investigación, CIAT, CONIF, Universidades.



Lineamientos de Investigación y Monitoreo para Cedro

La línea de investigación agrupa todas las actividades y proyectos que se puedan desarrollar con el fin de generar conocimiento o llenar vacíos de información sobre aspectos prioritarios para la conservación de las especies (biología, ecología, genética, dinámica poblacional). Así mismo, incluye acciones para desarrollar programas de monitoreo, los cuales deben basarse en actividades periódicas que permitan mantener información actualizada sobre el estado de las poblaciones y tendencias en la disponibilidad de hábitat.

Uno de los problemas que se presenta para proponer conservación de especies es la dificultad para acceder a fuentes de información técnica y científica por parte de los investigadores, planificadores y quienes toman las decisiones. La generación de conocimiento, la información y la transferencia tecnológica estarán orientadas a estimular la capacidad científica nacional para realizar la investigación apropiada que genere información necesaria, apropiada y no repetitiva para el mejoramiento de las propuestas de conservación y uso sostenible del Cedro.

Problemática: Existe una falta de información para Colombia de las tasas de crecimiento de poblaciones naturales de Cedro, así como aspectos básicos de su historia natural (i.e. fenología, polinización, biología reproductiva, dinámica poblacional, entre otros). Adicionalmente se desconoce las implicaciones del cambio climático sobre las poblaciones remanentes de Cedro.

En la actualidad no hay información disponible para Colombia sobre crecimiento de plántulas, desarrollo y supervivencia en condiciones en bosques naturales.

Meta: Establecer un programa de investigación y monitoreo de poblaciones naturales de Cedro que permita completar vacíos de información sobre el Cedro.

Objetivo 1: Establecer un programa de monitoreo de poblaciones naturales de Cedro en Colombia.

Acciones	Plazo	Resultados esperados	Indicadores	Responsables
Establecimiento de parcelas permanentes para el monitoreo de poblaciones naturales de Cedro con el apoyo de comunidades locales.	Corto, mediano y largo plazo.	Conocimiento de aspectos relacionados con la historia natural (fenología, dinámica poblacional, tasas de crecimiento, regeneración natural) de Cedro en condiciones naturales.	Número de parcelas permanentes establecidas en para el estudio sobre la historia natural de Cedro, en su hábitat natural.	Institutos de Investigación, Universidades, Comunidades locales.

Objetivo 2: Establecer protocolos de propagación de Cedro en Colombia y programas de investigación en silvicultura de Cedro.

Acciones	Plazo	Resultados esperados	Indicadores	Responsables
Realización de experimentos ecológicos con diversas prácticas silviculturales con el apoyo de comunidades locales.	Corto plazo.	Paquetes silviculturales para Cedro desarrollados.	Número de investigaciones realizadas en tratamientos silviculturales.	Institutos de Investigación, Universidades, CARs, CONIF, ICA.
Adelantar investigación sobre plagas del Cedro para el establecimiento efectivo de plantaciones comerciales.		Investigaciones sobre las plagas de Cedro en plantación.	Propuestas de manejo para el control de plagas en plantación para Cedro.	

Estrategia de Educación y Comunicación para Cedro

El valor de los programas educativos tiene un potencial enorme especialmente hacia el logro de cambios de actitud, dado que ofrecen herramientas pedagógicas para la formación de personas con capacidad de observación, información, reflexión y compromiso con su entorno natural (Arango *et al.* 2002). Además ofrece conocimientos novedosos de historia natural y en general aspectos relacionados con la importancia ambiental, el papel de las especies y los ecosistemas así como los servicios ecosistémicos que prestan.

Problemática: El desconocimiento del manejo silvicultural del Cedro, así como la subvaloración de sus servicios ecosistémicos ha apoyado la disminución de sus poblaciones naturales. Adicionalmente no existen espacios de transferencia de información sobre el manejo de la especie en Colombia. Algunos aspectos fundamentales de ecología, conservación, así como resultados de investigaciones no siempre son socializados con estrategias comunicativas diversas y dirigidas a cada público en particular, lo cual puede generar desconocimiento sobre el desarrollo y los resultados obtenidos en un proyecto, así como de aspectos relevantes de la especie.

Meta: Crear un programa de educación y divulgación asociado a destacar la importancia ecológica del Cedro de manera que se sensibilice a la población participante y contribuya a implementar los programas de conservación de la especie.



Objetivo 1: Establecer un programa de sensibilización y educación ambiental dirigido a los pobladores locales y comunidades en general con el fin de resaltar la importancia de la conservación de la Cedro, el valor de sus servicios ecosistémicos, y transferir la información disponible sobre propagación y alternativas de inclusión de Cedro en sistemas productivos y manejo sostenible entre otros.

Acciones	Plazo	Resultados Esperados	Indicadores	Responsables
Desarrollo de talleres, charlas y/o reuniones con actores locales, donde se presenten aspectos relacionados con la ecología y conservación del Cedro.	Corto plazo.	Información incorporada en procesos de educación ambiental y comunidades sensibilizadas.	Número de talleres y charlas realizados.	MADS, CARs, SENA, ICA, Comunidades locales.

Objetivo 2: Proponer una estrategia de comunicación y difusión sobre las amenazas de las poblaciones naturales de la Cedro, los beneficios de su conservación, los resultados de los programas de investigación, monitoreo y educación, de forma tal que diversos tipos de públicos, comunidad académica, funcionarios públicos, pobladores locales, estén informados sobre diversos aspectos de ecología de la especie.

Acciones	Plazo	Resultados esperados	Indicadores	Responsables
Generación de al menos un material divulgativo e informativo sobre la importancia de la conservación de la especie y sus beneficios.	Corto plazo.	Comunidades locales informadas sobre la importancia de la conservación de la especie y sus beneficios.	Número de piezas educativas publicadas.	CARs, MADS, Comunidades locales, Institutos de Investigación.
Difundir la estrategia de conservación y manejo de Cedro utilizando diversos medios masivos de comunicación.	Corto a mediano plazo.	Pobladores locales apropiados la estrategia de conservación y manejo de la Cedro.	Número de programas de difusión locales y/o regionales desarrollados.	



**PLAN DE MANEJO
PARA LA CONSERVACIÓN
DE PALOROSA**

Aniba rosaeodora Ducke

Aspectos Generales de Palorosa

Taxonomía y Nombres Comunes de Palorosa

Reino:	Plantae
Filo:	Magnoliophyta
Clase:	Magnoliopsida
Orden:	Laurales
Familia:	Lauraceae
Nombre científico:	<i>Aniba rosaeodora</i> Ducke

Sinónimos y/o consideraciones taxonómicas: El género *Aniba* pertenece a la familia Lauraceae y cuenta con 41 especies de las cuales Kubitzki & Renner (1982) reportaron 8 en Colombia, no obstante en la actualidad en el Herbario Nacional Colombiano COL, se registran 23 especies de *Aniba* en el territorio colombiano. Un sinónimo reconocido de la especie es *Aniba duckei*.

Nombres comunes: Pau rosa (Brasil), Palorosa, Palo de rosa (Colombia), Cara-cara (Guyana) y Palo de rose (Perú).

Descripción Botánica de Palorosa

Árbol hasta 30 m de altura y 2 m de diámetro (Santos *et al.* 2008a). Su copa es estrecha y ovalada; es aromático en todas sus partes; corteza muerta pardo-amarillosa o medio roja que se desprende fácilmente en grandes placas. Hojas simples, alternas, coriáceas entre 6 y 25 cm de largo por 2.5 a 8 cm de ancho; glabras, verde oscuras por el haz, color amarillo pálido por envés y pubescente microscópicamente; nervadura central levemente impresa por haz y prominente por envés, pecíolos robustos y acanalados. Inflorescencias en panículas sub-terminales, hermafroditas, densamente ferrugíneo-tomentosas, de 4 a 17 cm de largas con múltiples flores pequeñas. Frutos en bayas, con una cúpula cónica; superficie externa áspera marrón-verdosa tornándose rojo oscuro al madurar; contienen sólo una semilla de forma ovoide, tegumento delgado, liso y opaco, de color marrón claro con estrías longitudinales marrón oscuro; contiene dos cotiledones grandes, convexos, duros y lisos de color crema (Figura 39) (Sampaio *et al.* 2003).



Figura 39. Ilustración de Palorosa. (Tomado de Béguin *et al.* 1985)

Características de la Madera de Palorosa

La madera es pesada ($0.80\text{-}0.90\text{ gr/cm}^3$), el duramen tiene reflexiones rosadas, mientras la albura es amarillosa (Pedroso 1986 citado por Chacón *et al.* 2006); ambas tienen grano regular, textura media, lisa al tocarla y fácil de trabajar (Figura 40). El fuerte olor aromático es más intenso recién cortado (CITES 2010d).



Figura 40. Corte transversal de la madera de Palorosa (Foto: Ricardo Segura – Instituto Sinchi).

Distribución y Hábitat Natural de Palorosa

Se distribuye por el norte y el occidente de la Amazonia, en Brasil, Colombia, Ecuador, Guayana, Guayana Francesa, Perú, Surinam y Venezuela (UNEP 2008). En Colombia sólo ha sido registrada en el departamento de Amazonas (Cárdenas & Salinas 2007).

En Brasil, el Palorosa se ha encontrado en las áreas más recónditas del estado de Amapá, en las proximidades de la frontera con la Guyana, las cuales aún están preservadas debido al difícil acceso (IEA 1993); la faja de mayor concentración de Palorosa está localizada desde las cabeceras del río Curua-Una hasta las fronteras con el Perú, en la parte meridional, y del río Trombetas hasta Colombia del lado septentrional (IEA 1993).

Crece principalmente en bosques amazónicos de tierra firme; también se ha registrado en bosques bajos de arenas blancas (Leite & Lleras 1993). Se encuentra preferentemente en el interior del bosque primario denso de terrenos altos y de media altitud, donde el suelo es profundo y bien drenado (Lorenzi 1998). Las áreas que marginan el Alto y Medio Amazonas son consideradas como el hábitat adecuado para el Palorosa (IEA 1993).

El hábitat de la población evaluada en el departamento del Amazonas, corresponde a bosques maduros de tierra firme, zona de lomerío con pendientes entre 10 y 45 %. El bosque tiene altura promedio de 28 metros con árboles emergentes hasta de 40 metros; presenta alta presencia de lianas y alto epifitismo. El sotobosque es semi-denso y la hojarasca tiene aproximadamente 5 cm de espesor. Entre las especies asociadas se destaca la palma *Astrocaryum ferrugineum*. Los suelos son muy bien drenados, predominando la fracción arenosa. En estos bosques la especie crece preferiblemente en las cimas de las terrazas.

Fenología de Palorosa

Según Spironello *et al.* (2004), la fructificación del Palorosa es irregular en su estado natural. Además Magalahes & Alencar (1979) afirman que en la Amazonia central, la fructificación tiene mayor frecuencia en períodos de lluvias con un pico máximo en el mes de marzo. Alencar & Fernández (1978) citan que los meses de floración en la Reserva Ducke en Brasil van desde octubre a febrero y la fructificación, entre noviembre y marzo; además reportan que en la Estación Experimental de Curuá-Una (Pará, Brasil), la floración ocurre entre octubre y noviembre y la fructificación entre diciembre y junio. De acuerdo con Magalahes & Alencar (1979) en la Amazonia central la floración de la especie aumenta a partir del mes de octubre, con un pico en épocas de lluvias (enero). Según Leite *et al.* (2001), los diferentes tipos de suelo, regímenes de pluviosidad, relieve, altitud y latitud explican la variación de las épocas de floración y fructificación, y menciona que la floración es irregular y puede ser anual o supra-anual, aunque siempre en el período lluvioso; la pérdida del follaje, ocurre anualmente, durante el período seco. Kubitzki & Renner (1982) mencionan que florece a lo largo de todo el año en la Amazonia central. En Colombia se encontró en floración en el mes de octubre (población encontrada en Caño Toro) lo cual concuerda con lo reportado por Cárdenas & Salinas (2007) quienes señalaron que ésta se produjo en el mes de diciembre.

La polinización se da principalmente por abejas (Sá 1987). En el documento ITTO – PD 31/99 se menciona que la especie tiene un mecanismo de sincronización para complementar la poli-

nización altamente evolucionado. Se ha encontrado una variación en los árboles de Palorosa, denominándolos como “tipo A” y “tipo B”, donde el primero tiene estigma receptivo sólo durante la mañana y la dehiscencia de las anteras se produce sólo en la tarde; el segundo es el proceso inverso, asegurando así la polinización cruzada (Kubitzki & Kurz 1984).

Dinámica de Regeneración Natural de Palorosa

El Palorosa posee características típicas de especie esciófita, de bosques secundarios tardíos y clímax, crecimiento lento, tolerancia al sombrío en la fase juvenil, tamaño medio de las semillas y abundante regeneración con alta mortalidad (CITES 2010d). Por el contrario, Useche *et al.* (2011) afirman que la disponibilidad de luz es el principal factor limitante para la regeneración y que la apertura del dosel mejora su desempeño, por lo cual SUDAM (1972, citado por Useche *et al.* 2011) la clasifica como una especie heliófita. Igualmente Useche *et al.* (2011), mencionan que esta especie tiene la capacidad de auto regenerarse bajo dosel cerrado; no obstante, para alcanzar el estrato superior del bosque, requiere la formación continua de claros naturales, ya que presenta un mayor incremento volumétrico a plena abertura, que bajo sombra.

Los frutos son alimento para aves, específicamente psitácidos y aves de la familia Ramphastidae (tucanes), los cuales promueven la dispersión de semillas a cortas y largas distancias del árbol madre (CITES 2010d).

Silvicultura y Manejo de Palorosa

Según Leite *et al.* (2001), las plantaciones densas de la especie son recomendadas para explotaciones sostenibles de corta duración o en especial para la selección de los individuos más productivos. Para la siembra en claros en bosque natural, se debe mantener una reserva de 10% a 15% de las plántulas en buenas condiciones para que, de 3 a 4 semanas después de la siembra, de ser necesario, se lleve a cabo la replantación. Durante los tres primeros años del establecimiento, se deben hacer limpiezas del terreno de 2 a 3 veces al año para reducir la competencia con otras especies (Leite *et al.* 2001).

Algunas investigaciones han buscado nuevas técnicas de manejo de la explotación del aceite de Palorosa que no resulten en la tumba del árbol completo, que es como se ha venido realizando hasta la fecha. Son muy prometedores los resultados de estas investigaciones pues demuestran que pueden realizarse podas sucesivas a individuos adultos de dosel y a juveniles cultivados sin afectar la vitalidad del árbol; por el contrario las podas estimulan mayor producción de biomasa (Leite *et al.* 2001, Sampaio *et al.* 2005, Sampaio *et al.* 2007). En este caso el aceite no es extraído del tronco principal y las raíces, pero sí de las ramas y hojas.

La época de colecta es de aproximadamente 5 años después de la siembra, cortando principalmente el meristema apical, con lo que se estimula la formación de ramas y copas bajas (Revilla 2001, citado en ITTO 1999).

Debido a la baja supervivencia de la regeneración de Palorosa (Useche *et al.* 2011), los científicos se han dado a la tarea de desarrollar herramientas para aumentar la supervivencia y producción



de la especie; sin embargo los resultados no han sido satisfactorios debido al crecimiento lento que presenta (Valencia *et al.* 2010). Las plántulas de Palorosa presentan buena respuesta a tratamientos *in vitro* pero presentan un bajo crecimiento (Freitas *et al.* 2011). El número de hojas y el área foliar de las plantas de Palorosa se pueden ver afectadas en suelos con baja disponibilidad de macronutrientes. Se ha demostrado que la omisión de los elementos como N, P, K, Ca, Mg afectan el número de hojas y el área foliar (Valencia *et al.* 2010).

El Palorosa se propaga por semillas y estacas (Souza *et al.* 1999, citado en ITTO 1999). Para la propagación por semillas la colecta de frutos debe ser directamente del árbol cuando comienzan a caer de forma espontánea o recogerlos del suelo. Posteriormente deben ser amontonados durante algunos días en un sitio oscuro hasta la descomposición parcial de la pulpa para facilitar la remoción de las semillas, evitando la desecación por cuanto se trata de semillas recalcitrantes. Las semillas deben ponerse a germinar en sitios semi-sombreados (Sampaio *et al.* 2003), dispuestas individualmente en sacos de polietileno a 1 ó 2 cm de profundidad. Cuando las plántulas alcanzan entre 20 y 30 cm de altura, deben ser seleccionadas para la plantación definitiva en campo (Leite *et al.* 2001).

Según Leite *et al.* (2001), para la plantación deben escogerse sitios con buen drenaje, y se aconseja utilizar áreas abandonadas o con rastrojos, previamente utilizadas para pastos o cultivos, pero deben hacerse limpias una vez al año para eliminar competencia por arvenses competidoras. La plantación en campo debe hacerse en el período lluvioso con espaciamientos de 10 x 15 metros ya que así se obtiene el mayor peso verde de la copa. En las fases juveniles el Palorosa no tolera ambientes abiertos, estando más adaptado a ambientes semi-sombreados, por lo tanto debe ser sembrada con sombrío utilizando otras especies (Leite *et al.* 2001).

La propagación por estacas presenta problemas por ataque de plagas y se obtienen un mejor desarrollo bajo condiciones de alta luminosidad y con la aplicación de enraizadores; el trasplante en épocas lluviosas genera buenos resultados. Las estacas deben tener un tamaño de 12 cm de largo y de 2 a 8 mm de grosor (Leite *et al.* 2001). Además, existen varios trabajos de propagación *in vitro* que son fundamentales a la hora de hacer protocolos de propagación (Freitas 2005, Handa *et al.* 2005, Jardim *et al.* 2010, Freitas *et al.* 2011).

Usos e Importancia Comercial de Palorosa

Esta especie es la fuente del “aceite de Palorosa” el cual habitualmente es extraído de la madera. Contiene grandes concentraciones de lináloe y ha sido muy usado en la preparación de perfumes y jabones. Aunque Perú, Colombia, Guyana, Surinam y Guayana Francesa fueron exportadores de aceite de Palorosa, Brasil es el único exportador en la actualidad (CITES 2010d). Esta especie fue altamente aprovechada hasta que se logró la síntesis de sus compuestos, sin embargo, frente a la nueva tendencia de consumir productos de fuentes naturales nuevamente ha aumentado la demanda (Chacón *et al.* 2006).

Típicamente se cortan los árboles con DAP > de 30 cm debido a que la industria argumenta la mayor calidad del aroma en los árboles más viejos (May & Barata 2004). La madera también tiene valor comercial en la fabricación de muebles, construcción de barcos o de canoas, carpintería, pisos, madera contrachapada, chapas y la fabricación de implementos agrícolas y mangos para herramientas (UNEP 2008).

Debido a la inexistencia de industrias de perfumería fina en la región amazónica, todo el aceite esencial es exportado en un 15% a los estados del sur de Brasil y un 85% restante hacia el exterior (Alencar & Fernández 1978). El consumo interno fue estimado por la FAO (1995) entre 20 y 30 toneladas anuales; sin embargo éstas cifras en la actualidad difícilmente son alcanzados por cuanto la mayoría es exportado y no sobrepasa de 39 toneladas desde el año 2000 (CITES 2010d). Adicional al consumo por parte de la industria de perfumería, existe un mercado pequeño que utiliza trozos de cáscara y madera de Palorosa para atender un mercado pequeño y popular de “baños y olores” en la región norte del Brasil (CITES 2010d).

En la región amazónica de Colombia, corregimiento de Tarapacá - sector Santa Clara, existió una planta de aprovechamiento de Palorosa para extracción de aceite que funcionó por varios años (conversación personal con habitantes de la zona) y de la cual actualmente sólo es posible encontrar los rezagos de maquinaria abandonada fuera de servicio.

Situación Actual de Palorosa en Colombia

A nivel mundial la especie está considerada En Peligro (EN A1+2d) (Varty 1996), mientras que a nivel nacional está catalogada en el Libro Rojo de Especies Amenazadas como en Peligro Crítico (CR A2cd) (Cárdenas & Salinas 2007).

Las poblaciones naturales han declinado seriamente debido a la extracción del aceite sucedida en el pasado. Los pocos individuos aún existentes, se encuentran en áreas remotas, con signos significativos de ausencia de regeneración. En Brasil está prohibida la corta de individuos con DAP menor de 20 cm (May & Barata 2004). En Colombia, el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, declaró esta especie como amenazada a nivel nacional mediante la Resolución 192 de 2014 (MAVDT 2014).

Identificación de las Poblaciones Naturales de Palorosa

Mapa de Distribución Histórica de Palorosa

En el levantamiento de información en los Herbarios consultados se registraron 15 individuos de *Aniba rosaeodora* ubicados en tres localidades sobre cobertura boscosa, como se muestra en el mapa de distribución histórica (Figura 41).



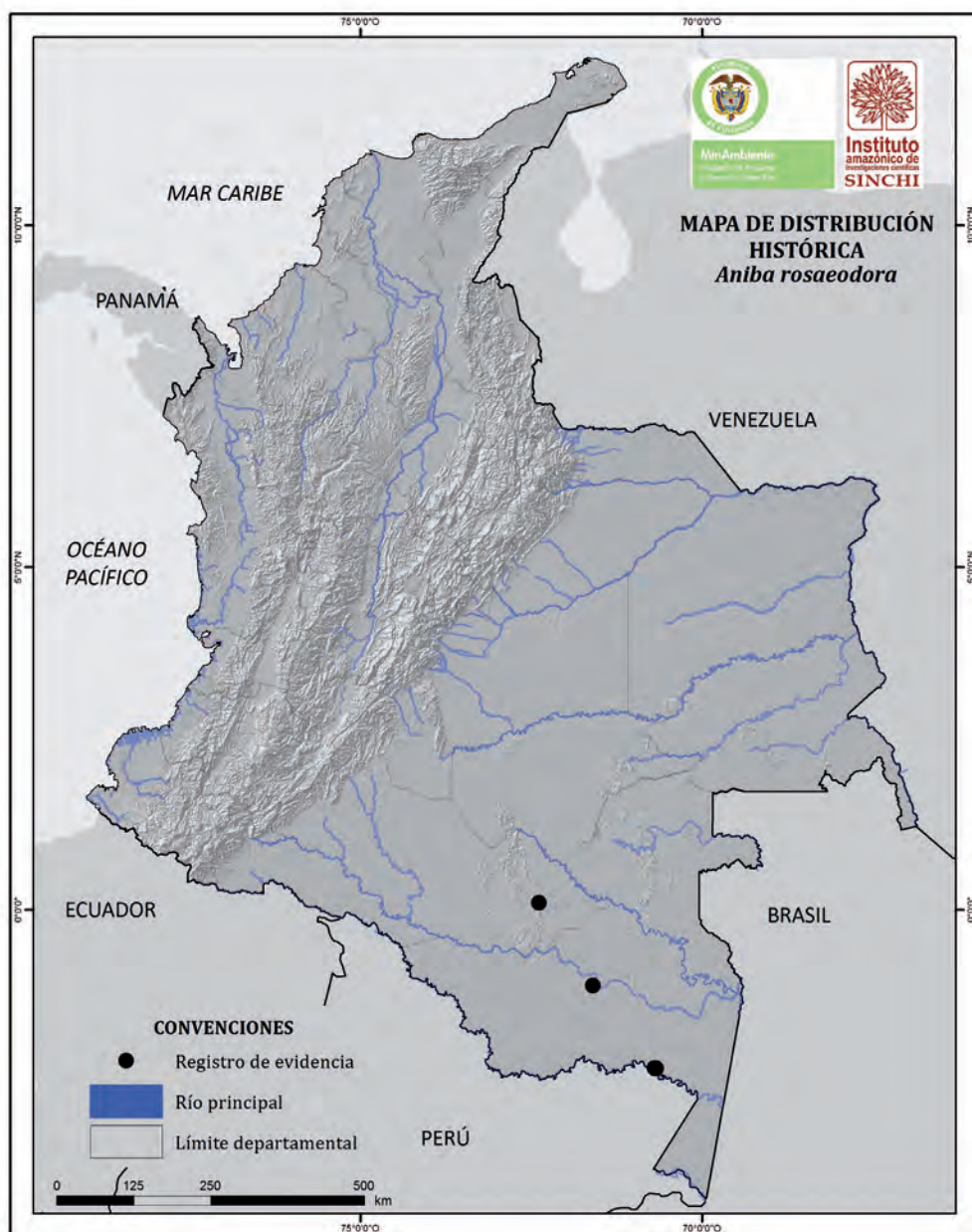


Figura 41. Mapa de distribución histórica de Palorosa en Colombia

Mapa de Distribución Potencial de Palorosa

Aniba rosaeodora (Palorosa) tiene un rango de distribución restringido en el territorio nacional, encontrándose solo en tres localidades de la Amazonia colombiana (Figura 41). Aunque no se recomienda ejecutar algoritmos con menos de 15 registros (GBIF-ES 2012), al ejecutar openModeller sobre el área de la región amazónica, solamente un modelo cumplió con las características de evaluación; además la probabilidad de encontrar un nuevo registro es muy baja debido a la amplia extensión de territorio con características ambientales similares. Tan rara o escasa es esta especie, que durante los últimos veinte años y después de muchos levantamientos florísticos en la región solo ha sido posible el registro de una po-

blación. El modelo seleccionado se ilustra en el mapa de distribución potencial de Palorosa sobre cobertura boscosa (Figura 42).

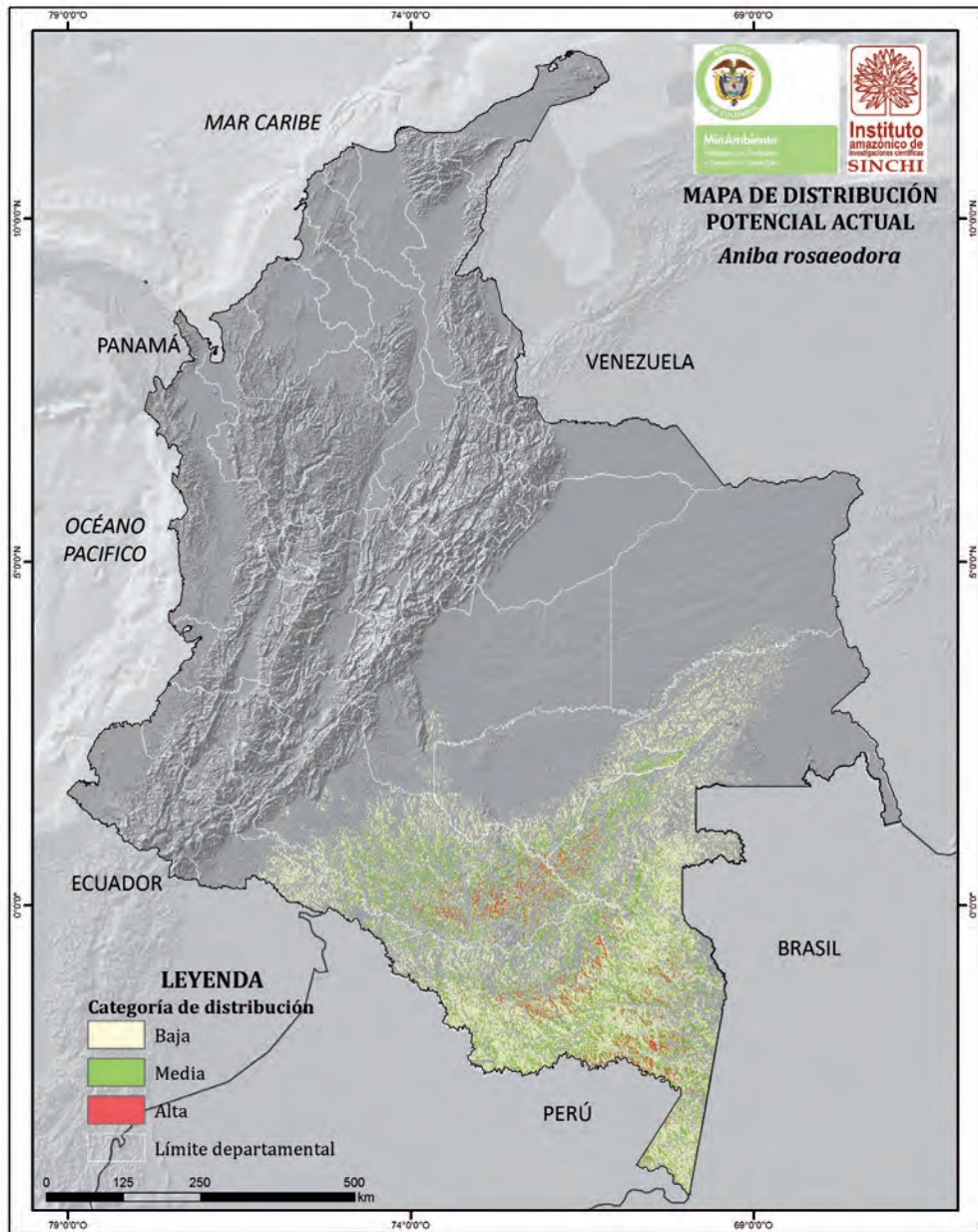


Figura 42. Mapa de distribución potencial actual de Palorosa.

En la Tabla 26 se definen las superficies aproximadas de distribución potencial de la especie, de acuerdo con las categorías definidas y su correspondiente porcentaje de área boscosa estimada por el modelo de distribución potencial.

Tabla 26. Áreas por categoría de ocurrencia potencial de Palorosa en Colombia.

Categoría	Área (Ha)	% Área Boscosa
Alta	540,445	3.44
Media	4'375,284	27.82
Media	10'809,944	68.74

Evaluación de Poblaciones Naturales de Palorosa

A partir del mapa de distribución potencial se adelantó la verificación en campo, donde se realizó una búsqueda minuciosa para identificar poblaciones de esta especie en la Amazonia colombiana. Solo fue posible el hallazgo de una población natural de Palorosa en el corregimiento de Arica (Amazonas), sector de Caño Toro; aunque la distribución histórica registra otras localidades. A continuación se presentan los principales parámetros poblacionales evaluados para esta especie.

Densidad de Palorosa en Bosque Natural

Un área total de 266 ha de bosque en el sector conocido como Caño Toro, en el corregimiento de Arica (departamento del Amazonas), se encontraron 12 individuos para una densidad de 0.045 Ind./ha. La mayoría de los individuos se encontraron ubicados en las cimas de las lomas, lo que concuerda con lo reportado para otras localidades amazónicas respecto a dicha variable (Kubitski & Renner 1982). La densidad encontrada en esta población es mucho menor que densidades reportadas en Brasil de 0.12 – 1 Ind./ha (para individuos > a 10 cm de DAP) (Alencar & Fernandes 1978, Mitja & Lesenre 1996, May & Barata 2004, Homma 2005). Es común que la distribución espacial de la especie sea agrupada, encontrándose grupos formados entre 5 a 8 individuos espaciados entre sí de 50 a 100 m y una distancia promedio entre las agrupaciones de 300 a 400 m, con la posibilidad de encontrar algunos árboles aislados (Alencar & Fernandes 1978). Tras realizar la búsqueda de otras poblaciones naturales a lo largo del río Caquetá (entre Puerto Santander y Puerto Remanso, departamento del Amazonas) sin haber encontrado algún individuo, se concluye que ésta especie no sólo ocurre a muy bajas densidades, sino que además sus poblaciones pueden estar muy distantes entre sí. Estas bajas densidades, pueden ser atribuidas al efecto de la tala selectiva sucedida en la región amazónica en el siglo pasado, donde muchos individuos fueron derribados y aprovechados para la extracción del aceite de Palorosa, hasta el punto de su extinción económica, llegando incluso al límite de su extinción biológica (IIAP 2006).

Distribución por Clases Diamétricas de Palorosa en Bosque Natural

Se encontró una distribución errática de los individuos en las distintas clases diamétricas de la población. El número de árboles $\geq$ a 10 cm de DAP es nueve (9), que corresponde al 75% del total de la población y se observó una regeneración natural muy baja de sólo 3 individuos (25%) (Figura 43). La distribución por clases diamétricas de los individuos sugiere un grave agotamiento de los árboles aprovechables, aun después de haber pasado algo más de 30 años en que se ejerció fuerte presión sobre el recurso.

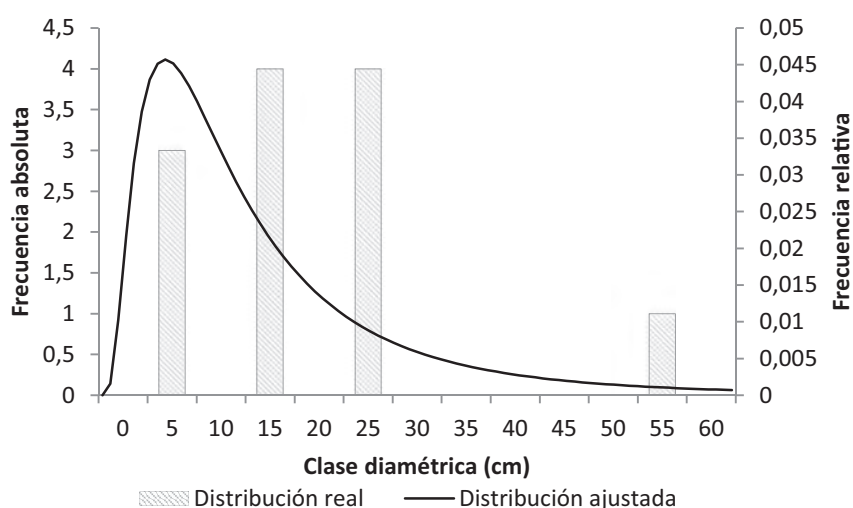


Figura 43. Distribución diamétrica real y ajustada a la función teórica LogNormal ($n=12$; $p=0.99$) para una población de Palorosa en la Amazonía colombiana.

Sin duda, la fuerte eliminación de árboles sucedida en el siglo pasado, generó daños drásticos a las poblaciones las cuales aún no terminan de recuperarse; muestra de ello además de las bajas densidades de adultos, es la escasa regeneración natural encontrada. Según Homma (2003), se estima que un mínimo de 825,000 árboles fueron talados para el aprovechamiento de su aceite, lo que corresponde a más de 4 millones de hectáreas de bosques explotadas. Otra grave situación a la que se ven expuestas los relictos poblacionales aún existentes en la Amazonia, es el avance de la frontera agrícola por lo que se considera que la protección de esta especie es urgente y necesaria a fin de evitar mayor erosión genética y disminución de las poblaciones (CITES 2010d). Dicha protección debe estar soportada en distintos inventarios específicos para la especie, que permitan su ubicación, estudio y protección. La CITES (2010d) reportaba hasta la fecha de esa publicación, la inexistencia de inventarios forestales de las poblaciones remanentes de esta especie.

Consideraciones sobre las Evaluaciones Poblacionales de Palorosa

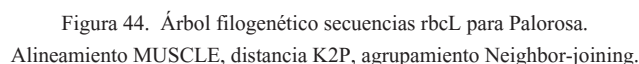
- En Colombia las poblaciones de Palorosa son extremadamente escasas, y las existentes, se encuentran en su mayoría agrupadas en pequeños relictos, los cuales a su vez suceden a muy baja frecuencia.
- El aprovechamiento de Palorosa en el siglo pasado, generó una extinción local en la mayoría de áreas aprovechadas, lo que limitó la disponibilidad de fuentes semilleras viables que garantizaran al menos en parte, los posteriores procesos de regeneración natural.

Códigos de Barra de ADN y Huella Genética de Palorosa

Códigos de Barra de ADN de Palorosa

Para la generación de los códigos de barra de Palorosa se generaron secuencias a partir de 10 ejemplares provenientes del departamento del Amazonas. La generación del código de barras de

Para el caso de las distancias genéticas, a partir de su estimación se realizó un árbol filogenético con las secuencias *matK* y *rbcL* reportadas en el Genbank y BOLD para este género y las secuencias de éstos dos genes obtenidas de los ejemplares analizados. Como se mencionó anteriormente, no se encontraron secuencias *matK* y *rbcL* de *Aniba rosaeodora*.



146

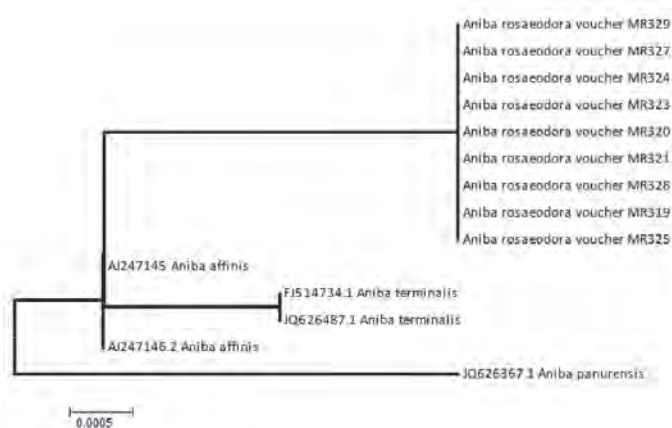


Figura 45. Árbol filogenético secuencias matK para Palorosa.
Alineamiento MUSCLE, distancia K2P, agrupamiento Neighbor-joining.

Cabe aclarar que el código de barras en plantas propuesto por el CBOL son los genes matK y rbcL por lo que idealmente el análisis de distancias genéticas se debe realizar con los genes matK y rbcL juntos. Sin embargo, en las bases de datos Genbank y BOLD las secuencias no cuentan con información suficiente que haga suponer que las secuencias reportadas provienen del mismo ejemplar, por lo cual fue necesario realizar análisis independientes en cada gen.

En conclusión el proyecto permitió generar las regiones código de barras de ADN matK y rbcL de Palorosa de una población natural encontrada en Amazonia colombiana, los cuales constituyen los primeros reportes de secuencias de código de barras de ADN para esta especie. Este producto constituye la herramienta mediante la cual se podrán detectar eventuales movilizaciones de la especie o partes de ella en el territorio nacional, contribuyendo así al control al tráfico ilegal que podría eventualmente causar el deterioro de las pocas poblaciones naturales aún existentes en la Amazonia.

Lineamientos para la Conservación y Manejo del Palorosa

La definición de lineamientos para la conservación de las especie amenazadas, se fundamenta en la evaluación de la situación actual de las poblaciones y en el análisis de los niveles de amenaza (Kattan *et al.* 2005, García *et al.* 2010). El Palorosa ha sido incluida en el apéndice II de la CITES y designada a nivel nacional como En Peligro Crítico (CR) (Cárdenas & Salinas 2006), debido a la fuerte explotación que tuvo en el pasado. La distribución natural restringida, la baja frecuencia y abundancia de individuos adultos y una baja regeneración natural argumentan tal designación. El proceso de extracción intensiva para la obtención de aceites durante la primera mitad del siglo pasado, condujo a la especie al umbral de la extinción en la Amazonia colombiana (FAO 1995, Acero 2000). A pesar de la disminución de la demanda de aceite natural, por la sustitución por compuestos sintetizados artificialmente, una de las principales amenazas para los remanentes en bosque natural lo constituye el resurgimiento de una creciente demanda por aceite “orgánico” o de origen natural (Chacón *et al.* 2006, CITES 2010d).

Este panorama implica la generación de acciones prioritarias en el ámbito local, regional y nacional que contribuyan a conservar y/o restaurar las poblaciones naturales de Palorosa en su hábitat natural, además de propender por estrategias de conservación *ex situ*. A continuación se presentan las acciones agrupadas en cinco estrategias o líneas de acción (acorde a lo propuesto por Kattan *et al.* 2005): 1. Instrumentos de Política y Gestión; 2. Conservación *in-situ*; 3. Conservación *ex-situ*; 4. Investigación y monitoreo; y 5. Educación y divulgación. Para su implementación se han considerado actividades a corto (1 a 5 años), mediano (5 a 10 años) y largo plazo (10 o más años). Las líneas de acción presentadas deberían ser actualizadas a medida que se avance en el logro de las metas propuestas.

A continuación se presentan y describen las líneas de acción, las cuales deben ser actualizadas a medida que se avance en el logro de las metas propuestas.

Instrumentos de Política y Gestión para la Conservación de Palorosa

Asegurar la conservación y el manejo de la flora silvestre amenazada, implica la participación conjunta del Estado, la sociedad civil y los sectores productivos. A pesar de que Colombia cuenta con políticas ambientales e instrumentos normativos, su aplicabilidad frente a la protección de las especies amenazadas aún adolece de efectividad. Se plantean una serie de acciones fundamentadas en La Constitución Política de Colombia, a fin de contribuir al objetivo trazado de conservación y manejo del Palorosa en el territorio nacional.

PROBLEMÁTICA: En el marco del presente estudio, se registró una muy baja densidad de individuos de Palorosa y se tienen registros históricos otras poblaciones muy dispersas en la Amazonia colombiana. Por lo anterior es pertinente identificar otras poblaciones naturales, sobre todo en los Parques Nacionales Naturales ubicados en la región amazónica donde se tienen indicios de su presencia; además es prioritario hacer seguimiento a la única población identificada en este estudio, la cual se encuentra muy afectada en su estructura. La creciente demanda de aceite esencial de Palorosa para la industria cosmética a nivel internacional, podría incentivar el aprovechamiento intensivo de los remanentes en bosque natural. Finalmente es evidente que en Colombia, es poco lo que se conoce sobre la especie.

META 1: Disponer de herramientas de política y gestión favorables para la implementación del plan de conservación del Palorosa, en su hábitat natural.

OBJETIVO 1: Establecer una veda temporal a nivel regional que prohíba el aprovechamiento de individuos de Palorosa en su hábitat natural.

Acciones	Plazo	Resultados esperados	Indicadores	Responsables
Establecer una veda temporal al aprovechamiento de poblaciones naturales de Palorosa en la Amazonia colombiana	Corto plazo.	Declaración de veda temporal al aprovechamiento de Palorosa por Resolución a nivel de la región amazónica colombiana.	Documento Resolución de veda temporal.	Corpoamazonia, MADS.

Estrategia de Conservación *In Situ* para Palorosa

La conservación *in situ* de las especies de flora amenazada, debe incluir la conservación de su hábitat natural (Primack *et al.* 2001); por ello los lineamientos de conservación *in situ* de Palorosa deben adelantarse en su área natural de distribución, de tal manera que se garantice la variabilidad genética y una conservación eficaz al interior de áreas protegidas.

PROBLEMÁTICA: En el presente trabajo se demostró la existencia de un número muy reducido de individuos de Palorosa en condiciones de bosque natural. Esta situación ha sido atribuida a procesos históricos de extracción selectiva. La disminución de árboles adultos ha generado una reducción árboles semilleros por unidad de área y una escasa o casi nula regeneración natural. A todo esto se suma los grandes vacíos de información acerca de la existencia de la especie en el interior del Sistema Nacional de Áreas Protegidas SINAP.

META: Implementar acciones para la conservación y recuperación de la población natural identificada de Palorosa.

OBJETIVO 1: Establecer un programa de conservación de árboles semilleros de Palorosa en bosques naturales con beneficios para las comunidades locales.

Acciones	Plazo	Resultados esperados	Indicadores	Responsables
Adelantar la selección y manejo de árboles semilleros y establecer mecanismos de comercialización sostenible de semillas de Palorosa.	Corto plazo.	Arboles semilleros conservados y familias beneficiadas por el manejo comercio sostenible de semillas de Palorosa.	Número de árboles de Palorosa protegidos y familias beneficiadas	Corpoamazonia y Comunidades locales.

OBJETIVO 2: Establecer un programa de enriquecimiento de Palorosa para la recuperación de la población natural identificada.

Acciones	Plazo	Resultados esperados	Indicadores	Responsables
Propagación y seguimiento de plántulas de Palorosa en las zonas de distribución natural de la especie.	Mediano plazo.	Latizales establecidos de la especie que garanticen la recuperación de la población.	Número de latizales establecidos.	Corpoamazonia y Comunidades Locales.

OBJETIVO 3: Identificar poblaciones naturales de Palorosa en áreas del Sistema Nacional de Áreas Protegidas de la región Amazónica.

Acciones	Plazo	Resultados esperados	Indicadores	Responsables
Identificar poblaciones naturales de Palorosa en el SINAP	Corto plazo.	Poblaciones naturales de Palorosa identificadas en el SINAP.	Número de poblaciones naturales de Palorosa identificadas.	UAESPNN, Sinchi, Universidades, Corpoamazonia.



Estrategia de Conservación *Ex-Situ* para Palorosa

Las evaluaciones de campo de Palorosa evidencian que en condiciones silvestres queda un muy bajo número de individuos. Cuando una población remanente es demasiado pequeña, el sostenimiento de la viabilidad poblacional es incierto (Primack *et al.* 2002), tal y como es el caso del Palorosa en Colombia. Por ello, la estrategia de conservación *in situ* por sí sola no es suficiente y se requiere adoptar estrategias de conservación *ex situ* que garanticen por un lado el mantenimiento de la variabilidad genética de las poblaciones y permítala incorporación de la especie a sistemas productivos que desestimen el aprovechamiento de individuos en bosque natural.

PROBLEMÁTICA: La integridad genética actual del Palorosa no se encuentra representada en sitios estratégicos para asegurar su conservación. Tampoco se dispone de programas de producción de material vegetal para su establecimiento en el Jardín botánico del CEA (Centro Experimental Amazónico), arboretos o cualquier otro sistema de conservación en áreas rurales públicas y/o privadas, fuera de su hábitat natural.

META: Garantizar la oferta de material para los programas de conservación *in situ* e incluir especímenes en centros experimentales para garantizar la conservación *ex situ*.

OBJETIVO 1: Establecer un programa de reproducción *ex situ* de Palorosa e incorporar la especie en el Jardín Botánico del CEA (Corpoamazonia).

Acciones	Plazo	Resultados esperados	Indicadores	Responsables
Propagar masivamente el Palorosa para el programa de conservación <i>in situ</i> .	Corto plazo.	Plántulas disponibles para el enriquecimiento en zonas de distribución de la especie.	Número de viveros vinculados y Número de propágulos producidos y distribuidos.	Corpoamazonia, Sinchi, Universidad de la Amazonia y Comunidad local.
Establecer la especie en el Jardín Botánico del CEA para garantizar la conservación <i>ex situ</i> .	Corto plazo.	La especie se conserva de forma permanente en el Jardín Botánico del CEA.	Número de árboles conservados.	

Lineamientos de Investigación y Monitoreo para Palorosa

La línea de investigación y monitoreo agrupa todas las actividades y proyectos que se puedan desarrollar con el fin de generar conocimiento sobre aspectos prioritarios para la conservación de la especie (biología, ecología, genética, dinámica poblacional). Así mismo, incluye acciones para desarrollar programas de seguimiento, los cuales deben basarse en actividades periódicas que permitan mantener información actualizada sobre el estado de las poblaciones y tendencias en la disponibilidad de hábitat. La generación de conocimiento, la información y la transferencia tecnológica estarán orientadas a estimular la capacidad científica nacional para realizar la investigación apropiada que genere información necesaria y no repetitiva para el mejoramiento de las propuestas de conservación y uso sostenible de la especie. También debe incluir el monitoreo de aspectos sociales y económicos que afecten las poblaciones (Kattan *et al.* 2005) y propender por el rescate y revalorización del conocimiento tradicional. Brasil lleva muchos años de investigación en temas

de ecología, multiplicación, química, cultivo, procesos productivos entre otros para *Aniba rosaeodora*. En particular el INPA (Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia) ha realizado muchas investigaciones en torno a la conservación y uso sostenible de este valioso recurso, razón por la cual es muy importante poder contar con su cooperación y apoyo en los procesos de conservación que se lleven a cabo en Colombia.

PROBLEMÁTICA: Se desconoce el crecimiento y sobrevivencia de la especie en distintas condiciones microclimáticas del bosque. Por lo general, iniciativas a nivel nacional con especies nativas no suelen incorporar estratégicamente el componente investigativo y de monitoreo para la generación de información que permita a futuro modificar y/o replicar las experiencias exitosas. Este tipo de experiencias en campo las convierten en un laboratorio para la generación de conocimiento a escala más real, además de convertirse en un proceso incluyente con las comunidades locales para la generación, apropiación y retroalimentación del conocimiento.

META: Generar conocimiento sobre los procesos biológicos y ecológicos de Palorosa, para la generación de información sobre la historia natural de la especie.

OBJETIVO 1: Obtener información biológica y ecológica de Palorosa para la generación de estrategias de conservación y/o restauración.

Acciones	Plazo	Resultados esperados	Indicadores	Responsables
Establecimiento de parcelas permanentes para el monitoreo de poblaciones naturales.	Mediano y Largo plazo.	Conocimiento de la historia natural de la especie.	Número de investigaciones en ejecución.	Sinchi, Universidades, Corpoamazonia y Comunidad local.
Estudios de demografía de poblaciones.		Información sobre la dinámica natural de la especie.		

Estrategia de Educación y Comunicación para Palorosa

La conservación de esta especie depende en gran medida del valor e importancia que los diferentes actores le otorguen a ella y a su hábitat. Por esto es necesario desarrollar acciones de educación y comunicación encaminadas a plantear acciones concretas acerca de los beneficios ecológicos, económicos y sociales de la conservación y manejo sostenible de especies promisorias (Bodero *et al.* 2007).

PROBLEMÁTICA: Los pobladores locales de las áreas en donde se encuentra el Palorosa, desconocen algunos aspectos relacionados con la historia natural de la especie y su proceso de extracción al que fue sometida en el pasado. Tampoco se percibe un sentido de pertenencia hacia este recurso forestal y se desconoce las potencialidades que pueden traer la conservación de las poblaciones naturales y su eventual incorporación a sistemas productivos sostenibles en la región.

META: Comunicación y capacitación de los principales actores que contribuya al desarrollo de



la estrategia de conservación de Palorosa.

OBJETIVO 1: Establecer un programa de comunicación y capacitación dirigido a la comunidad académica, científica, funcionarios públicos y pobladores locales, sobre la situación actual de Palorosa y las estrategias de conservación.

Acciones	Plazo	Resultados esperados	Indicadores	Responsables
Generación de al menos un material divulgativo e informativo relacionado con las estrategias de conservación. Realización de al menos un taller de capacitación a nivel local, sobre la implementación del plan de conservación y manejo del Palorosa.	Corto plazo.	Material divulgativo (cartillas, afiches, volantes, videos, juegos didácticos, entre otros) acerca de diversas estrategias de conservación. Comunidades capacitadas técnicamente para la participación en la implementación del plan de conservación y manejo del Palorosa.	Número de materiales divulgativos distribuidos. Número de talleres de capacitación y comunidades capacitadas.	Universidades, Sinchi y Corpoamazonia.





**PLAN DE MANEJO
PARA LA CONSERVACIÓN
DEL CANELO DE LOS ANDAQUÍES**
Ocotea quixos (Lam.) Kosterm.

Aspectos Generales del Canelo de los Andaquíes

Taxonomía y Nombres Comunes del Canelo de los Andaquíes

Reino:	Plantae
Filo:	Magnoliophyta
Clase:	Magnoliopsida
Orden:	Laurales
Familia:	Lauraceae
Nombre científico:	<i>Ocotea quixos</i> (Lam.) Kosterm.

Consideraciones taxonómicas y/o Sinónimos: El género *Ocotea* es el más grande de esta familia en el Neotrópico, con más de 350 especies (van der Werff com. pers). Tiene dos sinónimos reconocidos, *Laurus quixos* Lam. y *Nectandra cinnamomoides* (Kunth) Nees (TROPICOS 2013a).

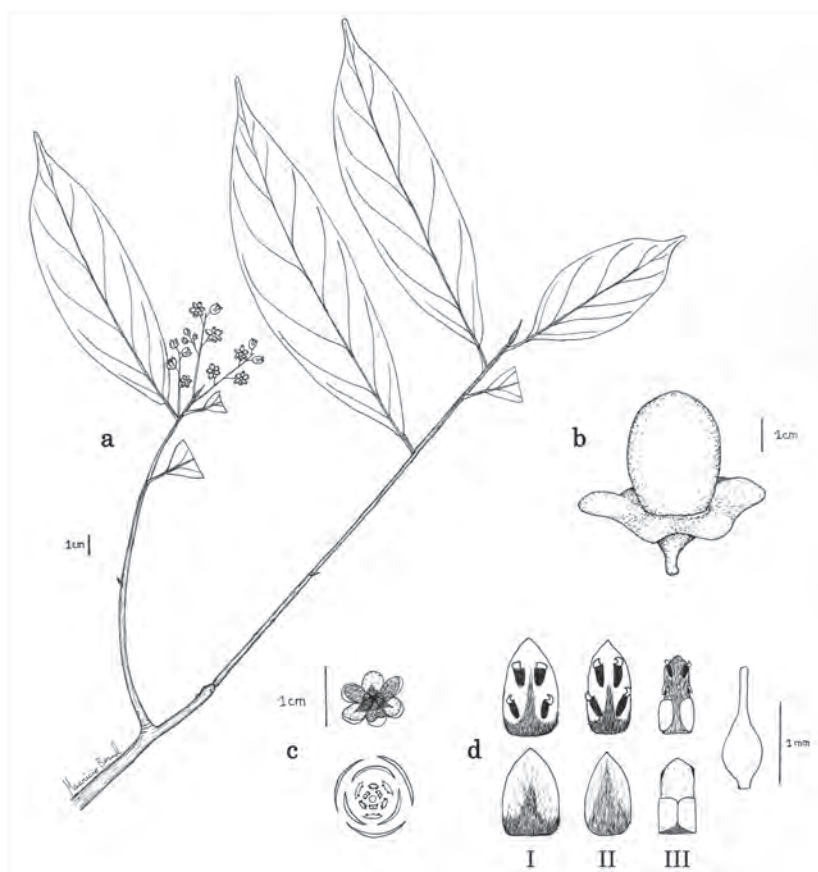


Figura 46. Ilustración de Canelo de los Andaquíes. a. Detalle de una rama b. Fruto
c. Flor y diagrama floral d. Disección floral: en la parte superior vista de los estambres de adentro hacia afuera y en la parte inferior vista de los estambres de afuera hacia adentro. Estambres organizados según el verticilo (I, II y III) y en el extremo derecho el ovario. (Ilustración Mauricio Bernal- Instituto Sinchi).

Nombres comunes: Canelo de los Andaquíes, Espingo y Canelo (Colombia) (Bernal *et al.* 2013), Canela de Quijos, Canela americana, Canelo, Falsa Canela, Ishpingo, Ishpink y/o Ispink (Ecuador) (Naranjo *et al.* 1981, Bruni *et al.* 2004, Ulloa 2006, López 2013, Torres 2013).

Descripción Botánica de Canelo de los Andaquíes

Árbol perenne de 5 - 20 m, tronco recto y cilíndrico; corteza con rayas horizontales y lenticelas pronunciadas; hojas simples, alternas, lanceoladas, acuminadas, coriáceas con venaciones rojizas, superficie adaxial verde brillante y abaxial amarillenta (Sacchetti *et al.* 2006) (Figura 46; Figura 47); la medida promedio de las hojas es de 14.5 – 23.5 cm de largo y 3.5 - 6 cm de ancho. Brotes florales verdes, presenta flor hermafrodita de color blanco - verdosa con cáliz grande y persistente con seis sépalos, olor característico a canela y un fruto dimórfico ovalado de 4 cm de longitud (Pennington *et al.* 2004, Ballabeni *et al.* 2007).



Figura 47. Canelo de los Andaquíes. a) Individuo latizal, b) individuo fustal, c) flores y d) cúpula seca (Fotos: Laura Rivera- Instituto Sinchi)

Características de la Madera del Canelo de los Andaquíes

La madera del Canelo de los Andaquíes es compacta, muy pesada y ha sido fuertemente explotada en la región del piedemonte amazónico (Salinas & Cárdenas 2007). La madera es de color naranja y presenta un agradable olor y sabor a canela, el cual persiste y se intensifica después de seca (Figura 48).





Figura 48. Corte de madera de Canelo de los Andaquíes
(Foto: Dairon Cárdenas - Instituto Sinchi).

No hay estudios específicos sobre la anatomía y propiedades físico-mecánicas de la madera de la especie. Se sabe que la anatomía del xilema de la familia Lauraceae es muy homogénea y es conocida en el campo como de buena calidad en general (Parra 2009).

Distribución y Hábitat Natural del Canelo de los Andaquíes

El Canelo de los Andaquíes es una especie de bosque húmedo tropical, de restringida distribución altitudinal y en áreas de tierra firme (Salinas & Cárdenas 2007, López 2013). Se encuentra en el piedemonte y en la cuenca amazónica de Colombia, Ecuador y Perú (Sacchetti *et al.* 2006, Ballabeni *et al.* 2007). Se distribuye desde el nivel del mar hasta los 1000 msnm (van der Werff & Lorea-Hernández 1999).

En Colombia, el Canelo de los Andaquíes sólo se conoce en el piedemonte de Caquetá y Putumayo, el hábitat de la población evaluada en el municipio de Orito (departamento del Putumayo) a 400 msnm, corresponde a bosques maduros bien conservados, entre 25 - 35 m de altura con diámetros hasta de 45 cm, con especies como el Inchi (*Caryodendron orinocensis*) y Barbasco (*Minquartia guianensis*), con bajo epifitismo, sotobosque abierto, suelo rocoso con alta presencia de hojarasca, fisiografía ondulada con pendiente de 70-75% y buen drenaje. En el departamento del Caquetá, se encontró el Canelo de los Andaquíes en bosque intervenido, entre los 250 a 300 msnm, en superficies planas o con pendientes de hasta el 10%. En estas dos localidades los individuos se registraron cerca a fuentes hídricas.

Crece asociado a especies de la familia Arecaceae como: *Oenocarpus bataua*, *Geonoma maxima*, *Socratea exorrhiza*, *Astrocaryum cuatrecasana* e *Iriarteia deltoidea*. Especies de la familia Rubiaceae como: *Capirona decorticans*, *Duroia hirsuta*, *Psychotria poeppigiana*, *Palicourea subspicata*, *Notopleura capacifolia* y *Psychotria brachyata*. Especies de la familia Piperaceae como: *Piper calayanum*, *Peperomia macrostachya*, *Peperomia rotundifolia*. Muchas especies de helechos como: *Diplazium pinnatifidum*, *Salpichlaena hookeriana* y *Danaea cartilaginea* to-

das ellas muy abundantes; varias especies de helechos arborescentes como: *Cyathea andina*, *C. lasiosora*, *C. pallescens*, *C. pungens* y *Alsophila cuspidata*. Así mismo esta asociada a muchas especies de la familia Melastomataceae como: *Miconia acuminifera*, *Graffenrieda gracilis*, *Molnola primuliflora* y *Tibouchina lepidota*, entre otras.

Fenología del Canelo de los Andaquíes

La especie comienza a florecer a los quince años de edad aproximadamente (López 2013) y su floración es bianual (Bruni *et al* 2004, Ballabeni *et al.* 2007, Noriega & Dacarro 2008, López 2013). En Ecuador se ha encontrado con flores en septiembre y frutos en mayo (Salinas & Cárdenas 2007). En el herbario COAH existen 6 registros con flor y/o fruto, colectados en los meses de octubre y noviembre.

Dinámica de la Regeneración Natural del Canelo de los Andaquíes

En la evaluación de la regeneración natural de 5 árboles parentales realizada en la comunidad de Cañaverl (municipio de Orito-Putumayo), se encontraron en promedio por parental 0.2 (± 0.41) plántulas menores a 30 cm, 3.4 (± 2.28) brinzales (0.3 – 1.5 m de altura) y 2.8 (± 2.66) latizales por parental.

Silvicultura y Manejo del Canelo de los Andaquíes

En Colombia, es muy poco lo que se conoce sobre Canelo de los Andaquíes. El trabajo de Gonzáles (2011) fue un primer aporte al manejo de la especie al explorar su propagación a través de acodos y estacas; sin embargo, los resultados muestran serias dificultades en la reproducción asexual, lo que sugiere que puede ser más factible la reproducción a partir de semillas. En contraste, en Ecuador la especie ha sido objeto de diversas investigaciones, lideradas por la fundación Chankuap, quienes la han cultivado para el aprovechamiento de los aceites esenciales que se extraen de las hojas, tallos y cúpulas, de una manera sostenible (Torres 2013).

Para producir 100 árboles viables en vivero, Torres (2013) sugiere sembrar 120 semillas debido a pérdidas por malformaciones y muerte natural, bajo condiciones de 75% de sombra, buena humedad, buen drenaje y que el sustrato esté compuesto de una mezcla de tierra, arena y abono (4:1:2 o 3:1:1). Para acelerar el proceso de germinación, se hace una escarificación de la semilla y luego se colocan directamente en bolsas de polietileno con el sustrato; las plántulas se siembran en su sitio definitivo una vez hayan alcanzado los 30 cm de altura, lo cual puede ocurrir entre 6 meses a 1 año de desarrollo en el vivero (Torres 2013).

Para la siembra en el sitio final es importante tener en cuenta que la planta necesita sombra hasta los tres o cuatros años de desarrollo, por lo que se debe sembrar asociada a otras especies. La distancia mínima de siembra es de 8 x 8 m. Bajo ningún caso, se debe considerar realizar plantaciones de Canelo con el sistema de monocultivo, o tumbiar bosques para sembrar; se recomienda utilizar terrenos subutilizados, pastizales sin manejo, rastros altos, bosques intervenidos, entre otros (Torres 2013). Se establece bien hasta los 1500 msnm, en temperaturas entre los 18 y 30 °C, con precipitaciones desde los 1500 hasta los 4000 mm anuales (López 2013, Torres 2013).



Usos e Importancia Comercial del Canelo de los Andaquíes

Esta planta presenta diversidad de usos y tiene propiedades organolépticas similares a la canela de oriente *Cinnamomum zeylanicum* y *Cinnamomum verum* (Torres 2013). En la medicina tradicional es empleada como eupéptico, desinfectante, anestésico local y en bebidas rituales²⁰ (Naranjo *et al.* 1981, Estrella 1992). Las hojas son usadas para la realización de infusiones antidiarreicas y para tratar cólicos menstruales (Naranjo *et al.* 1981, Ballabeni *et al.* 2007, Corpoamazonia 2013a). Del cáliz se extraen aceites esenciales utilizados como calmantes en dolores del parto y para aliviar molestias después del mismo (Tapia 2005); también el cáliz es utilizado en la elaboración de artesanías (Torres 2013). La corteza es empleada para el tratamiento de artritis, resfriados severos e hidropesía (Pérez- Arbeláez 1996). La corteza y el cáliz son empleados tradicionalmente como una especia sustituta de la canela y para aromatizar dulces y comidas (León 1968, Pérez-Arbeláez 1996, Torres 2013, Corpoamazonia 2013a, Bruni *et al.* 2004). En Colombia se reporta como maderable (Corpoamazonia 2013a).

Gran parte del aroma y el sabor de esta especie, se debe a la presencia de aceites esenciales en el cáliz, con compuestos principales como cinamaldehído, ácido Cinámico y Cinamato de Metilo Cinamaldehído, Ácido Cinámico y Cinamato de Metilo (Naranjo *et al.* 1981, Bruni *et al.* 2004, Tapia 2005; Noriega & Samiego 2005), además de compuestos fenólicos (antioxidantes). Es una excelente fuente de fibra, manganeso, hierro y calcio (Torres 2013). Bruni *et al.* (2004) determinaron la composición química de los aceites esenciales y proporcionaron un primer reporte de sus propiedades antioxidantes, antibacteriales y antifúngicos *in vitro*; también concluyen que el aceite esencial puede ser un sustituto de algunos saborizantes y puede ser utilizado en la industria de la perfumería, lo que lo hace un importante producto no maderable de las áreas occidentales de la Amazonia.

Noriega & Dacarro (2008) muestran la actividad biológica de los aceites esenciales como inhibidores del crecimiento de bacterias y hongos. Por otro lado, resaltan las propiedades anticoagulantes, vaso relajantes y citotóxicas en plaquetas, lo que convierte a este aceite en un foto-compuesto antitrombótico libre de efectos prohemorrágicos, también se registran propiedades antiinflamatorias por su contenido de trans-cinamaldehído (Ballabeni *et al.* 2010).

Situación Actual del Canelo de los Andaquíes en Colombia

El Canelo de lo Andaquíes está catalogado como una especie en Peligro (EN A2acd) debido a la explotación de la madera; su distribución natural es restringida, con una baja abundancia de individuos adultos, crecimiento lento de la regeneración natural y se encuentra en regiones que presentan un acelerado proceso de pérdida de cobertura boscosa (Salinas & Cárdenas 2007). A pesar de la situación de esta especie, en Colombia han sido casi nulas las iniciativas que velen por su protección y conservación, encontrando como única y reciente iniciativa, un proyecto de resolución de veda para su aprovechamiento en la Amazonia (Corpoamazonia 2013b).

20 En la medicina del antiguo Perú, la utilizaban como recurso anestésico en caso de cirugías a través de la chicha de maíz, puesto que ayudaba a incrementar la fermentación y el grado alcohólico de esta bebida. En Ecuador, es un ingrediente obligatorio en la preparación de bebidas especiales que se ofrecen en la celebración del Día de los Difuntos: Alujua (Bebida alcohólica a base de harina de maíz fermentada y melaza) y Mazamorra morada (colada a base de maíz morado).

Identificación de Poblaciones Naturales del Canelo de los Andaquíes

Mapa de Distribución Histórica del Canelo de los Andaquíes

En el levantamiento de información inicial se encontraron nueve localidades con presencia de Canelo de los Andaquíes (Figura 49), las cuales corresponden a la distribución natural de la especie. Esta información fue obtenida de la revisión de datos en especímenes de Herbarios, bases de datos de colecciones botánicas en Internet y la información suministrada por las CAR's a través de entrevistas y revisión bibliográfica.

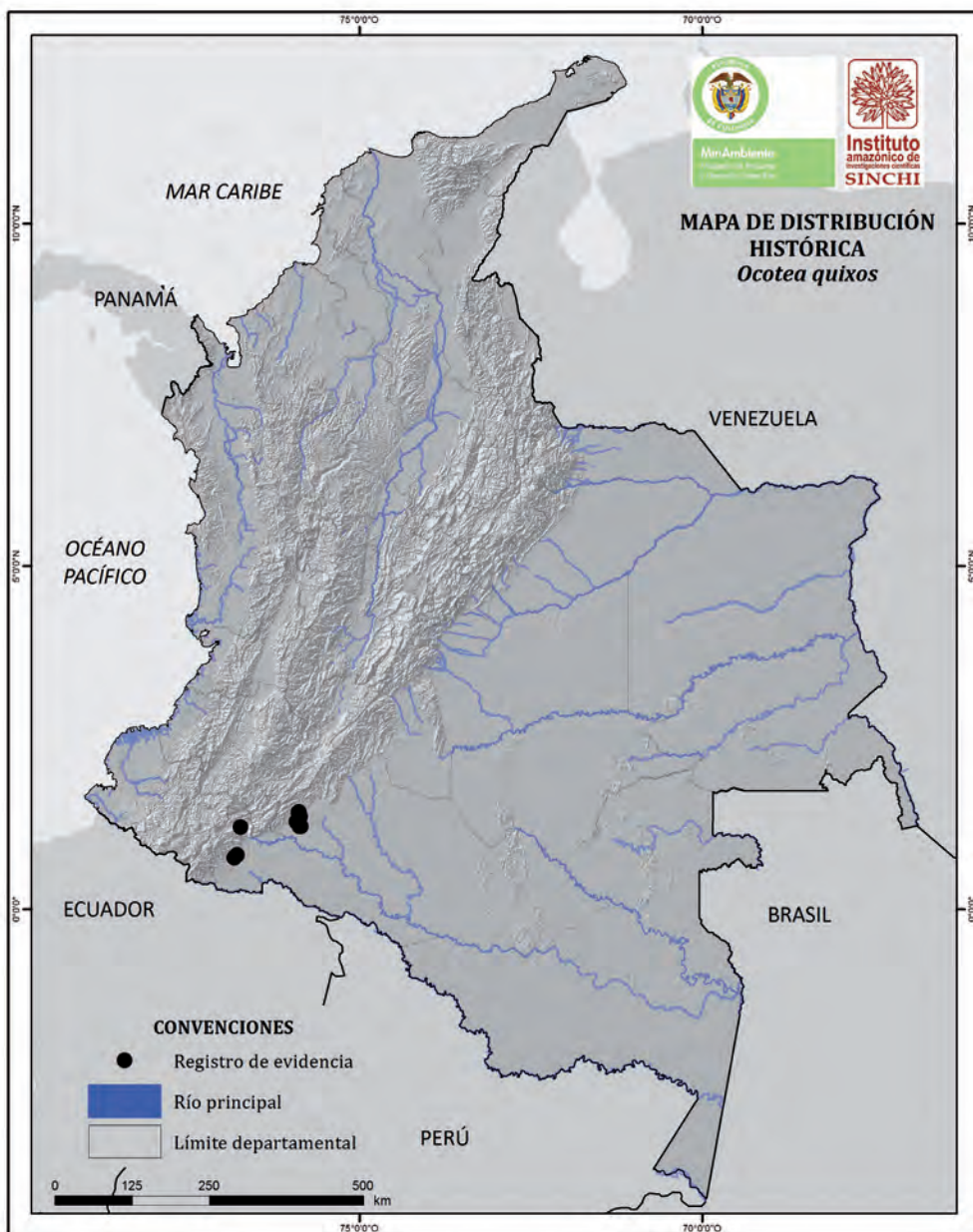


Figura 49. Mapa de distribución histórica de Canelo de los Andaquíes en Colombia.



Mapa de distribución Potencial del Canelo de los Andaquíes

El Canelo de los Andaquíes tiene un rango de distribución restringido en Colombia, se conocen muy pocas localidades en la Amazonia colombiana (Figura 49). Aunque no se recomienda correr algoritmos con menos de 10 registros (GBIF-ES 2012), al correr openModeller sobre el área de la región amazónica solamente cinco modelos cumplieron con las características de evaluación (Tabla 27).

Tabla 27. Modelos de openModeller que cumplen con los criterios de evaluación para el mapa de distribución potencial actual de Canelo de los Andaquíes.

Algoritmo	Sensibilidad	Porcentaje de celdas aptas	Curva ROC %
Environmental Distance - Manhattan	0.85	19.62	0.89
Climate Space Model	0.85	14.2	0.83
Maximum Entropy	0.79	22	0.82
Envelope Score	1	25.5	0.99
GARP with Best Subsets	0.65	0.41	0.91

Se realizó una revisión y con criterio de experto se definió que el modelo que se generó con el algoritmo Environmental Distance - Manhattan determina las áreas en donde mejor se distribuye potencialmente el Canelo (Figura 50). En la Tabla 28, se definen las superficies aproximadas de distribución de acuerdo con cada categoría establecida y su correspondiente porcentaje de área boscosa estimada por el modelo de distribución potencial

PLAN DE MANEJO PARA LA CONSERVACIÓN DEL CANELO DE LOS ANDAQUÍES
Ocotea quixos (Lam.) Kosterm.

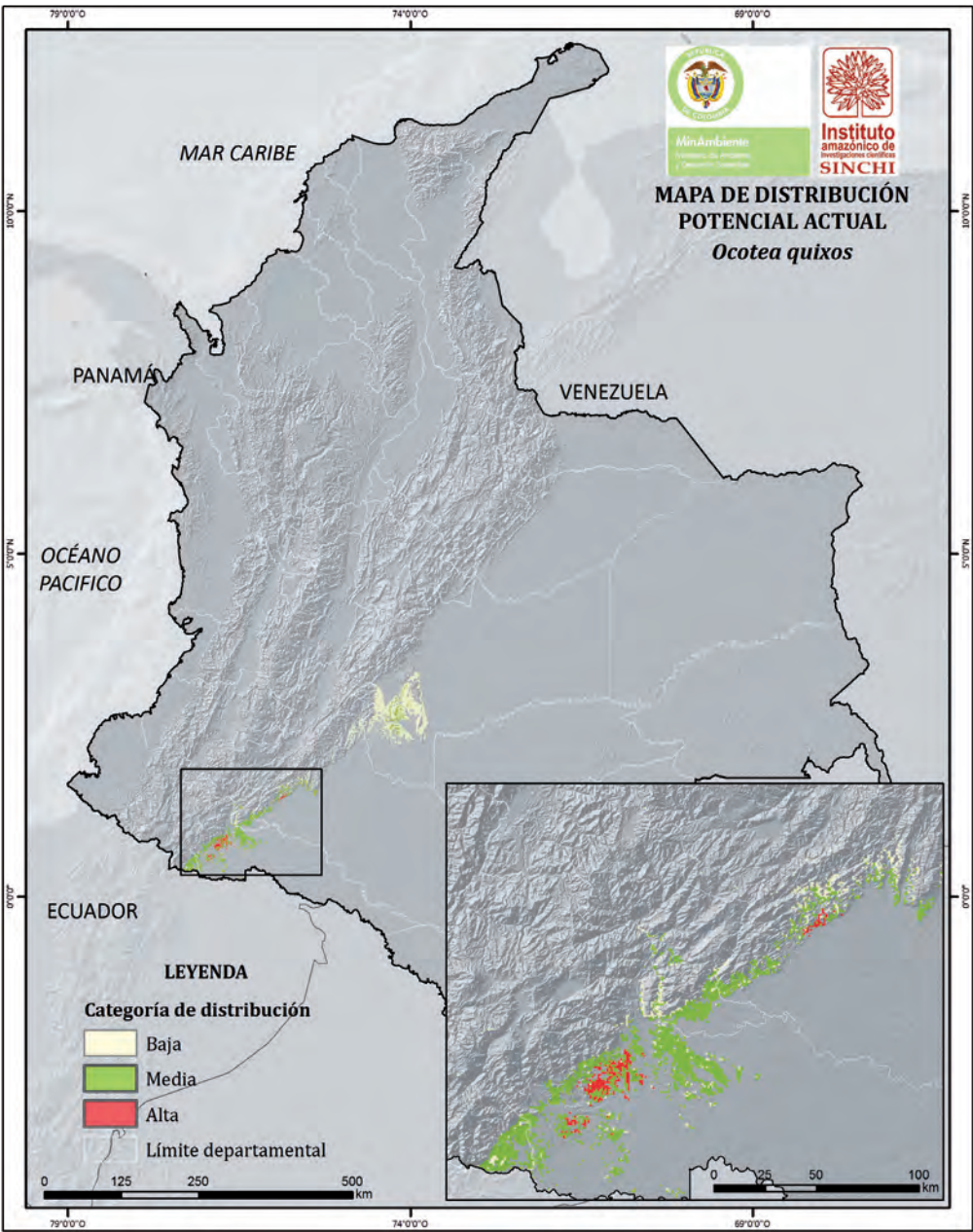


Figura 50. Modelo de distribución potencial actual de Canelo de los Andaquíes en Colombia

Tabla 28. Área por categoría de ocurrencia potencial del Canelo de los Andaquíes en Colombia.

Categoría	Área Total (Ha)	% Área Boscosa
Alto	24,172	2.9
Medio	285,211	34.2
Bajo	524,071	62.9



Evaluación de Poblaciones Naturales del Canelo de los Andaquíes

Densidad del Canelo de los Andaquíes

Para individuos con DAP mayor a 10 cm, la densidad encontrada fue de 1.6 árboles por hectárea en la localidad de Orito, Putumayo y de 0.24 para Albania, Caquetá (Tabla 29).

Tabla 29. Densidad de Canelo de los Andaquíes en las localidades de estudio en la Amazonia colombiana. Entre paréntesis el intervalo de confianza de 95%.

Localidad	No. Individuos	Intensidad de muestreo	Densidad árboles ha ⁻¹		
			Global DAP ≥ 10 cm	10 – 50 cm DAP	DAP ≥ 50 cm
Orito, Putumayo	15	1.9 km	1.63 (0.79 – 3.35)	2.31 (1.01 – 5.27)	0.21 (0.03 – 1.34)
Albania, Caquetá	10	7.1	0.24 (0.06 – 1.00)	0.24 (0.06 – 1.00)	0

En las localidades donde se corroboraron poblaciones viables de Canelo de los Andaquíes (Orito-Putumayo y Albania-Caquetá), se realizaron cinco (5) transectos en áreas con bosques fragmentados. En ambas localidades se encontró que los individuos de Canelo de los Andaquíes crecían próximos a nacimientos o cursos de agua.

En la localidad Orito se registraron 15 individuos (Figura 51)(11 mayores a 10 cm de DAP y 4 con DAP menor a 10 cm) y 33 registros en las parcelas de regeneración natural (individuos menores a 1.5 metros de altura). En Albania se identificaron 10 individuos con DAP entre 8 y 30 cm, la inexistencia de árboles adultos maduros en esta localidad, se puede atribuir a la fuerte reducción del bosque natural, debido a la expansión agrícola y ganadera, así como a la explotación selectiva de la especie en épocas pasadas.

Distribución por Clases Diamétricas del Canelo de los Andaquíes

Fundamentalmente dos procesos afectan la distribución de clases diamétricas características de una especie: cambios en el crecimiento y mortalidad dependientes del tamaño (historia natural) y variaciones temporales en el reclutamiento (Bin *et al.* 2012). El análisis de las distribuciones diamétricas nos permite inferir el estado demográfico de las masas de bosque y sus posibles problemas de conservación (Ajbilou *et al.* 2003). En principio, una distribución en forma de J invertida, es decir con una mayor proporción de clases de tamaño pequeño, aseguraría el reclutamiento y la regeneración de la población (Taylor & Halpern 1991).

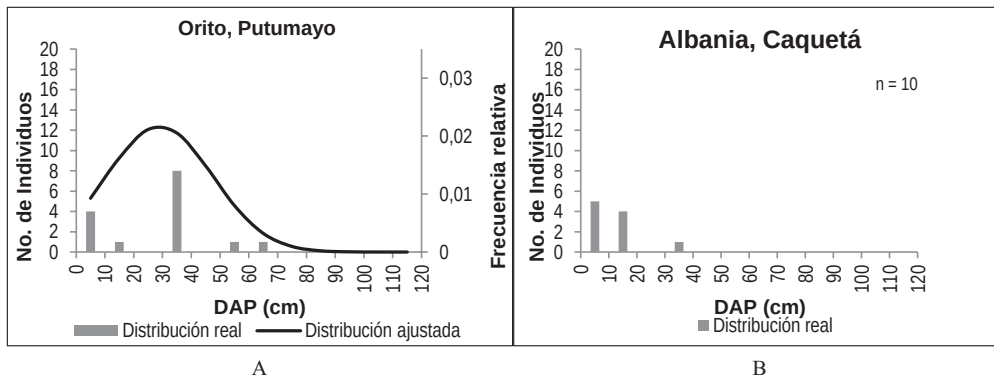


Figura 51. Distribución por clases diamétricas y distribución teórica ajustada de individuos de Canelo de los Andaquíes en: A.Orito, Putumayo. Distancia total recorrida: 1.9 Km. Distribución teórica ajustada Normal. B. Albania, Caquetá Distancia total recorrida: 7.1 Km.

El Canelo de los Andaquíes se encuentra hoy en día en bosques fragmentados y la población encontrada en Orito (departamento de Putumayo) tiene ausencia de varias clases diamétricas y poca representatividad de las clases diamétricas menores, lo cual refleja un deterioro grave que estaría afectando su permanencia a largo plazo (Figura 51). Cabe mencionar que la conservación de la población evaluada se debe exclusivamente a una iniciativa de la comunidad, situación que no garantiza la permanencia a futuro de la especie en el sector.

Crecimiento y Relaciones Alométricas del Canelo de los Andaquíes

Hasta la fecha no existen trabajos sobre tasas de crecimiento diamétricas para Canelo de los Andaquíes, ni de relaciones alométricas. La relación DAP–altura ha sido utilizada como uno de los factores en el estudio de la dinámica de crecimiento del bosque, dado que gran parte de la variabilidad en altura puede ser explicada por la variable DAP (Delgado *et al.* 2005). En la Figura 52, se observa la relación logarítmica entre el DAP y la altura de los individuos de Canelo de los Andaquíes con un buen ajuste ($R^2=0.75$).

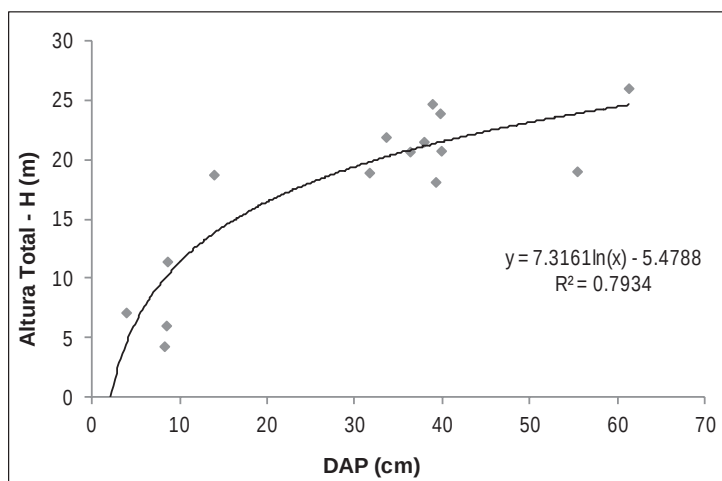


Figura 52. Relación logarítmica entre el DAP (cm) y la altura total del árbol (n=15) de Canelo de los Andaquíes en Colombia.



Regeneración Natural del Canelo de los Andaquíes

Se establecieron parcelas de regeneración natural a 5 individuos adultos de Canelo de los Andaquíes en la localidad de Cañaveral (Orito-Putumayo), donde se registraron 33 individuos, así: 1 plántula (menor a 30 cm altura), 18 brinzales (altura entre 0.3 – 1.5 m) y 14 latizales (individuos mayores a 1.5 m de altura y menor a 10 cm). En promedio, para esta especie la regeneración está representada por 0.2 plántulas (menor a 30 cm altura) por individuo. Se encontró una media de 3.4 individuos por parental para la categoría de brinzales y de 2.8 latizales (Figura 53). El bajo promedio de plántulas con respecto a brinzales y latizales, podría explicarse por la alta depredación de las semillas y la alta mortalidad de las plántulas.

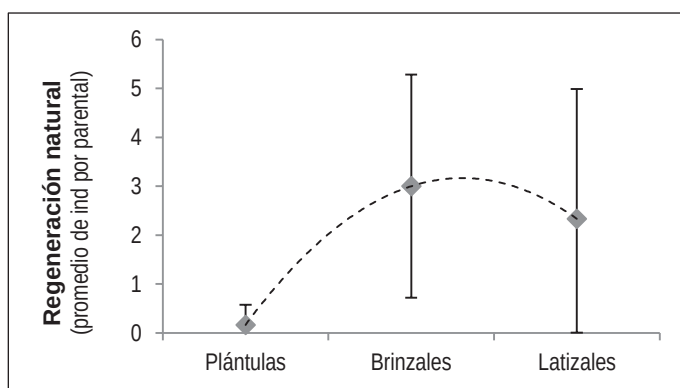


Figura 53. Regeneración natural de Canelo de los Andaquíes (*Ocotea quixos*) identificada en la localidad de Orito (Putumayo).

Consideraciones sobre las Evaluaciones Poblacionales del Canelo de los Andaquíes

- Las poblaciones remanentes de Canelo de los Andaquíes del Caquetá se encuentran actualmente bajo mayores niveles de presión y transformación del hábitat natural que los remanentes presentes en el Putumayo.
- La escasa regeneración natural de la especie genera una alta incertidumbre sobre la viabilidad de las poblaciones naturales remanentes evaluadas.
- Durante el trabajo de campo realizado en el presente estudio, se corroboró lo descrito en la ficha del Libro Rojo de Especies Maderables (Salinas & Cárdenas 2007), donde se categoriza a la especie como En Peligro, al evidenciar la disminución de sus poblaciones naturales y la transformación del hábitat natural.
- Los remanentes de las poblaciones naturales del Canelo de los Andaquíes en el país están gravemente reducidos y es una especie que exige poner en marcha inmediatamente un plan de acción.

Códigos de Barra de ADN y Huella Genética de Canelo de los Andaquíes

Códigos de Barra de ADN de Canelo de los Andaquíes

Para los códigos de barra de ADN se evaluaron los marcadores propuestos por el CBOL (Consortium for the Barcode of Life) (CBOL Plant Working Group, 2009), *matK* y *rbcL*, en materiales en 17 indivi-

PLAN DE MANEJO PARA LA CONSERVACIÓN DEL CANELO DE LOS ANDAQUÍES
Ocotea quixos (Lam.) Kosterm.

duos de Canelo de los Andaquíes provenientes de: Putumayo (8) y Caquetá (9). Adicionalmente, con el propósito de mejorar la información generada por las secuencias matK y rbcL en cuanto a su poder de discriminación a nivel de especie, se obtuvieron también secuencias de estos dos genes en 6 individuos pertenecientes al mismo género: *O. cymbarum*, *O. puberula*, *O. aciphylla*, *O. longifolia* y *O. argyrophylla*, cuyo tejido se encontraba en la colección del Herbario Amazónico Colombiano.

El alineamiento múltiple de las secuencias de Canelo de los Andaquíes dio como resultado una secuencia matK consenso de 830 pb (pares de bases) y para rbcL se obtuvo una secuencia consenso de 627 pb.

Se utilizaron dos métodos para estimar la confiabilidad de la secuencia obtenida candidata a código de barras: el primero mediante la comparación del resultado obtenido con la base de datos del Genbank mediante el programa nucleotide BLAST (*Basic Local Alignment Tool*) y el segundo mediante la estimación de la distancia genética y construcción de un árbol filogenético con secuencias de la misma especie y género, cuando existieron secuencias disponibles en las bases de datos de BOLD (base de datos especializada en códigos de barra de ADN) y Genbank. A la vez estos métodos ofrecieron una manera de validar la identificación taxonómica.

Para la secuencia rbcL obtenida se encontró semejanza del 99% con otras secuencias de este gen de especies de la misma familia como: *Persea americana*, *P. parvifolia*, *P. nubigena*, *Laurus nobilis* y del mismo género *Ocotea bullata*. En el caso de la secuencia de matK la semejanza fue del 99% con secuencias de este gen de especies de la misma familia: *Aniba* sp. y *Lindera* sp., así como especies del mismo género: *Ocotea paulii* y *O. foetens*.

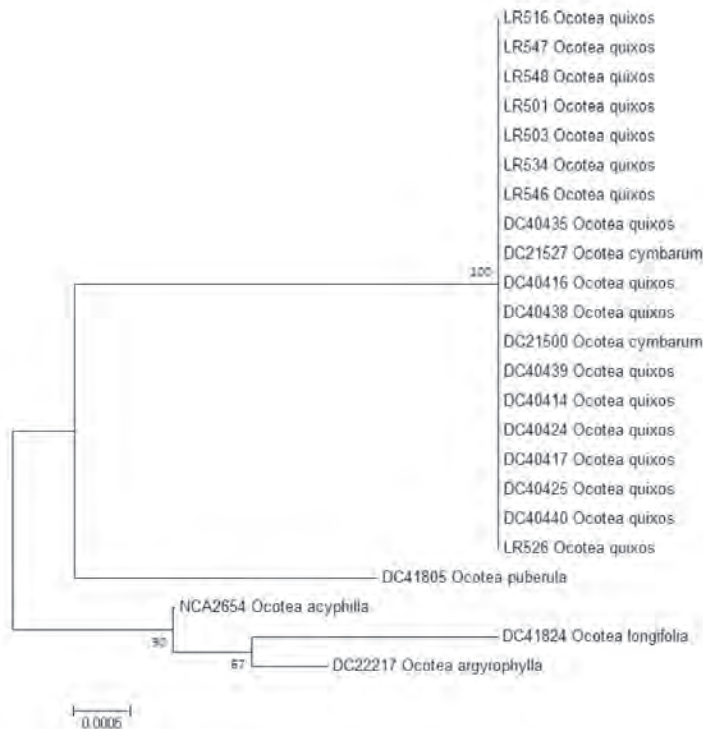


Figura 54. Árbol filogenético secuencias matK y rbcL para Canelo de los Andaquíes.
 Alineamiento MUSCLE, distancia K2P, agrupamiento Neighbor-joining.



PLANES DE MANEJO PARA LA CONSERVACIÓN DE Abarco, Caoba, Cedro, Palorosa y Canelo de los Andaquíes

Dado que el código de barras en plantas propuesto por el CBOL son los genes *matK* y *rbcL*, el análisis de distancias genéticas en *Ocotea quixos* se realizó con los genes *matK* y *rbcL* en conjunto, para su visualización se construyó un árbol filogenético.

De acuerdo a los resultados de la Figura 54, los genes *matK* y *rbcL* discriminan cuatro de las seis especies analizadas. En el caso de Canelo de los Andaquíes, estos dos genes son poco variables para lograr la discriminación de *O. cymbarum*, razón por la cual se realizó un nuevo análisis incluyendo el gen ITS2 (Figura 55).

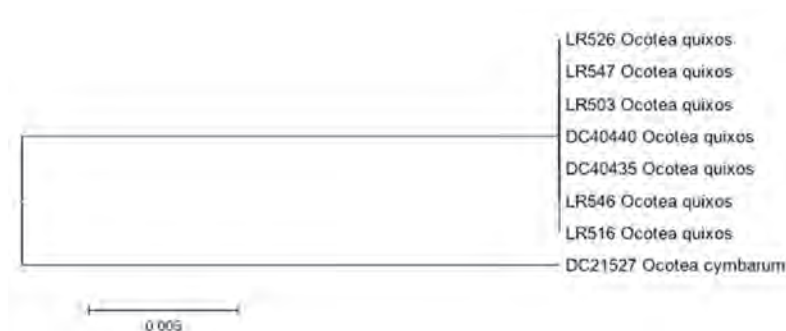


Figura 55. Árbol filogenético secuencias ITS2 para *Ocotea quixos* y *O. cymbarum*.
Alineamiento MUSCLE, distancia K2P, agrupamiento Neighbor-joining.

En la Figura 55 se observa que es posible la discriminación de *Ocotea quixos* (Canelo de los Andaquíes) y *O. cymbarum* mediante la amplificación del ITS2. Los resultados obtenidos reportan secuencias de Canelo de los Andaquíes distribuidas en Colombia, así como otras especies del mismo género con distribución en el país.

Huella Genética de Canelo de los Andaquíes

Para esta especie se evaluaron los ocho microsatélites reportados por Martins (2013), sin embargo siete marcadores por amplificación y reproducibilidad fueron empleados en 65 individuos de Canelo de los Andaquíes. Los resultados relacionados con el número de bandas y rangos fragmentos se relacionan en la Tabla 30, donde también se resalta que los marcadores con mayor contenido de información polimórfica son Ood15, Ood20 y Ood16.

Tabla 30. Características de los marcadores microsatélites
evaluados en Canelo de los Andaquíes.

Locus	Rango de fragmentos observados	A	PIC
Ood05	251-255	3	0.38
Ood14	224-246	11	0.79
Ood09	172-206	11	0.76
Ood16	206-246	14	0.87
Ood17	238-244	4	0.63
Ood15	161-193	15	0.88
Ood20	211-249	18	0.89

A: Numero de alelos, PIC: Índice de contenido de información polimórfica.

La heterogocidad observada y esperada encontrada en esta especie (Tabla 31), vista como su diversidad genética, indica que hay una baja diversidad genética de esta especie en las dos poblaciones, por lo que es necesario realizar acciones prioritarias para su conservación, dada la poca cantidad de individuos encontrados, su distribución restringida y la alta presión que se ejerce sobre esta especie y los ecosistemas donde habita.

Tabla 31. Valores de Heterocigocidad encontrados en Canelo de los Andaquíes mediante siete marcadores SSR.

Población	Ho	He
Albania, Caquetá	0.577 ±0.089	0.742 ±0.069
Orito, Putumayo	0.610 ±0.068	0.780 ±0.052
Total	0.594 ±0.054	0.761 ±0.042

Ho: Heterocigocidad observada, He: Heterocigocidad esperada;
 Total: Media sobre loci y poblaciones

Con el propósito de generar una herramienta que permita la identificación de los individuos de una misma población, se evaluaron estos marcadores moleculares. La Figura 56 muestra los resultados obtenidos, en los que los individuos de la localidad de Orito, muestran mayor semejanza genética. Sin embargo es necesario aplicar un mayor número de marcadores de este tipo para lograr una mejor separación de estas dos poblaciones.

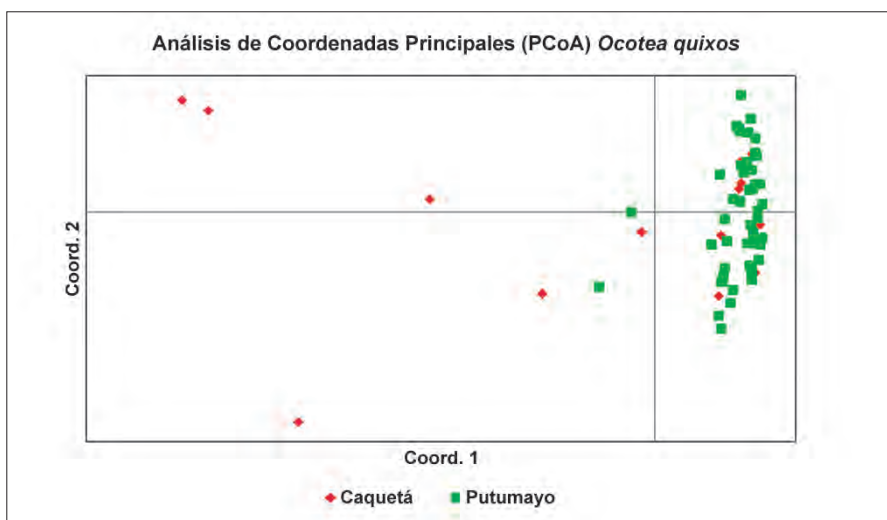


Figura 56. Análisis de coordenadas principales en Canelo de los Andaquíes, basado en una matriz de distancias genéticas de marcadores moleculares microsatélites.

Lineamientos para la Conservación y Manejo del Canelo de los Andaquíes

Los lineamientos para la conservación de especies y de sus hábitats, parten del análisis actual de las poblaciones naturales (remanentes para Canelo de los Andaquíes) y sus niveles de amenaza, buscando generar acciones prioritarias de corto, mediano y largo plazo y a escala local, regional y nacional (Kattan *et al.* 2005). Este proceso de planificación para el manejo de las especies requiere fomentar



una serie de relaciones interinstitucionales, participación comunitaria, fomento a la investigación, programas educativos, fortalecimiento o revisión del marco normativo legal existente, así como programas de conservación tanto *in situ* como *ex situ*, de manera que se aborde de una manera integral la solución a la sobre explotación maderera y/o la destrucción del hábitat natural (Kattan *et al.* 2005).

Para los lineamientos se establecen 5 líneas de acción (acorde a lo propuesto por Kattan *et al.* 2005) que incluyen: Instrumentos de política y gestión, estrategias de conservación *in situ*, estrategias de conservación *ex situ*, lineamientos de investigación y monitoreo, así como acciones de educación y divulgación. Estos lineamientos están elaborados considerando actividades a corto (1 a 5 años), mediano (5 a 10 años) y largo plazo (10 o más años). Las líneas de acción presentadas deberían ser actualizadas a medida que se avance en el logro de las metas propuestas.

A continuación se presentan y describen las líneas de acción, las cuales deben ser actualizadas a medida que se avance en el logro de las metas propuestas.

Instrumentos de Política y Gestión para la Conservación del Canelo de los Andaquíes

Promover la conservación y el manejo de la flora silvestre amenazada, implica la participación conjunta del Estado, la sociedad civil y los sectores productivos con el fin de alcanzar cabalmente las metas propuestas. A pesar de que Colombia cuenta con políticas ambientales e instrumentos normativos, su aplicabilidad frente a la protección de las especies amenazadas carece de efectividad. En consecuencia se plantean una serie de acciones hacia la conservación y manejo de la especie Canelo de los Andaquíes en el territorio nacional.

Problemática: No existe un incentivo que promueva la conservación y propagación de estos árboles. Los incentivos que existen en la actualidad (Certificado de Incentivo Forestal CIF para reforestación) están enfocados a programas de reforestación comerciales.

Meta: Disponer de instrumentos de política y gestión para conservar las poblaciones del Canelo de los Andaquíes presentes en el territorio colombiano.

Objetivo 1: Generar alternativas económicas que incentiven la conservación de las poblaciones naturales identificadas del Canelo de los Andaquíes.

Acciones	Plazo	Resultados esperados	Indicadores	Responsables
Crear incentivos forestales para la conservación y propagación de Canelo de los Andaquíes en bosques naturales.	Corto plazo.	Incentivos forestales para la protección, conservación y propagación de Canelo de los Andaquíes en bosques naturales.	Número de propietarios beneficiarios por incentivo.	MADS, Corpoamazonia, FINAGRO, Beneficiario del CIF de conservación.

Estrategia de Conservación *In Situ* para el Canelo de los Andaquíes

La manera más efectiva de preservar la diversidad biológica es mediante la protección del hábitat (Kleiman *et al.* 1996, Primack *et al.* 2001), por tanto una de las formas efectivas de proteger



PLAN DE MANEJO PARA LA CONSERVACIÓN DEL CANELO DE LOS ANDAQUÍES
Ocotea quixos (Lam.) Kosterm.

las poblaciones del Canelo de los Andaquíes es a través de la inclusión e implementación en el Sistema Nacional de Áreas Protegidas - SINAP, garantizando de esta manera un intercambio genético entre su población y por ende la conservación de la especie.

Problemática: El Canelo de los Andaquíes en Colombia tiene distribución restringida y presenta presión por la destrucción de su hábitat natural, lo que se refleja en su bajo número de individuos y escasa regeneración natural, generando de esta manera una alta incertidumbre sobre la viabilidad de las poblaciones remanentes. Además no existe conocimiento sobre la presencia de esta especie en los Parques Nacionales Naturales y las poblaciones naturales remanentes no están representadas en ninguna figura de protección.

Meta: Proteger y recuperar poblaciones naturales de Canelo de los Andaquíes a través de la identificación de remanentes de la especie y la creación de áreas protegidas.

Objetivo 1: Identificar y promover la implementación de figuras de conservación para áreas con poblaciones naturales de Canelo de los Andaquíes.

Acciones	Plazo	Resultados esperados	Indicadores	Responsables
Identificar poblaciones naturales de Canelo de los Andaquíes en el Sistema Nacional de Áreas Protegidas.	Corto y mediano plazo.	Nuevas poblaciones identificadas de Canelo de los Andaquíes en el Sistema Nacional de Áreas Protegidas.	Nº de poblaciones identificadas al interior de SINAP.	U A E S P N N , MADS, Corpoamazonia y Sinchi.
Establecer un programa de enriquecimiento con Canelo de los Andaquíes en los bosques de su distribución natural.		Poblaciones naturales de Canelo de los Andaquíes con mayor número de individuos en diferentes categorías.	Nº de poblaciones naturales recuperadas y establecidas.	
Establecer nuevas áreas con alguna figura de protección donde exista Canelo de los Andaquíes.		Aumento de áreas dentro del SINAP donde se proteja el Canelo de los Andaquíes.	Nº de áreas creadas con poblaciones naturales de Canelo de los Andaquíes.	

Objetivo 2: Establecer un programa de conservación de árboles semilleros de Canelo de los Andaquíes.

Acciones	Plazo	Resultados esperados	Indicadores	Responsables
Establecer protocolos para la selección y manejo de árboles semilleros y protocolo de recolección sostenible de semillas.	Corto plazo.	Árboles semilleros protegidos para garantizar disponibilidad de semillas para restauración y enriquecimiento.	Número de árboles semilleros protegidos.	Corpoamazonia, MADS, Sinchi, Comunidad local.
Establecer mecanismos de comercialización de semillas.		Familias beneficiadas por el comercio de semillas.	Número de familias beneficiadas.	



Objetivo 3: Desarrollar un programa de monitoreo de poblaciones naturales identificadas de Canelo de los Andaquíes.

Acciones	Plazo	Resultados esperados	Indicadores	Responsables
Monitorear la dinámica de las poblaciones naturales de Canelo de los Andaquíes.	Mediano plazo.	Información sobre la dinámica de las poblaciones para fortalecer los planes de manejo para la conservación de Canelo de los Andaquíes	Número de individuos monitoreados en diferentes poblaciones naturales de la especie	Corpoamazonia, MADS, Sinchi, Comunidad local.

Estrategia de Conservación *Ex Situ* para el Canelo de los Andaquíes

Cuando una población remanente es demasiado pequeña para mantener la especie o los pocos individuos que persisten, la implementación de estrategias de conservación *ex situ* pueden evitar su extinción (Kleiman *et al.* 1996). El mantenimiento de la diversidad genética para propósitos de reintroducción o restauración de poblaciones naturales así como la incorporación en sistemas productivos propende por la reducción del aprovechamiento de individuos en bosque natural.

Problemática: No existe una disponibilidad de semillas, ni de plántulas de Canelo de los Andaquíes que aseguren la conservación *ex situ* de las poblaciones remanentes. La especie tiene una distribución muy restringida y por fuera de su hábitat natural, se encuentra sólo representada en la colección viva del Jardín Botánico de Plantas Medicinales del Centro Experimental Amazónico CEA de Corpoamazonia, y no se han creado estrategias exitosas de reproducción y propagación de esta especie.

Meta: Implementar un programa de conservación *ex situ* para el Canelo de los Andaquíes que permita su propagación para posteriormente ser aprovechada de manera sostenible.

Objetivo 1: Asegurar la conservación de la variabilidad genética de la Canelo de los Andaquíes en Colombia, a través de un programa de conservación *ex situ*.

Acciones	Plazo	Resultados esperados	Indicadores	Responsables
Propagar masivamente el Canelo de los Andaquíes para el programa de conservación <i>ex situ</i> .	Mediano plazo.	Plántulas disponibles para el enriquecimiento en zonas de distribución de la especie.	Número de viveros en producción y distribución de plántulas.	Corpoamazonia, Comunidad local, Jardines Botánicos, Previos privados, MADS.
Fomento de Canelo de los Andaquíes en diferentes sistemas productivos.		Canelo de los Andaquíes incorporados a sistemas agroforestales	Número de hectáreas implementadas en arreglos con Canelo de los Andaquíes.	
Nuevos individuos de Canelo de los Andaquíes incorporados a colecciones <i>ex situ</i> .		Ampliación de registros de la especie en colecciones <i>ex situ</i> .	Número de árboles protegidos en colecciones <i>ex situ</i> .	

Lineamientos de Investigación y Monitoreo para el Canelo de los Andaquíes

La línea de investigación y monitoreo agrupa todas las actividades y proyectos que se puedan desarrollar con el fin de generar conocimiento sobre aspectos prioritarios para la conservación de la especie (biología, ecología, genética, aprovechamiento, propagación, dinámica poblacional). Así mismo, incluye acciones para el seguimiento, las cuales deben basarse en actividades periódicas que permitan mantener información actualizada sobre el estado de las poblaciones y tendencias en la disponibilidad de hábitat.

La generación de conocimiento, la información y la transferencia tecnológica estarán orientadas a estimular la capacidad científica nacional para realizar la investigación en aras al mejoramiento de las propuestas de conservación y uso sostenible del Canelo de los Andaquíes. Ecuador ha adelantado procesos de investigación en temas fitoquímicos, cultivo, propagación y aprovechamiento sostenible de la especie, debido a que los aceites esenciales hacen parte de la cadena de valor comercial de este país. En ese sentido la Fundación Chankuap del Ecuador podría ser un buen aliado para asesorar temas de implementación de cultivos y aprovechamiento sostenible de la especie.

Problemática: La falta de información de las poblaciones colombianas sobre la dinámica de poblacionales, así como aspectos ecológicos (fenología, polinización, entre otros) y la importancia de la variedad de usos de Canelo de los Andaquíes en el área de la medicina, alimento y artesanías, han promovido una rápida reducción de las poblaciones naturales y la subutilización de las mismas.

Meta: Generar conocimiento sobre los procesos ecológicos, biológicos y de diversidad de usos de Canelo de los Andaquíes, para la generación de información sobre la historia natural de la especie y de un aprovechamiento sostenible.

Objetivo 1: Obtener información biológica y ecológica de Canelo de los Andaquíes, para la generación de estrategias de conservación y/o restauración.

Acciones	Plazo	Resultados esperados	Indicadores	Responsables
Establecimiento de parcelas permanentes para el monitoreo de poblaciones naturales.	Mediano y largo plazo.	Conocimiento de la historia natural de la especie.	Número de investigaciones en ejecución y culminadas.	Sinchi, Universidades, Corpoamazonia y Comunidad local.
Estudios de demografía de poblaciones.		Información sobre la dinámica natural de la especie.		
Estudios de propagación del Canelo de los Andaquíes.		Protocolos de propagación del Canelo de los Andaquíes.		



PLANES DE MANEJO PARA LA CONSERVACIÓN DE Abarco, Caoba, Cedro, Palorosa y Canelo de los Andaquíes

Objetivo 2: Desarrollar estrategias de mercado para realizar aprovechamiento sostenible y establecer cadenas de valor con los productos de Canelo de los Andaquíes.

Acciones	Plazo	Resultados esperados	Indicadores	Responsables
Desarrollo de investigaciones sobre la inclusión del Canelo de los Andaquíes en una cadena de valor para su aprovechamiento sostenible.	Corto y mediano plazo.	Investigaciones enfocadas al aprovechamiento de Canelo de los Andaquíes con fines medicinales, industriales y alimenticios.	Nº de personas beneficiadas por el uso sostenible del Canelo de los Andaquíes.	Corpoamazonia, MADS, Sinchi, Comunidad, Universidad de la Amazonia.

Objetivo 3: Depositar y conservar material propagativo del Canelo de los Andaquíes en los bancos de germoplasma existentes en el país.

Acciones	Plazo	Resultados esperados	Indicadores	Responsables
Almacenamiento de semillas seleccionadas de Canelo de los Andaquíes en bancos de germoplasma.	Corto y mediano plazo.	Semillas de Canelo de los Andaquíes incluidas en bancos de germoplasma.	Número de bancos de germoplasma con semillas de Canelo de los Andaquíes.	Institutos de Investigación, CIAT, CONIF, Universidades ICA.

Estrategia de Educación y Comunicación para Canelo de los Andaquíes

Los programas educativos y de divulgación, permiten vincular en forma directa a la comunidad con la conservación de su entorno y en forma indirecta contribuye a la construcción de tejido social, por medio de la formación de personas con capacidad de observación, información, sensibilidad, reflexión y compromiso con la naturaleza, permitiendo de esta manera lograr beneficios ecológicos, económicos y sociales.

Problemática: El desconocimiento del manejo silvicultural del Canelo de los Andaquíes, así como de la diversidad de usos de la especie, promueve la amenaza de la especie por lo que no se percibe sentido de pertenencia e importancia hacia estos árboles.

Meta: Crear un programa de educación y comunicación enfocado a sensibilizar a actores locales sobre la importancia de la conservación del Canelo de los Andaquíes y que contribuya al desarrollo de la estrategia de conservación de la especie.

PLAN DE MANEJO PARA LA CONSERVACIÓN DEL CANELO DE LOS ANDAQUÍES
Ocotea quixos (Lam.) Kosterm.

Objetivo 1: Establecer un programa de educación y comunicación dirigido a la comunidad académica, científica, funcionarios públicos y pobladores locales, sobre la situación actual del Canelo de los Andaquíes y las estrategias de conservación.

Acciones	Plazo	Resultados esperados	Indicadores	Responsables
Realización talleres por cada población identificada donde se ilustre aspectos del estado del conocimiento del Canelo de los Andaquíes y las iniciativas para su conservación. Generación de al menos un material divulgativo e informativo relacionado con las estrategias de conservación.	Corto plazo.	Taller informativo sobre la importancia de conservación de la especie y las estrategias de conservación. Material divulgativo (cartillas, afiches, volantes, videos, juegos didácticos, entre otros) acerca de diversas estrategias de conservación.	Número de talleres realizados. Número de material divulgativo distribuido.	Sinchi y Corpoamazonia. Comunidades locales. Sinchi, Universidades y Corpoamazonia.

Objetivo 2: Involucrar a las comunidades e instituciones en un programa de educación ambiental participativa que promueva el uso sostenible del Canelo de los Andaquíes.

Acciones	Plazo	Resultados esperados	Indicadores	Responsables
Capacitar a la comunidad sobre Técnicas de recolección, manejo y propagación de Canelo de los Andaquíes.	Corto plazo.	Familias capacitadas sobre técnicas de recolección, manejo y propagación del Canelo de los Andaquíes.	Número de familias beneficiadas.	MADS, Corpoamazonia, Comunidades locales.



AGRADECIMIENTOS

A todos los guías de campo por su valiosa colaboración por las jornadas de evaluación de las poblaciones naturales.

Al equipo técnico del Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible por el apoyo al proceso y la revisión al documento, especialmente a: Zoraida Fajardo, Luz Stella Pulido, Carlos Ospina, Francisco Beltrán, Alejandra Ruiz, Nhaydu Bohórquez, Adriana Acevedo, Carolina Villafañe, Francisco Camargo, Carolina Eslava, Antonio Gómez, Luz Helena Escobar, María Claudia Orjuela, Guillermo Murcia, Giovanna Fernández .

Al profesor Álvaro Duque Montoya del Departamento de Ciencias Forestales de la Universidad Nacional de Colombia Sede Medellín por su apoyo en el componente estadístico del muestreo y análisis de los datos, así como por el apoyo en la identificación de localidades de algunas de las especies.

A los siguientes Herbarios por permitir la consulta de sus colecciones: Herbario Nacional Colombiano (COL), Herbario de la Universidad del Valle (CUVC), Herbario Federico Medem Bogotá (FMB), Herbario de la Universidad de Antioquia (HUA), Herbario de la Universidad de Córdoba (HUC), Herbario de la Universidad del Quindío (HUQ), Herbario Joaquín Antonio Uribe, Medellín (JAUM), Herbario Jardín Botánico Gabriel Piñeres (JBGP), Herbario Universidad de los Llanos (LLANOS), Herbario Universidad Nacional de Colombia, sede Medellín (MEDEL), Herbario de la Universidad de Nariño (PSO), Herbario de la Universidad del Tolima (TOLI), Herbario Jardín Botánico Juan María Céspedes (TULV), Herbario Universidad Distrital de Bogotá (UDBC), Herbario Universidad Industrial Santander (UIS), Herbario Universidad del Magdalena (UTMC), Herbario Universidad Nacional de Colombia, sede Palmira (VALLE), CDMB (Jardín Botánico Eloy Valenzuela), HUCO (Universidad de Córdoba), FAUC (Universidad de Caldas) (MO) Missouri Botanical Garden, (NY) New York Botanical Garden, Field Museum Herbarium (F), United States National Herbarium (US), Harvard University Herbaria (A).

A las siguientes Autónomas Regionales y Corporaciones para el Desarrollo Sostenible, por facilitar información sobre ubicación de localidades, así como por los aportes en la construcción colectiva de los lineamientos de las diferentes especies: Corporación Autónoma Regional del Alto Magdalena CAM, Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca CAR, Corporación Autónoma Regional de Risaralda CARDER, Corporación Autónoma de Sucre Carsucre, Corporación autónoma regional de Santander CAS, Corporación Autónoma Regional para la Defensa de la Meseta de Bucaramanga CDMB, Corporación Regional para el Desarrollo Sostenible del Chocó Codechoco, Corporación Autónoma Regional del Centro de Antioquia Corantioquia, Corporación para el Desarrollo Sostenible del Área de Manejo Especial La Macarena Cormacarena, Corporación Autónoma Regional de las cuencas de los ríos Negro y Nare Cornare, Corporación Autónoma Regional del Magdalena Corpamag, Corporación para el Desarrollo Sostenible del Sur de la Amazonia Corpoamazonia, Corporación Autónoma Regional de Boyacá Corpoboyaca, Corporación Autónoma Regional del Caldas Corpocaldas, Corporación Autónoma Regional del Cesar Corpocesar, Corporación Autónoma Regional de Chivor Corpochivor, Corporación Autónoma Regional de la Guajira Corpoguajira, Corporación Autónoma Regional del Guavio Corpoguavio, Corporación para el Desarrollo Sostenible de



la Mojana y el San Jorge Corpomojana, Corporación Autónoma Regional de Nariño Corponariño, Corporación Autónoma Regional de Norte de Santander Corponor, Corporación Autónoma Regional de la Orinoquia Corporinoquia, Corporación para el Desarrollo Sostenible del Urabá Corpouraba, Corporación Autónoma Regional del Tolima Cortolima, Corporación Autónoma Regional del Atlántico CRA, Corporación Autónoma Regional del Cauca CRC, Corporación Autónoma Regional del Quindío CRQ, Corporación Autónoma Regional del Sur de Bolívar CSB.

A las siguientes asociaciones y Juntas de Acción Comunal, por facilitar el acceso y por la cordial y diligente ayuda al grupo de investigadores: Asociación de Trabajadores Campesinos del Caire (ATCC), Asociación de Campesinos de los municipios de Colosó y Chalán, Montes de María, Sucre, Asociación de Comercializadores y Productores de Madera (Asocoproma) de Purificación, Tolima, Asociación de cultivadores de café de la vereda Aguas Negras, Purificación – Tolima, Junta de Acción Comunal de la vereda Frasquillo del municipio de Tierralta, departamento de Córdoba, Junta de Acción Comunal del corregimiento de Alto Mulatos, municipio de Turbo, Antioquia, Junta de Acción Comunal de Villarrica, Garzón- Huila

A las siguientes Reservas Naturales de la Sociedad Civil: Reserva Rio Ramnso, Reserva Natural El Bembé, Reserva Natural Alfayoum, Reserva Natural Sasardí, Reserva Natural de las Aves Pauxi pauxi, por permitir el ingreso y trabajo de los investigadores del proyecto

A los siguientes Parques Nacionales Naturales y Parques Naturales Regionales, por facilitar el acceso y permitir el trabajo en su jurisdicción: Parque Natural Regional Cerro Páramo Miraflores, Parque Nacional Natural Amacayacu, Parque Nacional Natural Cahuinari, Parque Nacional Natural Serranía de los Yariguíes

A ISAGEN S.A. por facilitar la información de las parcelas permanentes de la Central La Miel.

A otras entidades que facilitaron información o apoyo en desarrollo de proyecto, en particular a: Secretaría Distrital de Ambiente de Bogotá, AES Chivor, Área Metropolitana del Valle de Aburrá (AMVA), Unidad Municipal de Asistencia Técnica Agropecuaria (UMATA) en Purificación, Tolima, Secretaría de Medioambiente de Neiva, Instituto Colombiano de Agricultura (ICA) - Subgerencia de Protección Vegetal, Jardín Botánico del Pacífico.

A los siguientes expertos en el sector forestal y botánicos: Eduino Carbonó, Ana Lucia López-G., Lyndon Carvajal Rojas, Hermes Cuadros, Cesar Augusto Marin, Hugo Martinez Higuera, María Eugenia Morales-Puentes, Juan Lázaro Toro, Pablo Stevenson, Felipe Alfonso Cardona Naranjo, Francisco Castro, Wilson Rodriguez Duque, Álvaro Idarraga Piedrahita, Luis Miguel Alvarez, Álvaro Cogollo Pacheco, Jose Miguel Orozco Muñoz, Luis Miguel Álvarez, Gisela Maldonado y William Klinger.

A los siguientes Resguardos Indígenas y comunidades afro-descendientes, así como a sus autoridades tradicionales: Asociación OREWA del Cabildo Mayor de Juradó- comunidad El Cedral, Resguardo Indígena de Angosturas, Asociación PANI del Resguardo Indígena Predio Putumayo, Resguardo Indígena Nonuya de Villazul,- Comunidad de Peña Roja, Resguardo Indígena UITIBOC- ASOAIN-TAM, Comunidades indígenas de Gamake y Nabusimake del Resguardo Kogui, Malayo y Arhuaco, Resguardo Indígena Tagual-La Po, Resguardo Indígena Caimán Nuevo, Cabildo Mayor de Chigorodó- Comunidad de Polines, Consejo Mayor de Salaquí, Consejo comunitario de Playa Aguirre.

BIBLIOGRAFÍA

Acero L.E. 2007. Plantas útiles de la cuenca del Orinoco. Segunda edición. BP Exploration Company, Bogotá. 605 p.

Ajbilou R., T. Marañón & J. Arroyo. 2003. Distribución de clases diamétricas y conservación de bosques en el norte de Marruecos. *Investigación Agraria. Sistemas y Recursos Forestales* 12 (2): 111-123.

Alcalá R.E. & G.G. Gutiérrez. 2010. Ecología, genética y conservación de la Caoba (*Swietenia macrophylla*): herramientas para un manejo adaptativo de la Selva Maya de Quintana Roo, México. CONABIO Proyecto FQ 006.

Alcalá R. 2011, Ecología, genética y conservación de la caoba (*Swietenia macrophylla*): herramientas para un manejo adaptativo de la selva Maya de Quintana Roo, México. Universidad Autónoma del Estado de Morelos Centro de Investigación en Biodiversidad y Conservación. Informe final SNIB-CONABIO proyecto No. FQ006. México, D.F. Pp 56.

Alcaldía Municipal La Macarena. 2008. Plan de Desarrollo Estratégico 2008 – 2011 “Empecemos a crecer”: Diagnóstico General. La Macarena. 83 p.

Alencar J. & N. P. Fernandes. 1978. Desenvolvimento de árvores nativas em ensaios de espécies. 1. Pau-rosa (*Aniba duckei* Kostermans). *Acta Amazonica* 8 (4): 523 – 541.

Alencar J. C. & V. C. Araújo. 1981. Incremento anual do Pau-rosa (*Aniba duckei* Kostermans) Lauraceae, em floresta tropical úmida primária. *Acta Amazônica* 11:547–552.

Almarza J. 2004. El genoma Humano. 2004, Universidad de Los Andes. Mérida, Venezuela.

Amáez E. & E. Flóres. 1986. Características de la madera de *Cedrela odorata* L. (cedro amargo, Meliaceae) en Costa Rica. Escuela de Biología, Universidad de Costa Rica.

Amaral M.A., F.J. Bezerra, E.C. Alves, M.M. de Lima & R.C. dos Santos. 2008. Luz, substrato e temperatura na germinação de sementes de cedro-vermelho. *Pesquisa Agropecuária Brasileira* 43 (2): 281-284.

Americas Regional Workshop (Conservation & Sustainable Management of Trees, Costa Rica). 1998b. *Cedrela odorata*. En IUCN. 2004. IUCN List of threatened Species. www.redlist.org. Consultado el 2 de Diciembre de 2005.

André T., M.R. Lemes, J. Grogan & R. Gribel. 2008. Post-logging loss of genetic diversity in a mahogany (*Swietenia macrophylla* King, Meliaceae) population in Brazilian Amazonia. *Forest Ecology and Management* 255(2): 340–345.

André T., 2005. Fluxo gênico e diversidade genética em uma população de mogno (*Swietenia macrophylla*, King- Meliaceae) na amazonia oriental. Universidade Federal do Manaus.

Andrewartha H.G. & L.C. Birch. 1954. The distribution and abundance of animals. University of Chicago Press. Chicago.





Arango N., M.E. Chaves y P. Feinsinger. 2002. Guía metodológica para la enseñanza de ecología en el patio de la escuela. AUDUBON programa para América Latina y el Caribe. NY, USA. 174 p.

Arnáez, E. 1988. Características de la Madera de *Cedrela odorata* L. (Cedro amargo, Meliaceae) en Costa Rica. Rev. Biol. Trop., 36(1): 67-73.

Arnot D.E., C. Roper, R.A.L. Bayoumi. 1993. Digital codes from hyper variable tandemly repeated DNA sequences in the Plasmodium falciparum circumsporozoite gene can genetically barcode isolates. Mol.Biochem.Parasitol 61:15-24.

Arteaga L.L. 2006. Crecimiento y herbivoría de plántulas de *Cedrela odorata* (Meliaceae) comparando un área abierta y otras bajo regeneración natural en la Estación Biológica Tunquini. Ecología en Bolivia 41(2): 130-137.

Avilla A., F. Rodrigues, P. Corrêa. 2008. Desenvolvimento de uma logaritmo baseado em redes neurais para a modelagem de distribuição de espécies Biológicas. In: Simpósio Internacional de Iniciação Científica da Universidade de São Paulo., São Paulo. 16 SIICUSP: anais. São Paulo: Universidade de São Paulo, 2008. Res.720.

Ballabeni V., M. Tognolini, S. Bertoni, R. Bruni, A. Guerrini, M. Moreno & E. Barocelli. 2007. Antiplatelet and antithrombotic activities of essential oil from wild *Ocotea quixos* (Lam.) Kosterm. (Lauraceae) calices from Amazonian Ecuador. Pharmacological Research 55: 23-30.

Ballabeni V., M. Tognolini, C. Giorgio, S. Bertoni, R. Bruni & E. Barocelli. 2010. *Ocotea quixos* Lam. essential oil: In vitro and in vivo investigation on its anti-inflammatory properties. Fitoterapia 81: 289-295

Bauer G.P., J.K. Francis. 1998. *Swietenia macrophylla* King. Honduras mahogany, Caoba. SO-ITF-SM-81. New Orleans, LA: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Southern Forest Experiment Station. 7 p.

Béguin, D., R. Spichiger & J. Miége. 1985. Las lauráceas del Arboretum Jenaro Herrera (provincial de Requena, departamento de Loreto, Perú). Contribución al estudio de la flora y la vegetación de la Amazonía peruana VIII. Candollea 40: 253-304.

Benito de Pando B. 2007. Modelos de distribución de especies (i): Introducción. <http://siguiendoelcamBio.blogspot.com/2007/10/modelos-de-distribucion-de-especiesi>.

Benito de Pando B. & J. Peñas de Giles. 2007. Aplicación de modelos de distribución de especies a la conservación de la biodiversidad en el sureste de la Península Ibérica. GeoFocus (Artículos) 7:100-119.

Benito de Pando B.M. & J. Peñas de Giles. 2008. Modelos predictivos aplicados a la conservación de flora amenazada: invernaderos vs. *Linaria nigricans* en el sureste árido ibérico. http://age.ieg.csic.es/metodos/docs/XII_1/003_20Benito_y_Penas.pdf.

Benson D.A. I. Karsch-Mizrachi, D.J. Lipman, J.O. & D.L. Wheeler. 2005. GenBank. Nucleic acids research, 33 (Database issue), pp.D34-8. Available at: http://nar.oxfordjournals.org/cgi/content/abstract/33/suppl_1/D34 [Accessed March 5, 2012].

- Bernal R., G. Galeano, A. Rodríguez, H. Sarmiento & M. Gutiérrez. 2013. Nombres Comunes de las Plantas de Colombia. <http://www.biovirtual.unal.edu.co/nombrescomunes>
- Berryman A.A. 2002. Population: a central concept for ecology? *Oikos* 97: 439-442.
- Betancur P.G. & E.J. Raigosa. 1973. Características y propiedades germinativas de las semillas de abarco (*Cariniana pyriformis* Miers). *Rev. Fac. Agron. Medellín* 28(2): 36-56.
- Bin Y., W. Ye, H.C. Muller-Landau, L. Wu, J. Lian & H. Cao. 2012. Unimodal Tree Size Distributions Possibly Result from Relatively Strong Conservatism in Intermediate Size Classes. *PLOS ONE* 7 (12): 1-12.
- Bodero A., N. Revelo & L. Hernández. 2007. Propuesta nacional para el manejo sostenible de la *Swietenia macrophylla* King “Caoba” en Ecuador. Colegio de Ingenieros Forestales de Pichincha (CIFOP). Quito.
- Boot R. & R. Gullison R. 1995. Approaches to developing sustainable extraction systems for tropical forest products. *Ecological Applications*. The Ecological Society of America. pp 9.
- Borchert R. 1996. Phenology and flowering periodicity of Neotropical dry forest species: evidence from herbarium collections. *Journal of Tropical Ecology* 12: 65-80.
- Briceño A.J. 1997. Aproximación hacia un manejo integrado del barrenador de las Meliaceas, *Hypsipyla grandella* (Zeller). *Revista Forestal Venezolana* 41 (1): 23-28.
- Brienen R. & P. Zuidema. 2006. Lifetime Growth Patterns and Ages of Bolivian Rain Forest Trees Obtained by Tree Ring Analysis. *Journal of Ecology* 94(2): 481-493.
- Brown N., S. Jennings & T. Clements. 2003. The ecology, silviculture and biogeography of Mahogany (*Swietenia macrophylla*): a critical review of the evidence. *Perspectives in Plant ecology, evolution and systematics* 6 (1,2): 37-49.
- Bruni R., A. Médici, E. Andreotti, C. Fantin, M. Muzzoli, M. Dehesa. C. Romagnoli & G. Sacchetti. 2004. Chemical composition and biological activities of Ishpingo essential oil, a traditional Ecuadorian spice from *Ocotea quixos* (Lam.) Kosterm. (Lauraceae) flower calices. *Food Chemistry* 85, pp. 415-421.
- Buckland S. T., D. R. Anderson, K. P. Burnham, J. L. Laake, D. L. Borchers, & L. Thomas. 2001. *Introduction to Distance Sampling—Estimating Abundance of Biological Populations*, Oxford University Press, New York, NY, USA.
- Buckland S. T., D. L. Borchers, A. Johnston, P. A. Henrys & T. A. Marques. 2007. Line Transect Methods for Plant Surveys. *Biometrics* 63: 989-998.
- Cabrera E., D.M. Vargas, G. Galindo, M.C. García, M.F. Ordoñez. 2011. Memoria técnica de la cuantificación de la deforestación histórica nacional – escalas gruesa y fina. Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales – IDEAM. 91 p.
- Calle Z., E. Murgueitio & J. Chará. 2012. Integrating forestry, sustainable cattle-ranching and landscape restoration. *Unsaylva* 239 (63): 31-40.
- Calle Z.D., E.R. Murgueitio. 2013. La Caoba: inversión para sistemas silvopastoriles de tierra caliente. CARTA FEDEGAN N.º 130. Disponible en la página web: http://www.carta.proyectosfedegan.co/index.php?option=com_content&view=article&id=76:carta-fedegan-130&catid=35:archivo&Itemid=61.





Calvo J.C. 2000. Diagnóstico de la caoba (*Swietenia macrophylla* King) en Mesoamérica. Visión general. Centro Científico Tropical PROARCA/CAPAS

Camus P.A. & M. Lima. 2002. Populations, metapopulation, and the open-closed dilemma: the conflict between operational and natural populations concepts. *Oikos* 97: 433-438.

Cárdenas D. & N.R. Salinas. 2007. Libro rojo de plantas de Colombia. Volumen 4. Especies maderables amenazadas: Primera parte. Serie Libros rojos de especies amenazadas de Colombia. Bogotá, Colombia. Instituto Amazónico de Investigaciones Científicas Sinchi – Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial. 232 p.

Carpenter G, A.N. Gillison & J. Winter. 1993. DOMAIN: A flexible modeling procedure for mapping potential distributions of animals and plants. *Biodiversity and Conservation* 2: 667-680.

CAS. 2011. Formulación de la Segunda Fase del Plan de Ordenación Forestal en el área de jurisdicción de la Corporación Autónoma Regional de Santander (CAS). Gobernación de Santander, Corporación Autónoma Regional de Santander - CAS, Fundación Conservación y Desarrollo Forestal – CDF. San Gil, Santander. 303 P.

Castañón N., D. Cárdenas & E. Otavo. (eds.). 2007. Ecología, aprovechamiento y manejo sostenible de nueve especies de plantas del departamento del Amazonas, generadoras de productos maderables y no maderables. Pp 266.

Caughley G. & A. Gunn. 1996. Conservation biology in theory and practice. MA: Blackwell Science. Cambridge Vol. 459.

Cavers S. & A. Lowe. 2000. Regional scale genetic structure within two Central American tree species the influence of geography, biology and geological history. In B. Degen, M. D. Loveless, & A. Kremer (Eds.), *Modelling and Experimental Research on Genetic Processes in Tropical and Temperate Forests*, Conference Proceedings. Kourou, French Guiana: Embrapa Amazonia Oriental.

Cavers S., C. Navarro A. & Lowe. 2004. Targeting genetic resource conservation in widespread species: a case study of *Cedrela odorata* L. *Forest Ecology and Management*, 197(1-3), 285–294.

Caycedo H. 1988. Evaluación preliminar del crecimiento de 20 especies maderables en la región de Lloró-Carretera Panamericana, Chocó. Colombia. Convenio CONIF – Holanda. Corporación Nacional de Investigación y Fomento Forestal CONIF. Serie Técnica No. 29. Bogotá. 32 pp.

CBOL Plant Working Group. 2009. A DNA barcode for land plants. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* 2009: 12794–12797.

Céspedes M., M.V. Gutierrez, N.M. Holbrook & O.J. Rocha. 2003. Restoration of genetic diversity in the dry forest tree *Swietenia macrophylla* (Meliaceae) after pasture abandonment in Costa Rica. *Molecular Ecology* 12: 3201–3212

Chacón T. P, H.E. Gonzales M. & G. E. Cueva G. 2006. Características del Aceite Esencial de la Madera de (Palo Rosa) (*Aniba rosaeodora* Ducke), Obtenido Mediante Destilación. *Folia Amazónica* 15 (1-2): 5:18.

Cintron B.B. 1990. *Cedrela odorata* L. Cedro hembra, Spanish cedar. In: R.M. Burns & B.H. Honkala (eds.). *Silvics of North America: 2. Hardwoods*. Washington, DC: U.S. Department of Agriculture, Forest Service Agric. Handb. 654: 250-257.

CIRAD. 2012. Abarco. En <http://tropix.cirad.fr/america/ABARCO.pdf>. Consultado el 24 de Julio de 2013

CITES 1973. Texto de la convención. Disponible en la página web: <http://www.cites.es/esES/elconveniocytes/Documents/Convenci%C3%B3nCITES1973.pdf>

CITES 2002. Listado de Apoyo para la Elaboración de Dictámenes de No-Perjudicial para las Exportaciones del Apéndice II. Disponible en la página web: <http://www.cites.org/esp/cop/11/info/Si11-03.pdf>. Visitado el 18/10/2012.

CITES 2003a. Formular Dictámenes sobre Extracciones no Perjudiciales del Medio Silvestre para *Swietenia macrophylla*; Establecimiento de Cupos, MWG2 Doc. 7, Disponible en la página web: <http://www.cites.org/common/prog/mwg/MWG2/S-MWG2-07.pdf>

CITES 2003b. Ordenación Sostenible de *Swietenia macrophylla*. Ordenación sostenible y dictámenes sobre extracciones no perjudiciales del medio silvestre basados en datos científicos. MWG2 Doc. 6. Pp 19.

CITES 2006. Estado y aprovechamiento sostenible de la Caoba en Centroamérica, Fauna & Flora International, Cambridge, Reino Unido. 2006. Disponible en: <http://cites.sinia.net.ni/>

CITES 2010a. An assessment of the status of *Cedrela odorata* in Suriname. A CITES Action Plan for *Cedrela odorata*. Disponible en: <http://www.cites.org/common/com/pc/19/E19i-06.pdf>

CITES 2010b. A CITES Action Plan for *Cedrela odorata*, an assessment of the status of *Cedrela odorata* in Suriname. PC19 Inf. 6. Celos. Pp 32.

CITES 2010c. Estado poblacional y comercio de *Cedrela odorata* L. y de *Dalbergia retusa* Hemsl. En Costa Rica. Disponible en la página web: www.cites.org/common/com/PC/19/S19i-04.pdf. Consultado el 17/01/2013

CITES 2010d. Examen de las propuestas de enmienda a los Apéndices I Y II. Decimoquinta reunión de la Conferencia de las Partes Doha (Qatar). CoP15Prop. 29 <http://www.cites.org/esp/cop/15/prop/S-15%20Prop-29.pdf>

CITES 2012. Dictámenes de extracción no perjudicial: Proyecto de resolución preparado por los Comités de Fauna y de Flora para su examen en la CoP16. Disponible en la página web. <http://www.cites.org/esp/notif/2012/S050.pdf>

CVA-FUNAGUA (Eds.). 2011. Planes de manejo para la conservación de 22 especies focales de plantas en el departamento del Valle del Cauca. Corporación Autónoma del Valle del Cauca CVC –Fundación Agua Viva FUNAGUA. Cali, Colombia.

Codechocó. 2005a. Esquema de Ordenamiento Territorial Municipio del Medio Atrato. Documento Diagnóstico 2005 – 2016. Municipio del Medio Atrato, Chocó. 212 pp.

Codechocó. 2005b. Esquema de Ordenamiento Territorial Municipio de Bahía Solano. Documento Diagnóstico 2005 – 2016. Municipio de Bahía Solano, Chocó. 150 pp.





Codechocó. 2013. Autorizaciones de aprovechamiento Res.0403 de 07/04/2011, Res.0587 de 18/05/2011, Res.0705 de 07/06/2011, Res.0706 de 07/06/2011, Res.0707 de 07/06/2011, Res.0709 de 07/06/2011, Res.0948 de 14/07/2011, Res.0190 de 13/02/2012, Res.0192 de 13/02/2012, Res.0261 de 29/02/2012, Res.0279 de 02/03/2012, Res.0354 de 15/03/2012, Res.0249 de 15/03/2012, Res.0419 de 23/03/2102, Res.0423 de 26/03/2012, Res.0503 de 13/04/2012, Res.0570 de 25/04/2012. En <http://www.codechoco.gov.co/index.php/men-normatividad/men-resoluciones>. Consultado el 20 de Agosto de 2013.

Convenio CORNARE-Universidad Nacional. 1993. Estudio dendrológico de los bosques del Suroriente Antioqueño, Medellín: Universidad Nacional de Colombia. 220 p.

CONIF. 1985. Evaluación de la investigación forestal y reforestaciones realizadas en el proyecto Carare-Opón. Corporación Nacional de Investigación y Fomento Forestal – CONIF. Bogotá. 87 p.

CONIF. 1996. Latifoliadas de zona baja. Santafé de Bogotá. Corporación Nacional de Investigación y Fomento Forestal - CONIF. Bogotá. 104 p.

Corantioquia. 2011a. Conservación y manejo *in situ* y *ex situ* de especies forestales de importancia económica y ecológica en la jurisdicción de CORANTIOQUIA- Balance de actividades 1998-2010. (Boletín Técnico Biodiversidad No. 5 edición Especial Conmemorativa) Corporación Autónoma Regional del Centro de Antioquia- CORANTIOQUIA, Medellín

Corantioquia. 2011b. Avances en la estrategia para la conservación de las especies de la familia Magnoliaceae en jurisdicción de CORANTIOQUIA (Boletín Técnico Biodiversidad No. 6) Corporación Autónoma Regional del Centro de Antioquia- CORANTIOQUIA, Medellín

Cordero J & D.H. Boshier (eds.). 2003. Árboles de Centroamérica: un manual para extensionistas. OFI-CATIE. Centro Agronómico Tropical de Investigación y enseñanza. Turrialba. Costa Rica 903 p.

Cordero J, F. Mesén, M. Montero, J. Stewart, D. Dossier, J. Chanberlain, T. Pennington, M. Hands, C. Hughes, G. Detlefsen. 2003. Descripciones de especies de árboles nativos de América Central. En: J. Cordero & D.H. Boshier (eds). Árboles de Centroamérica: un manual para extensionistas. OFI-CATIE. Centro Agronómico Tropical de Investigación y enseñanza. Turrialba. Costa Rica. 311-958.

Corpoamazonia. 2013a. Corporación para El Desarrollo Sostenible del Sur de La Amazonia- Corpoamazonia. Consultado el 12 Dic 2013. En línea. http://www.corpoamazonia.gov.co:85/cea/WEBJB/genera_indice.php?nocampo=307

Corpoamazonia. 2013b. Proyecto de resolución de vedas. Corporación para El Desarrollo Sostenible del Sur de La Amazonia- Corpoamazonia.. Consultado el 12 Dic 2013. En línea. <http://www.corpoamazonia.gov.co/files/Foros/2013/Veda%20del%20Cedro%20y%20otras.pdf>

Corpocaldas. 2011. Propuesta de Conservación y Uso Sostenible de 7 Especies Forestales Amenazadas en el Departamento de Caldas. Manizales 67 pp.

Corporación Autónoma Regional de los Valles de Sinú y del San Jorge (CVS) & Universidad Nacional de Colombia. 2005. Plan de Ordenamiento Forestal - Cerro Murrucucú, cuencas

de las quebradas Tay, Urrá y Ceniza. Contrato 047 de 2003, tomo 2: Caracterización de la Flora. Medellín.

Corpourabá. 2006. Plan de Ordenación para 103.069 hectáreas de la cuenca media del río Atrato – en territorios de comunidades negras. 70 pp.

Corpourabá. 2008. Plan de Ordenación Forestal. Corporación para el Desarrollo Sostenible de Urabá (CORPOURABA). 193p.

Cracraft, J. 1989. Speciation and its ontology: the empirical consequences of alternative species concepts for understanding patterns and processes of differentiation. Pp. 28-59 en D. Otte & J. A. Endler, editors. Speciation and its consequences. Sinauer Associates, Inc., Sunderland, Massachusetts

Cräutlein M., H. Korpelainen, M. Pietiläinen & J. Rikkinen. 2011. DNA barcoding: a tool for improved taxon identification and detection of species diversity. Biodiversity and Conservation 20(2): 373–389.

Dauber E., T. Fredericksen, M. Peña, C. Leño, J. Licon & F. Contreras. 2003. Tasas de Incremento Diamétrico, Mortalidad y Reclutamiento con base en las Parcelas Permanentes Instaladas en Diferentes Regiones de Bolivia. Proyecto de Manejo Forestal Sostenible (BOLFOR). Pp 50.

Degen B., S.E. Ward, M.R. Lemes, C. Navarro, S. Cavers & A.M: Sebbenn 2012. Verifying the geographic origin of mahogany (*Swietenia macrophylla* King) with DNA-fingerprints. Forensic science international. Genetics. Elsevier. Retrieved from <http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S1872497312001366?showall=true>

Degen B., S.E. Ward, M.R. Lemes, C. Navarro, S. Cavers & A.M: Sebbenn 2012. Verifying the geographic origin of mahogany (*Swietenia macrophylla* King) with DNA-fingerprints. Forensic science international. Genetics. Elsevier. Retrieved from <http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S1872497312001366?showall=true>

De la Torre A., C. López, E. Yglesias & J.P. Cornelius. 2008. Genetic (AFLP) diversity of nine *Cedrela odorata* populations in Madre de Dios, southern Peruvian Amazon. Forest Ecology and Management 255(2): 334–339.

Delgado L.A., M.F. Acevedo, H. Castellanos, H. Ramírez & J. Serrano. 2005. Relaciones alométricas y patrones de crecimiento para especies de árboles de la reserva forestal Imataca, Venezuela. INCI [revista en la Internet]. 30(5): 275-283. Consultado el 17 de Enero de 2013. En Línea. http://www.scielo.org.ve/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0378-18442005000500007&lng=es.

Departamento Nacional de Planeación. DNP. 1996. “Política de bosques” (documento Conpes 2834). Bogotá.

De Queiroz K. 2007a. Species Concepts and Species Delimitation. Systematics Biology 56(6): 879–886.

De Queiroz K. 2007b. Toward an Integrated System of Clade Names. Systematic Biology 56(6): 956–974





d'Oliveira M.V.N & L.A. Ribas. 2011. Forest regeneration in artificial gaps twelve years after canopy opening in Acre State Western Amazon. *Forest Ecology and Management* 261 (11): 1722-173.

Díez M.C. & F. Moreno. 1998. Morfología de semillas y plántulas de árboles de los bosques húmedos tropicales del suroriente de Antioquia, Colombia (I parte). *Revista Facultad Nacional de Agronomía Medellín* 51(2): 9-50.

Doyle J.J. & J.L. Doyle. 1987. Isolation of plant DNA from fresh tissue. *Focus* 12: 13-15.

Drummond A.J. *et al.* 2012. Geneious. Available at: www.geneious.com.

Dünisch O., V.R. Montóia & J. Bauch. 2003. Dendroecological investigations on *Swietenia macrophylla* King and *Cedrela odorata* L. (Meliaceae) in the central Amazon. *Trees* 17: 244-250.

Duque-Jaramillo J. M. 1931. Manual de bosques y maderas tropicales. Ediciones de la imprenta departamental. Manizales. 239 pp.

Duque A. 2004. Plant diversity scales by growth forms along spatial and environmental gradients a study in the rain forest of NW Amazonia. Tesis de doctorado, University of Amsterdam. Amsterdam, The Netherlands.

El Semillero. 2013. Ficha técnica del Abarco, piloncillo – *Cariniana pyriformis*. Consultado el 26 de Julio 2013. http://elsemillero.net/nuevo/index.php?option=com_wrapper&view=wrapper&Itemid=204

Escobar O., J. Rodríguez & J. Correa. 1993a. Ficha técnica Abarco. Consultado el 31 de Mayo de 2013. En <http://www.unalmed.edu.co/~lpforest/PDF/Abarco.pdf>.

Escobar M.L., A. Díaz, A. Leal & M. Angarita. 2007. Principios de Sistemas Agroforestales y Avances en la Protección Fitosanitaria en el Departamento de Santander, Colombia. Instituto Colombiano Agropecuario ICA / Corporación Autónoma Regional para la Defensa de la Meseta de Bucaramanga CDMB. CONVENIO CDMB-ICA 5096-17,182-2005. 48 p.

Estrategia Nacional para el Pago por Servicios Ambientales. 2007. Unión temporal ECOVERSA y ECOSEGURITIES. Documento técnico, Bogotá. Colombia. 116 p.

Estrella, E. 1992. Historia de la Ciencia y de la Técnica. 10 Las culturas precolombinas. Ediciones Akal. Madrid, España 27 pp.

Estupiñán-González A.C. & N.D. Jiménez-Escobar. 2010. Uso de las plantas por grupos campesinos en la franja tropical del Parque Nacional Natural Paramillo (Córdoba, Colombia). *Caldasia* 32(1): 21-38.

Food and Agriculture Organization – FAO. 1984. Sistemas agroforestales en América Latina y el Caribe. Oficina Regional de la FAO para América Latina y el Caribe. Santiago de Chile. 118 p.

Food and Agriculture Organization – FAO. 1995. Flavours and fragrances of plant origin. FAO, Roma.

Food and Agriculture Organization - FAO. 2011. Evaluación de los recursos forestales mundiales 2010. Informe principal. Estudio FAO, Montes. Roma. Italia.

Feldpausch T.R., L. Banin, O.L. Phillips, T.R. Baker, S.L. Lewis, C.A. Quesada, K. Affum-Baffoe, E.J.M.M. Arets, N.J. Berry, M. Bird, E.S. Brondizio, P. de Camargo, J. Chave, G. Djagbletey, T.F. Domingues, M. Drescher, P.M. Fearnside, M.B. França, N.M. Fyllas, G. Lopez-Gonzalez, A. Hladik, N. Higuchi, M.O. Hunter, Y. Iida, K.A. Salim, A.R. Kassim, M. Keller, J. Kemp, D.A. King, J.C. Lovett, B.S. Marimon, B.H. Marimon-Junior, E. Lenza, A.R. Marshall, D.J. Metcalfe, E.T.A. Mitchard, E.F. Moran, B.W. Nelson, R. Nilus, E.M. Nogueira, M. Palace, S. Patiño, K.S.H. Peh, M.T. Raventos, J.M. Reitsma, G. Saiz, F. Schrodte, B. Sonké, H.E. Taedoumg, S. Tan, L. White, H. Wöll, & J. Lloyd. 2011. Height-Diameter Allometry of Tropical Forest Trees. *Biogeosciences* 8: 1081-1106.

Fernandez M., & C. Diaz. 2010. Caracterización ecológica y de manejo del Cedro rojo (*Cedrela odorata*, Meliaceae) y su relación con la incidencia puntual del barrenador del tallo *Hypsipyla grandella* (Lepidoptera: Pyralidae) en selvas y plantaciones del centro de Veracruz. Universidad Veracruzana. 103 p.

Frankie G., H. Baker & P. Opler. 1974. Comparative Phenological Studies of Trees in Tropical Wet and Dry Forests in the Lowlands of Costa Rica. *Journal of Ecology* 62 (3): 881-919.

Freitas D.V. 2005. Caracterização Genética e propagação In Vitro de Pau-Rosa (*Aniba rosaeodora* Ducke). Dissertação (Mestrado) - INPA/UFAM, Manaus.

Freitas D.V., L.A.S. Contim, D.P. Dias, W.C. Ferreira & R.C. Santos. 2011. Estabelecimento in vitro de pau rosa (*Aniba rosaeodora* ducke): efeito do benomyl como regulador de crescimento. *Enciclopédia Biosfera, Centro Científico Conhecer – Goiânia* 7 (13): 489-493.

Frézal L., & R. Leblois. 2008. Four years of DNA barcoding: current advances and prospects. *Infection, genetics and evolution : journal of molecular epidemiology and evolutionary genetics in infectious diseases*, 8(5): 727–736.

Galeano G., E. Calderón, H. Dueñas & I. Tobón. 2007. Abarco: *Cariniana pyriformis* Miers. Pp 63-67. En D. Cárdenas & N. Salinas. Libro rojo de plantas de Colombia. Volumen 4. Especies maderables amenazadas: primera parte. Serie libros rojos de especies amenazadas. Bogotá, Colombia. Instituto Amazónico de Investigaciones Científicas Sinchi - Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial. 232p.

Gamboa N. 2008. Regeneración Natural de *Dipteryx panamensis* (Pitier) Record en Fragmentos de Bosque, Sarapiquí, Costa Rica. Tesis de Maestría. Magister Scientiae en Manejo de Recursos Naturales con Mención en Gestión de la Biodiversidad. Universidad Estatal a Distancia. San José, Costa Rica. 123 p.

García H., L.A. Moreno, C. Londoño & C. Sofrony. 2010. Estrategia Nacional para la Conservación de Plantas: actualización de los antecedentes normativos y políticos, y revisión de avances. Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt y Red Nacional de Jardines Botánicos. Bogotá 160 pp.

García X., P. Negreros-C & S.B. Rodríguez. 1993. Regeneración natural de Caoba (*Swietenia macrophylla* King.) bajo diferentes densidades de dosel. *Ciencias Forestales en México* 18 (74): 25-43

Gayon J. 2000. History of the concept of allometry. *Am. Zool.* 40: 748-758.





GBIF. <http://data.gbif.org/welcome.htm>. (accessed through GBIF data portal, Instituto de Ciencias Naturales, <http://data.gbif.org/datasets/resource/2559>); (accessed through GBIF data portal, Isagen, <http://data.gbif.org/datasets/resource/8184>); (accessed through GBIF data portal, Missouri Botanical Garden, <http://data.gbif.org/datasets/resource/12084>); (accessed through GBIF data portal, Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt, <http://data.gbif.org/datasets/resource/2619>); (accessed through GBIF data portal, Instituto de Ciencias Naturales, <http://data.gbif.org/datasets/resource/13469>); (accessed through GBIF data portal, Real Jardín Botánico (Madrid), Vascular Plant Herbarium (MA), <http://data.gbif.org/datasets/resource/240>); (accessed through GBIF data portal, NMNH Botany Collections, <http://data.gbif.org/datasets/resource/1874>); (accessed through GBIF data portal, Royal Botanic Gardens, Kew, <http://data.gbif.org/datasets/resource/629>)

Gerry E. 1952. Abarco – Bacú. *Cariniana pyriformis* Miers. Family: Lecythidaceae. Information leaflet foreign Woods. Forest Products Laboratory, Forest Service U.S. Department of Agriculture.

Giraldo B., M. Zubieta, G. Vargas & J.A. Barrera. 2013a. Bases técnicas para el desarrollo forestal en el departamento del Guaviare Amazonía colombiana. Tomo I. Instituto Amazónico de Investigaciones Científicas - Sinchi. San José del Guaviare 224 pp.

Giraldo B., M. Zubieta, G. Vargas, J.A. Barrera & I. Montero. 2013b. Investigación en sistemas productivos sostenibles en la Amazonia norte colombiana (arreglos agroforestales, arreglos de enriquecimiento forestal). Tomo II. Instituto Amazónico de Investigaciones Científicas - Sinchi. San José del Guaviare 224 pp.

Gómez M.L., & J.L. Toro. 2007. Manejo de las Semillas y la Propagación de Diez Especies Forestales del Bosque Húmedo Tropical. Boletín técnico Biodiversidad No. 2. CORANTIOQUIA. Medellín, Colombia. 71p.

Gómez M. 2010. Fenología reproductiva de especies forestales nativas presentes en la jurisdicción de CORANTIOQUIA, un paso hacia su conservación. Volumen I. CORANTIOQUIA, Medellín. 228p.

González J.J., A.A. Etter, A.H. Sarmiento, S.A. Orrego, C. Ramírez, E. Cabrera, D. Vargas, G. Galindo, M.C. García, M.F. Ordoñez. 2011. Análisis de tendencias y patrones espaciales de deforestación en Colombia. Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales-IDEAM. Bogotá D.C., Colombia. 64 p.

González M. 2011. Evaluación de Métodos de Propagación de Canelo de los Andaquíes (*Ocotea quixos*) (Lam.) Kosterm. Informe final de Pasantía. Universidad de la Amazonía.

Grogan J. 2002. Some simple management guidelines could help the sustainable management of big leaf mahogany in the Neotropics. Tropical Forest Update ITTO 12(4).

Grogan J., P. Barreto & A. Verissimo. 2002. Mahogany in the Brazilian Amazon: Ecology and Perspectives on Management. Imazon. Belem.

Grogan J. & J.Galvao. 2006. Factors limiting post-logging seedling regeneration by big-leaf mahogany (*Swietenia macrophylla*) in Southeastern Amazonia, Brazil, and implications for sustainable management. BIOTROPICA 38(2): 219-228.

Grogan J., B. Stephen, S.B. Jennings, R. M. Landis, M. Schulze, A.M. V. Baima, J. C.A. Lopes, J. M. Norghauer, L. R. Oliveira, F. Pantoja, D. Pinto, J. N.M. Silva, E. Vidal & B.L. Zimmerman. 2008. What loggers leave behind: impacts on big-leaf mahogany (*Swietenia macrophylla*) commercial populations and potential for post-logging recovery in the Brazilian Amazon. *Forest Ecology and Management* 255: 269-281.

Guevara M.G. 1988. Experiencias Colombianas con cedro (*Cedrela odorata* L.). Convenio CONIF-Holanda. Serie documentación No 12. 85 p.

Guidugli M.C., T. Campos, A.C.B. Sousa, J.M.Feres, A.M. Sebbenn, M.A. Mestriner & A.L. Alzate-Marin. 2008. Development and characterization of 15 microsatellite loci for *Cariniana estrellensis* and transferability to *Cariniana legalis*, two endangered tropical tree species. *Conservation Genetics* 10(4): 1001–1004. doi:10.1007/s10592-008-9672-4

Gullison R.E., S.N. Panfil, J.J. Strouse & S.P. Hubbell. 1996. Ecology and management of mahogany (*Swietenia macrophylla* King) in the Chimanes forest, Beni, Bolivia. *Botanical Journal of the Linnean Society* 122: 9-34.

Handa L., P.T.B. Sampaio & R.C. Quisen. 2005. Cultura in vitro de embriões e de gemas de mudas de pau-rosa (*Aniba rosaeodora* Ducke). *Acta Amazonica* 35(1): 29-33.

Hanley J.A. & B.J. McNeil. 1982. The meaning and use of the area under a receiver operating characteristic (ROC) curve. *Radiology* 143: 29-36.

Hayashida-Oliver Y., R.G.A. Boot & L. Poorter. 2001. Influencia de la disponibilidad de agua y luz en el crecimiento y la morfología de plantines de *Swietenia macrophylla*, *Cedrela odorata* y *Bertholletia excelsa*. *Ecología en Bolivia* 35: 51-60.

Henao-Sarmiento J.E. & M.A. Cárdenas-Torres (Eds.), 2011. Segunda Fase del Plan de Ordenación Forestal en el área de jurisdicción de la Corporación Autónoma Regional de Santander (CAS) convenio interadministrativo N°1843 de 2009 / Gobernación de Santander-CAS. 306 P.

Hernández G. *et al.*, 2008. Isolation and characterization of microsatellite markers for *Cedrela odorata* L. (Meliaceae), a high value neotropical tree. *Conservation Genetics*, 9(2): 457–459.

Hijmans R.J., S.E. Cameron, J.L. Parra, P.G. Jones & A. Jarvis. 2005. Very high resolution interpolated climate surfaces for global land areas. *International Journal of Climatology* 25: 1965-1978.

Homma A.K.O. 2003. História da agricultura na Amazônia: da era pré-colombiana ao terceiro milênio. Embrapa Informação Tecnológica. Brasília. 274 pp.

Homma A.K.O. 2005. O Extrativismo do óleo essencial de pau rosa na Amazônia. XLIII Congresso da Sociedade Brasileira de Economia, Administração e Sociologia Rural: “Instituições, Eficiência, Gestão e Contratos no Sistema Agroindustrial”. Ribeirão Preto, 24 al 27 de Julio de 2005, Palestra.

Huang Y., S.A. Mori & G.T. Prance. 2008. A phylogeny of *Cariniana* (Lecythidaceae) Based on morphological and anatomical data. *Brittonia* 60 (1): 69-81.





Huff, DR, *et al.* (1993). RAPD variation within and among natural populations of outcrossing buffalograss *Buchloe dactyloides* (Nutt) Engelm. *Theoretical and Applied Genetics* 86, 927-934

Huntley B., P.J. Bartlein & I.C. Prentice. 1989. Climatic control of the distribution and abundance of beech (*Fagus L.*) in Europe and North America. *Journal of Biogeography* 16: 551–560.

IIAP. 2006. Nanay el país de los Iquito. Un modelo de gestión comunal de la biodiversidad amazónica. Instituto de Investigaciones de la Amazonia Peruana. Iquitos, Perú. 84p.

IAvH, IDEAM, IIAP, INVEMAR, SINCHI, 2011. Informe Anual sobre el Estado del Medio Ambiente y los Recursos Naturales Renovables 2010. Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales IDEAM, Bogotá D.C. Colombia, 384 p.

IBIF. 2007. Monitoreo de Bosques de Producción Forestal en la Chiquitania. Instituto Boliviano de Investigación Forestal, Santa Cruz, Bolivia.

IGAC - Instituto Geográfico Agustín Codazzi. 2002. Cuencas vertientes y cuencas hidrográficas de Colombia 2002. <http://www.zonu.com/fullsize/2011-08-26-14560/Cuencas-vertientes-y-cuencas-hidrograficas-de-Colombia-2002.html>

Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales - IDEAM, Instituto Geográfico Agustín Codazzi - IGAC, Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt, Instituto de Investigaciones Ambientales del Pacífico - IIAP, Instituto de Investigaciones Marinas y Costeras -INVEMAR & Instituto Amazónico de Investigaciones Científicas – Sinchi. 2007. Mapa de Ecosistemas Continentales, Costeros y Marinos.

Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales – IDEAM & ECOFOREST. 2009. Diseño y puesta en marcha del instrumento de captura de datos (subregistro) e información generada por actividades informales en los procesos de extracción, transformación y comercio de productos forestales.

Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales - IDEAM. 2010. Informe Anual sobre el Estado del Medio Ambiente y los Recursos Naturales Renovables en Colombia - Bosques 2009. Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales. Bogotá D.C., 236 pp.

Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales - IDEAM, 2013, Mapa de Bosque/No Bosque Año 2011 para Colombia, versión 1.0. con resolución espacial de 250 metros de pixel formato raster temático.

Instituto de Estudios Amazonicos e Ambientales – IEA. 1993. Manual de Plantas Amazónicas. IEA. Curitiba. 179 pp.

ISAGEN - Universidad Nacional de Colombia. 2011. Variación de la Diversidad, Dinámica y Biomasa Aérea Asociada con la Sucesión Natural en Bosques Secundarios Protectores de las Áreas de Embalses de ISAGEN. Convenio de Cooperación interinstitucional no. 46/3127. Informe final Norcasia. Pp. 58.

ITTO. 1999. PROJETO: Extrativismo não-madeireiro e desenvolvimento sustentável na Amazônia. ITTO – PD 31/99 Ver. 3 (I)”.

IUCN 2012. IUCN Red List of Threatened Species. Version 2012.2. <www.iucnredlist.org>. Downloaded on 08 November 2013

Jardim I.S., P.T.B. Sampaio, A.S. Costa, C.Q.B. Goncalves & H.L.M. Brandao. 2010. Efeito de diferentes reguladores de crescimento na regeneração in vitro de pau rosa (*Aniba rosaeodora* Ducke). *Acta Amazonica* 40(2): 275-280.

Jensen A. & H. Meilby. 2012. Assessing the Population Status of a Tree Species Using Distance Sampling: *Aquilaria crassna* (Thymelaeaceae) in Northern Laos. *International Journal of Forestry Research*. Vol 2012. Article ID 265831.

Jiménez H. 1999. Diagnóstico de la Caoba (*Swietenia macrophylla* King) en Mesoamérica. Revisión Bibliográfica. San José, CR, Centro Científico Tropical. 63pp.

Jiménez N. 2012. Producción de madera y almacenamiento de carbono en cafetales con cedro (*Cedrela odorata*) y Caoba (*Swietenia macrophylla*) en Honduras. CATIE.

Jimenez-Escobar N.D. 2012. La abundancia, la dominancia y sus relaciones con el uso de la vegetación arbórea en la Bahía de Cispatá, Caribe Colombiano. *Caldasia* 34(2):347-366

Jolivet, C. & B. Degen. 2012. Use of DNA fingerprints to control the origin of sapelli timber (*Entandrophragma cylindricum*) at the forest concession level in Cameroon. *Forensic Science International*. Jul;6(4):487-93.

Jones P. & A. Gladkov. 1999. Flora Map: A Computer Tool for the Distribution of Plants and Other Organisms in the Wild. Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT), Cali, Colombia.

Kattan G., P.A. Mejía y C. Valderrama. 2005. Protocolo para la Formulación de Planes de Conservación y Manejo de Especies Focales. CARDER, Fundación EcoAndina, WCS Programa Colombia. Cali. 81p.

Kleiman D.G., M.E. Allen, K.V. Thompson & S. Lumpkin. 1996. Wild animals in captivity: principles and techniques. University of Chicago press, Chicago, USA.

Klinger W. 2009. Estado de conservación de las especies forestales amenazadas, abarco, jiguanegro, guayaquil, guayacán amarillo y pino amarillo en los municipios choconos de Riosucio, Carmen del Darién, Istmina, Río Quito y Juradó. *Revista Bioetnia* 6 (1): 4-17.

Klinger W. 2011. Causales de vulnerabilidad y evidencias de agotamiento de la caoba en el departamento del Chocó: realidad de una especie en peligro crítico. *Bioetnia* 8 (1): 5-15.

Klug W. & Cummings M. R. 1999. Concepts of Genetics. 5th ed. Prentice Hall, inc

Kress W.J., K.J. Wurdack, E. Zimmer, L. Weigt, & D.H. Janzen. 2005. Use of DNA barcodes to identify flowering plants. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 102(23), 8369–74. doi:10.1073/pnas.0503123102.

Kubitzki K. & S. Renner. 1982. Flora Neotropica. Monograph 31. Lauraceae I (*Aniba* and *Aiouea*). The New York Botanical Garden. New York. 125 pp.

Leite A.M.C.; P de T Sampaio, A.P. Barbosa, R.C. Quisen. 1999. Diretrizes para resgate e conservação da variabilidade genética de espécies amazônicas I – Pau Rosa. Manaus: Embrapa Amazônia Ocidental, (Embrapa Amazônia Ocidental. Documentos 6). Pp 43.





Lemes M. R., R.P.V. Brondani & D. Grattapaglia. 2002. Multiplexed Systems of Microsatellite Markers for Genetic Analysis of Mahogany, *Swietenia macrophylla* King (Meliaceae), a Threatened Neotropical Timber Species. *Journal of Heredity* 93 (4): 287–290.

Lemes M. R., R. Gribel, J. Proctor, D. Grattapaglia. 2003. Population genetic structure of mahogany (*Swietenia macrophylla* King, Meliaceae) across the Brazilian Amazon, based on variation at microsatellite loci: implications for conservation. *Molecular Ecology*, 12(11): 2875–2883.

Lemes M.R., T. Esashika & O.G. Gaoue. 2011. Microsatellites for mahoganies: twelve new loci for *Swietenia macrophylla* and its high transferability to *Khaya senegalensis*. *American Journal of Botany* 98(8): 207–209.

León J. 1968. Fundamentos botánicos de los cultivos tropicales. Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas de la OEA. Lima, Perú 467pp.

Lepsch-Cunha N. & S. Mori. 1999. Reproductive phenology and mating potential in a low density tree population of Couratari multiflora (Lecythidaceae) in central Amazonia. *Journal of Tropical Ecology* 15: 97-121.

Lex V. & F. Roberto. 2005. Reproductive phenology of Atlantic forest tree species in Brazil: an eleven year study. *Tropical Ecology* 46(1): 1-16.

Lisi C., M. Tomazello, P.C. Botosso, F.A. Roig, V.R.B. Maria, L. Ferreira-Fedele & A. R.A. Voigt. 2008. Tree-ring formation, radial increment periodicity, and phenology of tree species from a seasonal semi-deciduous forest in southeast Brazil. *IAWA Journal*, Vol. 29 (2): 189–207.

Lombardi I., V. Barrena, C. Vargas, P. Huerta, C. Garnica, J. C. Ocaña & A. Gamara. 2009a. Proyecto UNALM-ITTO PD 251/03 Rev. 3(F). Evaluación de las existencias comerciales y estrategia para el manejo sostenible de la caoba (*Swietenia macrophylla*) en el Perú. Lima. Universidad Nacional Agraria la Molina.

Lombardi I., V. Barrena, P. Huerta & C. Garnica. 2009b. Propuesta para la Propuesta para la recuperación de las poblaciones de Caoba (*Swietenia macrophylla* King) en el Perú - Estrategia Nacional. Proyecto UNALM-ITTO PD 251/03

Lopes J. do C.A., S.B. Jennings & N.M. Matni. 2008. Planting mahogany in canopy gaps created by commercial harvesting. *Forest Ecology Management* 255: 300-307.

López-Camacho R. & D. Cárdenas-López. 2002. Manual de identificación de especies maderables objeto de comercio en la Amazonía colombiana. Ministerio del Medio Ambiente e Instituto Amazónico de Investigaciones Científicas Sinchi. Bogotá. 99 pp.

López R. & I. Montero. 2005. Manual de identificación de especies forestales en bosques naturales con manejo certificable por comunidades. Instituto Amazónico de Investigaciones Científicas Sinchi. Bogotá 128 pp.

López L. 2013. Eficacia *in Vitro* de un desinfectante de uso agroindustrial elaborado a base de aceite esencial de Ishpink (*Ocotea quixos* (Lam.) Kosterm). Tesis previa a la obtención del título de Ingeniero Agroindustrial. Universidad estatal Amazónica, Ecuador. 49 pp.

Lorenzi H. 1998. Árvores brasileiras: manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas do Brasil. Nova Odessa: Instituto Plantarum de Estudos da Flora 2v.

Lowe, A. 2008. Can we use DNA to identify the geographic origin of tropical timber?. Proceeding of the international workshop "Fingerprinting methods for the identification of timber origins". Bonn, Germany, October 8-9, 2007, pp. 15-19.

Lugo A.E., J.F. Colon & M. Alayon (eds.). 2002. Big-leaf mahogany. Genetics, ecology and management. Ecological Studies Vol. 159. Springer-Verlag, New York.

Lynch, T.B., Rusydi, R. 1999. Distance sampling for forest inventory in Indonesian teak plantations. For. Ecol. Manage. 113: 215–221

Magalhaes L.M.S. & J.C. Alencar. 1979. Fenologia do pau-rosa (*Aniba duckei* Koster.), Lauraceae, em floresta primaria na Amazonia Central. Acta Amazonica 9 (2): 227-232.

Magin G. 2006. Informe de un estudio realizado en Nicaragua y un taller de coordinación regional. Estado y aprovechamiento sostenible de la caoba en Centroamérica. Cambridge, Reino Unido. Fauna & Flora International. Pp 47.

Maristerra R, D. Grattapaglia, J. Grogan, J. Proctor & R. Gribel. 2007. Flexible mating system in a logged population of *Swietenia macrophylla* King (Meliaceae): implications for the management of a threatened neotropical tree species. Pp 11.

Marmillod D. 2007. Diagnóstico para evaluar estrategias de manejo para la caoba en Perú. Instituto de Investigaciones de la Amazonía Peruana – IIAP. Documento técnico N 18. Pp 28.

Marques T. A., S. T. Buckland, D. L. Borchers, D. Tosh and R. A. McDonald. 2010. Point Transect Sampling Along Linear Features. Biometrics 66 (4): 1247-1255.

Martin C. 1984. Tropical Timbers of the World. USDA Forest Service. Ag. Handbook No. 607.

Martínez B.C. 2005. Estadística y muestreo. ECOE Ediciones, décimo segunda edición. Bogotá. 998 p.

Martínez-Meyer E., A.T. Peterson & A.G. Navarro. 2004. Directionality of evolution of seasonal ecological niches in the *Passerina buntings* (Aves: Cardinalidae). Proceedings of the Royal Society B 271:1151-1157.

Martins E.M. 2013. Conservacao de *Ocotea catharinensis*, *O. odorifera* e *O. porosa*: espécies de Laureaceae ameaçadas de extincao. Instituto de Pesquisas Jardim Botânico do Rio de Janeiro.

Mayhew J.E., Newton, A.C. 1998. The silviculture of mahogany. CABI Publishing, New York. Newton, A.C. (1996) The sustainability of uses of trees. Report to IUCN. A contribution to the WCMC/SSC Conservation and Sustainable Management of Trees project.

May P.H. & L.E.S. Barata. 2004. Rosewood exploitation in the Brazilian amazon: options for sustainable production. Economic Botany 58(2): 257-265.

Medina R. 2012. ¿Qué es una especie? y ¿Por qué debería importarnos? The Journal of Field synopsis 4: 86-96.



Mejía E. & X. Buitrón, M. Peña, J. Grogan. 2008. Big leaf mahogany (*Swietenia macrophylla*) in Peru, Bolivia, Brazil. International Expert Workshop on CITES Non-Detriment Findings. Pp 20.

Mena-Arias A., V. Mena-Mosquera & N.Obando.2010. Justificaciones, técnicas, biológicas y algunas pautas para el diseño del área conservación de Caoba (*Swietenia macrophylla* King). Jurado (Choco). Convenio de Cooperación Específica Codechoco-ANIAF. 67 p.

Mendieta M.R., J.B. Zapata & J.A. Tom. 1999. Diagnóstico de la caoba (*Swietenia macrophylla* King) en Mesoamérica, Honduras. PROARCA/CAPAS, Honduras 51 p.

Mitja D. & J. P. Lesenre. 1996. Du bois pour du parfum: le bois de rose doit-il disparaître? Pages 93-102 in: L. Empereire (ed.), Le forêt en jeu/extrativisme en Amazonie Centrale. UNESCO-ORSTOM, Paris. Consultado en: books.google.com.co/books?

Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial. 2010. Actualización de normativa sobre vedas de especies y productos forestales de la flora silvestre.

Ministerio del Medio Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial. 2008. Estrategia Nacional de Pago por Servicios Ambientales. Bogotá. 97 p.

Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial. 2003. ¿Cómo puedes protegerte? Conoce las normas. Normatividad en materia de conservación de especies silvestres. Bogotá, Colombia 74 p.

Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial MMA. 2002. Prevención y control del tráfico ilegal de especies silvestres: estrategia nacional. Colombia. Ministerio del Medio Ambiente. 34 pp

Montgomery R. & R. Chazdon. 2001. Forest structure, canopy architecture, and light transmittance in tropical wet forests. Ecology 82: 2707–2718.

Morales M.E. 1997. Estudio de la Familia Meliaceae y su potencial de uso para Colombia. Tesis Magíster en Biología – Sistemática. Facultad de Ciencias. Universidad Nacional de Colombia. Bogotá. 301 p

Morales E.R. & L.G. Herrera. 2009. CEDRO (*Cedrela odorata* L.): Protocolo para su Colecta, Beneficio y Almacenaje. Comisión Nacional Forestal. Región XII Península de Yucatán. Departamento de conservación y restauración de ecosistemas forestales. Programa de germoplasma forestal. Estado de Yucatán. 23 p.

Moreno M.M. 2013. Influencia del clima local y del ENSO em el crecimiento de Abarco (*Cariniana pyriformis*), Chocó, Colombia. Tesis de Maestría. Universidad Nacional de Colombia. 45 pp.

Mori S.A., N.P. Smith & G.T. Prance. 2010. The Lecythidaceae Pages. The New York Botanical Garden, Bronx, New York. Disponible en: <http://sweetgum.nybg.org/lp/index.php>.

Morlans M. C. 2004. Introducción a la Ecología de Poblaciones. Universidad Nacional de Caimaraca.



Mostacedo B. & M. Pinard. 2001. Seed and Seedling Ecology of Timber Trees in Bolivian Tropical Forests. In: Mostacedo B. & T. Fredericksen (eds.). *Regeneración y Silvicultura de Bosques Tropicales en Bolivia*. Santa Cruz, Bolivia.

Mostacedo B. & T.S. Fredericksen. 2001. *Regeneración y Silvicultura de Bosques Tropicales en Bolivia*. El Pais. Bolivia. 221 pp.

Mostacedo B., Z. Villegas, J.C. Licon, A. Alarcón, D. Villarroel, M. Peña-Claros & T.S. Fredericksen. 2009. *Ecología y Silvicultura de los Principales Bosques Tropicales de Bolivia*. Instituto Boliviano de Investigación Forestal. Santa Cruz, Bolivia.

Mozo T. 1972. *Algunas especies aptas para la reforestación en Colombia*. Editorial A.B.C. Bogotá, Colombia. 297 pp

Muñoz J. and A.M. Felicísimo. 2004. Comparison of statistical methods commonly used in predictive modeling. *Journal of Vegetation Science* 15: 285-292.

Muñoz M.E.S., R. Giovanni, M.F. Siqueira, T. Sutton, P. Brewer, R.S. Pereira, D.A.L. Canhos & V.P. Canhos. 2009. OpenModeller: a generic approach to species' potential distribution modeling. *GeoInformatica*.

Murillo R.D. 2009. Implementación de estudio base para especies forestales amenazadas, en el municipio de Alto Baudó, departamento del Chocó, Colombia. *Bioetnia* 6 (2): 82-92.

Naranjo P., A. Kijjoa, A.M. Giesbrecht & O.R. Gottlieb. 1981. *Ocotea quixos*, American cinnamon. *Journal of Ethnopharmacology* 4: 233-236

Navarro-Cerrilo R.M., D.M. Griffith, M.J. Ramirez-Soria, W. Pariona, D. Golicher & G. Palacios. 2011. Enrichment of big-leaf mahogany (*Swietenia macrophylla* King) in logging gaps in Bolivia: The effects of planting method and silvicultural treatments on long-term seedling survival and growth. *Forest Ecology and Management* 262(12): 2271-2280.

Navarro C. 1999. Diagnóstico de la caoba (*Swietenia macrophylla* King) en Mesoamérica Silvicultura-Genética. Centro Científico Tropical PROARCA/CAPAS. 25 p

Navarro C., F. Montagnini & G. Hernández. 2004. Genetic variability of *Cedrela odorata* Linnaeus: results of early performance of provenances and families from Mesoamerica grown in association with coffee. *Forest Ecology and Management* 192: 217-227

Negreros-Castillo P., L.K. Snook & C.W. Mize. 2003. Regenerating mahogany (*Swietenia macrophylla*) from seed in Quintana Roo, Mexico: the effects of sowing method and clearing treatment. *Forest Ecology and Management* 183: 351-362

Nix H. A. 1986. A Biogeographic analysis of Australian elapid snakes. In: Longmore R (ed) *Atlas of Australian elapid snakes*. Australian Flora and Fauna Series 8:4-15.

Noriega P. & Dacarro C. 2008. Aceite foliar de *Ocotea quixos* (Lam.) Kosterm.: actividad antimicrobiana y antifúngica. *La Granja* 7(1), pp. 3-8.

Noriega P. & Samiego, M. 2005. Análisis de la composición química del aceite esencial extraído de las hojas de *Ocotea quixos* (Ishpink) por cromatografía gaseosa acoplada a masas. *La Granja*. 5:3-10





Novick R.R., C.W., M.R. Lemes, C. Navarro, A. Caccone & E. Bermingham. 2003. Genetic structure of Mesoamerican populations of Big-leaf mahogany (*Swietenia macrophylla*) inferred from microsatellite analysis. *Molecular Ecology*, 12(11): 2885–2893.

Ochoa J.M., I. Melo. & C. González. 2006. Corporación Autónoma Regional del Centro de Antioquia, CORANTIOQUIA, Estrategia de conservación de la biodiversidad del DMI-AICA del Cañón del Río Alicante. Medellín. 89 p.

OFI/CATIE. 2003. Árboles de Centroamérica: un manual para extensionistas. 1079 p. http://herbaria.plants.ox.ac.uk/adc/downloads/capitulos_especies_y_anexos/swietenia_macrophylla.pdf

OIMT (Organización Internacional de Maderas Tropicales). 2011. Estudio de Mercado de Cedrela odorata en Bolivia, Brasil y Perú. Informe Técnico. Consultor: Pérez Contreras, Oscar. 150 p.

Orozco L. & C. Brumér. 2002. Inventarios forestales para bosques latifoliados en América Central. Serie Técnica Manual Técnico No. 50. CATIE. Turrialba, Costa Rica. 278 p.

Parque Nacional Natural Sierra de la Macarena. 2005. Plan de Manejo Parque Nacional Natural Sierra de La Macarena 2005 – 2009. Unidad Administrativa del Sistema de Parques Nacionales Naturales de Colombia. Dirección Territorial Amazonia Orinoquia. San Juan de Arama. 181 p

Parra J. 2009. Anatomía del leño e identificación de siete especies de Laurales en San Eusebio (Mérida, Venezuela). *Pittieria* 33: 59-77

Parrado-Rosselli A. 2005. Fruit availability and seed dispersal in terra firme rain forests of Colombian Amazonia. *Tropenbos Ph.D. Series*. Pp. 155.

Peakall R. & P.E. Smouse. 2006. GENALEX 6: genetic analysis in Excel. Population genetic software for teaching and research. *Molecular Ecology Notes* 6: 288-295.

Peakall R. & P.E. Smouse. 2012. GenAlEx 6.5: genetic analysis in Excel. Population genetic software for teaching and research-an update. *Bioinformatics* 28: 2537-2539

Pennington T.D, C. Reynel & A. Daza. 2004. Illustrated guide of the trees of Perú. DH Books. En: López L. 2013. Eficacia *in Vitro* de un desinfectante de uso agroindustrial elaborado a base de aceite esencial de Ishpink (*Ocotea quixos* (Lam.) Kosterm). Tesis previa a la obtención del título de Ingeniero Agroindustrial. Universidad estatal Amazónica, Ecuador. 49 pp.

Pennington T.D & A.N. Muellner. 2010. A monograph of Cedrela (Meliaceae). Dh books. Inglaterra. 112 p

Pennington T.D. & B.T. Styles. 1981. Flora Neotrópica. Monograph 28. Meliaceae. The New York Botanical Garden. New York. 470 pp.

Peña-Claros M. & H. de Boo. 2002. The Effect of Forest Successional Stage on Seed Removal of Tropical Rain Forest Tree Species. *Journal of Tropical Ecology* 18(2): 261-274.

Phillips S.J., M. Dudík & R.E. Schapire. 2004. A maximum entropy approach to species distribution modeling. In *Proceedings of the Twenty-First International Conference on Machine Learning*: 655-662.

Pino N. & H. Mosquera. 2004. Comportamiento fenológico de tres especies maderables con riesgo de extinción en Colombia y altos índices de explotación en el choco: *Huberodendron patinoi* “Carrá”, *Cariniana pyriformis* Mier “Abarco” y *Humiriastrum procerum* Little “Chanó”. *Lyonia* 7(1): 107-114.

Poorter L. 1999. Growth Responses of 15 Rain-Forest Tree Species to a Light Gradient: The Relative Importance of Morphological and Physiological Traits. *Functional Ecology* 13(3): 396-410.

Poorter L. & Y. Hayashida-Oliver. 2000. Effects of Seasonal Drought on Gap and Understorey Seedlings in a Bolivian Moist Forest. *Journal of Tropical Ecology* 16(4): 481-498.

Poorter L. & E.J.M.M. Arets. 2003. Light environment and tree strategies in a Bolivian tropical moist forest: an evaluation of the light partitioning hypothesis. *Plant Ecology* 166(2): 295-306.

Powell M., M. van der Bank, O. Maurin & V. Savolainen. 2011. DNA barcoding: a practical guide. Pp.24.

Prance G. T. & S. A. Mori. 1979. Lecythidaceae- Part I. The actinomorphic-flowered New World Lecythidaceae (*Asteranthos*, *Gustavia*, *Grias*, *Allantoma* & *Cariniana*). *Flora Neotropica Monograph* 21: 1-270.

Primack R., R. Rozzi, P. Feinsinger, R. Dirzo y F. Massardo. 2002. Fundamentos de Conservación biológica, perspectivas latinoamericanas. Fondo de cultura Económica de México.

Primack, R. 2001. El problema de las poblaciones pequeñas. En: Primack, R., R. Rozzi, P. Feinsinger, R. Dirzo Y F. Massardo (eds). 2001. Fundamentos de Conservación biológica. Perspectivas Latinoamericanas. Fondo de cultura Económica, México, D. F. Pp

Primack R., R. Rozzi R & P. Feinsinger. 2001. Establecimiento de áreas protegidas. pp. 449-475. En: Primack *et al.* 2001. Fundamentos de Conservación Biológica: Perspectivas latinoamericanas. Primera Edición. Fondo de Cultura Económica. México D.F. 797p.

Ramirez-Garcia C., G. Vera-Castillo, F. Carrillo-Anzures & O.S. Magana-Torres. 2008. El Cedro rojo (*Cedrela odorata* L.) como alternativa de reconversión de terrenos agrícolas en el sur de Tamaulipas. *Agric. Téc. Méx* [online] 34 (2): 243-250.

Rangel-Ch O. 2005. Recuperación de la Vegetación Relictual de Áreas Prioritarias de la Zona de Vida de Bosque de Vida Bs-T, en el Departamento de Córdoba. Corporación Autónoma Regional de los Valles del Sinú y San Jorge (CVS), Universidad Nacional de Colombia.

Rangel-Ch. 2010. Colombia Diversidad Biótica IX: Ciénagas de Córdoba: Biodiversidad, Ecología y Manejo ambiental: 121-205. Universidad Nacional de Colombia-Instituto de Ciencias Naturales-Corporación Autónoma de los Valles del Sinú y San Jorge, Bogotá D.C.

Rebollar S., V. Santos & R. Sánchez. 2002. Estrategias de recuperación de selvas en dos Ejidos de Quinatana Roo, México. Universidad Autónoma del Estado de México. Madera y Bosques. Pp 21.

Registro Único Nacional de Áreas Protegidas (RUNAP). 2013. SINAP. URL: <http://runap.parquesnacionales.gov.co/index/contenido/seccion/acercaderunap>.



Reich, P. & R. Borchert. 1984. Water stress and tree phenology in a tropical dry forest in the lowlands of Costa Rica. *Journal of Ecology* 72: 61–74.

Rice RE, C.A. Sugal, S.M. Ratay & A. Fonseca GAB. 2001. Manejo Forestal Sostenible, revisión del saber convencional. . Disponible en la web: <http://ibcperu.org/doc/isis/8005.pdf>

Rivera-Díaz O. 2010. Estructura de la vegetación arbórea y composición florística del remanente de Bosque Húmedo Tropical en la Cuenca Media y Alta del río San Jorge. En: Rangel-Ch. 2010. Colombia Diversidad Biótica IX: Ciénagas de Córdoba: Biodiversidad, Ecología y Manejo ambiental: 121-205. Universidad Nacional de Colombia-Instituto de Ciencias Naturales-Corporación Autónoma de los Valles del Sinú y San Jorge, Bogotá D.C.

Rivera-Martin L.E., M.C. Peñuela-Mora, E.M. Jiménez & M.P. Vargas. 2013. Ecología y Silvicultura de Especies Útiles Amazónicas: Abarco (*Cariniana micrantha* Ducke), Quinilla (*Manilkara bidentata* (A. DC.) A. Chev.) y Violeta (*Peltogyne paniculata* Benth.). Universidad Nacional de Colombia sede Amazonia. Leticia, Colombia. 179 pp.

Robbins C.S. 2000 Mahogany matters: the US market for big-leafed mahogany and its implications for the conservation of the species. TRAFFIC North America. Washington, D.C., USA.

Rojas G. S. & S. Gallina. 2007 Metapoblaciones, el reto en la biología de la conservación: El caso del venado Bura en el Bolsón de Mapimí. *Tópicos en sistemática, biogeografía, ecología y conservación de mamíferos* 115.

Rudas G., D. Marcelo, D. Armenteras. N. Rodríguez, M. Morales, L.C. Delgad & A. Sarmiento. 2007. Biodiversidad y actividad humana: relaciones en ecosistemas de bosque subandino en Colombia. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt. Bogotá D. C., Colombia. 128 p.

RUNAP - Registro Único Nacional de Áreas Protegidas. 2013. SINAP. URL: <http://runap.parquesnacionales.gov.co/index/contenido/seccion/acercaderunap>.

Sá S.1987. Pau-rosa (*Aniba rosaeodora* Ducke – Lauraceae). In: PRANCE, G.T. (ed). *Botânica econômica de algumas espécies amazônicas: buriti, araçá-boi, camu-camu, abiu, cubiu, copaíba, piassaba, pataua, pupunha, pau-rosa, sorva e tucumã*. Manaus: INPA/FUA, 1987. 143p. (Relatório dos alunos de pós-graduação em Botânica (INPA/FUA), disciplina de Botânica Econômica).

Sacchetti G., A. Guerrini, P. Noriega, A. Bianchi & R. Bruni. 2006. Essential oil wild *Ocotea quixos* (Lam.) Kosterm. (Lauraceae) leaves from Amazonian Ecuador. *Flavour and Fragrance Journal*.21: 674-676.

Safranyik L.& D. A. Linton. 2002. Line transect sampling to estimate the density of lodge-pole pine currently attacked by mountain pine beetle. Information Report BC-X-392, Canadian Forest Service, Victoria, BC, Canada.

Sampaio, P.T.B., A.P. Barbosa, G.Vieira, W.R. Spironello, I.D.K. Ferraz, J.L.C. Camargo & R.C. Quinsen. Silvicultura do pau rosa (*Aniba rosaeodora* Ducke). In: Higuchi N., J. Santos, P. T. B. Sampaio, R. A. Marengo, J. Ferraz, P. C. Sales, M. Saito & S. Matsumoto (org.). 2003. Projeto Jacarandá - fase II: pesquisas florestais na Amazônia Central. CPST/INPA. Manaus p.179-189.



Sampaio P.T.B., A.P. Barbosa, G. Vieira, W.R. Spironello & F.M.S. Bruno. 2005. Biomassa da rebrota de copas de pau rosa (*Aniba rosaeodora* Ducke) em plantios sob sombra parcial em floresta primária. *Acta Amazonica* 35 (4): 491-494.

Sampaio P.T.B., M.C. Santos, G. Vieira, W. Spironello, F.L. Useche & F.M.S. Bruno. 2007. Avaliação rebrota da copa das árvores de pau-rosa (*Aniba rosaeodora* Ducke) em sistema de podas sucessivas. *Acta Amazonica* 37 (1): 55-60.

Santos R., P. Silva, P. Sampaio, R. Quisen, Â. Conte & C. Lopes. 2008. Geographic pattern of genetic diversity in natural populations of Rosewood (*Aniba rosaeodora*), in the Central Amazonia. Pp 8.

Santos R.P., W. Spironello & P. de T. Sampaio. 2008a. Genetic diversity in rosewood saplings (*Aniba rosaeodora* Ducke, Lauraceae): an ecological approach. *Acta Amazonica* 38(4): 707 – 714.

Santos M.C. 2003. Avaliação do crescimento da rebrota da copa de árvores de pau rosa (*Aniba rosaeodora* Ducke) em sistema de plantio. Dissertação (Mestrado em Ciências de Florestas Tropicais) – Instituto Nacional de Pesquisa da Amazônia/ Universidade do Amazonas, Manaus. Pp 42

Sarabia L.D.M. 1994. Descripción y Caracterización Anatómica de cuatro Especies de la Familia Lecythidaceae. Trabajo de Grado para aspirar al título de Ingeniera Forestal, Universidad Nacional de Colombia, sede Medellín, Colombia. 286pp.

Salinas N.R. & D. Cárdenas L. 2007. Canelo de los Andaquíes: *Ocotea quixos*. Pp. 116-117. En: D. Cárdenas L. & N.R. Salinas (eds.). Libro rojo de plantas de Colombia. Volumen 4. Especies maderables amenazadas: Primera parte. Serie libros rojos de especies amenazadas de Colombia. Bogotá, Colombia. Instituto Amazónico de Investigaciones Científicas Sinchi – Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial. 232 pp.

Schulze M., J.Grogan, R. M. Landis & E. Vidal. 2008. How rare is too rare to harvest? Management challenges posed by timber species occurring at low densities in the Brazilian Amazon. *Forest Ecology and Management* 256: 1443-1457.

Selkoe K.A. & R.J. Toonen. 2006. Microsatellites for ecologists: a practical guide to using and evaluating microsatellite markers. *Ecology Letters* 9(5): 615–29.

Semagn K., A. Bjørnstad, & M. Ndjondjop. 2006. An overview of molecular marker methods for plants. *African Journal of Biotechnology* 5(25): 2540–2568.

Shneyer V.S. 2009. DNA barcoding is a new approach in comparative genomics of plants. *Russian Journal of Genetics*, 45(11): 1267–1278.

Sinchi. 2012. Fichas técnicas de especies de uso forestal y agroforestal en la Amazonía Colombiana. Instituto Amazónico de Investigaciones Científicas Sinchi.

Sistema de Información Ambiental de Colombia-SIAC. 2013. Sistema Nacional de Áreas Protegidas. URL: <https://www.siac.gov.co/contenido/contenido.aspx?catID=857&conID=1366>.

Smouse P.E. & R. Peakall. 1999. Spatial autocorrelation analysis of individual multiallele and multilocus genetic structure. *Heredity* 82: 561-573



Snook L.K. 1996. Catastrophic disturbance, logging and the ecology of mahogany (*Swietenia macrophylla* King): grounds for listing a major tropical timber species in CITES. *Botanical Journal of the Linnean Society* 122: 35-46.

Snook L.K. 2000. Regeneración y crecimiento de la Caoba (*Swietenia macrophylla* King) en las selvas de Quintana Roo. Pp 18.

Snook L.K., L. Cámara-Cabral, M.J. Kelty. 2005. Six years of fruit production by mahogany trees (*Swietenia macrophylla* King): patterns of variation and implications for sustainability. *Forest Ecology and Management* 206: 221–235.

Spironello W.R., P.T.B. Sampaio & B. Ronchi-Teles. 2004. Produção e predação de frutos em *Aniba rosaeodora* Ducke var. *Amazonica* Ducke (Lauraceae) em sistema de plantio sob floresta de terra firme na Amazônia Central. *Acta Botanica Brasilica* 18 (4): 801-807.

Stockwell D.R. B. & D.P. Peters. 1999. The GARP modelling system: Problems and solutions to automated spatial prediction. *International Journal of Geographic Information Systems* 13:143-158.

Sua S.T., N. Castaño & D. Cárdenas. 2009. Modelo predictivo de la distribución de flor de Inírida de invierno *Guacamaya superba*. *Revista Colombia Amazónica Nueva Época* 2: 145-154.

Sutherland W.J. 2006. *Ecological Census Techniques, a handbook*, second edition. Cambridge University Press. USA, NY. 432 pp.

Tambarussi, E. V., A. M. Sebbenn, M. A. Moreno., E. M. Ferraz., P. Y. Kageyama & R. Vencovsky. 2013. Microsatellite Markers for *Cariniana legalis* (Lecythidaceae) and Their Transferability to *C. estrellensis*. *Applications in Plant Sciences*, 1(6).

Tamura K., D. Peterson, N. Peterson, G. Stecher, M. Nei & S. Kumar. 2011. MEGA5: Molecular Evolutionary Genetics Analysis using Maximum Likelihood, Evolutionary Distance, and Maximum Parsimony Methods. *Molecular Biology and Evolution* 28: 2731-2739.

Tapia M. 2005. Proyecto de prefactibilidad para la producción y exportación de aceites esenciales al mercado español, periodo 2005-2014. Tesis previa la obtención del título de Ingeniero de Comercio Exterior e Integración. Facultad de Ciencias Económicas y Negocios. Universidad Tecnológica de Equinoccial, Ecuador, pp 15

Taylor A.H. & C.B. Halpern. 1991. The structure and dynamics of *Abies magnifica* forests in the southern Cascade Range, USA. *Journal of Vegetation Science* 2:189-200.

Thomas L., S. T. Buckland., E. A. Rexstad., J. L. Laake, S. Strindberg, S. L. Hedley., J. R. B. Bishop, T. A. Marques & K. P. Burnham. 2010. Distance software: design and analysis of distance sampling surveys for estimating population size. *Journal of Applied Ecology* 47: 5-10.

Thomson S.K. 2002. *Sampling*. John Wiley & Sons, Inc. New York. 367 pp.

Thuiller W. 2003. BIOMOD – optimizing predictions of species distributions and projecting potential future shifts under global change. *Global Change Biology* 9: 1353–1362.

Tnah L.H., S. L Lee, K.K.S. Ng, Q. Z Faridah and I. Garidah-Hanum. 2010. Highly variable STR markers of *Neobalanocarpus heimi* (Dipterocarpaceae) for forensic DNA profiling. *Journal of Tropical Forest Science* 22(2):214-226.

Toledo M., B. Chevallier, D. Villarroel & B. Mostacedo. 2008. Ecología y silvicultura de especies menos conocidas Cedro, *Cedrela* spp. Proyecto BOLFOR II/ Instituto Boliviano de Investigación Forestal Santa Cruz, Bolivia. Pp 40.

Torres G. 2013. El aprovechamiento del Ishpink *Ocotea quixos*, Manual de buenas prácticas de recolección. Fundación Chankuap. Ecuador. 39 pp.

Travisany G. 2006. Estado y aprovechamiento sostenible de la caoba en Nicaragua. En: Estado y aprovechamiento sostenible de la caoba en Centroamérica. Magin, G. (ed). Fauna & Flora International. Pp 52.

TROPICOS. 2013a. Missouri Botanical Garden. Consultado el 02 de Octubre de 2013 . En: <http://www.tropicos.org/Name/17805788>

Trujillo N. 2004. Manual de Árboles. Investigaciones Forestales No 44. Bogotá Colombia. Pp 250.

Tsou C. & S.A. Mori. 2002. Seed coat anatomy and its relationship to seed dispersal in subfamily Lecythidoideae of the Lecythidaceae (The Brazil Nut Family). *Botanical Bulletin of Academia Sinica* 43: 37-56.

UICN. 2010. Declaración de la UICN a las partes. Disponible en la página web: http://cmsdata.iucn.org/downloads/iucn_statement_to_the_parties_spanish.pdf Visitado el 16/10/2012.

Ulloa C. 2006. Aromas y sabores andinos. *Botánica Económica de los Andes Centrales* pp.313-328

UNEP World Conservation Monitoring Centre. 2008. Estrategias para el uso y el manejo sostenibles de especies arbóreas sujetas a comercio internacional: Sudamérica.

Unidad de Coordinación de GBIF en España GBIF-ES, 2012. VIII Taller GBIF de Modelización de Nichos Ecológicos (Abril 2012). <http://www.gbif.es/formaciondetalles.php?IDForm=96#ad-image-0>, Agosto 22 de 2012.

Useche F.L., W.H. Valencia, & G. Viera. 2011. Desarrollo inicial de *Aniba rosaeodora* Ducke en claros artificiales de bosque primario, amazonia central brasilera. *Ingenierías & Amazonia* 4(1): 5-18.

Valencia W.H., P.T.B. Sampaio & L.A.G. Souza. 2010. Crecimiento inicial de Palo de Rosa (*Aniba rosaeodora* Ducke) en distintos ambientes de fertilidad. *Acta Amazonica* 40 (4): 693-698.

Valentini A., F. Pompanon & P. Taberlet. 2009. DNA barcoding for ecologists. *Trends in Ecology & Evolution* 24(2): 110-7.

Valerio J. 1997. Intensidad de Cosecha y Ciclos de Corta en el Manejo de Bosque Natural. Costa Rica. 2-6 p.





Van der Werff H. 1991. A Key to the Genera of Lauraceae in the New World. Annals of the Missouri Botanical Garden, Vol. 78, No. 2, pp. 377-387

Van der Werff H. & F. Lorea-Hernández. 1999. Lauraceae. Pp. 526-533. En: Jorgensen P. M. & S. León-Yanez. 1999. Catalogue of the vascular plants of Ecuador. Monographs in Systematic Botany from The Missouri Botanical Garden 75: 1-1181.

Van Rheenen H.M.P.J.B., R.G.A. Boot, M.J.A. Werger & M.U. Ulloa. 2004. Regeneration of timber trees in a logged tropical forest in North Bolivia. Forest Ecology and Management 200: 39-48.

Vargas W. 2002. Guía Ilustrada de las Plantas de las Montañas del Quindío y los Andes Centrales. Manizales, Colombia, Centro Editorial Universidad de Caldas. 814p.

Vargas G. & B. Giraldo. 2002. Propiedades fisicomecánicas y de trabajabilidad de la madera en cinco especies cultivadas en el ecosistema guaviarenses. San José del Guaviare, Instituto Amazónico de Investigaciones Científicas, Sinchi, 28 p.

Vargas R. & Klop A. 1987. Algunas especies forestales para la reforestación en Urabá, Colombia. Corporación Nacional de Investigación y Fomento Forestal CONIF. Serie Técnica No. 21. Bogotá. 38 pp.

Vásquez C., A.M. & A.M. Ramírez. 2005. Maderas comerciales en el Valle de Aburrá. Área Metropolitana del Valle de Aburrá, Medellín 246 p.

Vásquez J.C. 2008. Legislación nacional para la aplicación de la Convención sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestres. Oficina legal, Secretaría CITES.

Vázquez-Yanes C. & A. Orozco-Segovia. 1993. Patterns of Seed Longevity and Germination in the Tropical Rainforest. Annual Review of Ecology and Systematics 24: 69-87.

Varty N. 1996. Data collection forms for Brazilian Atlantic forest species

Venegas L. 1982. Ensayos con cuatro procedencias de abarco (*Cariniana pyriformis* Mies.) en la zona del Carare. INDERENA. Investigación Forestal. Bogotá, Colombia. 9p.

Verwer C., M. Peña-C., D. van der Staak, K. Ohlson-Kiehn & F.J. Sterck. 2008. Silviculture enhances the recovery of overexploited mahogany *Swietenia macrophylla*. Journal of Applied Ecology 45: 1770-1779.

Villa A.M. & J.F. Ramirez. 2005. Caracterización diamétrica de las especies maderables en bosques primarios del Cerro Murrucucú. Trabajo de grado de Ingeniería Forestal. Universidad Nacional de Colombia sede Medellín. 93 pp.

Wan Q.H., H. Wu, T. Fujihara & S.G. Fang. 2004. Which genetic marker for which conservation genetics issue? Electrophoresis 25(14): 2165-76.

Wang M., N. Barkley & T. Jenkins. 2009. Microsatellite markers in plants and insects. Part I: Applications of Biotechnology. Genes, genomes and genomics. Retrieved from http://caes.uga.edu/departments/ent/pubs/jenkins_Microsatellitel.pdf

Whitmore J.L. 1973. Studies on the shootborer *Hypsipyla grandella* Zeller Lep. Pyralidae. Volumen III. Turrialba, CATIE. 117 p.

Williams K. & J.M. Cardona. 2012. Manejo Forestal Sostenible: Un Enfoque Equilibrado para Colombia. http://www.revista-mm.com/ediciones/rev73/forestal_manejo.pdf

Worbes M. 1995. How to measure growth dynamics in tropical trees a review. IAWA Journal. Vol. 16 (4): 337-351.

Worbes M. 1997. The forest ecosystem of the floodplains. pp. 223-266. In: W.J. Junk (ed.). The Central Amazon floodplain: Ecology of a pulsing system. Ecological Studies 126, Springer, Heidelberg.

World Conservation Monitoring Center. 1998. *Swietenia macrophylla*. En IUCN. 2004. 2004 IUCN List of threatened Species. www.redlist.org. Consultado el 28 de Noviembre de 2005

World Conservation Monitoring Centre. 1998. *Cariniana pyriformis*. In: IUCN 2013. IUCN Red List of Threatened Species. Version 2013.2. www.iucnredlist.org. Consultado el 26 Diciembre 2013.

Yaya M.L., O.L. Rodriguez, W. Usaquén & A. Chaparro. 2005. Inducción de organogénesis indirecta en Abarco (*Cariniana pyriformis* Miers.). Agronomía Colombiana 23(1): 50-54.

Zelener N., M.C. Soldati, M.V. Inza, R.R. Aguirre, D. Salek, A. Araujo, M. van Zonneveld & L. Fornes. 2012. Distribución geográfica de la diversidad genética molecular de dos especies de *Cedrela* (*C. liloi* y *C. balansae*) sujetas a severos procesos de degradación en la Selva Tucumano-Boliviana. In VIII Ciclo de Conferencia RRNN. pp. 1-16.



