

Dictamen de Extracción no Perjudicial
(Non-Detriment Findings, DENP) de
CEDRELA SPP. EN BRASIL



Dictamen de Extracción no Perjudicial
(Non-Detriment Findings, DENP) de

CEDRELA SPP. EN BRASIL



Presidencia de la República

Luiz Inácio Lula da Silva

Ministerio de Medio Ambiente y Cambio Climático – MMA

(En portugués: Ministério do Meio Ambiente e Mudança do Clima – MMA)

Marina Silva

Instituto Brasileño del Medio Ambiente y de los Recursos Naturales Renovables – IBAMA

(En portugués: Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e Recursos Naturais Renováveis – IBAMA)

Rodrigo Antônio de Agostinho Mendonça

Junta Directiva de la Biodiversidad y Bosques – DBFlo

(En portugués: Diretoria de Biodiversidade e Florestas – DBFlo)

Lívia Karina Passos Martins

Coordinación General de Gestión y Seguimiento del Uso de la Flora – CGFlo

(Em portugués: Coordenação Geral de Gestão e Monitoramento do Uso da Flora – CGFlo)

y Autoridad Científica Cites para la Flora

Allan Valezi Jordani

Equipo Técnico: Ana Clara Fernandes Domingos, Claudia Maria Correia de Mello,

José Pedro Zuffo Janducci, Maria Carolina Póvoas de Lima, Vinicius Otavio

Benoit Costa, Manolo Trindade Quintilhan, Yanka Laryssa Almeida Alves

Instituto Chico Mendes para la Conservación de la Biodiversidad – ICMBio

(En portugués: Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade – ICMBio)

Equipo Técnico : Suelma Ribeiro Silva

Instituto de Investigaciones *Jardín Botánico de Rio de Janeiro* – JBRJ

(En portugués: Instituto de Pesquisas Jardim Botânico do Rio de Janeiro – JBRJ)

Equipo Técnico: Eduardo Pinheiro Fernandez

Instituto Nacional de Investigaciones de Amazonía – INPA

(En portugués: Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia – INPA)

Equipo Técnico: Flávia Regina Capellotto Costa, Jochen

Schöngart, Maristerra Rodrigues Lemes

Ministerio Público del Estado de *Mato Grosso* – MPMT

Equipo Técnico: José Guilherme Roquette

Servicio Forestal Brasileño – SFB

(En portugués: Serviço Florestal Brasileiro – SFB)

Equipo Técnico: Dárlison Fernandes Carvalho de Andrade

Universidad del Estado de *Mato Grosso* – UNEMAT

Equipo Técnico: Beatriz Schwantes Marimon

Universidad del Estado de *Campinas* – UNICAMP

Equipo Técnico: Peter Stoltenborg Groenendijk

Universidad de Tecnología *Chalmers* – CTH

Equipo Técnico: Caroline Sartorato Silva França

Título del Proyecto

Dictamen de extracción no perjudicial de *Cedrela* spp. en Brasil

Coordinación

Allan Valezi Jordani – Autoridad Científica CITES del Ibama para la Flora

Autoridades Científicas Cites en Brasil

Instituto Brasileño del Medio Ambiente y de los Recursos Naturales Renovables

– Ibama, Instituto Chico Mendes para la Conservación de la Biodiversidad –

ICMBio e Instituto de Investigación Jardín Botánico de Río de Janeiro – JBRJ.

Autoridad Administrativa Cites en Brasil

Instituto Brasileño del Medio Ambiente y de los Recursos Naturales Renovables – Ibama

Referencia bibliográfica

Instituto Brasileiro de Meio Ambiente e Recursos Naturais Renováveis

– Ibama. (2024). Parecer de extração não prejudicial de *Cedrela*

spp. no Brasil Autoridade Científica Cites do Brasil, Brasília.

Derechos de autor

Instituto Brasileiro de Meio Ambiente e Recursos Naturais Renováveis. Referencia a

la Autoridad Científica de Brasil. Dirección: *SCEN Trecho 2*, Edificio: *Sede*, Barrio: *L4*

Norte, Código Postal: *CEP: 70818-900*, Ciudad/Estado: *Brasília/Distrito Federal*.

Proyecto Gráfico y Impresión

LEAP - Programa de Delitos Forestales y Comercio Ilícito de Madera de la

Oficina de las Naciones Unidas contra la Droga y el Delito, financiado por la

Iniciativa Internacional Noruega sobre Clima y Bosques (NICFI), y que apoya

a países de América Latina y el Sudeste Asiático a identificar actividades

ilícitas a lo largo de la cadena de custodia de la madera y a prevenir, detectar y

desmantelar redes criminales globales involucradas en delitos forestales.

Datos Internacionales de Catalogación en la Publicación – CIP

I59d Instituto Brasileño del Medio Ambiente y de los Recursos Naturales Renovables.
Dictamen de extracción no perjudicial (Non-Detriment Findings, DENP)
de *Cedrela* spp. en Brasil / [Allan Valezi Jordani, coordinador]. –
Brasília, DF : Ibama, 2025.
251 p. : mapas, tabs.

ISBN 978-65-5799-054-4

1. *Cedrela* spp.. 2. Manejo sostenible. 3. Extracción vegetal. I. Jordani, Allan
Valezi. II. Título.

CDU 582.744.4(81)

Biblioteca Nacional del Medio Ambiente
Thaís da Silva Rodrigues – CRB1/3688

RESUMEN

AGRADECIMIENTOS	8
INTRODUCCIÓN	12
Resumo	13
1. Cites	14
2. El Dictamen de extracción no perjudicial	16
3. Panorama de la exploración del género <i>Cedrela</i>	18
4. Metodología	19
5. Referencias.....	21
CAPÍTULO 1	23
Resumen.....	24
1. Identificación de especies.....	25
1.1. Taxonomía.....	25
1.2. Dendrología y anatomía de la madera.....	25
1.3. Identificación botánica en un Plan de Manejo Forestal Sostenible – PMFS.....	29
2. Características biológicas.....	35
2.1. Papel en el ecosistema.....	39
3. Consideraciones finales	39
4. Referencias.....	41
CAPÍTULO 2	49
Resumen.....	50
1. Distribución geográfica y tipo de hábitat.....	51
2. Probabilidad de ocurrencia de la especie en la Amazonía brasileña ...	52
3. Riesgos biológicos.....	56
4. Condición de la Conservación.....	61
5. Consideraciones finales	64
6. Referencias.....	65

CAPÍTULO 3	70
Resumen.....	71
Contexto	72
1. Estructura poblacional de <i>Cedrela</i> spp. en la Amazonía: inventarios forestales.....	75
2. Anillos de crecimiento de <i>Cedrela</i> spp.	77
3. Monitoreo poblacional de <i>Cedrela</i> spp.: parcelas permanentes.....	80
4. Mortalidad y reclutamiento	84
5. Dinámica poblacional	86
6. Consideraciones finales	87
7. Referências bibliográficas	89
CAPÍTULO 4	94
Resumen.....	95
Contexto	96
1. Normas y control de la extracción forestal en Brasil.....	99
1.1. Habilidades de manejo forestal	100
1.2. Regulaciones Federales.....	101
1.3. Manejo Forestal en Bosques Públicos	108
1.4. Manejo Forestal Comunitario – MFC	110
1.5. Manejo Forestal Sostenible en los Estados	111
2. Sistemas federales y estatales de control, seguimiento y licenciamiento ambiental (Sinaflor, DOF Legado, DOF+ Trazabilidad, Simlam y Sisflora) ...	116
2.1. Sistemas Federales.....	117
2.2. Sistemas estatales (Mato Grosso y Pará).....	121
2.3. Lagunas en la trazabilidad	122
3. Extracción sostenible de <i>Cedrela</i> spp. en la Amazonía legal brasileña	123
3.1. Evaluación 1 – Extracción Sostenible de <i>Cedrela</i> spp.: Superficie bajo Manejo y Volumen por Especie.....	124
3.2. Evaluación 2 – Extracción Sustentable de <i>Cedrela</i> spp.: Árboles por Área de Manejo Efectivo	128
3.3. Evaluación 3 – Extracción de <i>Cedrela</i> spp. en PMFS: Intensidad Efectiva de Extracción.....	133
4. Consideraciones finales	135
5. Referencias	137

CAPÍTULO 5	145
Resumen.....	146
Contexto	147
1. Tendencias generales de producción y consumo	149
1.1. Producción	149
1.2. Consumo	152
2. Relevancia de la producción y el comercio ilegales	154
3. Caracterización de las complicaciones técnico-legales en los Planes de Manejo Forestal.....	158
4. Evaluación del comercio legal e ilegal de <i>Cedrela</i> spp.....	164
4.1. Riesgos de ilegalidad asociados a los permisos de aprovechamiento y sobreestimación de especies.....	170
4.2. Riesgos de ilegalidad asociados al inventario y posterior declaración de tala	174
4.3. Riesgos de ilegalidad asociados a las discrepancias entre el consumo y la producción y Distribución geográfica de los riesgos de ilegalidad ..	176
5. Consideraciones finales	179
6. Referencias.....	181
CAPÍTULO 6	188
Resumen.....	189
Contexto	190
1. Evaluación del nivel de rigor de las medidas actuales del Plan de Manejo Forestal Sostenible - PMFS en Brasil.....	192
2. Criterios de gestión forestal maderera, a nivel de especie	196
2.1. Criterios de Manejo Forestal Maderero para <i>Cedrela</i> spp. en Brasil ..	197
2.2. Recomendaciones de tratamiento silvícola para <i>Cedrela</i> spp.....	207
3. Consideraciones finales	209
4. Referencias.....	210

CAPÍTULO 7	220
Resumen.....	221
Contexto	222
1. Análisis - El Dictamen de Extracción No Perjudicial	224
2. Definición de Criterios de Manejo Forestal Sostenible.....	230
3. Conclusión y Recomendaciones	232
3.1. Estudios Técnicos y Científicos	234
3.2. Recomendaciones de criterios en el Proceso de Autorización	234
3.3. Recomendación de especies alternativas.....	238
3.4. Recomendaciones a la Autoridad Administrativa CITES de Brasil..	239
4. Consideraciones finales	240
5. Referencias.....	241
Apéndice A	245
Apéndice B.....	251



AGRADECIMIENTOS



O El Dictamen de Extracción No Perjudicial de *Cedrela* spp. en Brasil fue elaborada a través de la dedicación colaborativa del Grupo de Trabajo establecido en la Ordenanza de Personal n. 701, del 15 de abril de 2024. Este grupo ha sido compuesto por miembros del Instituto Brasileño de Meio Ambiente y de los Recursos Naturales Renovables – Ibama, Instituto de Investigaciones Jardín Botánico de Rio de Janeiro – JBRJ, Instituto Chico Mendes para la Conservación de la Biodiversidad – ICM-Bio, Servicio Forestal Brasileño – SFB, Instituto Nacional de Investigaciones de Amazonía – INPA, Universidad del Estado de Mato Grosso – UNEMAT, Universidad Estadual de Campinas – UNICAMP, Universidad de Tecnología Chalmers – CTH y Fiscalía del Estado de Mato Grosso – MPMT.

Nos gustaría agradecer a las siguientes personas y organizaciones por su tiempo para contribuir al desarrollo del Dictamen y participar en nuestras reuniones técnicas. Se trata de la Sra. Ana Clara Fernandes Domingos (Ibama), la Sra. Claudia Maria Correia de Mello (Ibama), el Sr. José Pedro Zuffo Janducci (Ibama), la Sra. Maria Carolina Povoas de Lima (Ibama), el Sr. Manolo Trindade Quintilhan (Ibama), el Sr. Vinicius Otavio Benoit Costa (Ibama), la Sra. Yanka Laryssa Almeida Alves (Ibama), el Sr. Eduardo Pinheiro Fernandez (JBRJ), el Sr. Gustavo Martinelli (JBRJ), la Sra. Suelma Ribeiro Silva (ICMBio), Dárlison Fernandes Carvalho de Andrade (SFB), Sra. Flavia Regina Capellotto Costa (INPA), Sr. Jochen Schöngart (INPA), Sra. Maristerra Rodrigues Lemes (INPA), Sra. Beatriz Schwantes Marimon (UNEMAT), Sr. Peter Groenendijk (UNICAMP), Sra. Caroline Sartorato Silva França (CTH) y Sr. José Guilherme Roquette (MPMT).

Agradecemos al Ministerio del Ambiente del Perú por compartir datos sobre la ocurrencia de especies CITES en su país, a la Dra. Catarina Silva de Carvalho, a la Dra. Miriam Kaehler, al Dr. Haroldo Cavalcante de Lima, al Dr. Domingos Cardoso, al Dr. Mario Gomes y a los investigadores de JBRJ por revisar los puntos de ocurrencia de los géneros CITES, y al estudiante de doctorado Nelson Eliecer Jaén Barrios por su asistencia a través del modelamiento de la probabilidad de ocurrencia y la disponibilidad volumétrica natural de cada especie enumerados en el Apéndice II CITES evaluada, y a la Dra. Karina Melgaço por la revisión y orientación en el análisis de los datos de las parcelas permanentes.

También queremos agradecer a los analistas ambientales del Ibama, Gustavo Bediaga de Oliveira, Lisarbson Messias e Silva, Fabrício Alves Rodrigues y Wanderley Ribeiro de Souza Júnior, por su asistencia en la extracción, higienización, refinación y evaluación de datos de los sistemas de control del Ibama. Agradecemos a la practicante de la Coordinación de Gestión del Uso Sostenible de la Flora – COUSF/Ibama, Ana Beatriz Torquato, por su ayuda en el formateo de los manuscritos, y al alumno de la UNICAMP, José Augusto Aguiar, por su ayuda en la recopilación de datos.

Nos gustaría agradecer a los analistas ambientales del Servicio Forestal Brasileño, Alexandre Gontijo y Elisa Palhares de Souza, por la elaboración de las descripciones anatómicas de la madera y las perspectivas futuras relacionadas con las herramientas científicas para la identificación y trazabilidad de la madera.

Expresamos nuestro agradecimiento a los investigadores y empresarios que compartieron los datos de las parcelas permanentes. Ellos son el Dr. Oliver Phillips, la Dra. Aurora Levesley y todos los usuarios de ForestPlots (Apéndice A), quienes amablemente proporcionaron los datos del inventario de las especies aquí analizadas, la Dra. Lia Melo, el Dr. Ademir Ruschel y el Dr. Lucas Mazzei (Red de Monitoreo de la Dinámica Forestal Amazónica – Redeflor), la Dra. Cintia Souza (Empresa Brasileña de Investigación Agrícola y Ganadera – Embrapa Amazonía Occidental), Dr. Marcus Vinicio Neves d'Oliveira (Embrapa Acre), Dr. Edson Vidal (Universidad de São Paulo – USP), la empresa Mil Madeiras Preciosas, la empresa Agro cortex, las concesionarias forestales Madeflona Industrial Madeireira, RRX Agroflorestal, Ebata Produtos Florestais y Samise Indústria, Comércio e Exportação.

Agradecemos a los investigadores Dr. Víctor Hugo Ferreira Andrade, Dr. Giuliano Locosselli, Dr. Daigard Ricardo Ortega Rodríguez, Dr. José Roberto Vieira Aragão, Dr. Darwin Alexander, Dr. Jorge Andrés Ramírez Correa, Dr. Gabriel de Assis Pereira, Dr. Leif Armando Portal Cahuana, Dr. Lucas Guimarães Pereira, Dra. Luciana Karla Sousa, Dr. Edilson Requena Rojas, Dra. Daniela Granato de Souza, Dra. Ana Carolina Maioli Barbosa, Dr. Bernardo Pretti B. Macieira y Dr. Roel Brien por el envío de datos sobre anillos de crecimiento de *Cedrela odorata*, *Cedrela fissilis* y *Handroanthus serratifolius*. Agradecemos a la Dra. Izabela Aleixo por la compilación, análisis y elaboración de gráficos relacionados con el monitoreo fenológico de las especies listadas en el Apéndice II CITES en la Amazonía central.

Agradecemos a los investigadores Paulo Amaral, Alexandra Alves, Camila Damasceno y Dalton Cardoso del Instituto do Homem e Meio Ambiente da Amazônia – Imazon por su apoyo en el análisis de superposición con áreas de deforestación.

ción, y a la Rede do Sistema de Exploração Madeireira – Simex por su asistencia en el análisis de superposición con áreas explotadas legal e ilegalmente.

Nos gustaría agradecer a los investigadores André Giles, José Roberto Vieira Aragão, Lucas Guimarães Pereira y Maria Luiza de Azevedo por su ayuda y dedicación en el análisis de datos, el modelado de criterios de manejo a nivel de especie y el formato del documento final.

Queremos agradecer a los representantes de las 55 instituciones que participaron en el “1º Taller de Especialistas para la Construcción del DENP de los géneros: *Handroanthus*, *Tabebuia*, *Dipteryx* y *Cedrela*”, realizado entre el 18 y 19 de junio de 2024 en Brasilia/DF, así como a los 120 participantes del “2º Taller de Especialistas para la Construcción del DENP de los géneros *Handroanthus*, *Tabebuia*, *Dipteryx* y *Cedrela*” que tuvo lugar del 03 al 05 de septiembre de 2024 en Belém/PA. También agradecemos a todos los participantes de la “Semana Ipê e Cumaru na CITES”, realizada entre el 4 y el 7 de noviembre de 2024 en Brasilia/DF.

Agradecemos a Natália Milanezi y Priscila Topázio por organizar los eventos realizados por la Oficina de las Naciones Unidas contra la Droga y Crimen – UNODC a través del Proyecto ECOS – Cooperación Regional para Combatir los Delitos Ambientales, con el apoyo de la Agencia de los Estados Unidos de Norteamérica para el Desarrollo Internacional – USAID.

En nombre del equipo del proyecto.

Allan Valezi Jordani

Coordinador General de Manejo y Monitoreo del Uso de la Flora (Ibama)

Autoridad Científica CITES de Brasil para la Flora



INTRODUCCIÓN

Allan Jordani^{1,2}, Yanka Alves², Manolo Quintilhan², y Grupo de Trabajo Ordenanza de Personal n. 701, del 15 de abril de 2024³

RESUMO

La CITES, con 185 países signatarios, regula el comercio internacional de más de 40.000 especies, incluidas 34.000 plantas, para evitar su exploración insostenible. En Brasil, el manejo del género *Cedrela*, que incluye especies como el cedro, refleja los desafíos históricos de la tala incontrolada y la grave pérdida de población. En 2019, la inclusión de todas las especies de *Cedrela* spp. en el Apéndice II CITES, con la anotación #6, impuso la necesidad de permisos de exportación y garantías de que la extracción no perjudique su supervivencia ni las funciones ecosistémicas. Esta inclusión reconoce la amenaza de la extracción insostenible y busca evitar impactos irreversibles en la sostenibilidad de la especie. La elaboración del Dictamen de Extracción No Perjudicial (DENP) es fundamental para autorizar el comercio. En Brasil, el proceso fue llevado a cabo por el Ibama y un grupo de trabajo interinstitucional, utilizando datos nacionales e internacionales, talleres participativos y guías técnicas. El DENP abordó la identificación taxonómica, el modelado de distribución, la dinámica poblacional y los criterios de manejo sostenible, integrando información para mitigar los riesgos para la especie. Estas acciones tienen como objetivo asegurar la extracción económica responsable y la conservación de las poblaciones del género *Cedrela*, asegurando la continuidad del uso sostenible y preservando la integridad de su ecosistema.

Palabras clave: CITES; *Cedrela* spp.; Dictamen de Extracción No Perjudicial -DENP

-
- 1 Autoridad Científica CITES, Instituto Brasileño de Medio Ambiente y de los Recursos Naturales Renovables – Ibama
 - 2 Coordinación General de Gestión y Monitoreo del Uso de la Flora, Instituto Brasileño de Medio Ambiente y de los Recursos Naturales Renovables – CGFlo/DBFlo/Ibama
 - 3 Ordenanza de Personal n.º 701, del 15 de abril de 2024

1. CITES

La Convención sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestres (CITES) desempeña un papel crucial en la conservación de las especies de plantas y animales amenazadas por el comercio internacional (Sheikh y Corn, 2016). Con 185 países signatarios, la CITES, a través de la regulación comercial, ofrece diferentes grados de protección a más de 40 mil especies, de las cuales 34 mil son solo plantas. La convención ha evolucionado hasta convertirse en una herramienta ampliamente aceptada para monitorear y demostrar la legalidad del comercio de madera, que representa la forma más valiosa de comercio de vida silvestre (Oldfield, 2013).

La CITES fue redactada como resultado de una resolución adoptada en 1963 durante una reunión de los miembros de la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (UICN). El texto de la Convención fue acordado en una reunión de representantes de 80 países en Washington, D.C., Estados Unidos, el 3 de marzo de 1973, y entró en vigor el 1 de julio de 1975. En noviembre del mismo año, Brasil promulgó oficialmente su adhesión como Parte, y en septiembre de 2000 reglamentó su implementación en el territorio nacional, a través del Decreto Federal n. 3.607, definiendo las competencias de las autoridades administrativas y científicas nacionales en la Convención. En este acuerdo, correspondía al Instituto Brasileño de Medio Ambiente y de los Recursos Naturales Renovables (Ibama), como principal órgano executor de las políticas ambientales nacionales, ser la institución central en la regulación del comercio internacional de especies amenazadas de fauna y flora en el país, con la atribución de la competencia de autoridad administrativa, responsable del análisis de las solicitudes de comercio internacional y de la emisión de los respectivos permisos de exportación o importación de especímenes y/o productos y subproductos respectivos.

El Ibama, además del Instituto Chico Mendes para la Conservación de la Biodiversidad (ICMBio) y el Instituto de Investigaciones Jardim Botánico de Río de Janeiro (JBRJ), también tuvo a su cargo la competencia como Autoridades Científicas, encargadas de evaluar los posibles daños a la supervivencia de las especies CITES cuyos ejemplares son objeto de comercio internacional. Esta evaluación deberá tener en cuenta la conservación de la especie, tanto a nivel local como en toda su área de distribución natural, a un nivel coherente con su función ecosistémica, subsidiando la decisión de la Autoridad Administrativa sobre la autorización de exportación o importación.

Se estima que, anualmente, el comercio internacional de vida silvestre mueve miles de millones de dólares e involucre cientos de millones de especímenes de plantas y animales. Los niveles de extracción de algunas especies de animales y plantas son elevados, y el comercio de estas especies, junto con otros factores como la pérdida de

hábitat, puede provocar una reducción drástica de sus poblaciones e incluso la extinción de algunas de ellas. Muchas especies comercializadas no están amenazadas de extinción, pero la existencia de un acuerdo que garantice la sostenibilidad del comercio es crucial para proteger estos recursos para las generaciones futuras (CITES, 2024).

A lo largo de sus 50 años de existencia, la CITES ha creado un marco mundial sostenible para minimizar las amenazas del comercio legal y combatir el comercio ilegal de especies silvestres (Rednikova, 2023). Con respecto a la gestión de las especies de maderas de elevado valor comercial, el Convenio ha adoptado varios instrumentos normativos, con el objetivo de apoyar a las autoridades nacionales de gestión y promover decisiones de gestión sostenible (Aguilar, 2013). A pesar de enfrentar varios desafíos, principalmente relacionados con el comercio ilegal, la CITES sigue siendo un instrumento vital en la protección de la biodiversidad mundial (Wijnstekers, 2011; Rednikova, 2023).

En los Apéndices I, II y III de la Convención se enumeran las especies que reciben diferentes niveles o tipos de protección contra la sobreexplotación. En el Apéndice I se enumeran las especies que se consideran en peligro de extinción por el comercio internacional, lo que da lugar a la prohibición de las transacciones entre las Partes de especímenes, o de los respectivos productos y subproductos de estas especies, excepto cuando el propósito de la importación no sea comercial, como en los casos de investigación científica.

En el Apéndice II se incluyen especies que no están necesariamente amenazadas de extinción en este momento, pero que podrían llegar a estar en peligro de extinción si el comercio no se controla estrictamente. También incluye las llamadas “especies de aspecto similar”, es decir, aquellas cuyos especímenes en el comercio se asemejan a los de las especies incluidas en la lista por razones de conservación. El comercio internacional de las especies del Apéndice II podrá autorizarse mediante la concesión de un permiso de exportación o un certificado de reexportación. Estos documentos solo deben concederse si las autoridades competentes que participan en las transacciones están convencidas de que se han cumplido determinadas condiciones, especialmente que el comercio no ponga en peligro la supervivencia de la especie en su hábitat natural. Por lo tanto, el objetivo principal de la inclusión de una especie o género en el Apéndice II es evitar la necesidad de su inclusión en el Apéndice I en el futuro.

En resumen, por lo tanto, la inclusión de una especie en el Apéndice II indica que, sobre la base de la información comercial y científica disponible y de la evaluación de las Partes, el comercio internacional, a las tasas o normas actuales, plantea un riesgo de daño a la especie en su entorno en toda su área de distribución.

Por último, en el Apéndice III se enumeran las especies incluidas a petición de un país miembro, o Parte, que ya regula el comercio de la especie y necesita la cooperación de otros países para prevenir su extracción insostenible o ilegal, pero que no están necesariamente amenazadas de extinción a nivel mundial. El comercio internacional de los especímenes enumerados en el presente Apéndice sólo se permite previa presentación de los permisos o certificados correspondientes.

2. EL DICTAMEN DE EXTRACCIÓN NO PERJUDICIAL

La constatación de inexistencia de daño, a través del Dictamen de Extracción No Perjudicial (DENP), emitido por las Autoridades Científicas de la CITES para las especies en los Apéndices II (y I), evalúa si los volúmenes o productos comercializados no son nocivos para la supervivencia de una especie determinada, teniendo en cuenta el mantenimiento de sus funciones ecosistémicas dentro de su área de ocurrencia. Este proceso debe considerar parámetros biológicos y ambientales relacionados con el estado poblacional de la especie. En el caso de las especies madereras, deben evaluarse parámetros como su área de distribución y hábitats, el estado y las tendencias de la población, las prácticas de tala, los volúmenes extraídos y el impacto de la extracción y el comercio, legal e ilegal, en las especies objetivo. El impacto esperado de las exploraciones actuales o propuestas en la estructura poblacional y la dinámica de la especie es el tema central que debe abordarse durante el proceso de redacción del DENP. A consecuencia de ellos se produce una recomendación a la Autoridad Administrativa CITES del país exportador. En general, la recomendación se hace en forma de DENP favorable (condición previa para emitir un permiso CITES) o desfavorable.

En este sentido, la Resolución Cites Conf. 16.7 (Rev. CoP17), en carácter recomendatorio, además de la conceptualización de los fundamentos del Dictamen de Extracción No Perjudicial, aconseja que su elaboración sea proporcional a la vulnerabilidad de la especie y basada en metodologías flexibles que consideren las especificidades de los diferentes taxones. También destaca la importancia de la correcta identificación de las especies, la implementación de un manejo adaptativo con monitoreo continuo y el uso de diversas fuentes de información, como el conocimiento de las comunidades locales, los datos de comercio internacional y las encuestas de campo. Estos elementos tienen como objetivo garantizar que el DENP se base en pruebas científicas exhaustivas y refleje las condiciones reales de conservación de la especie.

A lo largo de décadas, las Partes en la Convención han compartido experiencias relacionadas con sus especificidades en la elaboración de dictámenes de extracción no perjudicial para especies maderables, lo que ha permitido la elabo-

ración de guías con directrices generales para ayudar en este proceso, pero que necesariamente tienen en cuenta la experiencia de los expertos que participan en esta preparación (CITES, 2024).

Uno de los principales trabajos que orientó el proceso de elaboración del DENP del género *Cedrela* fue *"Dictámenes de Extracción No Perjudicial CITES para la Madera - Un proceso de nueve pasos para apoyar a las Autoridades Científicas CITES en la formulación de dictámenes de Extracción No Perjudicial (DENP) basados en información científica para las especies maderables/arboreas incluidas en el Apéndice II CITES"*, por D. Wolf, T.E.E. Oldfield y N. McGough. La publicación consiste en un sistema normalizado para registrar y procesar la información necesaria a disposición de una Autoridad Científica CITES para la preparación de los DENP apropiados.

Entre los principales factores a evaluar al inicio de este proceso se encuentra la identificación de los ejemplares y el correcto nombre científico utilizado para la especie, constituyendo la base que sustentará todos los análisis posteriores. También se deben evaluar los parámetros relacionados con el estado de conservación de la especie y los riesgos biológicos potenciales, delimitando el contexto del riesgo asociado con las actividades de exploración, comercio y manejo que deben considerarse. Esta información servirá de base principalmente para la evaluación de los impactos de la extracción y el comercio sobre la población local de la especie, pero también sus impactos a nivel de toda su área de distribución. Finalmente, se evalúa el nivel de rigurosidad de los criterios de gestión adoptados y su suficiencia para mitigar los problemas, riesgos e impactos identificados en los análisis anteriores. Con las conclusiones en la mano, se elabora una opinión conclusiva para ser presentada a la Autoridad Administrativa responsable de emitir el Permiso de Exportación (Wolf et al., 2018).

Es importante subrayar que los parámetros evaluados buscan caracterizar la sostenibilidad y mantenimiento de las funciones ecosistémicas de la especie en poblaciones nacionales y/o subnacionales, pero principalmente en el área explorada. Este enfoque implica una visión muy centrada en las áreas autorizadas y en los criterios de manejo y extracción utilizados a nivel local, con el objetivo a largo plazo de asegurar la presencia de esta especie, con un mantenimiento mínimo de la estructura poblacional en su área de ocurrencia, permitiendo la continuidad de su exploración con similar intensidad en los próximos ciclos.

En un espectro más amplio, las evaluaciones de las poblaciones nacionales son fundamentales para comprender los riesgos asociados con la especie, principalmente relacionados con la extracción y el comercio ilegal, en gran parte de áreas protegidas, como Unidades de Conservación y Tierras Indígenas. En este sentido, su mitigación basada en el proceso de elaboración del DENP se basa

en medidas sistémicas, cuya adopción se dará a través de la implementación de restricciones a los medios utilizados en el ocultamiento de productos ilegales, definición de mecanismos adecuados de monitoreo y control, y asimilación de buenas prácticas utilizadas en los sistemas de manejo forestal sostenible por el resto de la cadena productiva de especies del género *Cedrela*.

3. PANORAMA DE LA EXPLORACIÓN DEL GÉNERO *CEDRELA*

La historia de la tala en Brasil, particularmente de especies valiosas como *Cedrela odorata* (cedro) y *Swietenia macrophylla* (caoba), tiene sus orígenes a principios del siglo XX. También se registraron prácticas similares en el este del Perú, donde las operaciones de tala en pequeña escala eliminaron el cedro y la caoba sin el uso de la mecanización (White, 1978).

Las actividades madereras representan amenazas significativas para las especies de *Cedrela* en América del Sur. En Argentina, el manejo selectivo de *Cedrela lilloi* ha resultado en una reducción de la diversidad genética, particularmente en las poblaciones impactadas (Inza et al., 2012). De manera similar, en Bolivia, la tala ha reducido la abundancia relativa y el área basal de especies comerciales, incluida *Cedrela fissilis* (Fredericksen y Licona, 2000). En Ecuador, cuatro especies de *Cedrela* están presentes, con *C. odorata*, *C. nebulosa* y *C. fissilis* catalogadas como vulnerables o amenazadas por la UICN debido a la sobreexplotación y degradación genética (Llerena et al., 2018). El impacto sobre especies madereras específicas es preocupante, ya que está influenciado por factores como la capacidad de dispersarse a largas distancias, la tasa de crecimiento y la densidad de individuos adultos, que afectan la resistencia de las especies a la presión de extracción (Martini et al., 1994).

Estos estudios subrayan la necesidad de realizar esfuerzos de conservación, incluyendo el mantenimiento de la diversidad genética en las áreas protegidas y el desarrollo de prácticas de manejo sostenible para las especies de *Cedrela* en toda América del Sur (Günter et al., 2004). El manejo forestal sostenible sigue siendo un desafío debido a factores como las prácticas convencionales de extracción y la subvaloración de los recursos forestales (Barros y Veríssimo, 2002).

A continuación, se presenta una cronología de la protección conferida por CITES al género *Cedrela*, cuya presencia natural abarca México, América Central y América del Sur.

2001	<i>Cedrela odorata</i> en el Apéndice III CITES con la Anotación #5: Perú fue el primer país en incluir a <i>Cedrela odorata</i> en el Apéndice III CITES, con la Anotación #5 (trozas, madera aserrada y laminados), en 2001.
2005	Colombia también solicita la inclusión de su población en el Apéndice III, seguida por Guatemala en 2008, lo que refleja una creciente preocupación por la conservación de esta especie debido a su exceso de extracción.
2010	Bolivia, y al año siguiente, Brasil, siguieron a las demás partes de América Latina con la inclusión del género en el Apéndice III, consolidando la preocupación por el impacto del comercio internacional de productos, principalmente madera, en la conservación de estas especies en el territorio latinoamericano.
2019	<i>Cedrela</i> spp. en el Apéndice II CITES: Durante la 18ª Conferencia de las Partes – CoP18 de CITES, celebrada en Ginebra, Suiza, se propuso incluir todas las especies del género <i>Cedrela</i> spp. en el Apéndice II bajo la Anotación #6 (trozas, madera, madera contrachapada y laminados). Esto significa que el comercio internacional de cualquiera de estos productos de la especie <i>Cedrela</i> estaría regulado para evitar la extracción insostenible. La propuesta fue aprobada, reflejando el reconocimiento de que varias especies del género estaban amenazadas debido al comercio internacional no regulado de su madera.
2020	Implementación de la inclusión en el Apéndice II: La inclusión de <i>Cedrela</i> spp. en el Apéndice II entró en vigor el 28 de agosto de 2020. Esto implica que el comercio de todas las especies de <i>Cedrela</i> desde entonces requiere un permiso de exportación, y los países exportadores deben asegurarse de que la extracción de estas especies no sea perjudicial para su supervivencia.

La historia de la extracción del género *Cedrela* en Brasil refleja un estándar común de muchas especies de maderas tropicales: una extracción inicialmente desenfrenada, seguida de graves disminuciones poblacionales y, más recientemente, esfuerzos para regular y controlar el comercio y promover la conservación. La inclusión del género en CITES es un paso importante, pero el éxito de la conservación de estas especies depende de la aplicación efectiva de las leyes de protección ambiental y de la gestión sostenible de los bosques brasileños (Higuchi, 1994).

4. METODOLOGÍA

Con el fin de apoyar la elaboración del DENP, Ibama, a través de la Autoridad Científica, conformó un Grupo de Trabajo con varias instituciones de investigación y entidades públicas con reconocida experiencia en temas de conocimiento fundamentales para el logro del objetivo (Ordenanza de Personal n. 701, del 15 de abril de 2024, publicada en el Diário Oficial da União (Boletín Oficial del Es-

tado) el 18 de abril de 2024). A lo largo de este proceso de desarrollo, se adquirieron bases de datos nacionales e internacionales de diversas fuentes técnico-científicas, diálogo con otros representantes del sector gubernamental, sector privado y sociedad civil, además de talleres para presentar resultados parciales, con recolección de retroalimentación y aportes para posibles ajustes en la dirección del trabajo.

Con base en la Guía, las discusiones entre las Partes interesadas durante los eventos y la toma de decisiones del Grupo de Trabajo, el Dictamen de Extracción No Perjudicial se estructuró en siete capítulos:

Capítulo 1 – Desafíos y estrategias en la identificación taxonómica de las especies de *Cedrela* en Brasil: un enfoque para el Manejo Forestal Sostenible;

Capítulo 2 – Modelamiento de la distribución y el estado de conservación de las especies de *Cedrela* en la Amazonía;

Capítulo 3 – Estructura, Crecimiento y Dinámica Poblacional de *Cedrela* spp. en la Amazonía;

Capítulo 4 – Legislación y Sistemas de Control Forestal: Extracción Sostenible de *Cedrela* spp. en la Amazonía Legal Brasileña;

Capítulo 5 – Producción, Comercio e Inspección de Productos de la Madera;

Capítulo 6 – Criterios para el Manejo Forestal Sostenible de *Cedrela* spp. en la Amazonía brasileña

Capítulo 7 – Dictamen de Extracción no Perjudicial: conclusión y recomendaciones.

La información desarrollada a lo largo de los capítulos permitió evaluar todos los factores intrínsecos y extrínsecos a las especies, con el fin de definir los criterios de manejo forestal sostenible más adecuados, con el objetivo de asegurar su aprovechamiento económico de manera perenne, su existencia y el ejercicio de sus funciones en el ecosistema a lo largo de los ciclos de corte subsecuentes.

5. REFERENCIAS

Aguilar, S. (2013). Regulatory Tools for the Management of Fish and Timber Species through Cites. *Review of European, Comparative & International Environmental Law*, 22(3), 281-290. <https://doi.org/10.1111/reel.12043>

Barros, A.C., & Veríssimo, A. (2002). A Expansão madeireira na Amazônia: Impactos e perspectivas para o desenvolvimento sustentável no Pará. *Belém: Imazon*, 168.

Convention on International Trade in Endangered Species – Cites. (2024). *Convention on International Trade in Endangered Species of Wild Fauna and Flora*. <https://cites.org/eng/disc/how.php>

Fredericksen, T.S., & Licona, J.C. (2000). Invasion of Non-Commercial Tree Species After Selection Logging in a Bolivian Tropical Forest. *Journal of Sustainable Forestry*, 11, 113 - 123. https://doi.org/10.1300/J091v11n03_07

Günter, S., Stimm, B., & Weber, M. (2004). Silvicultural contributions towards sustainable management and conservation of forest genetic resources in Southern Ecuador. *Lyonia*, 6, S-75.

Higuchi, N. (1994). Utilização e Manejo dos Recursos Madeiros das Florestas Tropicais úmidas. *Acta Amazonica*, 24, 275-288. <https://doi.org/10.1590/1809-43921994243288>

Inza, M.V., Zelener, N., Fornes, L.F., & Gallo, L.A. (2012). Effect of latitudinal gradient and impact of logging on genetic diversity of *Cedrela lilloi* along the Argentine Yungas Rainforest. *Ecology and Evolution*, 2, 2722 - 2736. <https://doi.org/10.1002/ece3.336>

Kammesheidt, L., Lezama, A.T., Franco, W., & Ratschiller, M.A. (2003). Historia del aprovechamiento forestal y los tratamientos silviculturales en los bosques de los llanos occidentales de Venezuela y perspectivas de manejo forestal sostenible. *Revista Forestal Venezolana*, 47(1), 87-110.

Llerena, S.A., Salinas, N., Oliveira, L.O., Jadán-Guerrero, M., & Segovia-Salcedo, C. (2018). Distribution of the genus *Cedrela* in Ecuador. *RUDN Journal of Ecology and Life Safety*, 26(1), 125-133.

Martini, A.M., Rosa, N.A., & Uhl, C. (1994). An Attempt to Predict Which Amazonian Tree Species May be Threatened by Logging Activities. *Environmental Conservation*, 21, 152 - 162. <https://doi.org/10.1017/S0376892900024589>

Oldfield, S. (2013). The Evolving Role of Cites in Regulating the International Timber Trade. *Review of European, Comparative and International Environmental Law*, 22, 291-300. <https://doi.org/10.1111/reel.12045>

Rednikova, T.V. (2023). The Significance of Cites for Biodiversity Conservation: Semi-century Experience. *Международное право и международные организации / International Law and International Organizations*.

Sheikh, P.A., & Corn, M.L. (2016). The Convention on International Trade in Endangered Species of Wild Fauna and Flora (CITES). *Environmental Science, Law, Biology*. <https://api.semanticscholar.org/CorpusID:260624896>

White, S.C. (1978). Cedar and Mahogany Logging in Eastern Peru. *Geographical Review*, 68, 394. <https://doi.org/10.2307/214214>

Wijnstekers, W. (2011). The Convention on International Trade in Endangered Species of Wild Fauna and Flora (Cites) - 35 Years of Global Efforts to Ensure That International Trade in Wild Animals and Plants Is Legal and Sustainable. *Forensic science review*, 23 1, 1-8.

Wolf, D., Oldfield, T.E.E., & McGough, N. (2018). *Cites Non-detriment Findings for Timber. A nine-step process to support Cites Scientific Authorities making science-based non-detriment findings (DENPs) for timber/tree species listed in Cites Appendix II*. Version 3.0. BfN-Skripten 504. Bundesamt für Natur schutz, Bonn.



CAPÍTULO 1

DESAFÍOS Y ESTRATEGIAS EN LA
IDENTIFICACIÓN TAXONÓMICA DE LAS
ESPECIES DE *CEDRELA* EN BRASIL: UN ENFOQUE
PARA EL MANEJO FORESTAL SOSTENIBLE

Yanka Alves¹, Alexandre Gontijo², Elisa Souza², Maristerra R. Lemes³, Manolo Quintilhan¹, Suelma Ribeiro Silva⁴, Allan Jordani^{1, 5} y Grupo de Trabajo Ordenanza de Personal n.701, de 15 de abril de 2024⁶

RESUMEN

En este capítulo se abordará la complejidad de la identificación y conservación de especies del género *Cedrela* manejadas en Brasil. Los taxones de *Cedrela* desempeñan múltiples funciones en los ecosistemas, incluida la composición del hábitat, la regulación del clima, el ciclo de nutrientes y la estabilización del suelo. A pesar de los avances en las técnicas de identificación y los esfuerzos de conservación, la complejidad del manejo forestal de las especies de *Cedrela* requiere enfoques más refinados para la protección efectiva de sus poblaciones en la naturaleza. La identificación a nivel de especie presenta grandes dificultades debido a la variación intraespecífica y las similitudes entre especies del mismo género. Las tecnologías avanzadas, como la espectroscopia de infrarrojo cercano (NIR) y el análisis de ADN, emergen como soluciones prometedoras. Estos enfoques permiten una identificación más precisa y fortalecen la observancia, la trazabilidad y el monitoreo a lo largo de la cadena de producción de madera. También es necesaria la capacitación de profesionales y la elaboración de guías de campo para una identificación más eficaz. Además, se puede mejorar la legislación sobre ordenación forestal para incluir normas específicas que evalúen la calidad de la identificación botánica en los inventarios forestales. Al integrar capacitación, tecnología y regulación, es posible desarrollar estrategias para optimizar la protección y conservación de *Cedrela*, promoviendo la sostenibilidad ecológica y económica de los bosques. Finalmente, se evalúan las características biológicas, principalmente relacionadas con el sistema reproductivo, la polinización, la fructificación y la dispersión de semillas, con el fin de establecer su relación con el riesgo de extracción para la supervivencia de la especie, así como para subsidiar la definición de medidas de manejo sostenible más efectivas.

Palabras clave: identificación botánica; tecnología forestal; cedro.

1 Coordinación General de Gestión y Monitoreo del Uso de la Flora, Instituto Brasileño del Medio Ambiente y de los Recursos Naturales Renovables – CGFlo/Ibama

2 Laboratorio de Productos Forestales, Servicio Forestal Brasileño – LPF/SFB

3 Coordinación de Biodiversidad, Instituto Nacional de Investigaciones de Amazonía – CBIO/INPA

4 Autoridad Científica CITES, Instituto Chico Mendes para la Conservación de la Biodiversidad – ICMBio

5 Autoridad Científica CITES, Instituto Brasileño del Medio Ambiente y de los Recursos Naturales Renovables – Ibama

6 Ordenanza de Personal n. 701, del 15 de abril de 2024

1. IDENTIFICACIÓN DE ESPECIES

1.1. Taxonomía

En la Tabla 1 se presenta la clasificación taxonómica del género *Cedrela*, con la distribución de sus principales niveles jerárquicos.

Tabla 1. Clasificación taxonómica del género *Cedrela*.

Reino	Filo	Clase	Orden	Familia
Plantae	Traqueofita	Magnoliopsida	Sapindales	Meliaceae

Nombre del taxón:

Cedrela fissilis Vell.

Nombres comunes:

Portugués: Cedro-batata, Cedro-branco, Cedro-da-várzea, Cedro-vermelho

Español: Cedro, Cedro Batata, Cedro Blanco, Cedro Colorado, Cedro Misionero, Cedro Rosado, Cedro Rojo

Sinónimos:

Cedrela fissilis var. *glabrior* C.DC., *Cedrela fissilis* var. *macrocarpa* C. DC.

Nombre del taxón:

Cedrela odorata L.

Nombres comunes:

Portugués: Cedro, Cedro-branco, Cedro-rosa, Cedro-vermelho

Inglés: Spanish Cedar, Cigar-box Wood, Red Cedar

Francés: Acajou-bois, Acajou Rouge, Cedrat

Español: Cedro Rojo

Alemán: Ceder

Sinónimos:

Cedrela brownii Loefl., *Cedrela guianensis* A.Juss., *Cedrela longipes* Blake, *Cedrela mexicana* var. *puberula* C. DC., *Cedrela velloziana* M. Roem.

1.2. Dendrología y anatomía de la madera

Para la inspección y el seguimiento de la exploración forestal, así como para la regulación del comercio de la madera, es fundamental identificar con precisión las especies arbóreas mediante su nombre científico. En este contexto, la descripción de la morfología de los árboles y la anatomía de la madera juegan un papel central, siendo las metodologías más antiguas y utilizadas para este fin, sirviendo de base para el desarrollo de otros métodos de identificación. Entre los diversos géneros de interés, las especies

del género *Cedrela* destacan por la calidad de su madera (Nogueira *et al.*, 2020). A continuación, se presentarán las principales características organolépticas y anatómicas macroscópicas de estas maderas, además de los caracteres de los árboles que ayudan a su correcta identificación y diferenciación.

Cedrela fissilis

■ Caracteres dendrológicos

Hoja: 10 a 17 números de pares de folíolos; folíolos opuestos/raramente alternos; forma de hoja oblonga/inclinada; indumento de la cara abaxial de la lámina espesamente pubescente. Fruto: longitud entre 5,5 y 9 cm, raramente 11 cm; formato obovoide/obcónico (Flores, 2024) (Figura 1).



Figura 1. *Cedrela fissilis*. Características morfológicas de hojas, flores, frutos y tronco. Fotos talasía de Alexander Accioly. Fuente: Accioly (2023).

■ Caracteres anatómicos de la madera

Según Minam (2018), la albura de *Cedrela fissilis* es de color crema amarillento. El duramen es rosado con tendencia al marrón rojizo, siendo la albura un poco más clara. La madera no tiene olor y tiene un sabor amargo. El brillo es mediano, de grano recto y textura mediana. Figuras de arco superpuestas causadas por anillos de crecimiento y parénquima longitudinal. Anillos de crecimiento diferenciados por bandas ligeras (Figura 2). Madera blanda cuando se corta con una cuchilla en la dirección transversal a las fibras.

Vasos: visibles a simple vista, distribuidos en anillos semiporosos. Los vasos son predominantemente solitarios, de forma redonda, y raramente radiales múltiples con dos a tres vasos. Las líneas vasculares son rectas y visibles a simple vista (Figura 2). Se observa la presencia de goma/resinas rojas (Minam, 2018).

Parénquima axial: visible con una lupa de 10X, de color más claro que el tejido fibroso; paratraqueal vasicéntrico, aliforme y en bandas marginales o terminales (Minam, 2018).

Rayos: visibles con lupa 10X, sin contraste en sección radial, menos de 1 mm de altura, no estratificados en sección tangencial (Minam, 2018).

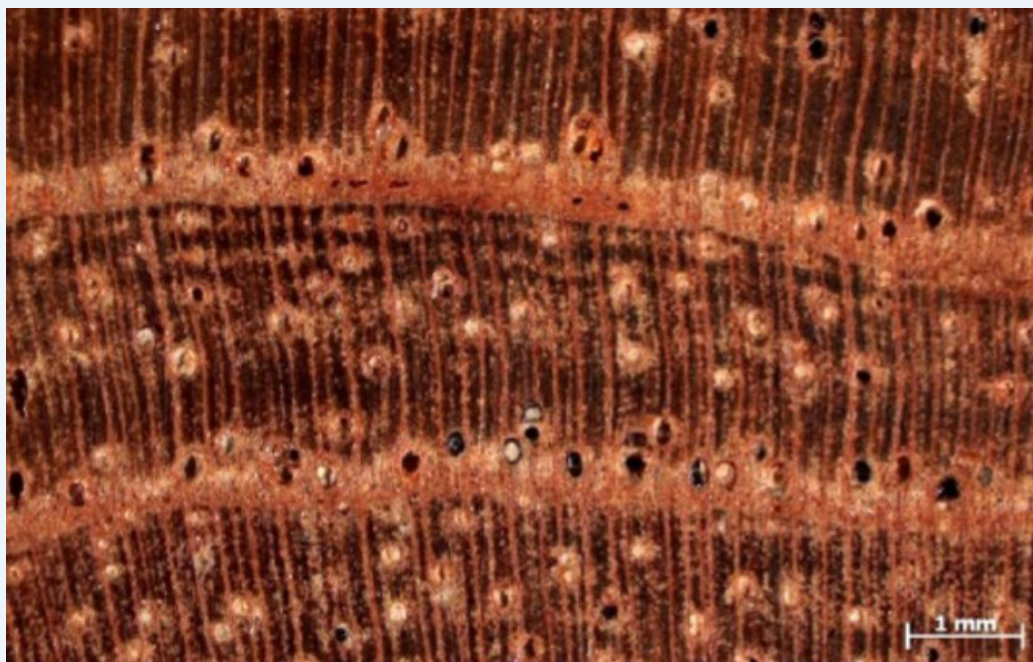


Figura 2. *Cedrela fissilis*. Cara cruzada de la madera. Fuente: Coradin et al. (2010).

Cedrela odorata

■ Caracteres dendrológicos

Hoja: 7 a 11 números de pares de folíolos; folíolos opuestos/raramente alternos; forma de hoja lanceada/falcada; Indumento de la cara abaxial de la lámina glabra/subglabra. Fruto: longitud de 2 a 5 cm; forma oblonga/elipsoide (Flores, 2024) (Figura 3).



Figura 3. *Cedrela odorata*. Características morfológicas de hojas, flores, frutos y tronco. Fotos generales, del tallo y del fruto proporcionadas por Gerson Luiz Lopes. Fotos de las flores cedidas por Marcus Alberto Nadruz Coelho. Fuente: Accioly (2023).

■ Caracteres anatómicos de la madera

Según Minam (2018), la albura es de color crema amarillento y el duramen es de color amarillo rojizo con tendencia al rosa. Tiene un olor agradable y un sabor amargo. El brillo es medio, de grano recto y textura media. Figuras de arco superpuestas causadas por anillos de crecimiento y parénquima longitudinal. Los anillos de crecimiento se diferencian por bandas ligeras (Figura 4). Madera blanda cuando se corta transversalmente a las fibras.

Vasos: visibles a simple vista, con distribución en anillos semiporosos. La disposición de los vasos es predominantemente solitaria, de forma redonda y rara con múltiples radiales con dos a tres vasos. Las líneas vasculares son rectilíneas y visibles a simple vista. Presencia de gomas/resinas rojas (Minam, 2018).

Parénquima axial: visible con una lupa 10X, de color más claro que el tejido fibroso. Es de tipo paratraqueal vasicéntrica y de tipo marginal o terminal (Minam, 2018).

Rayos: visibles con lupa de 10X y pueden presentar poco o ningún contraste en la sección radial. En la sección tangencial, los radios no están estratificados (Minam, 2018).

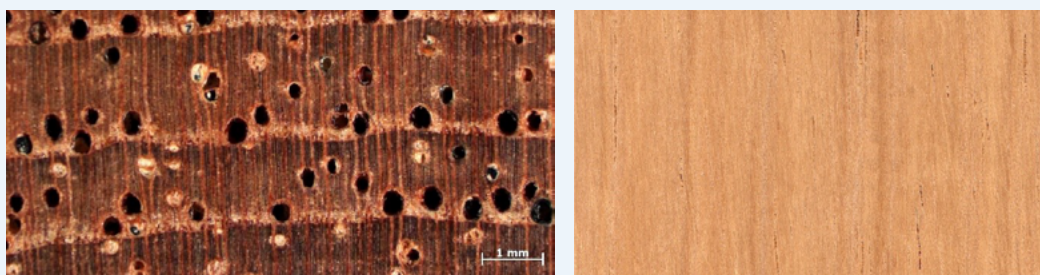


Figura 4. *Cedrela odorata*. Cara transversal y tangencial, respectivamente. Fuente: Coradin et al. (2010).

1.3. Identificación botánica en un Plan de Manejo Forestal Sostenible – PMFS

■ Limitaciones

A pesar de los avances logrados por la Resolución CONAMA n. 406, de 2 de febrero de 2009 (Brasil, 2009), que exige la adopción de procedimientos técnico-científicos para la identificación de especies en áreas bajo manejo forestal, la confiabilidad de los inventarios forestales aún hace frente a importantes desafíos. En los Planes de Manejo Forestal Sostenible (PMFS), la identificación botánica a menudo se basa en el conocimiento empírico de los profesionales locales, quienes utilizan características morfológicas y nombres vernáculos (Procópio y Secco, 2008). Si bien estos conocimientos tradicionales son valiosos, su empleo sin rigor científico puede generar varias imprecisiones que comprometen la sostenibilidad del manejo forestal. Estas cuestiones pueden dar lugar a una serie de problemas, entre ellos la imprecisión geográfica, la agrupación inadecuada de las especies, las dificultades de comercialización, la extracción insostenible, la reducción de la diversidad y el descuido de las especies raras o no comerciales (Martins-da-Silva, 2002; Judd et al., 2009). Las listas de correspondencia entre nombres vernáculos y científicos, a menudo utilizadas por empresas y profesionales, pueden no seguir criterios científicos estrictos, lo que conduce a imprecisiones y a la devaluación de especies no comerciales (Botosso, 2009).

Los estudios sobre la identificación botánica en PMFS en Brasil subrayan la complejidad y el alcance de los problemas relacionados con la identificación incorrecta de especies (de Lacerda et al., 2010; Ferreira et al., 2020; Costa et al., 2024). La reevaluación de los inventarios forestales de una empresa maderera en el Bosque Nacional del Tapajós, Pará, identificó tres problemas principales: (1) la correlación inadecuada entre los nombres populares y los científicos, (2) el registro sesgado de ciertas especies debido a su mayor valor comercial, y (3) la imprecisión en las identificaciones realizadas en campo (de Lacerda et al., 2010). Ferreira et al. (2020) documentaron inconsistencias como la ausencia del autor asociada al

nombre científico, errores en la ortografía del género y del epíteto específico, nomenclatura obsoleta y uso de sinónimos. También identificaron especies que no existen en la región norte de Brasil y taxones no arbóreos erróneamente incluidos en los inventarios. En un estudio más reciente, Costa *et al.* (2024) evaluaron Planes de Manejo evaluados por Agencias Ambientales y encontraron fallas en la identificación botánica en aproximadamente el 23% de las especies, incluidas especies no registradas en el bioma amazónico o en el estado evaluado.

No se encontraron estudios específicos sobre errores de identificación botánica en especies de *Cedrela* en la Amazonía. Sin embargo, en algunas ocasiones, las autorizaciones de extracción que contenían especies del género fueron identificadas en ubicaciones geográficas sin su correspondiente ocurrencia en la lista oficial de especies de flora de Brasil. Un ejemplo es *Cedrela angustifolia*, autorizada en PMFS en el Estado de Mato Grosso, sin ninguna ocurrencia registrada en el territorio amazónico. Dichas inconsistencias, identificadas en la literatura y en la base de datos de procesos de autorización de gestión pública, pueden generar información errónea sobre la distribución de las especies, subestimar las especies raras y sobreestimar las poblaciones comerciales.

En este sentido, no solo es necesario que los organismos ambientales corrijan las discrepancias durante el proceso de autorización para evitar errores que comprometan la confiabilidad de las autorizaciones de extracción forestal vinculadas al PMFS, sino que también es fundamental que los responsables técnicos de la ejecución de estos proyectos de extracción, a lo largo de las etapas de inventario, utilicen métodos de identificación botánica confiables que puedan proporcionar información consistente que respalde los registros oficiales de presencia de especies.

■ Posibles soluciones

El reconocimiento taxonómico a un nivel específico es fundamental, pero enfrenta desafíos de aplicabilidad debido a las limitaciones de los métodos establecidos en la ciencia. Muchos de estos métodos aún están en desarrollo, mientras que otros son inviables en el campo, cubren solo unas pocas especies en sus modelos experimentales o requieren una gran experiencia por parte de los profesionales. En este contexto, es crucial invertir en tecnologías que aumenten la acuidad y la agilidad, para que puedan ser utilizadas tanto en la preparación de proyectos de extracción, como en los procesos de autorización y mando y control por parte de la gestión pública.

La identificación taxonómica acurada en PMFS es esencial para la gestión responsable y la conservación de la biodiversidad. Para superar los problemas de identificación errónea de las especies, es necesario probar y evaluar la implemen-

tación de soluciones que combinen el conocimiento tradicional con herramientas técnico-científicas, y que tengan aplicabilidad práctica a gran escala.

Recolección y colección de referencia

La acuidad de las identificaciones puede mejorarse mediante la creación de colecciones obligatorias de especies problemáticas, que sirvan de referencia para futuras consultas y la estandarización del reconocimiento de especies. Las colecciones deben incluir comprobantes de validación en herbarios y xilotecas. En este sentido, dos iniciativas de instituciones públicas, que se presentarán a continuación, pueden servir como subvenciones para la gestión del PMFS.

I. Proyecto Flora y Hongos de Brasil

El proyecto Flora e Hongos de Brasil, del Instituto de Investigaciones Jardim Botânico de Río de Janeiro, consolidó la colaboración de más de 900 taxónomos, en una plataforma en línea para la inclusión de datos de sus grupos de especialidad en identificación botánica. La plataforma contiene información sobre nomenclatura y distribución geográfica, describiendo el alcance en Brasil, el endemismo y los dominios fitogeográficos, con la asociación de imágenes de alta resolución de exsiccatas, así como imágenes de especies en la naturaleza e ilustraciones científicas. Actualmente, el proyecto reconoce 52.775 especies en el territorio nacional, entre nativas, naturalizadas y cultivadas (Flora e Funga do Brasil, 2024).

II. Inventario Forestal Nacional – IFN

Es fundamental implementar nuevos esfuerzos en proyectos de relevamiento y monitoreo de la biodiversidad, destacándose el Inventario Forestal Nacional (IFN) del Servicio Forestal Brasileño, como el más importante. Con alcance nacional, una metodología única para todos los biomas, y la recolección de datos realizada en puntos distribuidos cada 20 km en todo el país, se produce información detallada y periódica sobre aspectos como la estructura, composición, salud y vitalidad de los bosques, la biomasa, las reservas de madera y de carbono (SFB, 2024). El IFN es el mayor esfuerzo de muestreo en el país, capaz de recolectar muestras valiosas para desarrollar modelos experimentales de trazabilidad y herramientas de identificación en curso y tiene el potencial de ser utilizado como una herramienta fundamental para subsidios en los procesos de gestión del PMFS y formulación de políticas públicas forestales nacionales.

Desarrollo de capacidades y formación

La integración entre el conocimiento empírico local y científico es esencial para mejorar la precisión en la identificación botánica en PMFS. La capacitación y el entrenamiento de los parataxónomos supervisados por expertos botánicos capacitados pueden reducir significativamente los errores de identificación en el campo. Esta capacitación debe incluir no sólo el reconocimiento de las características morfológicas, sino también la familiarización con la nomenclatura científica y los procedimientos formales para la recolección y clasificación de especies. También es fundamental invertir en la capacitación y educación de las actuales fuerzas de mando y control de los organismos públicos, para que puedan identificar correctamente las especies durante las inspecciones.

En Brasil, la identificación precisa de las especies forestales enfrenta importantes desafíos, especialmente cuando la madera está desprovista de material botánico para el análisis. Los inspectores y los agentes ambientales utilizan a menudo métodos tradicionales de anatomía comparada, que implican la confrontación de las características anatómicas y organolépticas de la madera con patrones depositados en xilotecas registradas, ayudados por claves de identificación. Sin embargo, la aplicación efectiva de estas técnicas requiere un alto nivel de experiencia para garantizar la confiabilidad necesaria en la identificación de cargas ilegales de madera. Además de la diferenciación entre especies de un mismo género, es habitual que maderas con características macroscópicas similares de diferentes géneros se comercialicen con autorizaciones indebidas.

Tecnologías de identificación y trazabilidad

La Global Timber Tracking Network – GTTN lanzó en 2020 un manual que recopila diferentes métodos de trazabilidad e identificación de la madera (Beeckman *et al.*, 2020). De acuerdo con el manual, se desarrollaron claves de identificación, incluidas claves de acceso múltiple en forma de aplicaciones, que cuentan con un banco de información e imágenes sobre las especies maderables. El usuario observa las características anatómicas en las muestras y las selecciona en la aplicación, facilitando la identificación. Más recientemente, se han aplicado técnicas de aprendizaje automático y algoritmos de reconocimiento de imágenes, lo que permite que el software identifique patrones anatómicos y los compare con un banco de imágenes para determinar las especies de madera de forma automatizada. Estos avances han sido impulsados por la integración de nuevas tecnologías de inteligencia artificial y análisis de redes neuronales, lo que ha aumentado significativamente la potencia de procesamiento.

Varias otras técnicas están siendo estudiadas y adaptadas para ayudar en la trazabilidad e identificación de la madera con el fin de combatir la extracción y el comercio ilegal (Dormontt *et al.*, 2015), tales como: espectrometría de masas (*Direct Analysis in Real Time-of-Flight Mass Spectrometry* – DART-TOF, en inglés), que posibilita el análisis de la composición química de la madera, permitiendo la identificación de especies a partir de sus firmas químicas únicas (Musah *et al.*, 2015); determinación de isótopos estables, que analiza la composición isotópica de la madera, permitiendo la identificación y trazabilidad del origen geográfico (Paredes-Villanueva *et al.*, 2022); datación por radiocarbono, que permite determinar la edad de la madera y puede ser útil para la identificación de material leñoso de árboles antiguos (Hajdas *et al.*, 2021); técnicas genéticas, que permiten la identificación de las especies a partir del análisis del ADN de la madera, incluso en muestras procesadas (Degen *et al.*, 2013; Jiao *et al.*, 2020) y la espectroscopia de infrarrojo cercano (*Near Infrared Spectroscopy* – NIRS, en inglés), que es una técnica rápida y no destructiva que analiza la interacción de la luz infrarroja con la madera, proporcionando información sobre su estructura y composición química (Wang *et al.*, 2022).

El Laboratorio de Productos Forestales del Servicio Forestal Brasileño – LPF/SFB, en colaboración con el Laboratorio de Automatización, Quimiometría y Química Ambiental de la Universidad de Brasília – AQQUA/UnB, realizó un estudio para demostrar el potencial de la tecnología NIR para la discriminación de maderas amazónicas anatómicamente similares: caoba (*Swietenia macrophylla*) y cedro (*Cedrela odorata*), ambas especies de madera tropical de alto valor incluidas en el Apéndice II CITES; cangrejero (*Carapa guianensis*); cedro (*Erismia uncinatum*); curupixá (*Micropholis melinoniana*); y jatobá (*Hymenaea courbaril*). Los resultados mostraron que los modelos de Mínimos Cuadrados Parciales para Análisis Discriminante (*Partial Least Squares for Discriminant Analysis* – PLS-DA, en inglés) utilizados permiten discriminar eficientemente las seis especies, con tasas de éxito superiores al 90%. Esto demuestra la factibilidad de utilizar esta técnica instrumental de escala portátil combinada con modelos PLS-DA para la discriminación de madera en el campo con una alta tasa de aciertos (Soares *et al.*, 2017).

El estudio de Kunze *et al.* (2024) demostró, por primera vez, el potencial de NIRS como herramienta para el seguimiento de 19.114 m³ de madera de *C. odorata* en Brasil, desde su origen en una concesión forestal en el Bosque Nacional Jamari (Rondônia) hasta su destino, un comerciante en el Municipio de Ubatuba/SP, totalizando 3.100 km recorridos. La validación del modelo puso de manifiesto una probabilidad de 76.2% de que la madera analizada en el destino fuera la misma que la de origen, mientras que las partidas de diferentes orígenes presentaron probabilidades entre 0% y 21.9%. Este estudio sugiere que NIRS puede ser una alternativa efectiva en contextos forenses. Sin embargo, debido a que los datos se refieren a una sola carga,

se necesita más investigación para determinar la probabilidad mínima aceptable de compatibilidad en diferentes contextos y especies. Si se implementa, este sistema podrá rastrear las partidas de madera desde la recolección hasta la distribución, proporcionando datos cruciales para la cadena de producción de madera.

En cuanto al uso de tecnologías basadas en el análisis de ADN, Degen *et al.* (2013) demostraron la efectividad del método para determinar el origen geográfico de muestras de madera de caoba (*Swietenia macrophylla*), otra especie maderable de la familia Meliaceae, como el cedro, incluida en el Apéndice II CITES, mediante marcadores de ADN microsatélites, subrayando su empleo como herramienta forense en el control de la cadena productiva de la madera. De manera similar, Finch *et al.* (2020) desarrollaron marcadores *Single Nucleotide Polymorphism* – SNP para *C. odorata*, lo que permite la distinción de poblaciones a macroescalas, como América Central y del Sur. Sin embargo, a escalas regionales más pequeñas, la precisión del análisis requirió un muestreo más intenso de las poblaciones.

La delimitación de las especies del género *Cedrela* es un reto, por lo que es imprescindible obtener descripciones morfológicas más precisas para su conservación. En las últimas dos décadas, se ha investigado la variación genética de las especies y poblaciones de *Cedrela* a través del análisis de ADN (Navarro *et al.*, 2002, 2004; Cavers *et al.*, 2003a, b, 2013; Muellner *et al.*, 2010; Pennington y Muellner, 2010; Koecke *et al.*, 2013; Finch *et al.*, 2020). Los estudios revelaron que la variación genética se correlaciona con las descripciones morfológicas y la posición filogenética de la especie *C. odorata*, en particular, presentaba múltiples grupos genéticos, lo que indica la posibilidad de especies crípticas, con al menos dos linajes distintos identificados (Cavers *et al.*, 2013; Finch, 2019). Estos hallazgos subrayan la importancia de la genética en la conservación e identificación de especies del género.

Asociaciones y mecanismos de aplicación

La identificación a nivel de especie es un reto a escala mundial, al que se enfrentan todos los países signatarios de la CITES, tanto en vista de las competencias inherentes a las autoridades administrativas, en las acciones de seguimiento y control de la cadena de custodia para la emisión de permisos, como en las atribuciones de las autoridades científicas, relacionadas con el uso de colecciones botánicas adecuadas en la evaluación de los parámetros de estas especies. Como resultado, el propio Convenio estableció un Grupo de Trabajo Interseccional para la Identificación de la Madera y Otros Productos Derivados (GT).

El GT tiene como objetivo implementar mecanismos a escala global para mejorar los procesos de identificación de especies maderables. Para ello, propone

básicamente: 1) el desarrollo de un repositorio en línea a través de la colaboración de organizaciones y expertos relevantes, priorizando los esfuerzos globales en el desarrollo y el intercambio de bases de datos y herramientas de referencia de identificación, incluyendo el intercambio de colecciones con comprobantes validados en herbarios; 2) elaborar una lista de las técnicas y herramientas disponibles y evaluar sus normas y utilidad para la identificación y aplicación específica de las especies arbóreas incluidas en los Apéndices CITES y sus similares; y 3) determinar métodos para estimular el intercambio mundial, regional y nacional de mejores prácticas en tecnologías de identificación de la madera entre los países, incluidas las lecciones aprendidas sobre la forma en que las Partes han desarrollado su capacidad y experiencia en la identificación de la madera.

Mejora de la legislación

La legislación que rige el manejo forestal en Brasil puede ser mejorada para fortalecer la identificación botánica en el PMFS. La inclusión de normas e indicadores específicos para la evaluación de la calidad de la identificación botánica en los inventarios forestales puede garantizar un mayor rigor y fiabilidad en los datos (de Lacerda *et al.*, 2010). Se sugiere que se exijan informes técnicos elaborados por especialistas, con la definición de criterios mínimos para la calificación de los profesionales responsables de las identificaciones taxonómicas de las especies incluidas en los Apéndices CITES. Además, es importante implementar mecanismos de auditoría para garantizar la calidad y precisión de las identificaciones durante el proceso de autorización del PMFS.

2. CARACTERÍSTICAS BIOLÓGICAS

Los árboles del género *Cedrela* presentan troncos altos y madera de alta calidad, conocida por su fácil trabajabilidad y excelente acabado, lo que la hace ampliamente utilizada en la industria maderera. Las especies de *Cedrela* tienen una amplia distribución geográfica, alta tasa de crecimiento diametral, fenología foliar caduca y la formación de anillos de crecimiento anatómicamente distintos (Brienen y Zuidema, 2005). Los individuos del género *Cedrela* suelen alcanzar el dosel emergente, tienen semillas aladas dispersadas por el viento, producidas en lugares altos y dispersas a lo largo de distancias y áreas extensas. Las tasas de germinación de semillas y establecimiento de plántulas son bajas (Grogan *et al.*, 2015). Además, estas especies forman un sistema radicular superficial, lo que aumenta la sensibilidad climática del crecimiento radial a la precipitación y la humedad del suelo (Hietz *et al.*, 2005; Brienen *et al.*, 2012). De acuerdo con Cárdeas *et al.* (2015), *Cedrela odorata* tiene una capacidad de re-

generación natural moderada, influenciada por perturbaciones que crean claros en el bosque. Aunque esta especie tiene la capacidad de regenerarse naturalmente en algunas zonas, esta regeneración se ve afectada por factores como la depredación de semillas, la competencia con otras especies y la degradación del hábitat causada por la deforestación y la tala ilegal.

Las características biológicas, en el contexto de la evaluación de la sostenibilidad de la extracción de la especie, se analizan en relación con su contribución a una mayor o menor gravedad del riesgo de extracción para la supervivencia de las especies y el mantenimiento de sus funciones ecosistémicas (Wolf *et al.*, 2018). En resumen, tales características relacionadas con los estándares de reproducción, como los sistemas reproductivos, la polinización, la fructificación y la dispersión de semillas, sumadas a las estructuras de distribución y población, la regeneración y la mortalidad son factores que deben ser evaluados para definir las medidas de manejo más efectivas a adoptar dentro del alcance del Dictamen de Extracción No Perjudicial – DENP. Más detalles sobre las características biológicas de las especies evaluadas en el presente estudio se pueden ver en la Tabla 2.

Tabla 2. Características biológicas generales de *Cedrela fissilis* y *Cedrela odorata*.

Parámetro	<i>Cedrela fissilis</i>	<i>Cedrela odorata</i>
Ocurrencia en Brasil	Amazonía, Caatinga, Cerrado, Mata Atlántica, Pampa y Pantanal (CNCFlora, 2012a)	Amazônia, Caatinga, Cerrado e Mata Atlântica (CNCFlora, 2012b)
Altura y Tallo	Tallo cilíndrico, recto o poco tortuoso, con ausencia de sapopemas o, cuando está presente, poco desarrollado. Un árbol grande puede alcanzar entre 10 y 45 m de altura (CNCFlora, 2012a)	Tallo con una base recta de color rojo anaranjado que puede alcanzar el estrato superior del bosque hasta 40 metros de altura (Muellner <i>et al.</i> , 2010)
Madera	Ligero y blando, siendo fácil de trabajar (Lorenzi, 1992)	Moderadamente denso, fácil secado natural y trabajabilidad (Loureiro e Silva, 1968)
Corteza	La talaza externa es de color marrón a marrón grisáceo, con fisuras longitudinales profundas y anchas, muy típicas. La talaza interna es de color rojizo a amarillento, con un olor agradable (Lorenzi, 1992)	Áspero, con fisuras transversales, olor aromático y con potencial para uso medicinal (Loureiro e Silva, 1968)
Flores	Pétalos de color blanco verdoso, a veces rosados en el ápice (Lorenzi, 1992)	Blanco, en inflorescencias terminales (Cintron, 1990)
Frutas	Cápsula piriforme dehiscente, que se abre más de la mitad a través de cinco válvulas longitudinales. En promedio, 45 semillas distribuidas en cinco lóculos (Lorenzi, 1992)	Capsular con semillas aladas (Cintron, 1990)
Sistema sexual	Hermafrodita o monoica (Girardi, 1975)	Monoico (Bawa <i>et al.</i> , 1985)
Sistema Reproductivo	Planta de Aógama (Carvalho, 2005)	Predominantemente Alógama. Sin embargo, la estimación de las tasas de fertilización cruzada multilocus de 0,969 sugiere que <i>Cedrela odorata</i> es auto incompatible (James <i>et al.</i> , 1998)
Semillas y dispersión	Semillas aladas en un extremo, comprimidas lateralmente, de color beige a marrón rojizo. La dispersión ocurre por la caída de las semillas en el suelo (baroquiría), en el interior del fruto, o por la acción dispersora del viento (anemocoria) (Carvalho, 1994)	Semillas aladas dispersadas por el viento (anemocoria) (Cintron, 1990)

Parámetro	<i>Cedrela fissilis</i>	<i>Cedrela odorata</i>
Fenología	Especie caducifolia, que pierde sus hojas durante la estación seca y forma hojas nuevas al comienzo de la estación lluviosa (Pennington y Muellner, 2010). Probablemente la especie tiene una plasticidad regulando patrones fenológicos que reflejan el estado del agua dentro del árbol, en lugares más secos presenta un comportamiento de caída de hojas más pronunciado que en lugares más húmedos (Lobão, 2011)	Fenología foliar decidua. La floración suele producirse durante los meses más calurosos del año, especialmente durante la primavera y el verano. La fructificación suele ocurrir después de la floración, a finales de verano y principios de otoño (Tomazello Filho <i>et al.</i> , 2000)
Polinización	Insectos, como polillas y abejas (Carvalho, 1994)	Insectos (Cavers <i>et al.</i> , 2004)
Etapas sucesional	Especie secundaria inicial, secundaria tardía a clímax o especie clímax que demanda luz (Lorenzi, 1992)	Pionero en bosques secundarios. Secundaria tardía en bosques maduros (Pennington, 1981)
Tolerancia/ Preferencia Abiótica	Suelos arcillosos y franco arcillosos, bien drenados, profundos y con alta retención de agua (Siqueira <i>et al.</i> , 2019)	Suelos bien drenados, tolerantes a la sombra en las etapas de plántula y juveniles y heliófitos en la edad adulta (Muellner <i>et al.</i> , 2010)
Regeneración y crecimiento	Influenciado por variables climáticas locales de humedad relativa de precipitación y temperaturas del aire (Richter y Dallwitz, 2000)	Influenciado por variables climáticas locales de humedad relativa, temperaturas máximas y medias del aire y evapotranspiración real (da Costa, 2023)
Efecto de las anomalías climáticas	El crecimiento radial está influenciado por el fenómeno climático de El Niño (Richter y Dallwitz, 2000)	Los períodos de sequía, causados por los eventos de El Niño Oscilación Sur, afectan el crecimiento de <i>C. odorata</i> (da Costa, 2023)
Características tecnológicas de Madeira	La densidad básica de la madera oscila entre 0,43 y 0,51 g/cm ³ (Lorenzi, 1992)	La densidad básica de la madera oscila entre 0,44 y 0,60 g/cm ³ (Carvalho, 2010)
Uso de las especies	Construcción civil, carpintería, ebanistería, fabricación de instrumentos musicales, medicina tradicional, paisajismo y reforestación (Lorenzi, 1992)	Construcción civil y naval, carpintería, ebanistería y medicina tradicional (Loureiro y Silva, 1968)

2.1. Papel en el ecosistema

Cedrela fissilis

La especie desempeña múltiples funciones vitales en los ecosistemas donde se encuentra. *C. fissilis* demuestra potencial para la fitoestabilización de suelos contaminados con cobre y aluminio (Caires *et al.*, 2011; Kuinchtner *et al.*, 2021), actuando sobre la absorción e inmovilización de estos metales, lo que contribuye a la recuperación de áreas degradadas. Los estudios señalan que la especie es un bioindicador sensible a la contaminación por polvo de cemento (Siqueira-Silva *et al.*, 2016), y puede ser utilizada para monitorear la calidad del aire en áreas cercanas a las actividades industriales. Además, las plántulas de *C. fissilis* tienen una plasticidad fisiológica y morfológica que les permite sobrevivir en condiciones de inundación y sombra (Barbosa *et al.*, 2022), lo que demuestra su capacidad de adaptación a diferentes ambientes.

Cedrela odorata

La especie es una fuente de polen y néctar para las abejas, promoviendo importantes interacciones ecológicas para la polinización (Sandker y Totaro, sin fecha). Además, *C. odorata* desempeña un papel clave en los hábitats acuáticos, donde sus grandes desechos leñosos catalizan procesos ecológicos y modifican las interacciones entre peces, invertebrados y productores primarios (Heilpern y Wootton, 2018). Otro aspecto relevante del papel ecológico de *C. odorata* es su capacidad para formar relaciones beneficiosas con los hongos micorrízicos arbusculares. Esta asociación mutualista aumenta el crecimiento y la adaptación de la especie a las condiciones naturales, contribuyendo a su supervivencia y desarrollo (Méndez-Cortés *et al.*, 2013).

3. CONSIDERACIONES FINALES

A pesar de que se han realizado esfuerzos significativos para la conservación de *Cedrela* spp. en Brasil, la identificación precisa a nivel de especie sigue siendo un desafío importante. La complejidad morfológica y genética dentro del género *Cedrela* exige el uso de métodos de identificación más refinados y precisos. En este contexto, la implementación de tecnologías avanzadas de identificación, como la espectroscopía NIR y el análisis de ADN, además de la estructuración de la red de herbarios, puede mejorar la precisión en la identificación de especies tanto en la elaboración de proyectos de extracción como en los procesos de autorización y comando y control por parte de la

gestión pública, permitiendo una regulación efectiva del sector por parte de los organismos ambientales. Estas estrategias favorecen la identificación exacta de las especies y fortalecen el monitoreo e inspección de los productos forestales.

A nivel de gestión, es fundamental corregir las discrepancias identificadas por los organismos ambientales durante el proceso de autorización. Es crucial desarrollar estrategias para evitar errores que comprometan la confiabilidad de las autorizaciones de extracción forestal vinculadas al PMFS. Por otra parte, también es esencial que los responsables técnicos de la ejecución de estos proyectos de extracción, a lo largo de las etapas de inventario, utilicen métodos de identificación botánica confiables que puedan proporcionar información consistente para respaldar los registros oficiales de presencia de especies.

Además de la aplicación de las nuevas tecnologías, es fundamental la formación de los profesionales implicados en la elaboración y ejecución del PMFS. La producción de guías de campo ilustradas y específicas para la flora regional también puede contribuir significativamente a mejorar la calidad de los datos botánicos en PMFS. Los profesionales bien formados, respaldados por tecnologías de identificación fiables, estarán mejor equipados para superar los desafíos inherentes al proceso. Otro aspecto fundamental es la mejora de la legislación que regula la gestión forestal. La estandarización de indicadores específicos para evaluar la calidad de la identificación botánica en los inventarios forestales del PMFS puede garantizar una mayor precisión y fiabilidad de los datos, contribuyendo a la gestión verdaderamente sostenible de los recursos forestales.

La adopción de estas medidas, de manera integrada y colaborativa, con la participación de diferentes actores e instituciones, como gestores y organismos públicos, investigadores, sector privado, tercer sector y comunidades locales es necesaria para la efectividad de las acciones. Con el avance del conocimiento científico, combinado con el desarrollo de nuevas tecnologías y el fortalecimiento de las políticas públicas, es posible lograr un manejo forestal que promueva tanto la conservación de la biodiversidad como el desarrollo socioeconómico de la región.

Entre los enfoques presentados en el capítulo, las características biológicas de *Cedrela* spp., especialmente los patrones de reproducción y dispersión de semillas, se consideraron factores críticos para evaluar el impacto de la extracción en la supervivencia de la especie. Esta información se utilizó para proponer medidas de manejo forestal sostenible más efectivas, alineadas con la conservación de las funciones ecosistémicas asociadas. De esta manera, la propuesta de manejo forestal sostenible a nivel de especie contribuye a llenar vacíos tanto en la investigación académica como en la gestión pública de los recursos naturales.

4. REFERENCIAS

Accioly, A. (2023). *Flora arbórea e arbustiva do Paraná: guia fotográfico de identificação de espécies nativas*. Alexander Accioly: Curitiba.

Barbosa, L.D.O., Dresch, D.M., Scalon, L., & Scalon, S.D.P.Q. (2022). Ecophysiological strategies of *Cedrela fissilis* Vell. seedlings under conditions of flooding and light availability. *Journal of Sustainable Forestry*, 41(9), 783-798. <https://doi.org/10.1080/10549811.2020.1867183>

Bawa, K.S., Bullock, S.H., Perry, D.R., Coville, R.E., & Grayum, M.H. (1985). Reproductive biology of tropical lowland rain forest trees. II. Pollination systems. *American Journal of Botany*, 72(3), 346-356. <https://doi.org/10.1002/j.1537-2197.1985.tb05358.x>

Beeckman, H., Jolivet-Blanc, C., Boeschoten, L., Braga, J.W.B., Cabezas, J.A., Chaix, G., ... & Zuidema, P. (2020). Overview of current practices in data analysis for wood identification: a guide for the different timber tracking methods. In: Schmitz, N., (Ed.), GTTN, Global Timber Tracking Network (pp.143). *European Forest Institute and Thunen Institute*. <https://doi.org/10.13140/RG.2.2.21518.79689>

Brasil. (2009). Resolução Federal CONAMA nº 406, de 02 de fevereiro de 2009. Estabelece parâmetros técnicos a serem adotados na elaboração, apresentação, avaliação técnica e execução de PMFS. *Diário Oficial da União*, <https://pesquisa.in.gov.br/imprensa/jsp/visualiza/index.jsp?data=06/02/2009&jornal=1&pagina=100&totalArquivos=160>

Brienen, R.J.W, & Zuidema, P.A. (2005). *Relating tree growth to rainfall in Bolivian rain forests: a test for six species using tree ring analysis*. *Oecologia*, 146, 1–12. <https://doi.org/10.1007/s00442-005-0160-y>

Brienen, R.J., Helle, G., Pons, T.L., Guyot, J.L., & Gloor, M. (2012). Oxygen isotopes in tree rings are a good proxy for Amazon precipitation and El Niño-Southern Oscillation variability. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 109(42), 16957-16962. <https://doi.org/10.1073/pnas.1205977109>

Botosso, P.C. (2009). *Identificação macroscópica de madeiras: guia prático e noções básicas para o seu reconhecimento*. Embrapa Floresta, Colombo.

Caires, S.M.D., Fontes, M.P.F., Fernandes, R.B.A., Neves, J.C.L., & Fontes, R.L.F. (2011). Development of cedro-rosa seedlings in soil contaminated by copper: tolerance and the potential for soil phytostabilization proposal. *Revista Árvore*, 35, 1181-1188. <https://doi.org/10.1590/S0100-67622011000700004>

Carvalho, P.E.R. (1994). *Espécies florestais brasileiras: recomendações silviculturais, potencialidades e uso da madeira*. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, Centro Nacional de Pesquisa de Florestas. Colombo: EMBRAPA - CNPF; Brasília: EMBRAPA - SPI.

Carvalho, P.E.R. (2005). Taxonomia e Nomenclatura de *Cedrela fissilis* (Circular Técnica 113). *Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, Centro Nacional de Pesquisa de Florestas*.

Carvalho, P.E.R. (2010). Cedro-vermelho (*Cedrela Odorata*). In P. E. R. Carvalho (Ed.), *Espécies arbóreas brasileiras* (Vol. 4, pp. 165–174). Embrapa Informação Tecnológica; Colombo, PR.

Cavers, S., Navarro C., & Lowe, A.J. (2003a). Chloroplast DNA phylogeography reveals colonization history of a Neotropical tree, *Cedrela odorata* L., in Mesoamerica. *Molecular Ecology*, 12, 1451–1460. <https://doi.org/10.1046/j.1365-294X.2003.01810.x>

Cavers, S., Navarro, C., & Lowe, A.J. (2003b). A combination of molecular markers identifies evolutionarily significant units in *Cedrela odorata* L. (Meliaceae) in Costa Rica. *Conserv Genet*, 4, 571–580. <https://doi.org/10.1023/A:1025692321860>

Cavers, S., Navarro, C., & Lowe, A.J. (2004). *Targeting genetic resource conservation in widespread species: a case study of Cedrela odorata* L. *Forest Ecology and Management*, 197(1-3), 285-294. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2004.05.019>

Cavers, S., Telford, A., Arenal Cruz, F., Pérez Castañeda, A.J., Valencia, R., Navarro, C., ... & Vendramin, G.G. (2013) Cryptic species and phylogeographical structure in the tree *Cedrela odorata* L. throughout the Neotropics. *Journal of Biogeography*, 40, 732–746. <https://doi.org/10.1111/jbi.12086>

Cintron, B.B. (1990). *Cedrela odorata* L. Cedro hembra, Spanish cedar. *Silvics of North America*, 2, 250-257.

Centro Nacional de Conservação da Flora – CNCFlora. (2012a). *Cedrela fissilis* in Lista Vermelha da flora brasileira versão 2012. *Centro Nacional de Conservação da Flora*. [http://cncflora.jbrj.gov.br/portal/pt-br/profile/Cedrela fissilis](http://cncflora.jbrj.gov.br/portal/pt-br/profile/Cedrela_fissilis)

Centro Nacional de Conservação da Flora – CNCFlora. (2012b). *Cedrela odorata* in Lista Vermelha da flora brasileira versão 2012. *Centro Nacional de Conservação da Flora*. [http://cncflora.jbrj.gov.br/portal/pt-br/profile/Cedrela odorata](http://cncflora.jbrj.gov.br/portal/pt-br/profile/Cedrela_odorata)

Coradin,V.T.R., Camargos, J.A.A., Pastore, T.C.M., & Christo, A.G. (2010). *Madeiras comerciais do Brasil: chave interativa de identificação baseada em caracteres gerais e macroscópicos = Brazilian commercial timbers:interactive identification key based on general and macroscopic features*. Serviço Florestal Brasileiro, Laboratório de Produtos Florestais: Brasília. Versão 2, janeiro de 2022 (Lucid v4 Player). https://keys.lucidcentral.org/keys/v4/madeiras_comerciais_do_brasil/index_pt.html

Costa, V.O.B., Koehler, H.S., & Robert, R.C.G. (2024). Characterization of technical and legal irregularities in management plans in the Brazilian Amazon. *Trees, Forests and People*, 16, 100548. <https://doi.org/10.1016/j.tfp.2024.100548>

da Costa, W.P., Pinheiro, É.F., Latorraca, J.V., Moutinho, V.H., Carmo, F.H., Ataíde, G.C., ... & Andrade, F.W. (2023). The Climate Change Influence on *Cedrela odorata* L. Radial Growth in the Amazon. *Sustainability*, 15(24),16755. <https://doi.org/10.3390/su152416755>

de Lacerda, A.E.B., Nimmo, E.R., Faria, B.S., Kellermann, B., Albergoni, L., Garrastazu, M.C., ... & Rosot, M.A.D. (2010). *A identificação botânica no manejo florestal na Amazônia*. Embrapa Florestas, Colombo.

Degen, B., Ward, S.E., Lemes, M.R., Navarro, C., Cavers, S., & Sebbenn, A.M. (2013). Verifying the geographic origin of mahogany (*Swietenia macrophylla* King) with DNA-fingerprints. *Forensic Science International: Genetics*, 7, 55-62. <https://doi.org/10.1016/j.fsigen.2012.06.003>

Dormontt, E.E., Boner, B., Braun, B., Breulmann, G., Degen, B., Espinoza, E., ... & Lowe, A. J. (2015). Forensic timber identification: It's time to integrate disciplines to combat illegal logging. *Biological Conservation*, 191, 790 - 798. <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2015.06.038>

Ferreira, R.L.A, Macedo Cerqueira, R., & Cardoso Junior, R.C. (2020). Análise da identificação botânica em inventários florestais de planos de manejo sustentáveis no oeste paraense. *Nature & Conservation*, 13, 136-145. <https://doi.org/10.6008/CBPC2318-2881.2020.003.0014>

Finch, K.N., Cronn, R.C., Richter, M.C.A., Blanc-Jolivet, C., Correa Guerrero, M.C., De Stefano Beltran, L., ... & Jones, F.A. (2020). Predicting the geographic origin of Spanish cedar (*Cedrela odorata* L.) based on DNA variation. *Conservation Genetics*, 21, 625 – 639. <https://doi.org/10.1007/s10592-020-01282-6>

Finch, K.N., Jones, F.A., & Cronn, R.C. (2019). Genomic resources for the Neotropical tree genus *Cedrela* (Meliaceae) and its relatives. *BMC Genomics*, 20, 1-17. <https://doi.org/10.1186/s12864-018-5382-6>

Flora e Funga do Brasil (2024). *Jardim Botânico do Rio de Janeiro*. <http://floradobrasil.jbrj.gov.br/>

Flores, T.B. (2024). Meliaceae in Flora e Funga do Brasil. *Jardim Botânico do Rio de Janeiro*. <https://floradobrasil.jbrj.gov.br/FB9990>

Girardi, A.M. (1975). Meliaceae. *Boletim do Instituto Central de Biociências: Botânica*, 33(3), 1-64.

Grogan, J., Free, C., Morales, G.P., Johnson, A., & Alegria, R. (2015) Assessment of the conservation status of big-leaf mahogany, Spanish cedar, and three lesser-known timber species populations in the forestry concessions of the Maya Biosphere Reserve, Petén, Guatemala. *Projecto Finner Bosques y Manejo Forestal em América Central*. https://chrismfree.com/wp-content/uploads/2022/11/Grogan_etal_2015.pdf

Hajdas, I., Ascough, P., Garnett, M.H., Fallon, S. J., Pearson, C.L., Quarta, G., ... & Yoneda, M. (2021). Radiocarbon dating. *Nature Reviews Methods Primers*, 1(1), 62. <https://doi.org/10.1038/s43586-021-00058-7>

Heilpern, S.A., & Wootton, J.T. (2018). Process catalyzers in Amazonian rivers: large woody debris modifies ecosystem processes across freshwater habitats. *Ecosphere*, 9(1), e02030. <https://doi.org/10.1002/ecs2.2030>

Hietz, P., Wanek, W., & Dünisch, O. (2005). Long-term trends in cellulose $\delta^{13}\text{C}$ and water-use efficiency of tropical *Cedrela* and *Swietenia* from Brazil. *Tree physiology*, 25(6), 745-752. <https://doi.org/10.1093/treephys/25.6.745>

James, T., Vege, S., Aldrich, P., & Hamrick, J.L. (1998). Mating Systems of Three Tropical Dry Forest Tree Species¹. *Biotropica*, 30(4), 587-594. <https://doi.org/10.1111/j.1744-7429.1998.tb00098.x>

Jiao, L., Lu, Y., He, T., Guo, J., & Yin, Y. (2020). DNA barcoding for wood identification: Global review of the last decade and future perspective. *IAWA Journal*, 41(4), 620-643. <https://doi.org/10.1163/22941932-bja10041>

Judd, W.S., Campbell, C.S., Kellogg, E.A., Stevens, P.F., & Donoghue, M.J. (2009). *Sistemática Vegetal: Um Enfoque Filogenético*. Artmed Editora.

Koecke, A.V., Muellner-Riehl, A.N., Pennington, T.D., Schorr, G., & Schnitzler, J. (2013). Niche evolution through time and across continents: The story of Neotropical *Cedrela* (Meliaceae). *American Journal of Botany*, 100, 1800–1810. <https://doi.org/10.3732/ajb.1300059>

Kuinchtner, C.C., Wertonge de Oliveira, G.S., Miranda de Aguiar, M.V., Bernardy, D., Berger, M., & Tabaldi, L.A. (2021). Can species *Cedrela fissilis* Vell. be used in sites contaminated with toxic aluminum and cadmium metals?. *iForest-Biogeosciences & Forestry*, 14(6), 508-516. <https://doi.org/10.3832/ifor3890-014>

Kunze, D.C., Pastore, T.C., Fontes, P.J., Silva, G.C., Sousa, A.G., Rocha, H.S., Lopes, P.V. & Braga, J.W. (2024). NIRS technology used for traceability of *Cedrela odorata* L. commercial shipment in Brazil. *Microchemical Journal*, 199, 110077. <https://doi.org/10.1016/j.microC.2024.110077>

Lobão, M.S. (2011). *Dendrocronologia, fenologia, atividade cambial e qualidade do lenho de árvores de Cedrela odorata L., Cedrela fissilis Vell. e Schizolobium parahyba var. amazonicum Hub. ex Ducke, no estado do Acre, Brasil*. [Tese de doutorado, Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo].

Lorenzi, H. (1992). *Árvores brasileiras: manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas nativas do Brasil*. Nova Odessa: Instituto Plantarum.

Loureiro, A.A., & Silva, M.F. (1968). *Catálogo das madeiras da Amazônia. Ministério do Interior, Superintendência do Desenvolvimento da Amazônia*.

Martins-da-Silva, R.C.V. (2002). *Coleta e identificação de espécimes botânicos* (DoC. 143). Embrapa Amazônia Oriental.

Méndez-Cortés, H., Marmolejo-Monsiváis, J.G., Cantú-Ayala, C., Olalde-Portugal, V., Estrada-Castillón, E., & Posadas-Leal, C. (2013). Respuesta de *Cedrela odorata* L. a diversos inoculantes micorrízicos procedentes dos ecosistemas tropicales. *Madera y bosques*, 19(3), 23-34.

Ministerio del Ambiente Peru – Minam. (2018). Evaluación dendrológica y anatómica de las especies del género *Cedrela*. *Dirección de Conservación Sostenible de Ecosistemas y Especies*. Lima - Perú. 72 pp.

Muellner A.N., Pennington T.D., Koecke A.V., & Renner S.S. (2010). Biogeography of *Cedrela* (Meliaceae, Sapindales) in Central and South America. *American Journal of Botany*, 97, 511–518. <https://doi.org/10.3732/ajb.0900229>

Musah, R.A., Espinoza, E.O., Cody, R.B., Lesiak, A.D., Christensen, E.D., Moore, H.E., ... & Drijfhout, F.P. (2015). A high throughput ambient mass spectrometric approach to species identification and classification from chemical fingerprint signatures. *Scientific reports*, 5(1), 11520. <https://doi.org/10.1038/srep11520>

Navarro, C., Ward, S., & Hernández, M. (2002). The tree *Cedrela odorata* (Meliaceae): a morphologically subdivided species in Costa Rica. *Revista de Biología Tropical*, 50, 21–29.

Navarro, C., Montagnini, F., & Hernández, G. (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. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2004.01.037>

Nogueira, T.S.R., Passos, M.D.S., Nascimento, L.P.S., Arantes, M.B.D.S., Monteiro, N.O., Boeno, S.I.D.S., ... & Curcino Vieira, I.J. (2020). *Chemical compounds and biologic activities: A review of Cedrela genus*. *Molecules*, 25(22), 5401. <https://doi.org/10.3390/molecules25225401>

Paredes-Villanueva, K., Boom, A., Ottenburghs, J., Van Der Sleen, P., Manzanedo, R.D., Bongers, F., & Zuidema, P.A. (2022). Isotopic characterization of *Cedrela* to verify species and regional provenance of Bolivian timber. *Tree-Ring Research*, 78(2), 73-89. <https://doi.org/10.3959/2021-17>

Pennington, T.D. (1981). Meliaceae. *New York Botanical Garden*.

Pennington, T.D., & Muellner, A.N. (2010). *A monograph of Cedrela* (Meliaceae). dh books.

Procópio, L.C., & Secco, R.D.S. (2008). A importância da identificação botânica nos inventários florestais: o exemplo do "tauari" (Couratari spp. e Cariniana spp.-Lecythidaceae) em duas áreas manejadas no estado do Pará. *Acta amazonica*, 38, 31-44. <https://doi.org/10.1590/S0044-59672008000100005>

Richter, H.G., & Dallwitz, M.J. (2000). *Commercial timbers: Descriptions, illustrations, identification, and information retrieval*. (Version 9th April 2019). delta-intkey.com

Sandker, M., & Totaro, L. (n.d.). Árboles melíferos para reforestar. *Cedro: Proyecto de Manejo de Abejas y del Bosque*. http://www.bio.uu.nl/promabos/arbolesmeliferos/pdf_files/Cedro.PDF

Serviço Florestal Brasileiro – SFB. (2024). *Inventário Florestal Nacional*. <https://www.gov.br/florestal/pt-br/assuntos/ifn>

Siqueira, S.D.F., Higuchi, P., & Silva, A.C.D. (2019). Contemporary and future potential geographic distribution of *Cedrela fissilis* Vell. under climate change scenarios. *Revista Árvore*, 43, e430306. <https://doi.org/10.1590/1806-90882019000300006>

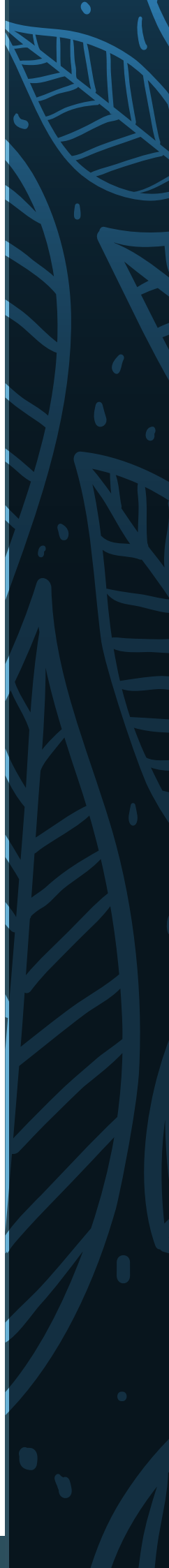
Siqueira-Silva, A.I., Pereira, E.G., Modolo, L.V., Lemos-Filho, J.P., & Paiva, E.A.S. (2016). Impact of cement dust pollution on *Cedrela fissilis* Vell. (Meliaceae): A potential bioindicator species. *Chemosphere*, 158:56-65. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2016.05.047>

Soares, L.F., Silva, D.C.D., Bergo, M.C., Coradin, V.T., Braga, J.W., & Pastore, T.C. (2017). Avaliação de espectrômetro NIR portátil e PLS-DA para a discriminação de seis espécies similares de madeiras amazônicas. *Química Nova*, 40(4), 418-426. <https://doi.org/10.21577/0100-4042.20170014>

Tomazello Filho, M., Botosso, P.C., & Lisi, C.S. (2000). Potencialidade da família Meliaceae para dendrocronologia em regiões tropicais e subtropicais. In *Dendrocronologia em América Latina*. *Mendoza*: Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo.

Wang, Y., Xiang, J., Tang, Y., Chen, W., & Xu, Y. (2022). A review of the application of near-infrared spectroscopy (NIRS) in forestry. *Applied Spectroscopy Reviews*, 57(4), 300-317. <https://doi.org/10.1080/05704928.2021.1875481>

Wolf, D., Oldfield, T.E.E., Schippmann, U., McGough, N. & Leaman, D.J. (2018). *CITES Nondetriment Findings Guidance for timber / tree species. A nine-step process to support CITES Scientific Authorities making sciencebased non-detriment findings (DENPs) for species listed in CITES Appendix II. Version 3.0.* BfN-Skripten 440. Bundesamt für Naturschutz, Bonn.





CAPÍTULO 2

MODELAMIENTO DE LA DISTRIBUCIÓN
Y ESTADO DE CONSERVACIÓN DE LAS
ESPECIES DE *CEDRELA* EN LA AMAZONÍA

Manolo Quintilhan¹, Peter Groenendijk², Yanka Alves¹, Allan Jordani^{1,3}, Beatriz Marimon⁴, André Giles⁵, José Roberto Aragão⁶, Lucas Pereira⁷, Jochen Schöngart⁸, Edson Vidal⁹, y Grupo de Trabajo Ordenanza de Personal n. 701, de 15 de abril de 2024¹⁰

RESUMEN

En este capítulo se describirá la distribución geográfica y los tipos de hábitat de las especies *Cedrela fissilis* y *Cedrela odorata*. La distribución de las especies presenta patrones variados influenciados por factores ambientales e históricos. Las poblaciones de *Cedrela* están disminuyendo debido a la conversión del hábitat a usos alternativos de la tierra, la tala y los ataques de plagas. Se desarrollaron modelos de distribución de especies (*Species distribution modelling* – SDM en inglés) para predecir la probabilidad de ocurrencia de *C. fissilis* y *C. odorata* en la Amazonía brasileña. Los datos de ocurrencia se obtuvieron de diferentes repositorios. Posteriormente, estos datos fueron revisados y validados por especialistas en el género *Cedrela* con el fin de asegurar la exactitud de las ocurrencias y evitar inconsistencias en la identificación de especies y registros duplicados. Se utilizó información climática, topográfica, edáfica, hidrológica y de altura del dosel como predictores de las probabilidades de ocurrencia. El rendimiento de los modelos se evaluó mediante el promedio y la desviación estándar del Área Bajo la Curva (*Area Under the Curve* – AUC en inglés). Los resultados fueron satisfactorios, variando desde el AUC promedio = $0,93 \pm 0,01$ para *C. odorata* hasta el AUC promedio = $0,95 \pm 0,006$ para *C. fissilis*. Los riesgos asociados a la conversión a usos alternativos de la tierra en la Amazonía Legal brasileña se evaluaron utilizando la superposición de los modelos SDM con el Proyecto de Monitoreo de la Deforestación en la Amazonía Legal – PRODES (2008-2023) y PrevisIA (2024). Las áreas con una probabilidad máxima de ocurrencia de *Cedrela fissilis* mostraron un riesgo bajo de deforestación, mientras que un riesgo moderado para *C. odorata*. El análisis del estado de conservación, considerando las Listas Rojas de Flora Amenazada, reveló la categorización de las especies como Vulnerables – VU a diferentes escalas espaciales. Los resultados

1 Coordinación General de Gestión y Monitoreo del Uso de la Flora, Instituto Brasileño del Medio Ambiente y de los Recursos Naturales Renovables - CGFlo/Ibama

2 Departamento de Biología Vegetal, Universidad Estadual de Campinas - UNICAMP

3 Autoridad Científica CITES, Instituto Brasileño del Medio Ambiente y de los Recursos Naturales Renovables - Ibama

4 Facultad de Ciencias Agrarias, Biológicas y Sociales Aplicadas, Universidad del Estado de Mato Grosso -UNEMAT

5 Centro de Ciencias Agrarias, Universidad Federal de Santa Catarina - UFSC

6 Departamento de Biología, Universidad Federal de Ceará - UFC

7 Departamento de Ingeniería Forestal, Universidad Federal de Lavras - UFLA

8 Coordinación del Uso de la Tierra y Cambio Climático, Instituto Nacional de Investigaciones de Amazonía -CODAM/INPA

9 Programa de Pós-graduação em Recursos Forestais, Departamento de Ciencias Forestales, Escuela Superior de Agricultura Luiz de Queiroz - ESALQ/USP

10 Ordenanza de Personal n. 701, de 15 abril de 2024

demuestran la urgente necesidad de acciones de conservación, incluyendo la implementación de medidas de manejo forestal sostenible, la protección de áreas con alta probabilidad de ocurrencia y la actualización de las Listas Rojas de Flora Amenazada.

Palabras clave: distribución geográfica; riesgos biológicos; estado de conservación.

1. DISTRIBUCIÓN GEOGRÁFICA Y TIPO DE HÁBITAT

Las distribuciones y preferencias de hábitat varían según la especie. *Cedrela fissilis*, por ejemplo, es originaria de América Central y del Sur y se distribuye desde Costa Rica hasta Argentina (Siqueira *et al.*, 2019), y se encuentra ampliamente en toda la región neotropical. Por otro parte, *Cedrela odorata*, una especie nativa de América del Sur, tiene una distribución neotropical desde el sur de México, América Central hasta el norte de Argentina, así como en el Caribe (Pennington *et al.*, 1981) (Tabla 1). También se puede encontrar en otros lugares, como Asia, Australia y las islas del Pacífico porque ha sido introducida (Arnáez y Flores, 1988). Es una especie considerada invasora en los países de África Occidental y Oriental (Van der Meersch *et al.*, 2021; Kilawe *et al.*, 2023).

Tabla 1. Aparición de *Cedrela fissilis* y *C. odorata* a nivel global (RBG, KEW, 2024a, 2024b) y en Brasil: estado, bioma y vegetación (Flores, 2024a, 2024b).

Especie	Global	Brasil	Bioma	Vegetación
<i>Cedrela fissilis</i>	Argentina, Bolivia, Brasil, Colombia, Costa Rica, Ecuador, Guayana Francesa, Surinam, Guyana, Honduras, Panamá, Paraguay, Perú, Trinidad-Tobago, Uruguay, Venezuela	Acre, Amazonas, Pará, Rondônia, Tocantins, Alagoas, Bahía, Ceará, Maranhão, Pernambuco, Piauí, Sergipe, Distrito Federal, Goiás, Mato Grosso do Sul, Mato Grosso, Espírito Santo, Minas Gerais, Rio de Janeiro, São Paulo, Paraná, Rio Grande do Sul, Santa Catarina	Amazonía, Caatinga, Cerrado, Mata Atlántica, Pampa y Pantanal	Cerrado lato sensu, Bosque de Tierra Firme, Bosque caducifolio estacional, Bosque perennifolio estacional, Bosque semicaducifolio estacional, Bosque ombrófilo (Bosque lluvioso)
<i>Cedrela odorata</i>	Argentina, Belice, Bolivia, Brasil, Islas Caimán, Colombia, Costa Rica, Cuba, Ecuador, El Salvador, Guayana Francesa, Guatemala, Guyana, Haití, Honduras, Jamaica, Isla de Sotavento, México, Nicaragua, Panamá, Paraguay, Perú, Puerto Rico, Caribe, Surinam, Trinidad-Tobago, Venezuela, Isla de Barlavento	Acre, Amazonas, Amapá, Pará, Rondônia, Alagoas, Bahía, Ceará, Maranhão, Paraíba, Pernambuco, Sergipe, Distrito Federal, Goiás, Mato Grosso do Sul, Mato Grosso, Espírito Santo, Minas Gerais, Rio de Janeiro, São Paulo, Paraná, Santa Catarina	Amazonía, Caatinga, Cerrado y Mata Atlántica	Caatinga stricto sensu, Cerrado lato sensu, Bosque ribereño o de galería, Bosque de llanura aluvial, Bosque caducifolio estacional, Bosque perennifolio estacional, Bosque semicaducifolio estacional, Bosque ombrófilo (Bosque pluvial)

En Brasil, *C. fissilis* ocurre con mayor densidad en las regiones sureste y sur, tendiendo a ser poco común en la región amazónica (Pennington y Muellner, 2010; Bars-tow, 2018; Siqueira *et al.*, 2019). *C. fissilis* ocurre en regiones donde las condiciones climáticas presentan temperaturas entre 13 y 26° C, sin largos periodos de baja precipitación, pero resiste hasta 6 meses de déficit hídrico (Toledo *et al.*, 2008; Siqueira *et al.*, 2019). Se encuentra en varios Estados brasileños (Tabla 1) y puede ocurrir en los biomas Amazonia, Caatinga, Cerrado, Mata Atlántica, Pampa y Pantanal. Se encuentra en los hábitats del Cerrado (*lato sensu*), Bosque de Tierra Firme, Bosque caducifolio estacional, Bosque semidecidual perennifolio estacional, Bosque semi-decidual semicaducifolio estacional y Bosque Ombrófilo (Flores, 2024a).

Por otro lado, *C. odorata* tiene una distribución más amplia, encontrándose en casi todos los Estados brasileños (Tabla 1), ocurriendo en los biomas Amazonia, Caatinga, Cerrado y Mata Atlántica. Se encuentra en los hábitats de la Caatinga (*stricto sensu*), Cerrado (*lato sensu*), Bosque ribereño o de galería, Bosque de llanura aluvial, Bosque caducifolio estacional, Bosque perennifolio estacional, Bosque semicaducifolio estacional y Bosque ombrófilo (Flores, 2024b).

2. PROBABILIDAD DE OCURRENCIA DE LA ESPECIE EN LA AMAZONÍA BRASILEÑA

Las descripciones de la distribución de las especies de *Cedrela* en la literatura abarcan una escala que va desde fitofisionomías hasta niveles regionales como estado, bioma o país (Tabla 1). Esta amplia gama asociada a los riesgos biológicos de las especies puede dificultar la identificación precisa de la presencia de cada especie en la Amazonía. Por lo tanto, el presente estudio desarrolló un modelo de distribución de especies (*Species distribution modelling* – SDM, en inglés) basado en datos de diferentes repositorios para crear mapas de probabilidad de ocurrencia que muestran la distribución global natural de cada especie de *Cedrela* en la Amazonía Legal Brasileña. Los repositorios utilizados fueron el Global Biodiversity Information Facility – GBIF, speciesLink, el Inventario Forestal Nacional de Brasil – IFN, el Centro Nacional de Conservación de la Flora – CNCFlora, datos de inventarios forestales de concesiones forestales federales brasileñas, Embrapa Cenargen, ICMBio Monitora y ForestPlots.

Para garantizar la precisión en la identificación de las especies asociadas con la ocurrencia natural, los puntos de registro fueron revisados por expertos botánicos del Instituto de Investigaciones Jardín Botánico de Rio de Janeiro, y se excluyeron los datos identificados como valores . Además, se eliminaron inconsistencias como duplicidades de registros en diferentes repositorios, registros en áreas no forestales, áreas de introducción de las especies y lugares fuera de la región de ocurrencia natural descrita en la literatura, según la evaluación del experto.

El modelamiento consistió en el uso de variables abióticas climáticas, edáficas, hidrológicas, topográficas y de altura del dosel como predictores de las probabilidades de ocurrencia, asociadas a los puntos de distribución de cada especie. Se extrajeron diez variables climáticas y de elevación de WorldClim (Temperatura Promedio Anual, Temperatura Promedio del Trimestre Más Seco, Precipitación Anual, Precipitación del Mes Más Húmedo, Precipitación del Mes Más Seco, Estacionalidad de la Precipitación (Coeficiente de Variación), Precipitación del Trimestre Más Húmedo, Precipitación del Trimestre Más Seco, promedio de Presión de Vapor y Elevación 2,5 m del Shuttle Radar Topography Mission – SRTM) (Fick y Hijmans, 2017). Las variables del suelo retiradas del sitio web SoilGrid (Poggio *et al.*, 2021) incluyeron: densidad aparente, pH del suelo, fracciones de carbono por volumen, capacidad de intercambio catiónico, arcilla, arena y limo, todas de 0 a 5 cm y de 5 a 15 cm de profundidad. También se utilizaron datos sobre el déficit hídrico climático (Chave *et al.*, 2014), el nivel freático (Fan *et al.*, 2013) y la altura del dosel extraídos de Global Canopy Height (Lang *et al.*, 2023).

Los modelos se construyeron utilizando los paquetes *dismo* (Hijmans *et al.*, 2020), *kernlab* (Karatzoglou *et al.*, 2019), *wallace* (Kass *et al.*, 2018) y *randomForest* (Breiman *et al.*, 2022). La distribución de las especies se modeló utilizando cinco algoritmos diferentes: BIOCLIM y Domain (que utilizan solo datos de presencia), SVM (que utiliza presencia y pseudoausencia), además de los modelos de Regresión Logística (GLM) y Random Forest (que utilizan presencia y ausencia). Al no disponer de ausencias y pseudoausencias, se utilizó un método de selección de pseudoausencias, donde se seleccionaron aleatoriamente muestras del conjunto de células sin registros. El conjunto de datos consistió en un 50% de datos de presencia y un 50% de datos de ausencia. Las ocurrencias se dividieron en dos subconjuntos: uno que consistió en el 70% de las células de presencia para la calibración de los modelos y otro que contenía el 30% de las células de presencia para probar la capacidad de predicción de los modelos. Este proceso se repitió 30 veces para cada modelo. Luego, se generó el consenso de todos los pronósticos de distribución geográfica. El rendimiento de los modelos se evaluó mediante el promedio y la desviación estándar del Área Bajo la Curva (Area Under The Curve – AUC,) con un intervalo de confianza del 95%. Los valores de AUC oscilan entre 0,5 y 1,0, donde 0,5 indica que el modelo no es mejor que el azar y 1,0 representa la discriminación perfecta.

Para el análisis de consenso solo se consideraron modelos con AUC mayor a 0,75, por lo que solo se seleccionaron los mejores modelos para generar mapas binarizados de presencia y ausencia. Todos los modelos y análisis se realizaron con el software R (R Core Team, 2024), versión 4.4.0 (2024-04-24 UCRT). Así, a continuación, se presentan los resultados de los modelos desarrollados para *Cedrela fissilis* (Figura 1) y *Cedrela odorata* (Figura 2).

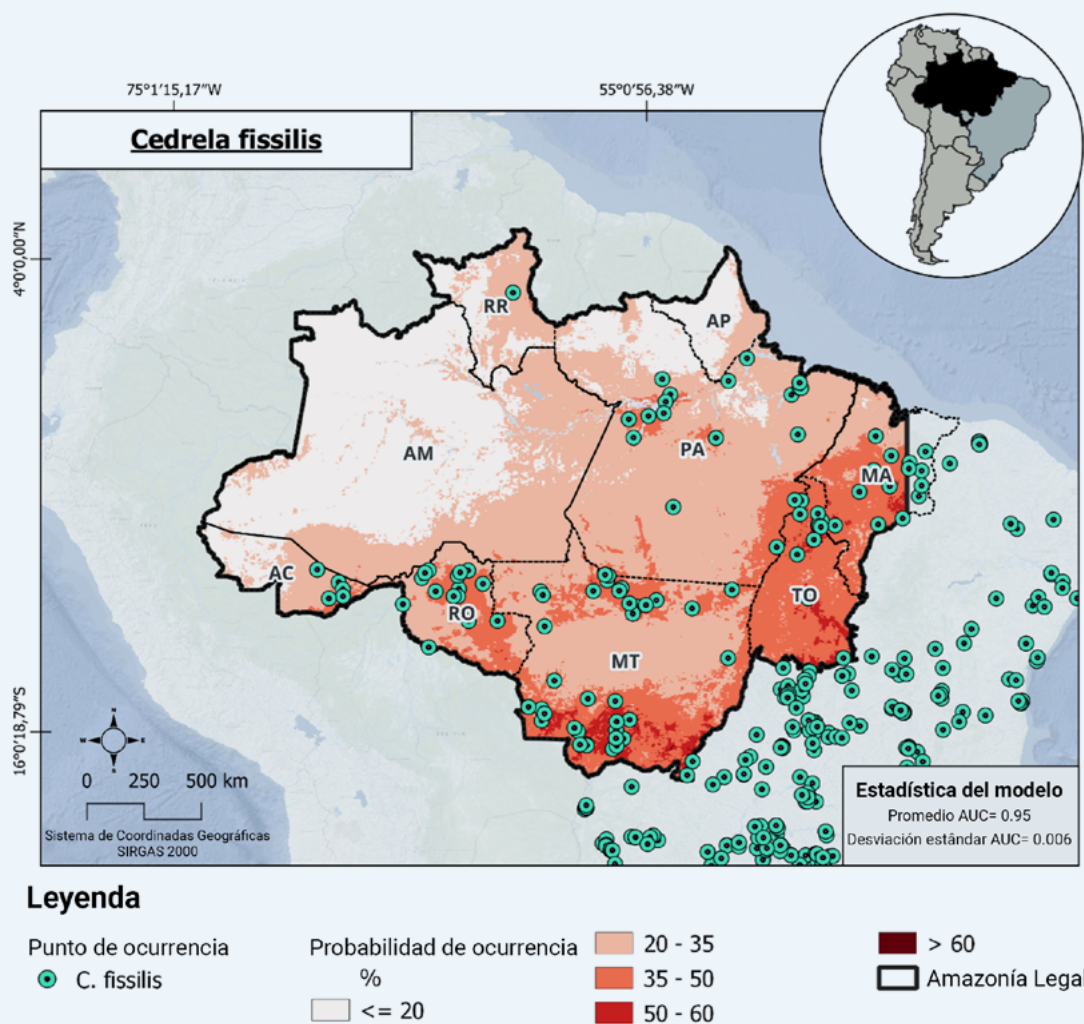


Figura 1. Mapa de la tasa relativa de ocurrencia de *Cedrela fissilis* en la Amazonía Legal Brasileña. Los tonos rojizos, desde los más claros hasta los más oscuros, indican la probabilidad de ocurrencia de la especie, con porcentajes crecientes. Los puntos verdes representan los registros validados por el especialista en botánica Dr. Mario Gomes. El contorno negro discontinuo delimita las Unidades Federativas de la Amazonía Legal. El contorno negro delimita la Amazonía Legal Brasileña.

Estos mapas pueden apoyar la definición de medidas adicionales por parte de las agencias ambientales, sirviendo como herramientas de gestión en el proceso de autorización de Planes de Manejo Forestal Sostenible. Por ejemplo, los proyectos de extracción forestal en áreas cartografiadas con alta probabilidad de ocurrencia de especies en peligro de extinción pueden requerir procedimientos más rigurosos en la identificación botánica de las especies, como la validación de muestras botánicas en herbario y el uso de tecnologías de identificación de códigos de barras de ADN, acompañadas de los informes respectivos.

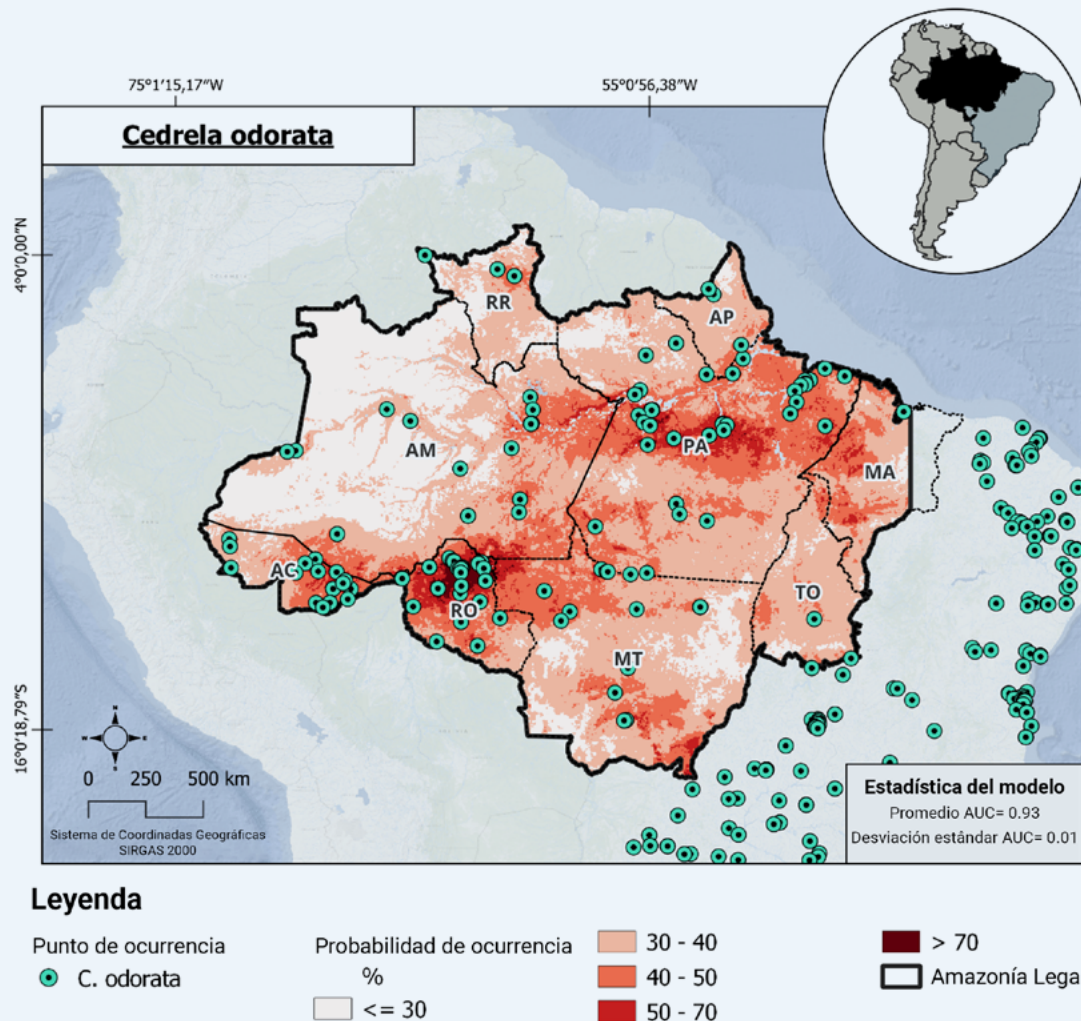


Figura 2. Mapa de la tasa relativa de ocurrencia de *Cedrela odorata* en la Amazonía Legal Brasileña. Los tonos rojizos, desde los más claros hasta los más oscuros, indican la probabilidad de ocurrencia de la especie, con porcentajes crecientes. Los puntos verdes representan los registros validados por el especialista en botánica Dr. Mario Gomes. El contorno negro discontinuo delimita las Unidades Federativas de la Amazonía Legal. El contorno negro delimita la Amazonía Legal Brasileña.

El grado de distribución es un factor importante en la respectiva evaluación de riesgos de una especie. Se atribuye una alta severidad del riesgo cuando su distribución se restringe a una región pequeña y, en consecuencia, cuando esta distribución es dispersa, este nivel de severidad se reduce. Sin embargo, esta distribución debe estar asociada al tamaño poblacional de esta especie para caracterizar los riesgos asociados (Wolf et al., 2018). Estas poblaciones pueden ser grandes y uniformes, o pequeñas, agrupadas o aisladas. Las especies con una gran área de distribución, pero con poblaciones pequeñas, deben tener el riesgo asociado a su extinción a nivel local, factor a considerar en el objetivo del DENP.

3. RIESGOS BIOLÓGICOS

Las poblaciones de *Cedrela fissilis* y *Cedrela odorata* están disminuyendo debido a la conversión del hábitat hacia el uso alternativo de la tierra, la tala y el ataque de la plaga *Hypsipyla grandella* (Lepidoptera, Pyralidae) en sus regiones naturales. La sobreexplotación resultó en la amenaza de *C. fissilis* en Colombia y en la Amazonía peruana mientras que se volvió rara en Bolivia y la mayoría de las subpoblaciones naturales de Ecuador fueron suprimidas. En Centroamérica, hay pocos individuos en Costa Rica y Panamá. En Surinam, la especie sigue siendo bastante común. En Brasil, gran parte de su distribución en el sureste del país se ha reducido debido a la deforestación para la agroindustria (Pennington y Muellner, 2010). Se estima que las subpoblaciones de *C. fissilis* en el territorio brasileño hayan disminuido en un 30% como resultado de la tala y la pérdida de hábitat. Esto llevó a la extinción de algunas de las subpoblaciones con el tiempo (CNCFlora, 2012). La población de *C. fissilis* en Brasil ya no forma rodales densos, aunque los árboles individuales pueden ser frecuentes en el paisaje fragmentado (CNCFlora, 2012). La especie se encuentra en la Mata Atlántica, donde hay indicios de una disminución de más del 80% de sus subpoblaciones (The Nature Conservancy, 2019).

Siqueira *et al.* (2019) modelaron el nicho climático de *C. fissilis*, proyectando su idoneidad climática actual y futura bajo escenarios de cambio climático para 2070. Consideraron un escenario optimista (RCP 4.5) y uno pesimista (RCP 8.5), pronosticando reducciones del 47% y 63% en las áreas de idoneidad climática, respectivamente. En Brasil, las regiones más favorables para *C. fissilis* son el Sur y el Sureste, con menor adecuación en el Centro-Oeste y Noreste, siendo la región Norte la menos favorable. En América del Sur, el este de Paraguay y el noreste de Argentina, además de las zonas andinas de Bolivia y Perú, son las más propicias. En Centroamérica, países como Nicaragua y Honduras tienen la mayor idoneidad climática, con registros también en Panamá y Costa Rica.

Por otra parte, hay indicios de que las poblaciones de *C. odorata* han disminuido en casi un 30% de su área de distribución natural y se estima que disminuirán en un 40,4% en los próximos 100 años (UICN, 2017). En Costa Rica, su hábitat se redujo en un 56,7% (Cites, 2007). En Colombia, *C. odorata* tiene una baja densidad de individuos debido al comportamiento típico de una especie heliófita longeva, donde se percibe que la regeneración natural depende de la apertura de grandes claros y la disponibilidad de fuentes viables de semillas (Cárdenas *et al.*, 2015). La densidad de árboles de *C. odorata* con DAP > 80 cm, el diámetro mínimo de cosecha propuesto por Castaño *et al.* (2007), fue cero o cercano a cero, lo que muestra un claro agotamiento de árboles que pueden ser explotados en los bosques naturales nacionales de Colombia (Cárdenas *et al.*, 2015).

Se estudió la dinámica de crecimiento de la especie en el bosque primario de Mato Grosso (dos Santos *et al.*, 2021), mostrando incrementos de diámetro similares a los de otros estudios en diferentes regiones. Los incrementos promedio más altos ocurrieron en las clases de 15 cm a 35 cm de diámetro. En promedio, la especie tarda 75 años en alcanzar la clase comercial de 50 cm desde el año cero, reduciéndose a 49 años cuando se consideran solo los árboles de mejor rendimiento.

Riesgo asociado a la conversión a usos alternativos de la tierra en la Amazonía Legal Brasileña

La máxima probabilidad de ocurrencia generada en los mapas de las Figuras 1 y 2 se utilizó en análisis de superposición con áreas de deforestación del Proyecto de Monitoreo de Deforestación en la Amazonía Legal – PRODES entre los años 2008 y 2023, y con áreas en riesgo de deforestación en la Amazonía de PrevisIA en el año 2024. El proyecto PRODES, desarrollado por el Instituto Nacional de Investigaciones Espaciales – INPE, monitorea la deforestación rasa en la Amazonía Legal por satélites y ha producido, desde 1988, las tasas anuales de deforestación en la región, que son utilizadas por el gobierno brasileño para establecer políticas públicas. PRODES utiliza imágenes satelitales de clase LANDSAT (20 a 30 metros de resolución espacial y tasa de revisita de 16 días) en una combinación que busca minimizar el problema de la nubosidad y garantizar criterios de interoperabilidad. Actualmente hace uso de imágenes LANDSAT 8/OLI, CBERS 4 e RIS-2 (INPE, 2024) e independientemente del instrumento utilizado, cuenta con un área mínima mapeada de 6,25 hectáreas. PRODES cuenta con la colaboración del Ministerio de Medio Ambiente (MMA) y el Instituto Brasileño del Medio Ambiente y de los Recursos Naturales Renovables (Ibama) y forma parte del Ministerio de Ciencia, Tecnología, Innovación y Comunicaciones (MCTIC) en el Grupo de Trabajo Interministerial Permanente para la reducción de los índices de deforestación en la Amazonía legal, creado por decreto presidencial del 3 de julio de 2005. Este proyecto ha demostrado ser de gran importancia para las acciones y la planificación de políticas públicas en la Amazonía, con resultados recientes, basados en análisis realizados con expertos independientes, que indican un nivel de acuidad cercano al 95% (INPE, 2024).

PrevisIA, una herramienta desarrollada por el Instituto del Hombre y Medio Ambiente de la Amazonía – Imazon, utiliza la Inteligencia Artificial para identificar zonas en riesgo de deforestación en la Amazonía. Con una resolución espacial de 1 km, los datos evalúan solo los bosques primarios y clasifican el riesgo en cinco categorías: Muy Alto, Alto, Moderado, Bajo y Muy Bajo. El modelo integra variables como el historial de deforestación, la topografía, los cuerpos de agua, la cercanía a áreas protegidas, la cobertura del suelo, los datos socioeconómicos y las carreteras oficiales y no oficiales, las cuales son detectadas a través de un algoritmo de In-

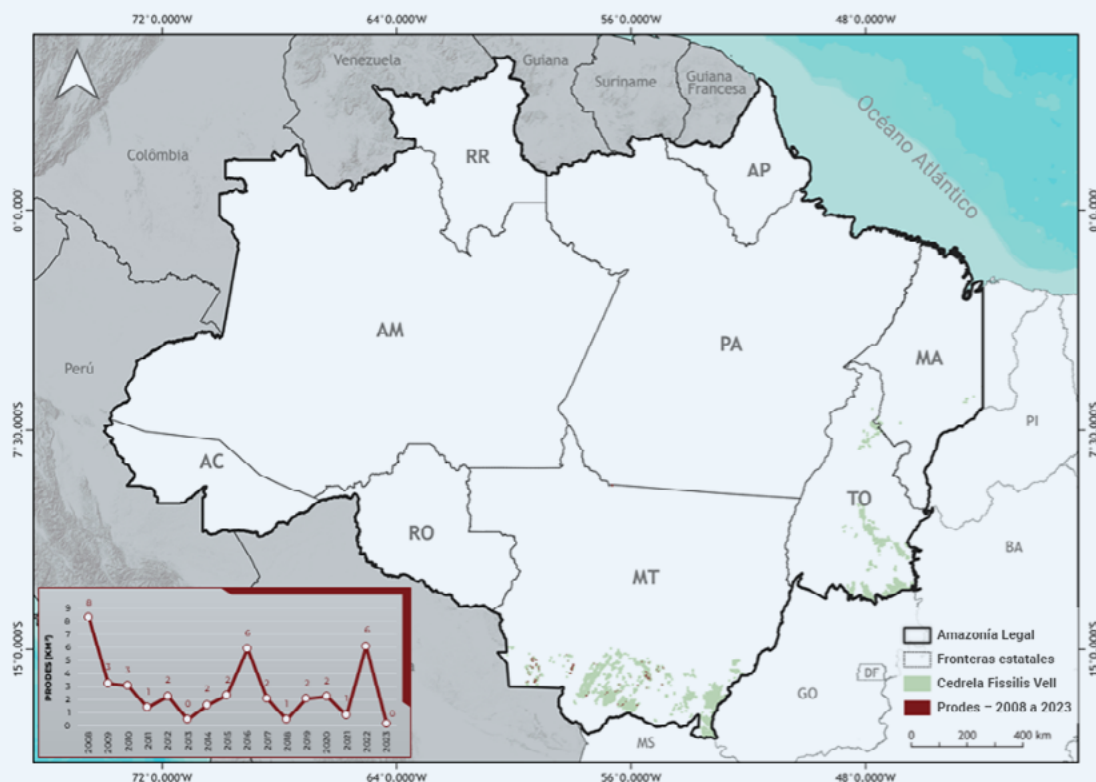


Figura 3. Mapa de superposición PRODES (2008 – 2023) con las regiones de máxima probabilidad de ocurrencia de *Cedrela fissilis* en la Amazonía Legal Brasileña. El tono verde indica la máxima probabilidad de ocurrencia de la especie. El color rojo representa los registros de deforestación por tala rasa. El contorno negro discontinuo delimita las Unidades Federativas de la Amazonía Legal. El contorno negro delimita la Amazonía Legal Brasileña.

teligencia Artificial que anualmente identifica el surgimiento de nuevas carreteras (Sales *et al.*, 2017), siendo una de las variables más predictivas, dado que el 95% de la deforestación acumulada ocurre a menos de 5.5 km de estas carreteras (Barber *et al.*, 2014), y el 90% de los incendios anuales se producen a menos de 4 km de ellos (Kumar *et al.*, 2014). Estas variables permiten estimar la probabilidad de conversión forestal durante el siguiente calendario de deforestación, que va desde agosto de un año hasta julio del año sucesivo (PrevisIA, 2024).

La especie *Cedrela fissilis* tiene la mayor probabilidad de ocurrencia en los Estados de Mato Grosso y Tocantins, señalada en verde en las figuras a continuación. Entre 2008 y 2023 se deforestaron pequeñas áreas en estas regiones, que van desde 0 km² en 2013 y 2023 hasta 8 km² en 2008, cuando se superponen con PRODES. En total, se registraron 43 km² de área deforestada por tala rasa a lo largo de los años en estos lugares (Figura 3). El modelo de riesgo de deforestación para *C. fissilis* en 2024 señala que las áreas con mayor probabilidad de ocurrencia tienen un riesgo

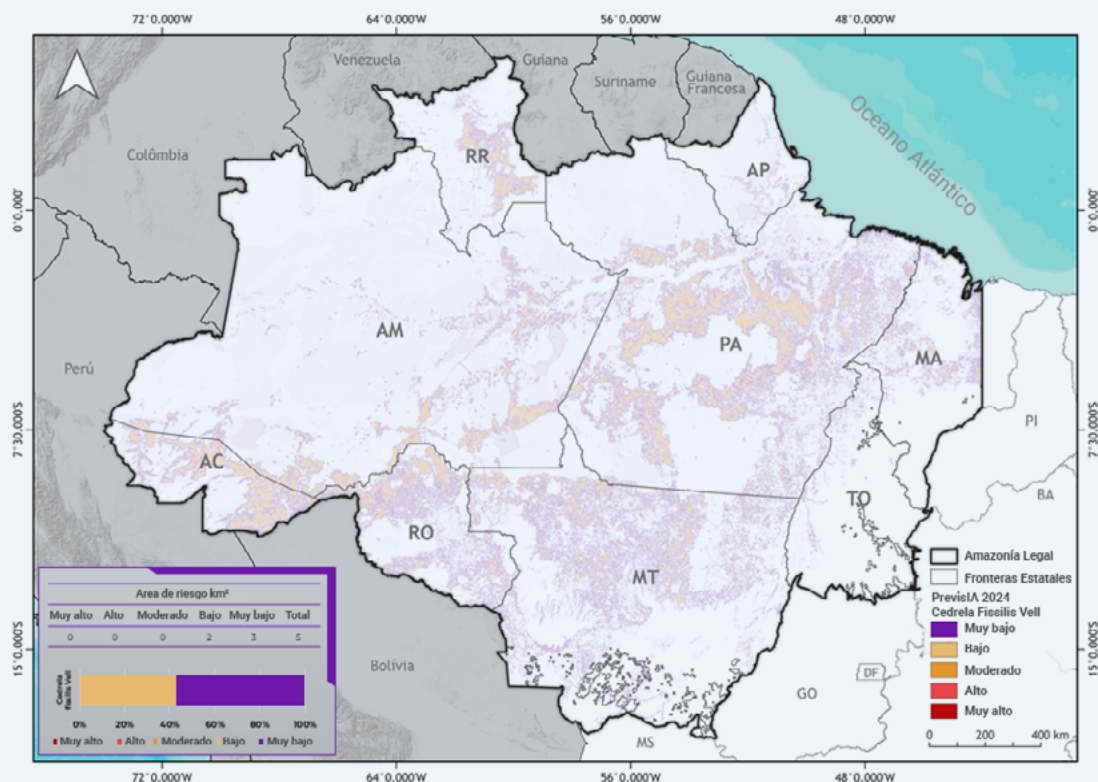


Figura 4. Superposición del mapa PrevisIA (2024) con las regiones de máxima probabilidad de ocurrencia de *Cedrela fissilis* en la Amazonía Legal Brasileña. Los tonos morados y amarillos señalan los riesgos de deforestación en las zonas con mayor probabilidad de ocurrencia de la especie. El contorno negro discontinuo delimita las Unidades Federativas de la Amazonía Legal. El contorno negro delimita la Amazonía Legal Brasileña.

muy bajo (2 km² o 57%) y bajo (3 km² o 43%). Con un total de solo 5 km² en riesgo de deforestación este año en los Estados de Mato Grosso y Tocantins (Figura 4).

La especie *Cedrela odorata* tiene una probabilidad máxima de ocurrencia especialmente en los Estados de Amazonas, Acre, Rondônia, Mato Grosso, Pará y Maranhão, señalada en verde en las figuras a continuación. Entre 2008 y 2023 se deforestaron áreas intermedias en estas regiones, que van desde los 1.173 km² en 2012 hasta los 3.228 km² en 2019, cuando se superponen con el PRODES. En total, se registraron 33.800 km² de área deforestada por tala rasa a lo largo de los años en estos lugares (Figura 5). El modelo de riesgo de deforestación para *C. odorata* en 2024 indica que las áreas con mayor probabilidad de ocurrencia están sujetas a la pérdida de hasta 1.877 km² de bosque primario durante todo el año. Más del 70% de estas áreas de riesgo se concentran en las categorías de riesgo muy alto, alto y moderado (Figura 6).

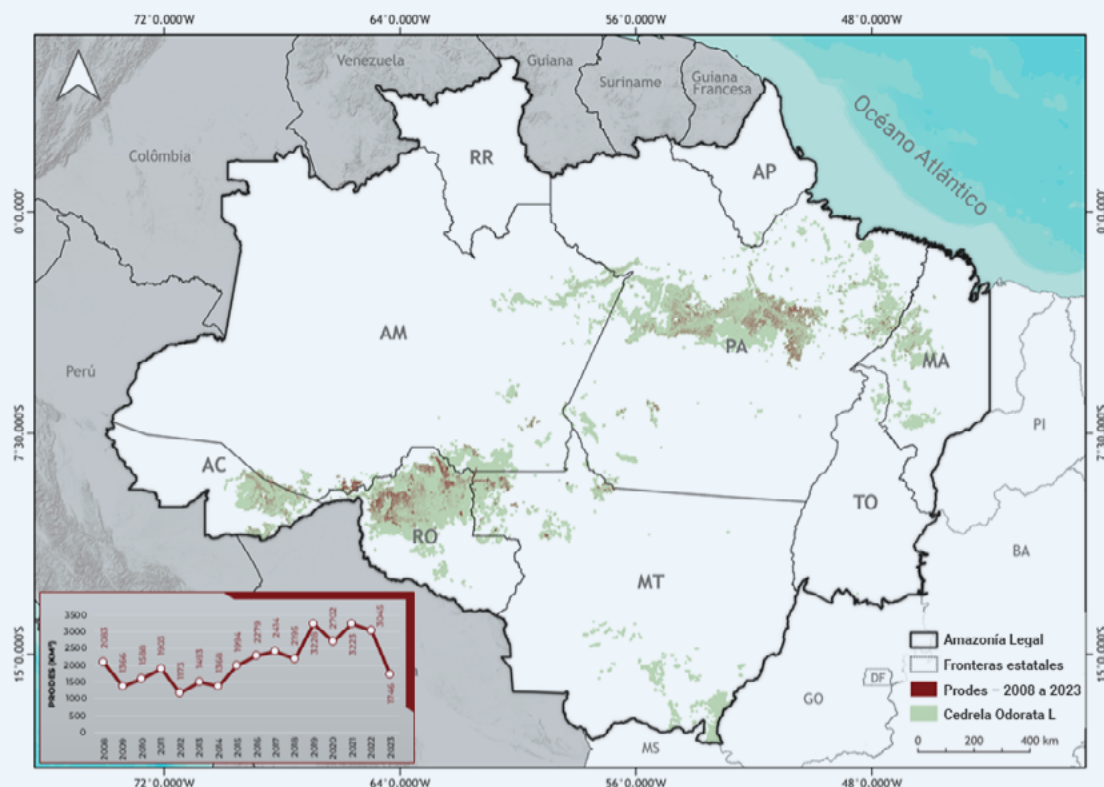


Figura 5. Mapa de superposición PRODES (2008 – 2023) con las regiones de máxima probabilidad de ocurrencia de *Cedrela odorata* en la Amazonía Legal Brasileña. El tono verde indica la máxima probabilidad de ocurrencia de la especie. El color rojo representa los registros de deforestación por tala rasa. El contorno negro discontinuo delimita las Unidades Federativas de la Amazonía Legal. El contorno negro delimita la Amazonía Legal Brasileña.

Es fundamental, además de las acciones de los poderes públicos con el objetivo de intensificar las medidas de mando y control en la lucha contra la deforestación y la extracción ilegal en las zonas con mayor riesgo de deforestación, la implementación de políticas públicas de conservación para mantener el bosque nativo en estas regiones, promoviendo la protección de la especie. Otra estrategia para incentivar la conservación de los bosques nativos que se destaca en el escenario global se refiere al pago por servicios ambientales. Esta dinámica, que en la práctica establece una remuneración para los responsables del mantenimiento de los remanentes forestales, tiene el potencial de agregar valor a las áreas mediante la prestación de servicios ecosistémicos, y puede, junto con el manejo forestal sostenible, establecerse como una fuente viable de ingresos a cambio de su supresión para la conversión del suelo para la implementación de actividades agrícolas y ganaderas. principales vectores de deforestación en el bioma amazónico. La Ley n. 14.119, de 13 de enero de 2021, instituye la Política Nacional de Pago por Servicios Ambientales y establece el marco jurídico para la implementación de estas prácticas en el escenario nacional (Brasil, 2021).

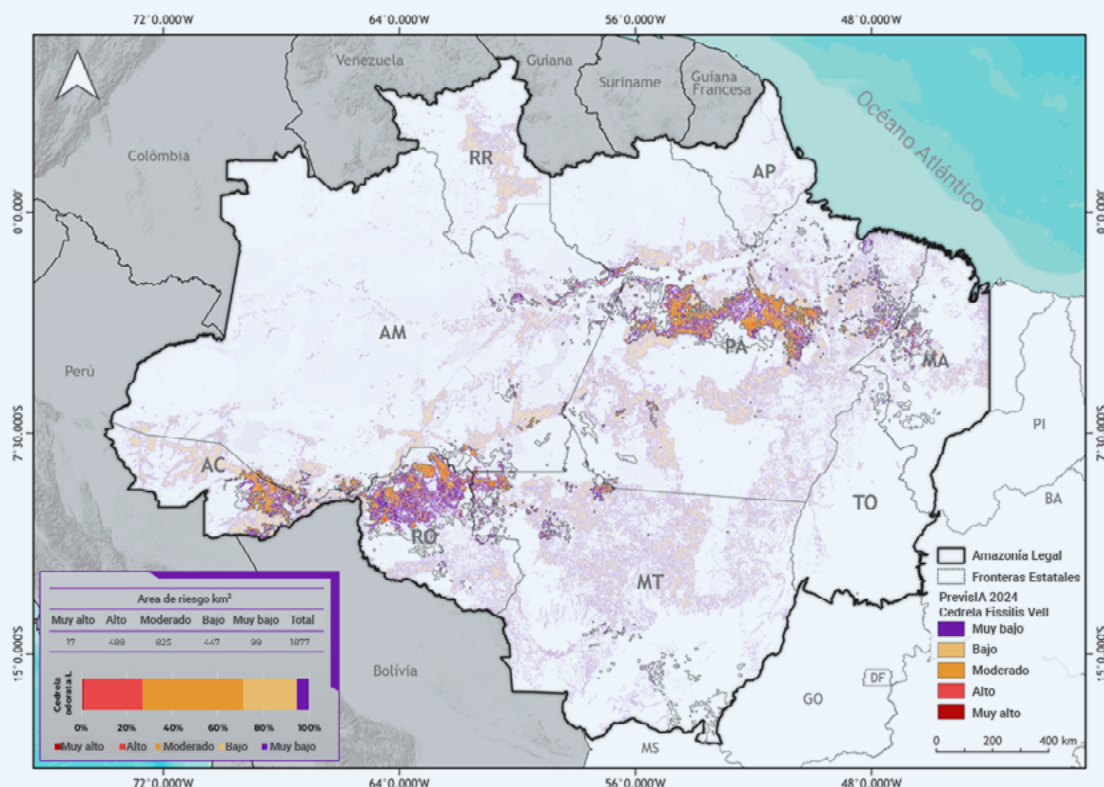


Figura 6. Mapa superpuesto PrevisIA (2024) con las regiones de máxima probabilidad de ocurrencia de Cedre-la odorata en la Amazonía Legal Brasileña. Los tonos en morado, amarillo, naranja y gradientes en rojo señalan los riesgos de deforestación en las áreas de máxima probabilidad de ocurrencia de la especie. El contorno negro discontinuo delimita las Unidades Federativas de la Amazonía Legal. El contorno negro delimita la Amazonía Legal Brasileña

4. CONDICIÓN DE LA CONSERVACIÓN

A nivel global, la principal referencia para evaluar y clasificar el riesgo de extinción de especies de fauna y flora es la Lista Roja de la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza –UICN. Proporciona información sobre la distribución, el tamaño de la población, el hábitat y la ecología, el uso y/o el comercio, las amenazas y las acciones de conservación que ayudarán a informar las decisiones de conservación necesarias, y clasifica las especies de acuerdo con ocho categorías distintas: No Evaluado – NE, Datos Insuficientes – DD, Preocupación Menor – LC, Casi Amenazado – NT, Vulnerable – VU, En Peligro – EN, En Peligro Crítico – CR, Extinguido en la naturaleza – EW y Extinguido – EX. La Lista Roja de la UICN es utilizada por agencias gubernamentales, departamentos de vida silvestre, organizaciones no gubernamentales (ONG) relacionadas con la conservación, la gestión de recursos naturales, organizaciones educativas, estudiantes y la comunidad empresarial (IUCN, 2021).

A nivel nacional, la responsabilidad de evaluar el riesgo de extinción de especies de flora en Brasil es responsabilidad del Centro Nacional de Conservación de la Flora – CNCFlora, del Instituto de Investigación Jardín Botánico de Rio de Janeiro. La lista roja de CNCFlora consiste en el análisis y evaluación del riesgo de extinción de las especies de flora, y su clasificación según categorías y criterios de la UICN (CNCFlora, 2019). El proceso se basa en la recopilación de datos, con un relevamiento de información sobre la biología, ecología y distribución de cada especie, así como datos sobre amenazas y acciones de conservación. Estos datos son validados por una red de expertos colaboradores y, finalmente, revisados por los analistas del Núcleo Lista Roja, que incorporan todos los cambios indicados por los expertos.

Las especies de *Cedrela* presentes en Brasil están categorizadas como Vulnerables – VU en términos de estado de conservación a diferentes escalas espaciales en la mayoría de las listas publicadas (Tabla 2). Las categorizaciones de las amenazas cambian con el tiempo, ya que las listas rojas de flora amenazada se actualizan periódicamente a medida que se dispone de nuevos datos e información, lo que refleja los cambios en el estado de conservación de las especies.

Tabla 2. Listado del estado de conservación de *Cedrela fissilis* y *C. odorata* que se encuentran en la Amazonía brasileña a nivel global: UICN (2018a, 2018b); nacional: CNCFlora (2012) y Ordenanza MMA n. 148, de 7 de junio de 2022 (Brasil, 2022); y estatal: Pará (COEMA/PA, 2007), y tendencias poblacionales (IUCN, 2018ab).

Referencia	IUCN (2018)	CNCFlora (2012)	Brasil (2022)	COEMA/PA (2007)	Tendencia poblacional
<i>Cedrela fissilis</i>	VU (2018)	VU (2012)	VU	No clasificado	
<i>Cedrela odorata</i>	VU (2018)	VU (2012)	VU	VU	

VU – Vulnerable. Tendencias poblacionales: declive (rojo).

De acuerdo con la Ordenanza MMA n. 443, de 17 de diciembre de 2014 (Brasil, 2014), las especies de la Lista de Especies en Peligro de Extinción en Brasil (Ordenanza MMA n. 148, de 7 de junio de 2022) (Brasil, 2022) clasificadas en las categorías Extinto en estado silvestre – EW, En peligro crítico – CR, En peligro – EN y Vulnerable – VU están totalmente protegidas, incluyendo la prohibición de recolección, tala, transporte, almacenamiento, manipulación, procesamiento y comercialización, entre otros. Para las especies de la Lista, clasificadas en la categoría Vulnerable – VU, se podrá permitir el manejo sostenible, regulado por el MMA y autorizado por la agencia ambiental competente, siempre que cumpla al menos con los siguientes criterios:

- I. no estar prohibido en normas específicas, incluidas las leyes internacionales;**
- II. estar en consonancia con la evaluación del riesgo de extinción de especies;**
- III. existencia de datos de investigación, inventario forestal o monitoreo que apoyen la toma de decisiones sobre el uso y conservación de la especie; y**
- IV. adopción de las medidas señaladas en los Planes Nacionales de Acción para la Conservación de las Especies Amenazadas – PAN, cuando existan.**

De acuerdo con la Instrucción Normativa MMA n. 1, del 12 de febrero de 2015 (MMA, 2015), la aprobación de los Planes de Manejo Forestal Sostenible (PMFS) y sus respectivos Planes Operativos Anuales (POA), cuando implique la extracción de especies incluidas en el Listado Nacional Oficial de Especies Amenazadas de Flora, clasificadas en la categoría Vulnerable (VU), en el Bioma Amazónico, debe considerar los siguientes criterios:

- I. mantenimiento de al menos el 15% (quince por ciento) del número de árboles por especie, en el área de extracción efectiva de la Unidad de Corta Anual – UCA, que cumplan con los criterios de selección para el corte indicados en el PMFS, respetando la distribución en las clases Diámetro a la Altura del Pecho – DAP, de acuerdo con el perfil de la población existente en la UCA y respetando el límite mínimo de mantenimiento de 4 (cuatro) árboles por especie por 100 ha (cien hectáreas), en cada Unidad de Trabajo – UT;**
- II. mantenimiento de todos los árboles de la especie cuya abundancia de individuos con DAP superior al Diámetro Mínimo de Corta – DMC sea igual o inferior a 4 (cuatro) árboles por cada 100 ha (cien hectáreas) del área de extracción efectiva de la UCA, en cada UT.**

5. CONSIDERACIONES FINALES

Los taxones de *Cedrela* exhiben distintos patrones de distribución geográfica y adaptabilidad a diferentes hábitats, como lo demuestran los resultados de los modelos de distribución de especies en la Amazonía Legal Brasileña. Ambas especies enfrentan importantes desafíos de conservación, exacerbados por la pérdida de hábitat como resultado de la conversión de áreas a usos alternativos de la tierra y la extracción comercial de productos y subproductos de la madera. Entre 2008 y 2023, se talaron de forma rasa 33.800 km² en las áreas con mayor probabilidad de ocurrencia de *C. odorata*, mientras que solo 43 km² para *C. fissilis*. A pesar de ello, las proyecciones indican que el cambio climático puede reducir las áreas climáticamente aptas para *Cedrela fissilis* hasta en un 63% para 2070, bajo escenarios pesimistas, factor que merece ser destacado en la evaluación de las medidas de conservación de la especie.

Para mejorar la conservación y el manejo sostenible de las especies de *Cedrela* en Brasil, es fundamental la creación de Listas Rojas de Flora Amenazada por bioma, además de elaborar Listas Estatales para todos los Estados amazónicos y actualizar las publicadas hace más de una década. Este enfoque permitirá una evaluación más precisa de las amenazas a las que se enfrenta cada especie en sus respectivos hábitats. También es esencial implementar estrategias de conservación efectivas, como la creación de Unidades de Conservación, criterios apropiados para el manejo sostenible de los recursos forestales y el monitoreo continuo de las poblaciones restantes. La integración de las políticas de mitigación del cambio climático también es crucial para preservar los hábitats que son críticos para la supervivencia de estas especies en el paisaje neotropical.

Además, en el actual contexto global de creciente implementación de políticas públicas de pago por servicios ambientales, la agregación de valor para el mantenimiento del bosque en pie ha demostrado ser un mecanismo fundamental como estímulo económico para competir con el atractivo relacionado con su supresión de vegetación nativa para el uso alternativo de la tierra.

6. REFERENCIAS

Arnáez, E., & Flores, E. (1988). Características de la madera de *Cedrela odorata* L (cedro amargo, Meliaceae) en Costa Rica. *Revista de Biología Tropical*, 36(1), 67-73. <https://revistas.ucr.ac.cr/index.php/rbt/article/view/23635>

Barber, C.P., Cochrane, M.A., Souza Jr, C.M., & Laurance, W.F. (2014). Roads, deforestation, and the mitigating effect of protected areas in the Amazon. *Biological conservation*, 177, 203-209. <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2014.07.004>

Barstow M. (2018). *Cedrela fissilis*. In *The IUCN Red List of Threatened Species 2018*. <https://doi.org/10.2305/IUCN.UK.2018-1.RLTS.T33928A68080477.en>

Breiman, L., Cutler, A., Liaw, A., & Wiener, M. (2022). Package 'randomForest'. *R package version 4.7-1.1*. <https://cran.r-project.org/web/packages/randomForest/randomForest.pdf>

Brasil. (2014). Portaria MMA nº 443, de 17 de dezembro de 2014. *Reconhece como espécies da flora brasileira ameaçadas de extinção aquelas constantes da "Lista Nacional Oficial de Espécies da Flora Ameaçadas de Extinção"*. http://cncflora.jbrj.gov.br/portal/static/pdf/portaria_mma_443_2014.pdf

Brasil. (2021). Lei nº 14.119, de 13 de janeiro de 2021. Institui a Política Nacional de Pagamento por Serviços Ambientais (PNPSA). Diário Oficial da União. *Diário Oficial da União*. https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2019-2022/2021/lei/L14119.htm

Brasil. (2022). Portaria MMA nº 148, de 7 de junho de 2022. Estabelece a atualização da Lista Nacional de Espécies Ameaçadas de Extinção. Diário Oficial da União. *Diário Oficial da União*. <https://pesquisa.in.gov.br/imprensa/jsp/visualiza/index.jsp?data=13/02/2015&jornal=1&pagina=67&totalArquivos=304>

Castaño-Arboleda, N., Cárdenas, D., & Rodriguez, E. O. (2007). *Ecología, aprovechamiento y manejo sostenible de nueve especies de plantas del departamento del Amazonas, generadoras de productos maderables y no maderables*. Instituto Amazónico de Investigaciones Científicas "SINCHI".

Cárdenas, L.D., Castaño, A.N., Sua, T.S., Quintero B.L. et al. (2015). *Planes de Manejo para la Conservación de Abarco, Caoba, Cedro, Palorosa, y Canelo de los Andaquíes*. Bogotá, Colombia: Instituto Amazónico de Investigaciones Científicas – SINCHI.

Centro Nacional de Conservação da Flora – CNCFlora. (2012). *Cedrela fissilis*. In Lista Vermelha da flora brasileira versão 2012.2. *Centro Nacional de Conservação da Flora*. http://cncflora.jbrj.gov.br/portal/pt-br/profile/Cedrela_fissilis.

Centro Nacional de Conservação da Flora – CNCFlora. (2019). Lista Vermelha da Flora Brasileira. *Centro Nacional de Conservação da Flora*. <http://cncflora.jbrj.gov.br/portal/pt-br/projetos/lista-vermelha>

Chave, J., Réjou-Méchain, M., Búrquez, A., Chidumayo, E., Colgan, M.S., Delitti, W.B., ... & Vieilledent, G. (2014). Improved allometric models to estimate the aboveground biomass of tropical trees. *Global change biology*, 20(10), 3177-3190. <https://doi.org/10.1111/gcb.12629>

Conselho Estadual de Meio Ambiente, Pará – COEMA. (2007). Resolução COEMA nº 54 de 24 de outubro de 2007. Homologa a lista de espécies da flora e da fauna ameaçadas no Estado do Pará, Belém, PA.

Convention on International Trade in Endangered Species – Cites. (2007). *Consideration of proposals for amendment of appendices I and II* [Proposta, COP 19]. <https://cites.org/sites/default/files/eng/cop/14/prop/E14-P33.pdf>

dos Santos, A.T., Canetti, A., Braz, E.M., de Mattos, P.P., Basso, R.O. (2021). Estrutura diamétrica e padrão de crescimento de *Cedrela odorata* em floresta primária em Colniza, MT (Comunicado técnico, 469) *Embrapa Florestas*. <http://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/handle/doc/1132399>

Fan, Y., Li, H., & Miguez-Macho, G. (2013). *Global patterns of groundwater table depth*. *Science*, 339, 940–943. <https://doi.org/10.1126/science.1229881>

Flores, T.B. (2024a). *Cedrela fissilis*. In Flora e Funga do Brasil. *Jardim Botânico do Rio de Janeiro*. <https://floradobrasil.jbrj.gov.br/FB9990>

Flores, T.B. (2024b). *Cedrela odorata*. In Flora e Funga do Brasil. *Jardim Botânico do Rio de Janeiro*. <https://floradobrasil.jbrj.gov.br/FB9992>

Fick, S.E., & Hijmans, R.J. (2017). WorldClim 2: new 1-km spatial resolution climate surfaces for global land areas. *International Journal of Climatology*, 37(12), 4302–4315. <https://doi.org/10.1002/joc.5086>

Hijmans, R.J., Phillips, S., Leathwick, J., & Elith, J. (2020). *dismo*: Methods for species distribution modeling, that is, predicting the environmental similarity of any site to that of the locations of known occurrences of a species. *R package version 1.3-3*. <https://cran.r-project.org/web/packages/dismo/dismo.pdf>

Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais – INPE. (2024). *Monitoramento do Desmatamento da Floresta Amazônica Brasileira por Satélite – PRODES*. <http://www.obt.inpe.br/OBT/assuntos/programas/amazonia/prodes>

International Union for Conservation of Nature – IUCN. (2017). *Cedrela odorata*, *Spanish cedar*. <http://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.1998.RLTS.T32292A9687734.en>

International Union for Conservation of Nature – IUCN. (2018a). *Cedrela fissilis*. *The IUCN Red List of Threatened Species 2018*: e.T33928A68080477. <https://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.2018-1.RLTS.T33928A68080477.en>

International Union for Conservation of Nature – IUCN. (2018b). *Cedrela odorata*. *The IUCN Red List of Threatened Species 2018*: e.T32292A68080590. <https://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.2017-3.RLTS.T32292A68080590.en>

International Union for Conservation of Nature – IUCN. (2021). *The IUCN Red List of Threatened Species*. <https://www.iucnredlist.org/>

Karatzoglou, A., Smola, A., & Hornik, K. (2019). *kernlab*: Kernel-Based Machine Learning Lab. R package version 0.9-29. <https://cran.r-project.org/web/packages/kernlab/kernlab.pdf>

Kass, J.M., Vilela, B., Aiello-Lammens, M.E., Muscarella, R., Merow, C., & Anderson, R.P. (2018). Wallace: A flexible platform for reproducible modeling of species niches and distributions built for community expansion. *Methods in Ecology and Evolution*, 9, 1151–1156. <https://doi.org/10.1111/2041-210X.12945>

Kilawe, C.J., Baltazary, I.S., Malila, B.P., Lyimo, P.J., & Mwakalukwa, E.E. (2023). Replacement of native trees by the neotropical invasive tree *Cedrela odorata* L. in the Kimboza Forest Reserve, Tanzania. *Biological Invasions*, 25, 3697–3710. <https://doi.org/10.1007/s10530-023-03136-x>

Kumar, S.S., Roy, D.P., Cochrane, M.A., Souza, C.M., Barber, C.P., & Boschetti, L. (2014). A quantitative study of the proximity of satellite detected active fires to roads and rivers in the Brazilian tropical moist forest biome. *International journal of wildland fire*, 23(4), 532-543. <https://doi.org/10.1071/WF1310>

Lang, N., Jetz, W., Schindler, K., & Wegner, J.D. (2023). A high-resolution canopy height model of the Earth. *Nature Ecology & Evolution*, 7, 1778-1789. <https://doi.org/10.1038/s41559-023-02206-6>

Ministério do Meio Ambiente – MMA. (2015). Instrução Normativa MMA nº1, de 12 de fevereiro de 2015. Dispõe sobre a aprovação de Planos de Manejo Florestal Sustentável – PMFS e seus respectivos Planos Operacionais Anuais – POA. *Diário Oficial da União*.

Pennington, T.D., Styles, B.T. & Taylor, D.A.H. (1981). Meliaceae. In *Flora Neotropica*. (Monograph 28). New York Botanical Garden, Bronx, New York, USA.

Pennington, T.D & Muellner, A.N. (2010). *A Monograph of Cedrela (Meliaceae)*. dh books. Milborne Port, UK. 112pp.

Poggio, L., De Sousa, L.M., Batjes, N.H., Heuvelink, G.B., Kempen, B., Ribeiro, E., & Rositer, D. (2021). *SoilGrids 2.0*: producing soil information for the globe with quantified spatial uncertainty. *Soil*, 7(1), 217-240. <https://doi.org/10.5194/soil-7-217-2021>

PrevisIA. (2024). *Metodologia*. <https://previsia.org.br/a-metodologia/>

R Core Team. (2024). R: A Language and Environment for Statistical Computing. Vienna, Austria: R Foundation for Statistical Computing. <https://www.R-project.org/>

Royal Botanic Gardens, Kew. (2024a). *Cedrela fissilis* Vell. <https://powo.science.kew.org/taxon/urn:lsid:ipni.org:names:577744-1#source-KBD>

Royal Botanic Gardens, Kew. (2024b). *Cedrela odorata* L. <https://powo.science.kew.org/taxon/urn:lsid:ipni.org:names:51010-2/>

Sales, M., De Bruin, S., Herold, M., Kyriakidis, P., & Souza Jr, C. (2017). A spatio-temporal geostatistical hurdle model approach for short-term deforestation prediction. *Spatial statistics*, 21, 304-318. <https://doi.org/10.1016/j.spasta.2017.06.003>

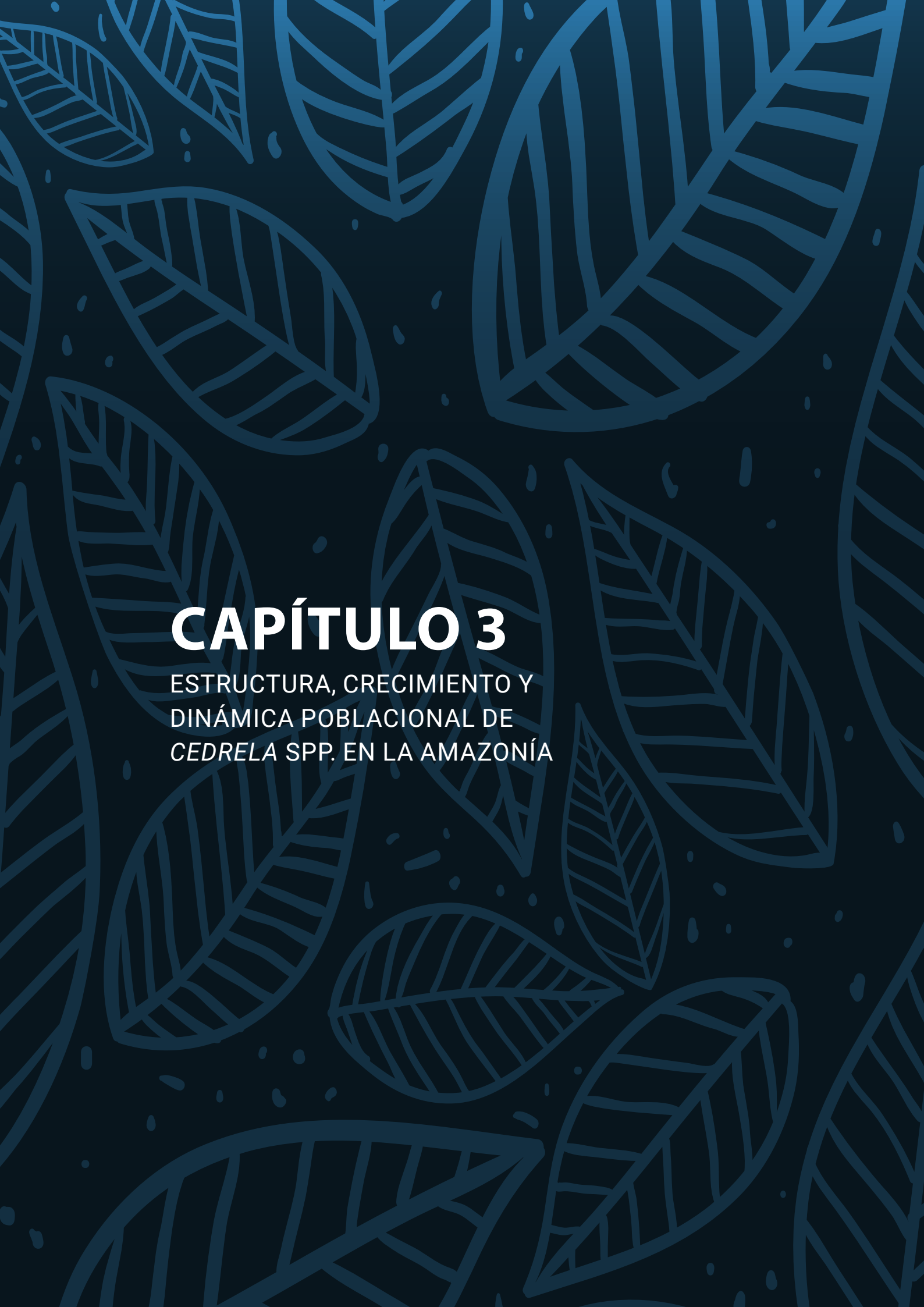
Siqueira, S.D.F., Higuchi, P., & Silva, A.C.D. (2019). Contemporary and future potential geographic distribution of *Cedrela fissilis* Vell. under climate change scenarios. *Revista Árvore*, 43, e430306. <https://doi.org/10.1590/1806-90882019000300006>

The Nature Conservancy. (2019). *Manejo de fragmentos florestais degradados*. Campinas (SP). <https://www.tnC.org.br/content/dam/tnc/nature/en/documents/brasil/manejodefragmentosflorestaisdegradados.pdf>

Toledo M., Chevallier, B., Villarroel, D. & Mostacedo, B. (2008). Ecología y silvicultura de especies menos conocidas Cedro, *Cedrela* spp. *Proyecto BOLFOR II/ Instituto Boliviano de Investigación Forestal Santa Cruz*, Bolivia. Pp 40.

Van der Meersch, V., Zo-Bi, I.C., Amani, B.H., N'dja, J.K., N'guessan, A.E., & Herault, B. (2021). Causes and consequences of *Cedrela odorata* invasion in West African semi-deciduous tropical forests. *Biological Invasions*, 23, 537–552. <https://doi.org/10.1007/s10530-020-02381-8>

Wolf, D., Oldfield, T.E.E., & McGough, N. (2018). *CITES non-detriment Findings for timber*: a nine-step process to support CITES Scientific Authorities making science-based non-detriment findings (DENPs) for timber/tree species listed in CITES Appendix II. Deutschland/Bundesamt für Naturschutz.



CAPÍTULO 3

ESTRUCTURA, CRECIMIENTO Y
DINÁMICA POBLACIONAL DE
CEDRELA SPP. EN LA AMAZONÍA

Manolo Quintilhan¹, Peter Groenendijk², Yanka Alves¹, Allan Jordani^{1,3}, Beatriz Marimon⁴, André Giles⁵, José Roberto Aragão⁶, Lucas Pereira⁷, Jochen Schöngart⁸, Edson Vidal⁹, y Grupo de Trabajo Ordenanza de Personal n. 701, del 15 de abril de 2024¹⁰

RESUMEN

El monitoreo forestal continuo permite evaluar cómo los diferentes eventos y cambios ambientales afectan la dinámica de las especies y sus poblaciones a lo largo del tiempo. Mientras que los inventarios forestales en grandes extensiones proporcionan información sobre la estructura de las poblaciones arbóreas locales con mayor robustez, las parcelas permanentes permiten evaluar su crecimiento, mortalidad y regeneración a lo largo del tiempo. Esta evaluación temporal es especialmente importante en áreas con y sin antecedentes de manejo forestal. Al comprender los efectos del manejo forestal en la dinámica de las poblaciones, es posible estimar cómo los diferentes parámetros de manejo forestal afectan la sostenibilidad de las especies a lo largo del tiempo. En este capítulo se utilizaron inventarios forestales de 108 unidades de producción anual (UCAs) de cinco Bosques Nacionales en la Amazonía para evaluar la estructura poblacional y el volumen promedio por hectárea de *Cedrela* spp., totalizando más de 150.000 hectáreas y 6.345 árboles evaluados. Se analizó la dinámica de las especies en 140 parcelas permanentes, cubriendo áreas de control (n=44) y áreas con historia de manejo forestal (n=96), en un intervalo de tiempo

-
- 1 Coordinación General de Gestión y Monitoreo del Uso de la Flora, Instituto Brasileño del Medio Ambiente y de los Recursos Naturales Renovables - CGFlo/Ibama
 - 2 Departamento de Biología Vegetal, Universidad Estadual de Campinas - UNICAMP
 - 3 Autoridad Científica CITES, Instituto Brasileño del Medio Ambiente y de los Recursos Naturales Renovables - Ibama
 - 4 Facultad de Ciencias Agrícolas, Ganaderas, Biológicas y Sociales Aplicadas, Universidad Estadual de Mato Grosso - UNEMAT
 - 5 Centro de Ciencias Agrarias, Universidad Federal de Santa Catarina - UFSC
 - 6 Departamento de Biología, Universidad Federal de Ceará - UFC
 - 7 Departamento de Ingeniería Forestal, Universidad Federal de Lavras - UFLA
 - 8 Coordinación de Ordenamiento Territorial y Cambio Climático, Instituto Nacional de Investigaciones Amazónicas -CODAM/INPA
 - 9 Programa de Posgrado en Recursos Forestales, Departamento de Ciencias Forestales, Facultad de Agricultura Luiz de Queiros - ESALQ/USP
 - 10 Ordenanza de Personal n. 701, del 15 de abril de 2024

de 1962 a 2023, acumulando más de 6.700 años de datos individuales. Ambas especies de *Cedrela* mostraron una estructura poblacional con distribución unimodal asimétrica (J invertida), sin embargo, con baja densidad de árboles por hectárea: entre 0.0003-0.0016 para *Cedrela fissilis* y 0.001-0.045 para *Cedrela odorata* en todas las clases de diámetro. Las tasas de crecimiento diamétrico anual mostraron una amplia variabilidad entre las fitofisionomías evaluadas, los tratamientos de manejo y las clases de diámetro. Sin embargo, en general, los valores promedio de crecimiento del diámetro estuvieron entre 0.4 y 0.5 cm/año, con tendencias de mayor crecimiento promedio en el Bosque Ombrófilo Abierto (BOA) y en las áreas manejadas, en relación con las áreas de Bosque Ombrófilo Denso (BOD). En BOA, las especies mostraron tasas de mortalidad promedio similares entre las áreas de control y bajo manejo forestal, con alrededor de 0,4%/año. El mismo patrón se observó para la BOD, con tasas de mortalidad similares entre tratamientos, pero siendo más altas para *C. odorata*, con alrededor de 4%/año y 1,4%/año para *C. fissilis*. Las tasas medias de reclutamiento también fueron mayores en BOD para ambas especies, siendo de alrededor de 4%/año para *C. odorata* y 2,6%/año para *C. fissilis*, sin diferencias significativas entre los tratamientos de manejo. La evaluación continua de la dinámica poblacional de las especies puede revelar en qué condiciones ambientales y de manejo forestal su capacidad regenerativa, crecimiento y potencial maderero es mayor. En este sentido, pueden apoyar el desarrollo de criterios de gestión que promuevan la sostenibilidad de la extracción de las especies, a partir de sus características biológicas.

Palabras clave: inventarios forestales, anillos de crecimiento, parcelas permanentes.

CONTEXTO

Comprender la dinámica de las especies forestales es una de las claves para la conservación y el manejo sostenible de los ecosistemas tropicales (Hubbell y Foster, 1992). Este desafío es especialmente importante en un contexto de cambio climático y de mayor extracción de especies más comercializadas, especialmente aquellas con mayor vulnerabilidad (Carrasco *et al.*, 2020; Fremout *et al.*, 2020; Chowdhury, 2023). El monitoreo continuo de estas poblaciones de árboles, a través de inventarios forestales y parcelas permanentes, proporciona una base sólida para evaluar cómo los eventos climáticos, los cambios en el uso de la tierra y las prácticas de manejo forestal afectan el crecimiento, la mortalidad y la regeneración de las especies a lo largo del tiempo (Ettinger *et al.*, 2019; Condé *et al.*, 2022; d'Oliveira *et al.*, 2024). En áreas tropicales, como la Amazonía, donde la biodiversidad y la complejidad socioambiental son altas, este monitoreo se vuelve aún más crítico para garantizar la conservación y el uso sostenible de los recursos forestales (Phillips *et al.*, 2009; Brando *et al.*, 2013, 2014).

El manejo forestal, cuando se planifica y ejecuta de manera responsable, puede minimizar los impactos en la estructura y la dinámica de las poblaciones de árboles (West *et al.*, 2014). La estructura de la población, que se refiere a la distribución de los individuos en diferentes tamaños o clases de edad, está influenciada tanto por factores naturales como por el manejo antrópico de los bosques (Fortini y Zarin, 2011). El corte selectivo, por ejemplo, puede alterar la composición de las especies y su distribución diamétrica, impactando directamente en el potencial de regeneración y crecimiento de las poblaciones restantes (Vidal *et al.*, 2016; Groenendijk *et al.*, 2017). Comprender estas interacciones y utilizarlas como herramienta para la toma de decisiones es importante tanto para diseñar prácticas de manejo apropiadas como para guiar el manejo forestal público (Putz *et al.*, 2001, 2012; Condé *et al.*, 2022). En este sentido, aclaran acciones a realizar, tales como: aumentar el diámetro mínimo de corta y el número de árboles restantes, y tratamientos silvícolas pre y post extracción, como la eliminación de lianas, que reducen el impacto de la tala de árboles y reducen la competencia por la luz con los árboles restantes. Estas mejoras, especialmente cuando se integran con el fortalecimiento de la gobernanza forestal, como aumentar el control de la extracción y promover la gestión forestal responsable, reducen las actividades forestales ilegales y favorecen el mantenimiento de la biodiversidad y la continuidad de los servicios ecosistémicos que brindan los bosques (Piponiot *et al.*, 2019).

Las características biológicas de las especies son elementos clave para la definición de parámetros apropiados de manejo forestal (Brienen y Zuidema, 2007). Las diferentes tasas de crecimiento, plasticidad fenotípica y patrones de regeneración hacen que las especies respondan de manera diferente a las prácticas de manejo (Schöngart, 2008; Vidal *et al.*, 2016; d'Oliveira *et al.*, 2024). Sin embargo, en la literatura científica aún no existe una falta de información sólida sobre el manejo forestal a nivel de especie (Grogan *et al.*, 2014). En este sentido, es fundamental realizar estudios detallados de la estructura poblacional y la dinámica de las especies a lo largo del tiempo, considerando las diferentes condiciones ambientales (fitofisionomías) y prácticas de manejo forestal (Putz *et al.*, 2001). Además, la evaluación ecológica de las especies tiene el potencial de identificar las regiones y las condiciones ambientales (como el clima, la hidrología y las condiciones edáficas) y silvícolas que son más propicias para maximizar la productividad y la sostenibilidad (Conde *et al.*, 2024). Este enfoque es particularmente relevante en el bioma amazónico, el principal escenario para el manejo maderero de especies nativas en Brasil (Andrade *et al.*, 2022). Con el estatus de bosque tropical más grande del planeta, la Amazonía desempeña un papel esencial en la regulación de los ciclos biogeoquímicos globales y en el mantenimiento de servicios ecosistémicos críticos para el funcionamiento del planeta (Malhi *et al.*, 2021; Artaxo *et al.*, 2022; Borma *et al.*, 2022).

El bioma amazónico, con su vasta extensión y biodiversidad, desempeña un papel central en la conservación y la gestión forestal sostenible en Brasil (West *et al.*, 2022). Cubriendo alrededor de 419 millones de hectáreas del territorio nacional, el bosque primario domina el paisaje con 317.46 millones de hectáreas, estando compuesto principalmente por los tipos de vegetación: Bosque Ombrófilo Abierto – BOA, con 85.20 millones de hectáreas y Bosque Ombrófilo Denso – BOD, con 186.21 millones de hectáreas (SFB, 2022). Estos dos tipos de vegetación representan el 85,5% de la selva amazónica y son las principales fitofisnomías donde se produce el manejo maderero. Por lo tanto, la evaluación de cómo las prácticas de manejo forestal pueden alterar la dinámica de las especies es especialmente importante en estas vegetaciones. Para ello, se analizaron datos de inventarios forestales, anillos de crecimiento y parcelas permanentes, cubriendo diferentes condiciones ambientales dentro del bioma. Este enfoque integrado nos permite comprender las variaciones en la estructura poblacional, el crecimiento, la mortalidad y la regeneración de las especies en diferentes escenarios ambientales y de gestión.

Para la evaluación de la estructura poblacional comercial de *Cedrela* spp. y sus stocks volumétricos por hectárea en áreas manejadas, se utilizaron datos de inventario forestal de Bosques Nacionales en la Amazonía. Para el análisis de crecimiento, mortalidad y regeneración se utilizó información de anillos de crecimiento y parcelas permanentes distribuidas en la Panamazonía (López-González *et al.*, 2009; 2011; Vidal *et al.*, 2016; d'Oliveira *et al.*, 2024), sin embargo, los análisis se centraron en las principales fitofisnomías gestionadas del bioma: BOA y BOD. A lo largo de más de 6.700 años de información sobre el crecimiento a nivel de árbol y parcelas con un rango de tiempo de hasta 61 años de monitoreo, se analizó la dinámica de las poblaciones en áreas con y sin historia de manejo forestal, ofreciendo una visión integral de cómo varía el crecimiento, la regeneración y la mortalidad de las especies a lo largo del tiempo y en función del tipo de vegetación. Además, la información obtenida subsidió los modelos de recuperación volumétrica de *Cedrela* spp. en función de los diferentes escenarios de manejo forestal presentados en el Capítulo 6. Los avances aquí evidenciados brindan una perspectiva robusta sobre la dinámica poblacional y la estructura de *Cedrela* spp. en diferentes escenarios ambientales en la Amazonía, indicando qué parámetros poblacionales deben evaluarse para el manejo forestal sostenible de la especie.

1. ESTRUCTURA POBLACIONAL DE *CEDRELA* SPP. EN LA AMAZONÍA: INVENTARIOS FORESTALES

Las estructuras poblacionales con una mayor frecuencia de árboles en las clases de diámetro más pequeñas, por ejemplo, de 0 a 10 cm, suelen tener una mayor capacidad regenerativa y potencial para la gestión forestal sostenible (Maua *et al.*, 2020). La distribución unimodal asimétrica (“J invertida”) indica una mayor capacidad de regeneración poblacional y debe considerarse para el manejo sostenible de las especies. Para evaluar la estructura poblacional de las especies de *Cedrela* que se encuentran en la Amazonía Legal, se integraron datos de inventario forestal (IF100%, de 30-40 cm de diámetro) de 108 Unidades de Producción Anual (UPAs), a lo largo de cinco Bosques Nacionales : Jamari, Jacundá, Altamira, Saracá-Taquera y Caxiuanã, totalizando más de 150.000 ha muestreadas. Los Bosques Nacionales se clasifican por dos tipos principales de fitofisnomías según el Banco de Información Ambiental del Instituto Brasileño de Geografía y Estadística – BDIA/IBGE: Bosque Ombrófilo Abierto – BOA, vegetación mayoritaria de Jamari y Jacundá, y Bosque Ombrófilo Denso – BOD, vegetación exclusiva de Caxiuanã y Saracá-Taquera. En el caso de Altamira, observamos una transición entre estas dos vegetaciones principales.

Los árboles comerciales con el diámetro promedio más alto se observan para *C. fissilis*, con alrededor de 68 cm tanto en BOA como en BOD (Tabla 1). *C. odorata*, a su vez, tiene un promedio cercano a los 65 cm para las mismas fisnomías. Los diámetros máximos, sin embargo, son bastante diferentes entre las especies. Mientras que *C. odorata* alcanza los diámetros máximos más altos con 286.5 cm en BOD y 225.7 cm en BOA, *C. fissilis* presentó 139.0 cm de BOA y 152.8 cm en BOD en relación al diámetro máximo. La densidad promedio de árboles a partir de 50 cm DAP por hectárea en un área de manejo efectivo fue mayor para *C. odorata*, mostrando alta variabilidad, especialmente en BOA, con 0.043 (± 0.043) árboles por hectárea (Tabla 1). *C. fissilis*, a su vez, presentó una densidad considerablemente baja, tanto en BOA como en BOD, no superando los 0,007 árboles por hectárea.

Tabla 1. Diámetro promedio (Dpromedio), desviación estándar ($\pm$ DE) y diámetro máximo (Dmax) en centímetros y densidad de árboles comerciales por hectárea en área de manejo efectivo (Dens desde 50 cm de diámetro) para *Cedrela fissilis* y *Cedrela odorata* en diferentes fitofisionomías amazónicas (IBGE) en Bosques Nacionales de la Amazonía Legal. Fitofisionomías: Bosque Ombrófilo Abierto – BOA y Bosque Ombrófilo Denso – BOD.

Especie	Fitofisionomía	Dmed (cm)	$\pm$ DP	Dmax (cm)	Dens (arb/ha)	$\pm$ DP
<i>Cedrela fissilis</i>	BOA	68,2	26,1	139,0	0,007	0,002
	BOD	68,8	32,6	152,8	0,002	0,0003
<i>Cedrela odorata</i>	BOA	65,3	17,7	225,7	0,043	0,043
	BOD	66,3	21,2	286,5	0,040	0,002

La observación del número promedio de árboles por hectárea de *C. fissilis* y *C. odorata* en un área de manejo efectivo a lo largo de diferentes clases de diámetro muestra una estructura poblacional promedio con forma de J invertida (Figura 1). Esta característica generalmente indica una mayor capacidad de regeneración poblacional y un mayor potencial para el manejo sostenible de las especies. Sin embargo, para ambas especies, la densidad de árboles en todas las clases de diámetro es baja, tanto para *C. odorata* (no superior a 0,05 árboles por hectárea, en la clase de 50-60 cm), como para *C. fissilis*, principalmente, con valores inferiores a 0,002 árboles por hectárea. Además, la ausencia de datos robustos para las clases de menos de 30-40 cm de diámetro limita la evaluación de las estructuras poblacionales promedio de *Cedrela* spp. en las áreas de manejo forestal de la Amazonía.

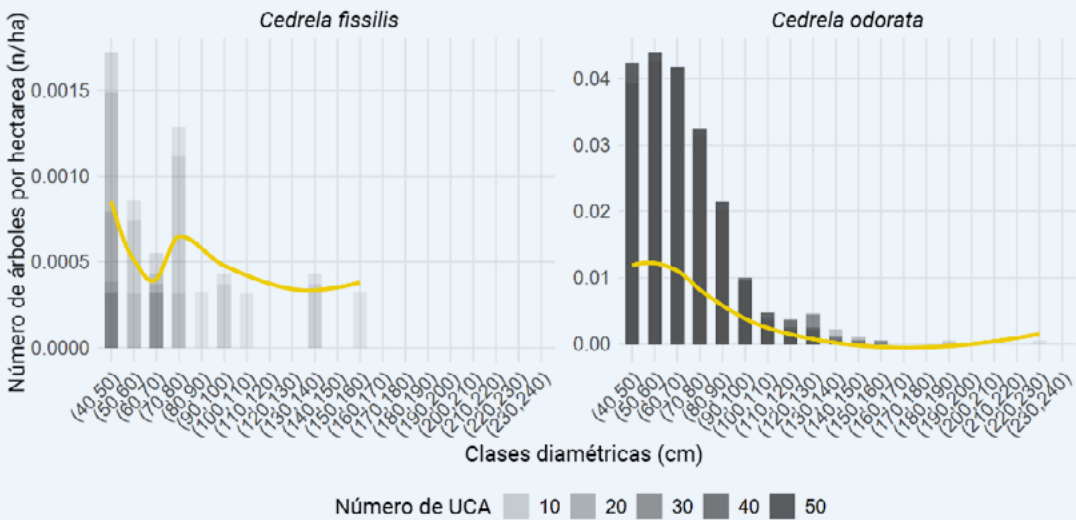


Figura 1. Número promedio de árboles por hectárea de *Cedrela fissilis* y *Cedrela odorata* a lo largo de diferentes clases de diámetro (intervalos de 10 cm) en los Bosques Nacionales.

A lo largo de las unidades de producción anual (UCAs) de los Bosques Nacionales evaluados, se observaron los valores más altos de volumen promedio por hectárea para *C. odorata*, con una mediana de alrededor de 0.5 m³/ha (Figura 2). *C. fissilis*, a su vez, presenta valores diez veces inferiores, con 0,05 m³/ha, lo que indica el bajo potencial maderero de esta especie en la Amazonía.

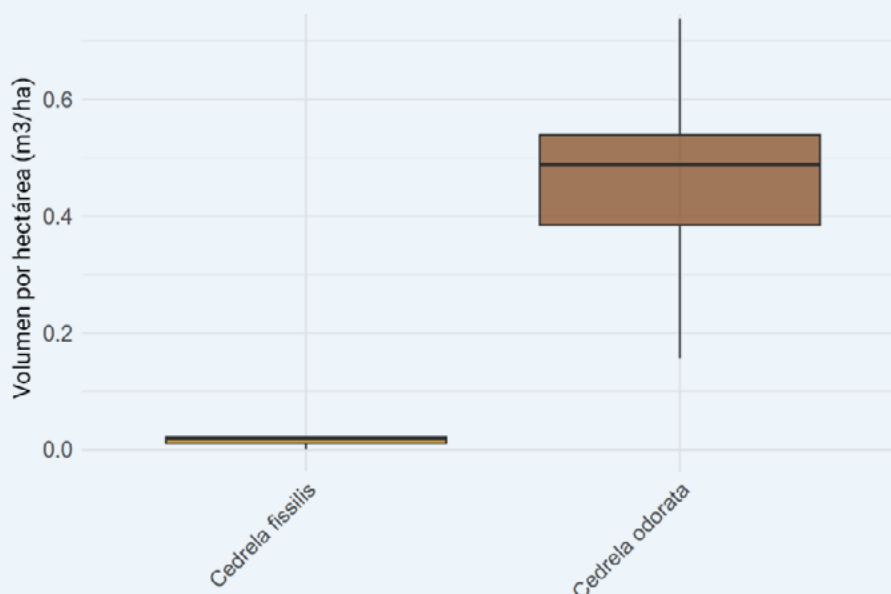


Figura 2. Volumen promedio por hectárea de *Cedrela fissilis* y *Cedrela odorata* a lo largo de unidades de producción anual (UCA) en Bosques Nacionales de la Amazonía Legal.

2. ANILLOS DE CRECIMIENTO DE *CEDRELA* SPP.

Cuando se evaluaron los anillos de crecimiento de *Cedrela* spp. (Figura 3), se recolectaron más de 34.500 años de datos de crecimiento anual. Se encontraron valores medios máximos de hasta 258 años y un diámetro de 90 cm en BOD para *C. odorata* en el Bosque Estatal de Parú (Granato-Souza *et al.*, 2020), y de 183 años y un diámetro de 77 cm en BOA para *C. fissilis* en el Bosque Nacional Jamari (Ortega-Rodríguez *et al.*, 2023). En BOA, comúnmente las edades poblacionales máximas para *C. odorata* fueron alrededor de 100 años, con un diámetro promedio máximo de alrededor de 75 cm, lo que indica la menor longevidad de las poblaciones de *Cedrela* spp. en esta fitofisionomía en relación con BOD. Se observó una amplia variabilidad en el crecimiento intrapoblacional, con diferencias entre 2-3x en las trayectorias diamétricas acumuladas en función de la edad (Figura 3). Por ejemplo, se ha observado que mientras algunos árboles tardaban 50 años en alcanzar un diámetro de 50 cm, otros tardaban 150 años en alcanzar el mismo diámetro. Esta variabilidad fue mayor dentro de las poblaciones, con menores diferencias entre poblaciones y fitofisionomías (Figura 3).

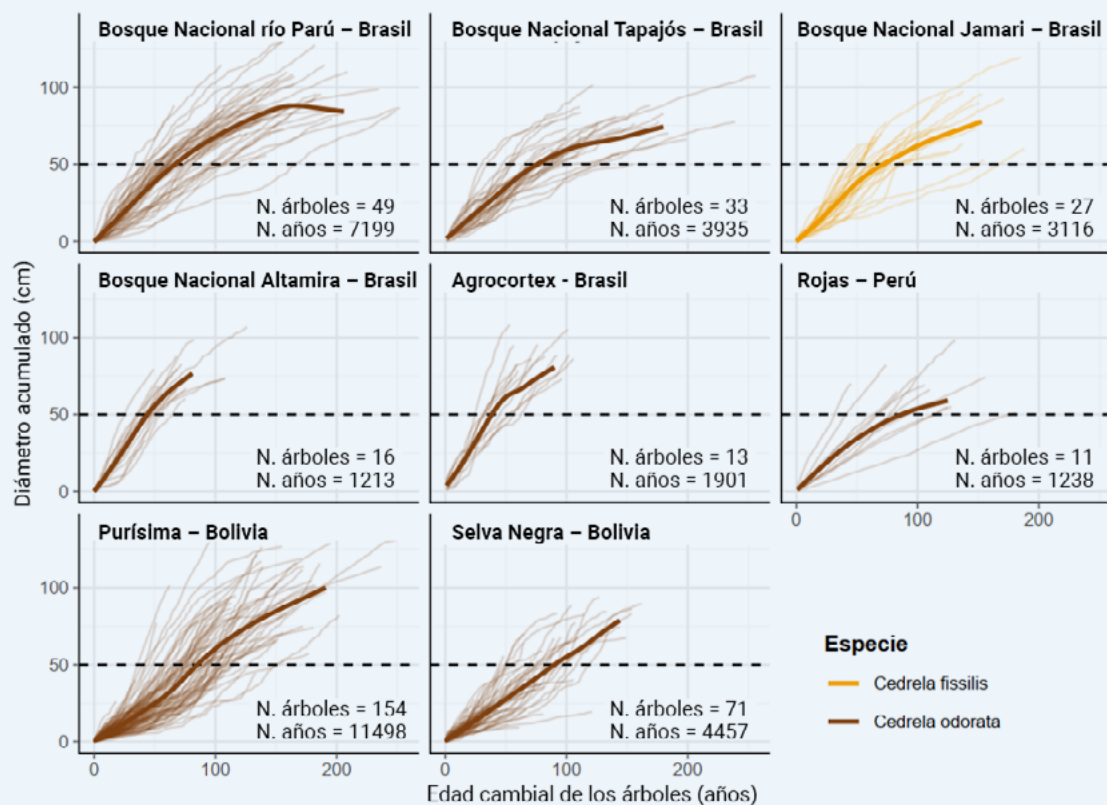


Figura 3. Edad cambial de los árboles (años) por el diámetro acumulado para *Cedrela fissilis* y *Cedrela odorata* a lo largo de la Panamazonía.

Las tasas de crecimiento del diámetro mostraron una mayor inclinación durante la fase juvenil de los árboles (Figura 4). A medida que los árboles aumentaron de diámetro, principalmente a partir de 25 cm de diámetro, las tasas de crecimiento se estabilizaron, con valores en torno a 0,9 cm/año. Entre las fitofisionomías, las trayectorias de la tasa de crecimiento diametral por diámetro

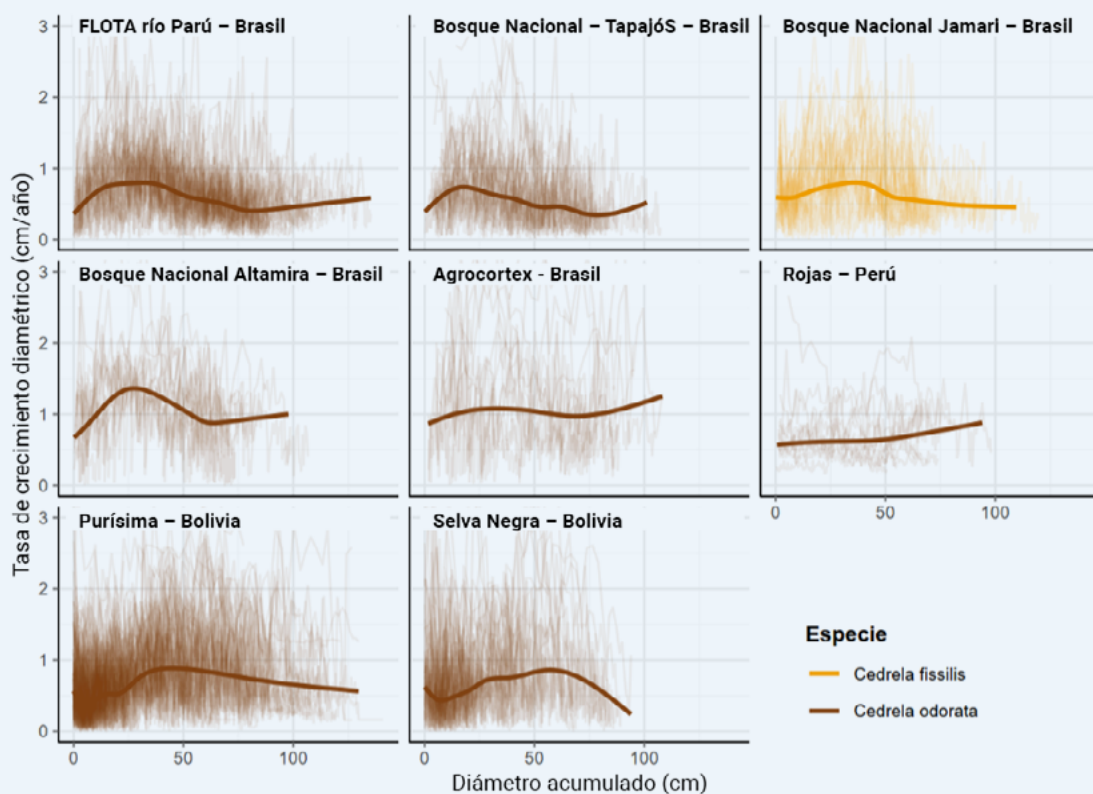


Figura 4. Tasa de crecimiento diametral anual por diámetro acumulado para *Cedrela fissilis* (naranja) y *Cedrela odorata* (marrón) en poblaciones de la Panamazonía. Líneas medias proyectadas mediante Modelos Aditivos Generalizados – GAM y método de Máxima Verosimilitud Restringida – REML.

acumulado de *C. odorata* alcanzaron valores medios máximos de alrededor de 1,35 cm/año para BOA en diámetro de 30 cm (Figura 5). Aunque la forma de las curvas de diámetro acumulado y las tasas de crecimiento del diámetro son similares entre fitofisionomías, se evidenciaron tasas más altas y menor longevidad en BOA, cuando se compararon con BOD.

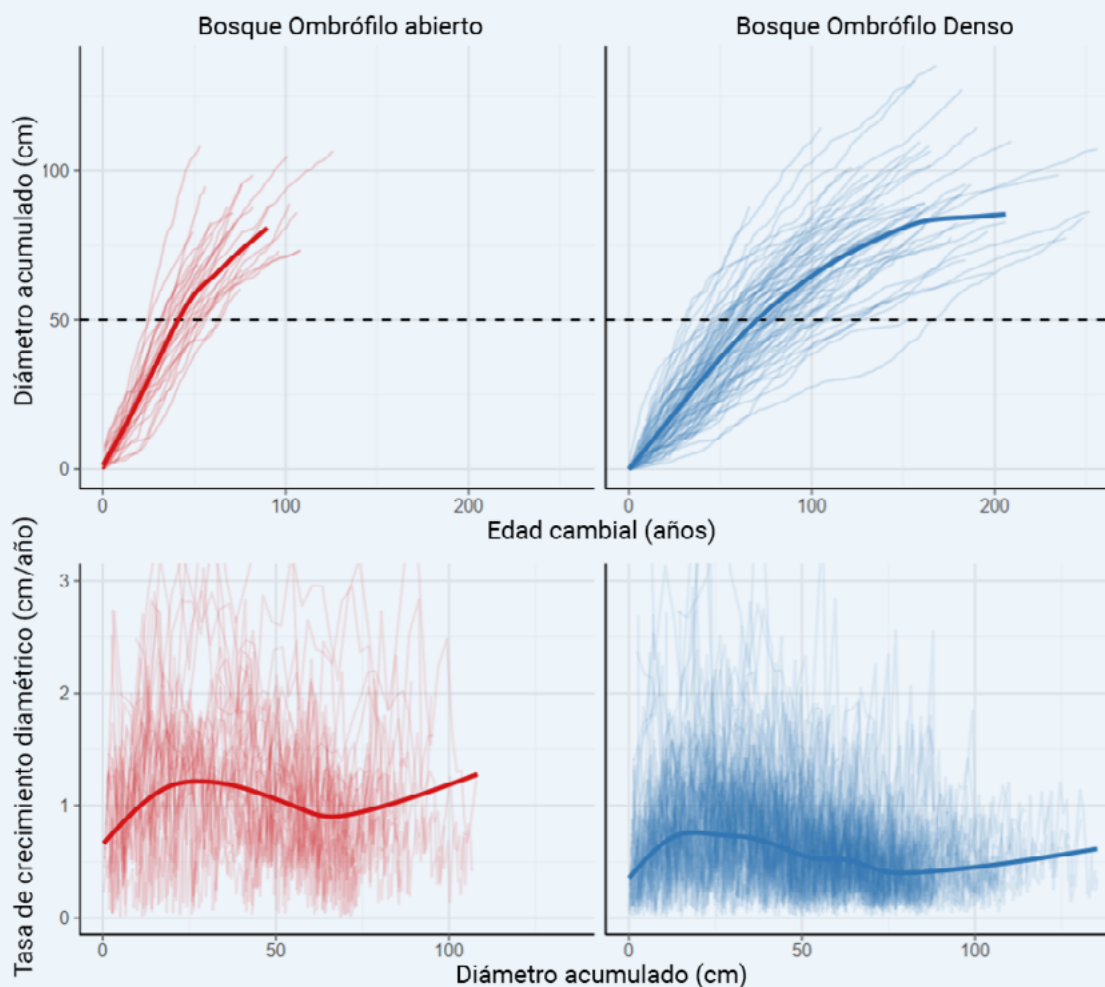


Figura 5. Fila superior que muestra la edad cambial (años) de *Cedrela odorata* por el diámetro acumulado en Bosque Ombrófilo Abierto – BOA y Bosque Denso – BOD. En la línea inferior, tasas de crecimiento diametral anual por diámetro acumulado para *Cedrela odorata* en BOA y BOA. Líneas medias proyectadas mediante Modelos Aditivos Generalizados – GAM y método de Máxima Verosimilitud Restringida – REML.

3. MONITOREO POBLACIONAL DE *CEDRELA* SPP.: PARCELAS PERMANENTES

Para evaluar el crecimiento arbóreo, se evaluaron alrededor de 400 árboles de *Cedrela* spp. distribuidos en 140 parcelas permanentes en la Panamazón (Apéndice B) (López-González *et al.*, 2009; 2011; Vidal *et al.*, 2016; d'Oliveira *et al.*, 2024). El rango de tiempo evaluado es relativo a los años 1962 a

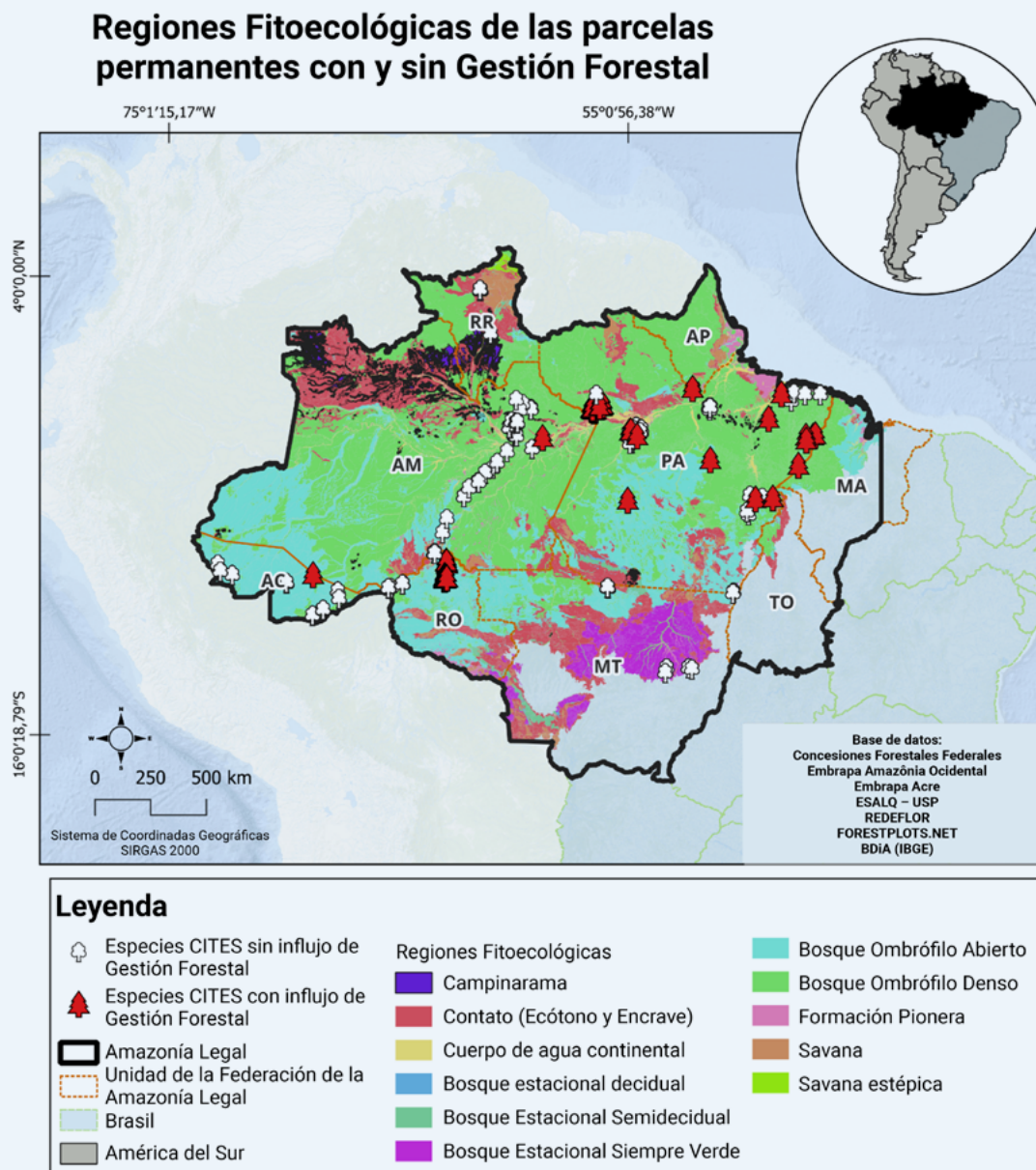


Figura 6. Ubicación de parcelas permanentes distribuidas por regiones fitoecológicas, con (en rojo) y sin historial de manejo forestal (en blanco) según el Banco de Información Ambiental del Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – BDIA/IBGE.

2023 (variando entre parcelas), totalizando 6.700 años de información a nivel de árbol. Para el análisis de las tasas de crecimiento del diámetro anual, las parcelas se categorizaron de acuerdo con las fitofisionomías correspondientes y con los siguientes tratamientos: a) control, es decir, sin intervenciones antropogénicas durante el tiempo de monitoreo, y b) manejo forestal, es decir, con impactos de la extracción forestal a lo largo del tiempo (Figura 6).

Hubo una amplia variabilidad en las tasas de crecimiento del diámetro anual entre las especies a lo largo de las parcelas evaluadas en la Panamazonía. Mediante Modelos Aditivos Generalizados (GAM) y el Método de Máxima Verosimilitud Restringida (REML), se estimaron las tasas de crecimiento del diámetro anual a medida que los árboles aumentaban de tamaño. Se observaron tendencias de aumento en las tasas de crecimiento anual hasta un límite promedio de 0,5 cm/año, cerca de 50 cm de diámetro acumulado (Figura 7). Después de eso, para ambas especies, las tasas de crecimiento se mantuvieron cercanas a 0,5 cm/año, delineando una curva mediana con forma sigmoideal. A pesar de las tendencias similares en las tasas de crecimiento del diámetro medio entre los datos de la parcela permanente y los anillos de crecimiento, se observaron valores absolutos más altos en los anillos, con tasas comúnmente alrededor de 0,9 cm/año (Figura 4). Comúnmente, a nivel poblacional, se observan menores tasas de crecimiento en parcelas permanentes debido a que su análisis también ocurre en árboles con menor rendimiento y que mueren durante el monitoreo realizado (Nehrbass-Ahles *et al.*, 2014). El análisis derivado de los anillos de crecimiento, sin embargo, se centra en los árboles que sobrevivieron y que, comúnmente, muestran un mayor rendimiento a lo largo del tiempo.

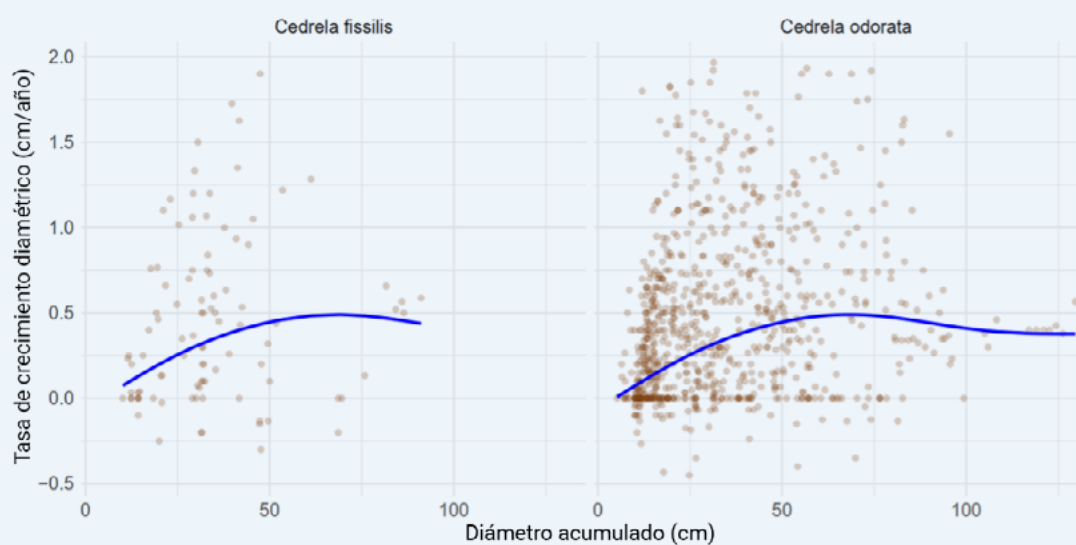


Figura 7. Tasa de crecimiento diametral anual por diámetro acumulado para *Cedrela fissilis* y *Cedrela odorata* a lo largo de parcelas permanentes en la Panamazonía. Líneas en azul proyectadas mediante Modelos Aditivos Generalizados – GAM y método de Máxima Verosimilitud Restringida – REML.

Considerando que el manejo forestal en la Amazonía brasileña ocurre principalmente en las fitofisionomías de Bosque Ombrófilo Abierto (BOA) y Bosque Ombrófilo Denso (BOD), se evaluaron las tasas de crecimiento anual en ambas vegetaciones, en diferentes tratamientos de manejo forestal (Tabla 2) y a lo largo de las clases de diámetro de los árboles (Figura 8). Para la especie, en general, se observó un mayor crecimiento de diámetro promedio en áreas con antecedentes de manejo forestal (0.47-0.51 cm/año), en comparación con las áreas control (0.25-0.54 cm/año) (Tabla 2). Entre las clases de diámetro, los valores medianos más altos se observaron en las áreas manejadas y en las clases cercanas a 30-40 cm, como para *C. fissilis*, con alrededor de 1,25 cm/año en BOD. Para la especie *C. fissilis*, los datos en las áreas de control fueron insuficientes para los análisis en las clases de diámetro. *C. odorata*, a su vez, mostró tasas de crecimiento anual con alta variabilidad, tanto en BOA como en BOD. Las tasas más altas de crecimiento diametral para *C. odorata* se observaron en las áreas control del BOD y en la clase de 60-70 cm, con 0,95 cm/año (Figura 8).

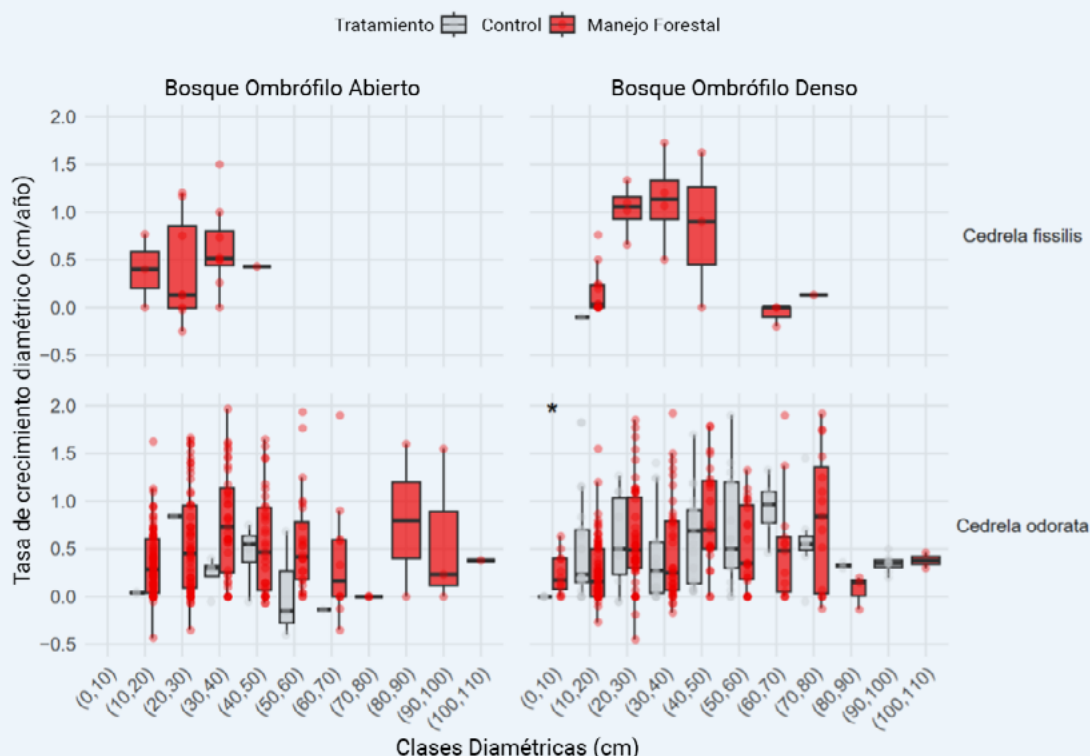


Figura 8. Tasa de crecimiento diametral anual por clase de diámetro y tratamiento (control y manejo forestal) para *Cedrela fissilis* y *Cedrela odorata* en Bosque Ombrófilo Abierto (BOA) y Bosque Denso (BOD) a lo largo de parcelas permanentes en la Amazonía brasileña. Prueba de Wilcoxon: los asteriscos indican diferencias significativas: * ($p < 0,05$), ** ($p < 0,01$) y *** ($p < 0,001$). Considerando el bajo muestreo en las clases de diámetro.

Tabla 2. Tasa promedio de crecimiento diamétrico anual de *Cedrela fissilis* y *Cedrela odorata* en Bosque Ombrófilo Abierto (BOA) y Bosque Ombrófilo Denso (BOD), sin manejo (control – C) y con antecedentes de manejo forestal (FM) a lo largo de parcelas permanentes en la Amazonía brasileña. Número de parcelas evaluadas para las categorías (n plots). Desviación estándar (DE: ± cm/año).

Especie	Fitofisionomía	Tratamiento	n (plots)	Crecimiento (cm/año)	DP (±)
<i>Cedrela fissilis</i>	BOA	C	9	0,49	0,48
		MF	-	-	-
	BOD	C	-	-	-
		MF	6	0,47	0,57
<i>Cedrela odorata</i>	BOA	C	8	0,25	0,38
		MF	39	0,51	0,51
	BOD	C	27	0,54	0,49
		MF	51	0,47	0,50

Faltan datos o son insuficientes “-”.

4. MORTALIDAD Y RECLUTAMIENTO

Para evaluar la mortalidad y reclutamiento de la especie, solo se consideraron las localidades que coincidieron en la misma fitofisionomía de los dos tratamientos evaluados: control y manejo forestal. Con esto, se pudo verificar de manera más realista el efecto de los tratamientos de manejo en las poblaciones evaluadas.

Además, los análisis se restringieron solo a lugares con al menos 30 años de monitoreo, analizando de manera robusta la mortalidad y regeneración de la especie durante un ciclo de corta completo. Así, se evaluaron 72 parcelas permanentes en Bosque Ombrófilo Abierto (BOA), ubicado en el Estado de Acre (Embrapa Acre), con un período de monitoreo de 32 años (1991 a 2023) (d’Oliveira et al. 2024). En cuanto al Bosque Ombrófilo Denso – BOD, se evaluaron 15 parcelas permanentes, distribuidas en la región de Paragominas, Pará (ESALQ – USP), con un período de monitoreo de 30 años (1993 a 2023) (Vidal et al., 2016). Esto permitió evaluar con mayor calidad el efecto de los tratamientos a nivel local y poblacional para la especie de *Cedrela* spp. Con ello, se realizaron los cálculos de las tasas anuales de mortalidad y reclutamiento por especie, fitofisionomía y tratamiento de manejo forestal.

Finalmente, para el ajuste de las tasas anuales de mortalidad y reclutamiento, considerando los diferentes intervalos censales en el tiempo, entre y dentro de

las parcelas, se realizó una corrección a los datos mediante un coeficiente de ajuste lineal entre los intervalos censales y las tasas de mortalidad y reclutamiento, de acuerdo con las recomendaciones de Lewis *et al.* (2004).

Las tasas de mortalidad de las especies (%/año) para cada censo se calcularon utilizando la ecuación propuesta por Kohyama *et al.* (2017):

$$m = \left(1 - \left(\frac{Nt_1}{Nt_0} \right)^{\frac{1}{T}} \right) \times 100$$

Donde: Nt1 es el número de individuos que sobrevivieron al intervalo entre censos, Nt0 es el número inicial de individuos y T es el período de tiempo entre dos censos consecutivos.

Para calcular las tasas de reclutamiento de la especie (%/año) se utilizó la densidad final de individuos, de acuerdo con la ecuación propuesta por Kohyama *et al.* (2017):

$$r = \left(1 - \left(1 - \left(\frac{I}{Nt_2} \right)^{\frac{1}{t}} \right) \right) \times 100$$

Donde: Nt2 es el número de árboles que sobreviven hasta el segundo muestreo, I es el número de árboles reclutados y t es el número de años entre el primer y el segundo muestreo.

Para *Cedrela fissilis*, no hubo registro de individuos en el área de control en ambas fitofisionomías, presentando solo tasas de mortalidad para las parcelas con intervención de manejo forestal (Figura 9A). Así, se observaron tasas medias de mortalidad del 0,5%/año en BOA y del 1,3%/año en BOD. Para *C. odorata*, se encontraron mayores diferencias en las tasas de mortalidad entre fitofisionomías, con valores en torno al 0,4%/año en BOA y 4,3%/año en BOD (Figura 9A).

Debido a la ausencia de individuos de *Cedrela fissilis* en las áreas control, las tasas de reclutamiento se obtuvieron solo en las áreas manejadas, con 0,5%/año para BOA y 2,6%/año para BOD (Figura 9B). Para *Cedrela odorata*, la tasa promedio de reclutamiento fue mayor en las áreas de manejo, siendo de aproximadamente 1%/año para BOA y 4.5%/año para BOD. Tanto para la mortalidad como para el reclutamiento, se observaron tendencias de valores más altos en BOD en relación con BOA, lo que indica una mayor dinámica de las especies en esta condición ambiental (Figura 9).

A Mortalidad y reclutamiento – *Cedrela* spp.

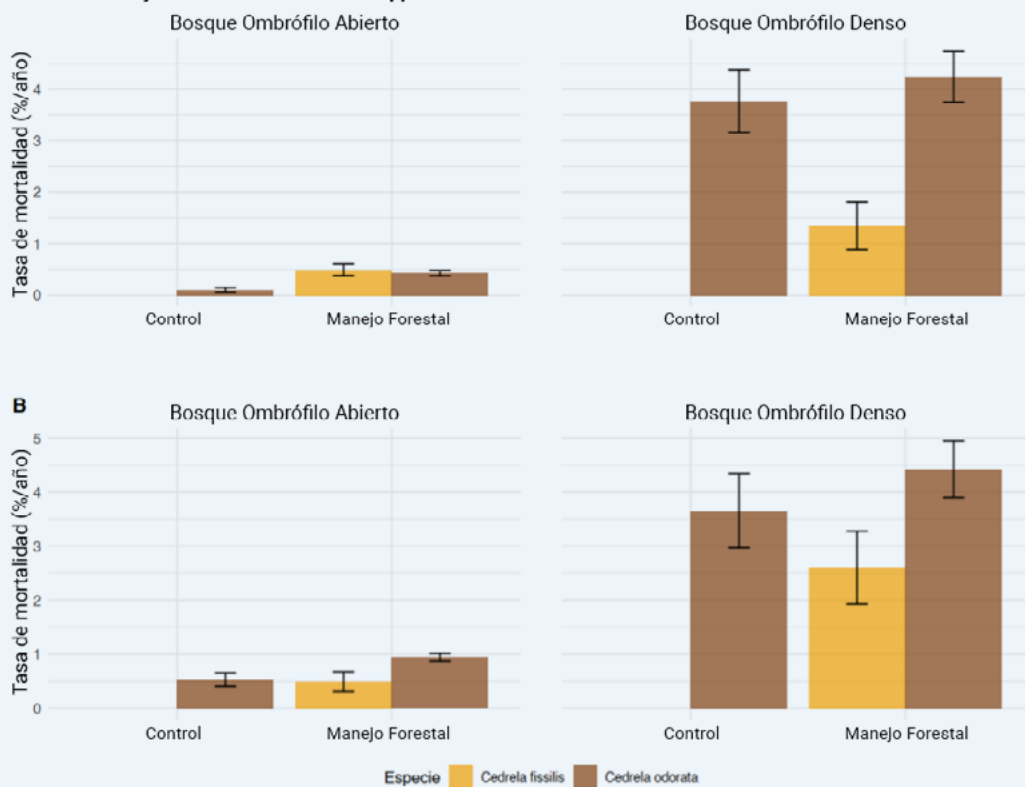


Figura 9. Tasas de mortalidad y reclutamiento promedio (%/año) por fitofisionomía: Bosque Ombrófilo Abierto – BOA (72 parcelas permanentes en Acre) y Bosque Denso – BOD (15 parcelas permanentes en Pará) y tratamiento (control y manejo forestal) para *Cedrela fissilis* y *Cedrela odorata*. Las barras representan promedios y las líneas verticales representan la desviación estándar del promedio.

5. DINÁMICA POBLACIONAL

Es necesaria la recopilación continua de datos sólidos para la evaluación y el seguimiento de las poblaciones, especialmente teniendo en cuenta el creciente impacto del cambio climático en la dinámica de las especies (Aleixo *et al.*, 2019). Por lo tanto, esta información debería apoyar el manejo forestal adaptativo con el fin de ajustar las prácticas de manejo a condiciones de cambio constante. Se evaluó la dinámica poblacional de las especies arbóreas a través de los resultados de crecimiento, mortalidad y reclutamiento descritos anteriormente. Los resultados indican que el crecimiento promedio anual fue mayor

en las áreas manejadas (0.47-0.51 cm/año) en comparación con las áreas control (0.25-0.54 cm/año) (Tabla 2), especialmente *C. fissilis*, que presentó tasas de hasta 1.25 cm/año en la clase de 30-40 cm en las áreas manejadas en la BOD (Figura 8). Para la especie, no se registraron individuos en las áreas de control y los análisis se centraron en las áreas manejadas.

Las tasas medias de mortalidad por *C. fissilis* fueron de 0,5%/año en BOA y 1,3%/año en BOD, mientras que las tasas de reclutamiento fueron de 0,5%/año en BOA y 2,6%/año en BOD (Figura 9). Para *C. odorata*, las tasas de mortalidad fueron mayores en BOD (4,3%/año) que en BOA (0,4%/año). Las tasas de reclutamiento también fueron más altas en los BOD (alrededor del 4,5%/año) que en los BOA (alrededor del 1%/año), independientemente del tratamiento de manejo.

6. CONSIDERACIONES FINALES

Los datos utilizados en la evaluación de la estructura, crecimiento y dinámica poblacional de *Cedrela* spp. presentaron algunas limitaciones de muestreo, sin embargo, constituyen la mayor recopilación de información sobre *Cedrela odorata* y *Cedrela fissilis* en la Amazonía jamás registrada en la literatura. Los inventarios forestales se integraron con datos de más de 6.000 árboles de *Cedrela* spp. en más de 150.000 hectáreas en Bosque Ombrófilo Abierto (BOA) y Bosque Denso (BOD), datos de anillos de crecimiento de 8 poblaciones de *Cedrela* spp. y 140 parcelas permanentes distribuidas en la Panamazonía.

La estructura poblacional de *Cedrela* spp. reveló un patrón característico de especies de baja densidad, con pocos árboles por hectárea y una distribución por edades en forma de J invertida. El análisis de los anillos de crecimiento de *Cedrela* spp. mostró una amplia variabilidad intrapoblacional, con diferencias en las trayectorias de diámetro acumulado a lo largo del tiempo, variando de 2 a 3 veces entre árboles de la misma población. Los análisis de crecimiento, mortalidad y reclutamiento realizados a través de parcelas permanentes mostraron importantes variaciones en la dinámica poblacional, influenciadas tanto por los tratamientos de manejo forestal como, principalmente, por las diferencias entre las fitofisionomías evaluadas, donde los BOD destacaron por un mayor dinamismo en relación con el BOA. Esta base de datos, con más de 34.500 años de información temporal individual derivada de los anillos de crecimiento, subraya la necesidad de incorporar la variabilidad en el crecimiento de la población al desarrollar criterios técnicos específicos de manejo forestal, teniendo en cuenta las diferencias ecológicas y estructurales entre las fitofisionomías.

La sostenibilidad de las actividades de manejo forestal de *Cedrela* spp. depende de la aplicación de criterios específicos que consideren las características biológicas y la dinámica poblacional de la especie. El desarrollo de criterios de corte debe considerar evaluaciones detalladas de la estructura de la población, el crecimiento, la mortalidad y el reclutamiento en diferentes fitofisionomías y tratamientos de manejo forestal.

Utilizando datos de anillos de crecimiento, inventario forestal y parcelas permanentes en áreas de control y con historial de manejo forestal, se aplicaron simulaciones de recuperación volumétrica después de ciclos de corte de 30 años presentados en el capítulo 6.

A pesar de la consolidación de la mayor base de datos de *Cedrela* spp. en la Amazonía, existen oportunidades de mejora. La ampliación del muestreo a clases de diámetro inferiores a 40 cm permitiría una evaluación más precisa de la estructura poblacional y su capacidad regenerativa (Maua *et al.*, 2020). Los inventarios forestales a gran escala, realizados antes y después de la tala, mejorarían el análisis de los impactos de la tala en la estructura poblacional restante, especialmente en relación con los árboles grandes, que desempeñan el mayor papel en la recuperación y regeneración de la población (Roopsind *et al.*, 2017). El muestreo de anillos de crecimiento y la evaluación de parcelas permanentes en áreas manejadas con diferentes intensidades de extracción y tratamientos silvícolas contribuirían a mejorar el análisis del impacto del manejo en la dinámica poblacional (Vidal *et al.*, 2016). El análisis de la polinización, dispersión de semillas y fenología de *Cedrela* spp. pudo identificar condiciones ideales de reproducción genética, indicando cómo el manejo forestal puede favorecer la regeneración natural, la recuperación volumétrica y la conservación genética de las especies (Quesada *et al.*, 2009). Por último, los experimentos que simulan anomalías climáticas, como la exclusión artificial de las precipitaciones, ayudarían a comprender mejor el efecto del cambio climático y la reducción del agua en la dinámica de las especies (Meir *et al.*, 2013). Por lo tanto, la integración de inventarios forestales, datos de anillos de crecimiento y parcelas permanentes en diferentes contextos es fundamental para desarrollar estrategias de manejo forestal adaptadas a las especies, promoviendo la sostenibilidad de la exploración de madera y la conservación de sus poblaciones a lo largo del tiempo.

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Aleixo, I., Norris, D., Hemerik, L., Barbosa, A., Prata, E., Costa, F., & Poorter, L. (2019). Amazonian rainforest tree mortality driven by climate and functional traits. *Nature Climate Change*, 9(5), 384–388. <https://doi.org/10.1038/s41558-019-0458-0>

Andrade, F.W.C., Pinto, T.I., Moreira, L.D.S., da Ponte, M.J.M., Lobato, T.D.C., de Sousa, J.T.R., & Moutinho, V.H.P. (2022). The legal roundwood market in the Amazon and its impact on deforestation in the region between 2009–2015. *Forests*, 13(4), 558. <https://doi.org/10.3390/f13040558>

Artaxo, P., Hansson, H.C., Machado, L.A.T., & Rizzo, L.V. (2022). *Tropical forests are crucial in regulating the climate on Earth*. *PLOS Climate*, 1(8), e0000054. <https://doi.org/10.1371/journal.pclm.0000054>

Borma, L.S., Costa, M.H., da Rocha, H.R., Arieira, J., Nascimento, N.C.C., Jaramillo-Giraldo, C., ... & Nobre, C.A. (2022). Beyond carbon: The contributions of South American tropical humid and subhumid forests to ecosystem services. *Reviews of Geophysics*, 60(4), e2021RG000766. <https://doi.org/10.1029/2021RG000766>

Brando, P.M., Balch, J.K., Nepstad, D.C., Morton, D.C., Putz, F.E., Coe, M.T., ... & Soares-Filho, B.S. (2014). Abrupt increases in Amazonian tree mortality due to drought–fire interactions. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 111, 6347–6352. <https://doi.org/10.1073/pnas.1305499111>

Brando, P.M., Coe, M.T., DeFries, R., & Azevedo, A.A. (2013). Ecology, economy and management of an agroindustrial frontier landscape in the southeast Amazon. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, 368, 20120152. <https://doi.org/10.1098/rstb.2012.0152>

Brienen, R.J.W., & Zuidema, P.A. (2007). Incorporating Persistent Tree Growth Differences Increases Estimates of Tropical Timber Yield. *Frontiers in Ecology and the Environment* 5(6), 302–306. [https://doi.org/10.1890/1540-9295\(2007\)5\[302:R-CPTGD\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1890/1540-9295(2007)5[302:R-CPTGD]2.0.CO;2)

Carrasco, J., Price, V., Tulloch, V., & Mills, M. (2020). Selecting priority areas for the conservation of endemic trees species and their ecosystems in Madagascar considering both conservation value and vulnerability to human pressure. *Biodiversity Conservation*, 29, 1841–1854. <https://doi.org/10.1007/s10531-020-01947-1>

Chowdhury, S. (2023). Threatened species could be more vulnerable to climate change in tropical countries. *Science of The Total Environment*, 858, 159989. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2022.159989>

Conde, M.L.G., Piedade, M.T.F., Wittmann, F., Nascimento, R.G.M., & Schöngart, J. (2024). Evaluation of the management potential of timber resources in clearwater floodplain forests in the Amazon using growth models. *Journal of Environmental Management*, 351, 119781. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2023.119781>

Condé, T.M., Tonini, H., Higuchi, N., Higuchi, F.G., Lima, A.J.N., Barbosa, R.I., ... & Haas, M.A. (2022). Effects of sustainable forest management on tree diversity, timber volumes, and carbon stocks in an ecotone forest in the northern Brazilian Amazon. *Land Use Policy*, 119, 106145. <https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2022.106145>

d'Oliveira, M.V.N., Miller, R.P., Oliveira, L.C., Braz, E.M., Thaines, F., Januário, J.L., & Acuña, M.H.A. (2024). Growth dynamics of an Amazonian forest: Effects of reduced impact logging and recurring atypical climate events during a 20-year study. *Forest Ecology and Management*, 562, 121937. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2024.121937>

Ettinger, A.K., Chuine, I., Cook, B.I., Dukes, J.S., Ellison, A.M., Johnston, M.R., ... & Wolkovich, E.M. (2019). How do climate change experiments alter plot-scale climate? *Ecology Letters*, 22, 748–763. <https://doi.org/10.1111/ele.13223>

Fortini, L.B., & Zarin, D.J. (2011). Population dynamics and management of Amazon tidal floodplain forests: Links to the past, present and future. *Forest Ecology and Management*, 261, 551–561. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2010.11.007>

Fremout, T., Thomas, E., Gaisberger, H., Van Meerbeek, K., Muenchow, J., Briers, S., ... & Muys, B. (2020). Mapping tree species vulnerability to multiple threats as a guide to restoration and conservation of tropical dry forests. *Global Change Biology*, 26, 3552–3568. <https://doi.org/10.1111/gcb.15028>

Granato-Souza, D., Stahle, D.W., Torbenson, M.C., Howard, I.M., Barbosa, A.C., Feng, S., ... & Schöngart, J. (2020). Multidecadal changes in wet season precipitation totals over the Eastern Amazon. *Geophysical Research Letters*, 47(8), e2020GL087478. <https://doi.org/10.1029/2020GL087478>

Groenendijk, P., Bongers, F., & Zuidema, P.A. (2017). Using tree-ring data to improve timber-yield projections for African wet tropical forest tree species. *Forest Ecology and Management*, 400, 396–407. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2017.05.054>

Grogan, J., Landis, R.M., Free, C.M., Schulze, M.D., Lentini, M., & Ashton, M.S. (2014). Big-leaf mahogany *Swietenia macrophylla* population dynamics and implications for sustainable management. *Journal of Applied Ecology*, 51(3), 664-674. <https://doi.org/10.1111/1365-2664.12210>

Hubbell, S.P., & Foster, R.B. (1992). *Short-Term Dynamics of a Neotropical Forest: Why Ecological Research Matters to Tropical Conservation and Management*. *Oikos*, 63, 48–61. <https://doi.org/10.2307/3545515>

Kohyama, T.S., Kohyama, T.I., & Sheil, D. (2017). Definition and estimation of vital rates from repeated censuses: choices, comparisons and bias corrections focusing on trees. *Methods in Ecology and Evolution*, 9(4), 809-821. <https://doi.org/10.1111/2041-210X.12929>

Lewis, S.L., Phillips, O.L., Sheil, D., Vinceti, B., Baker, T.R., Brown, S., ... & Vásquez Martínez, R. (2004). Tropical forest tree mortality, recruitment and turnover rates: calculation, interpretation and comparison when census intervals vary. *Journal of Ecology*, 92(6), 929-944. <https://doi.org/10.1111/j.0022-0477.2004.00923.x>

Lopez-Gonzalez, G., Lewis, S.L., Burkitt, M., Baker T.R., & Phillips, O.L. (2009). *ForestPlots.net*. www.forestplots.net.

Lopez-Gonzalez, G., Lewis, S.L., Burkitt, M., & Phillips, O.L. (2011). ForestPlots.net: a web application and research tool to manage and analyse tropical forest plot data. *Journal of Vegetation Science*, 22, 610–613. <https://doi.org/10.1111/j.1654-1103.2011.01312.x>

Maua, J.O., MugatsiaTsingalia, H., Cheboiwo, J., & Odee, D. (2020). Population structure and regeneration status of woody species in a remnant tropical forest: A case study of South Nandi forest, Kenya. *Global Ecology and Conservation*, 21, e00820. <https://doi.org/10.1016/j.gecco.2019.e00820>

Malhi, Y., Melack, J., Gatti, L.V., Ometto, J., Kesselmeier, J., Wolff, S., ... & Restrepo-Coupe, N. (2021). Biogeochemical cycles of the Amazon. In: *SCIENCE panel for the Amazon: Amazon assessment report 2021*. New York, NY: United Nations Sustainable Development Solutions Network.

Meir, P., Brando, P.M., Nepstad, D., Vasconcelos, S., Costa, A.D., Davidson, E., ... & Cardinot, G. (2009). The effects of drought on Amazonian rain forests. *Amazonia and global change*, 186, 429-449. <https://doi.org/10.1029/2008GM000718>

Nehrbass-Ahles, C., Babst, F., Klesse, S., Nötzli, M., Bouriaud, O., Neukom, R., ... & Frank, D. (2014). The influence of sampling design on tree-ring-based quantification of forest growth. *Global change biology*, 20(9), 2867-2885. <https://doi.org/10.1111/gcb.12599>

Ortega-Rodriguez, D.R., Sánchez-Salguero, R., Hevia, A., Granato-Souza, D., Cintra, B.B., Hornink, B., ... & Tomazello-Filho, M. (2023). Climate variability of the southern Amazon inferred by a multi-proxy tree-ring approach using *Cedrela fissilis* Vell. *Science of The Total Environment*, 871, 162064. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2023.162064>

Phillips, O.L., Aragão, L.E.O.C., Lewis, S.L., Fisher, J.B., Lloyd, J., López-González, ... & Torres-Lezama, A. (2009). Drought Sensitivity of the Amazon Rainforest. *Science*, 323, 1344–1347. <https://doi.org/10.1126/science.1164033>

Piponiot, C., Rutishauser, E., Derroire, G., Putz, F.E., Sist, P., ... & Hérault, B. (2019). Optimal strategies of Ecosystem Services provision for Amazonian production forests. *Environmental Research Letters*, 14(12), 124090. <https://doi.org/10.1088/1748-9326/ab5eb1>

Putz, F.E., Blate, G.M., Redford, K.H., Fimbel, R., & Robinson, J. (2001). Tropical Forest Management and Conservation of Biodiversity: An Overview. *Conservation Biology*, 15, 07–20.

Putz, F.E., Zuidema, P.A., Synnott, T., Peña-Claros, M., Pinard, M.A., Sheil, D., ... & Zagt, R. (2012). Sustaining conservation values in selectively logged tropical forests: the attained and the attainable. *Conservation Letters*, 5, 296–303. <https://doi.org/10.1111/j.1755-263X.2012.00242.x>

Quesada, M., Sanchez-Azofeifa, G. A., Alvarez-Anorve, M., Stoner, K. E., Avila-Cabadilla, L., Calvo-Alvarado, J., ... & Sanchez-Montoya, G. (2009). Succession and management of tropical dry forests in the Americas: Review and new perspectives. *Forest ecology and management*, 258(6), 1014-1024. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2009.06.023>

Roopsind, A., Wortel, V., Hanoeman, W., & Putz, F. E. (2017). Quantifying uncertainty about forest recovery 32-years after selective logging in Suriname. *For. Ecol. Manag.* 391, 246–255. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2017.02.026>

Schöngart, J. (2008). Growth-Oriented Logging (GOL): A new concept towards sustainable forest management in Central Amazonian várzea floodplains. *Forest Ecology and Management*, 256, 46–58. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2008.03.037>

Serviço Florestal Brasileiro – SFB. (2022). *Sistema Nacional de Informações Florestais – SNIF*. <https://snif.florestal.gov.br/pt-br/temas-florestais/recursos-florestais/florestas-naturais>

Vidal, E., West, T.A.P., & Putz, F.E. (2016). Recovery of biomass and merchantable timber volumes twenty years after conventional and reduced-impact logging in Amazonian Brazil. *Forest Ecology and Management*, 376, 1–8. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2016.06.003>

West, T.A.P., Caviglia-Harris, J.L., Martins, F.S., Silva, D.E., & Börner, J. (2022). Potential conservation gains from improved protected area management in the Brazilian Amazon. *Biological Conservation*, 269, 109526. <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2022.109526>

West, T.A.P., Vidal, E., & Putz, F.E. (2014). Forest biomass recovery after conventional and reduced-impact logging in Amazonian Brazil. *Forest Ecology and Management*, 314, 59–63. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2013.11.022>



CAPÍTULO 4

LEGISLACIÓN Y SISTEMAS DE
CONTROL FORESTAL: EXTRACCIÓN
SOSTENIBLE DE *CEDRELA* SPP. EN LA
AMAZONÍA LEGAL BRASILEÑA

Allan Jordani^{1,2}, Manolo Quintilhan², Yanka Alves², Ana Clara Domingos², José Guilherme Roquette³, Maria Luiza de Azevedo² y Grupo de Trabajo Ordenanza de Personal n. 701, del 15⁴

RESUMEN

La legislación que regula la extracción sostenible de los bosques en Brasil se basa en principios que buscan conciliar la conservación de los ecosistemas con el desarrollo sostenible. Para el seguimiento de los parámetros legalmente establecidos, se estableció la regulación de la cadena productiva y la integración de información sobre licenciamiento, seguimiento e inspección de los recursos naturales, sistemas de seguimiento y control forestal. Así, se pueden evaluar todas las etapas de la cadena productiva, desde el origen en el bosque, pasando por el análisis de la autorización de la extracción, hasta las siguientes fases, como el transporte, el desdoblamiento, la industrialización de las trozass y la comercialización de los productos madereros. Esta amplia base de información, desde el origen del producto forestal hasta el consumidor final, subsidia la gestión pública en la comprensión de la extracción y el manejo forestal de las especies. En este sentido, la gestión forestal sostenible se rige por un conjunto de normas que tienen como objetivo asegurar la recuperación del volumen de madera y la diversidad florística después de ciclos de corte de 25-35 años, con una intensidad de extracción de hasta 30 m³/ha y el mantenimiento de al menos el 10% de los árboles por especie, en la zona de extracción efectiva, con un diámetro superior a 50 cm. Estos criterios para seleccionar la tala en el manejo forestal sostenible se construyeron en un contexto de evaluación de la sostenibilidad promedio del bosque. Sin embargo, el manejo sostenible a nivel de especie, particularmente para especies con un historial de mayor presión comercial, como *Cedrela* spp., requiere enfoques más específicos que consideren su dinámica poblacional y características biológicas. Los estudios que

1 Autoridad Científica CITES, Instituto Brasileño del Medio Ambiente y de los Recursos Naturales Renovables - Ibama

2 Coordinación General de Gestión y Monitoreo del Uso de la Flora, Instituto Brasileño del Medio Ambiente y de los Recursos Naturales Renovables - CGFlo/Ibama

3 Fiscalía del Estado de Mato Grosso - MPMT

4 Ordenanza de Personal n. 701, del 15 de abril de 2024

evalúan la historia y las características del manejo de estas especies entre unidades federativas (UF), fitofisionomías y categorías de manejo forestal son aún raros y necesitan más estudio. En este capítulo se analizó la base de datos de sistemas de monitoreo y control forestal con más de 2.500 autorizaciones de manejo forestal sostenible en la Amazonía Legal, en el periodo comprendido entre 2018 y 2023. Dada la complejidad de la base de datos, se buscó establecer patrones de análisis de la información, así como categorizaciones por fitofisionomías: Bosque Ombrófilo Abierto y Bosque Ombrófilo Denso; además de la sistematización por categorías de Manejo Forestal: en Bosques Públicos, Comunitarios y Privados. Los Estados de Acre y Amazonas se destacaron en el mayor número de árboles y volumen inventariado de *Cedrela* spp., además de presentar los mayores volúmenes explorados y comercializados en el período, siendo Acre también el Estado con el mayor volumen total autorizado, seguido por el Estado de Pará. El análisis en los Estados de Pará y Mato Grosso fue limitado por la ausencia de datos completos. En cuanto a los tipos de vegetación, los Bosques Abiertos Ombrófilos de Amazonas y Acre presentaron la mayor densidad y volumen promedio de *Cedrela* spp. Entre las categorías de manejo, las propiedades privadas lideraron en el número de árboles destinados a la extracción, especialmente en Amazonas. Se encontró una diferencia significativa entre la intensidad de la extracción efectiva de *Cedrela odorata*, la especie predominante del género *Cedrela*, en la comparación entre el Manejo Forestal Público, con un porcentaje del volumen promedio explotado equivalente al 35% del autorizado, y el Manejo Privado, con un aprovechamiento promedio del 79% del volumen autorizado, situación que debe ser considerada en la definición de parámetros de manejo que apunten a asegurar su sostenibilidad y el mantenimiento de la vida. funciones ecosistémicas en el hábitat. Por lo tanto, los sistemas de monitoreo y control de la cadena productiva forestal proporcionan datos estratégicos para identificar regiones y categorías de manejo sostenible donde hay una mayor ocurrencia, volumen y extracción de *Cedrela* spp., mejorando la toma de decisiones y la elaboración de políticas públicas.

Palabras clave: Sistemas de monitoreo y control forestal; Sinaflor; ordenación forestal; cedro.

CONTEXTO

Brasil es conocido internacionalmente por tener uno de los marcos legales ambientales más completos y avanzados del mundo (Patriota, 2008). Los componentes clave incluyen la Ley de Política Ambiental Nacional de 1981, el Código Forestal y las leyes que abordan las áreas protegidas, los delitos ambientales, el agua, el cambio climático y los desechos sólidos (Benjamin & Bryner, 2019). Desde la implementación de la Reserva Legal en propiedades rurales, según el Có-

digo Forestal, Ley n. 4.771/65 (Brasil, 1965), la extracción de los bosques nativos, ya sean primarios o secundarios, debe realizarse exclusivamente a través de un Plan de Manejo Forestal Sostenible - PMFS. Desde entonces, se ha consolidado una compleja red de normas legales e infralegales, con el objetivo de conciliar la extracción de los recursos naturales con la conservación de los ecosistemas. La implementación de la Política Nacional de Medio Ambiente, el Sistema Nacional de Medio Ambiente (Sisnama) y el Consejo Nacional de Medio Ambiente (Conama), a través de la Ley n. 6.938/81 (Brasil, 1981), definió la competencia ambiental entre las esferas de gobierno federal, estatal y municipal, además de establecer una instancia con representación de las autoridades públicas y representantes de la sociedad civil para establecer normas y procedimientos técnicos infralegales con el objetivo de mitigar los impactos ambientales en la exploración de los recursos naturales renovables.

En este sentido, la extracción sostenible de los bosques nativos, además de cumplir con una serie de criterios técnico-ambientales, debe estar sujeta a los controles de la cadena productiva a través de sistemas de monitoreo, que van desde la delimitación del área del espacio por explorar en el proceso de autorización, pasando por el análisis de imágenes satelitales, además de duplicar el proceso productivo en sistemas virtuales, con la caracterización de todas las transacciones, desarrollos y comercializaciones realizadas.

La implementación de sistemas de monitoreo y control forestal representa un hito importante para la gestión y conservación de los recursos naturales en Brasil (Brasil, 2020). Establecidos y regulados a nivel federal y estatal, estos sistemas, como los sistemas federales Sinaflor, DOF Legado y DOF+, y los estatales Simlam y Sisflora, centralizan los datos y deben garantizar la transparencia sobre el origen y movimiento de los recursos y productos forestales, con el objetivo de asegurar la trazabilidad de la producción desde el área de manejo hasta su transporte y comercialización. Esos sistemas proporcionan una base importante para la adopción de decisiones y para la formulación de políticas públicas encaminadas a la ordenación sostenible de los bosques. En particular, en la Amazonía Legal, donde se encuentran casi todos los Planes de Manejo Forestal Sostenible (PMSF), y existe una alta demanda de especies de mayor valor comercial, como las del género *Cedrela*, es fundamental realizar una evaluación rigurosa de la cadena productiva de la madera, asegurando que el manejo forestal ocurra de manera legal y responsable (Brasil, 2006a; 2012; Brasil, 2020).

La creciente presión sobre las especies vulnerables, impulsada tanto por la conversión del uso de la tierra como por la demanda de madera en los mercados nacionales y extranjeros, se ve dificultada aún más por la complejidad legislativa y el cambio climático en la Amazonía (Putz *et al.*, 2001; Fearnside, 2002; Laurence y Useche, 2009). El uso de sistemas integrados, como Sinaflor y DOF+, permite un

control más efectivo sobre las actividades de manejo y transporte de la madera, sin embargo, la variabilidad de los datos entre unidades federativas, asociada a sistemas estatales parcialmente integrados, aún dificulta la trazabilidad completa de los productos forestales (Brasil, 2020).

En Brasil, las prácticas de manejo forestal se organizan en categorías que reflejan ambos tipos de tenencia de la tierra y objetivos de extracción, e incluyen: Manejo en Bosques Públicos, a menudo llevado a cabo a través de Concesiones en Unidades de Conservación de Uso Sostenible, Manejo en Propiedades Privadas, que ocurre en tierras de dominio privado, y Manejo Forestal Comunitario, dirigido a las comunidades locales, como las poblaciones tradicionales de las reservas extractivas y los asentamientos rurales. Los Planes de Manejo también se clasifican de acuerdo con los métodos de extracción de madera, dividiéndolos en aquellos que prevén el uso de máquinas para el arrastre de trozas, denominados “Plenos”, y aquellos que no utilizan este tipo de maquinaria en las operaciones de extracción, clasificados como de “Baja Intensidad”. Cada una de estas categorías tiene características específicas, que aún requieren una evaluación más profunda del impacto de sus actividades sobre la vegetación forestal, especialmente a nivel de especies. Además, el escenario forestal en la Amazonía también se caracteriza por una amplia diversidad de fitofisionomías que influyen directamente en la estructura poblacional y el crecimiento de las especies (Fonseca Jr. *et al.*, 2009; Rosa *et al.*, 2017; Flores *et al.*, 2023). En este capítulo se consideraron los Bosques Ombrófilos Abiertos (BOA) y los Bosques Ombrófilos Densos (BOD), que incluyen más del 95% de los árboles de *Cedrela* spp. evaluados en las autorizaciones del PMFS.

La efectividad de los sistemas forestales en el monitoreo y control del uso de los recursos naturales depende de una integración continua de datos, que incluye avances tecnológicos y análisis de indicadores ecológicos (Rosa *et al.*, 2012; Ferreira *et al.*, 2014; DeArmond *et al.*, 2023). Además, el manejo responsable de los bosques en la Amazonía requiere de colaboración y alineación entre las diferentes entidades del Sisnama. De esta manera, se asegura que el manejo forestal sostenible contemple un grado mínimo de estandarización entre las unidades federativas y, al mismo tiempo, pueda adaptarse a las particularidades ecológicas y socioeconómicas de cada región. Por lo tanto, para el presente capítulo, la extracción sostenible de *Cedrela* spp. a partir de un relevamiento de las normas federales y estatales que rigen el tema en Brasil, evaluando los datos de los sistemas de control y monitoreo forestal, con el objetivo de identificar las dinámicas de extracción y conservación a través de las unidades federativas y categorías de manejo forestal sostenible en la Amazonía Legal. Los resultados presentados deben proporcionar subsidios para la comprensión de la dinámica exploratoria del género, así como la evaluación de la normatividad vigente y su impacto en la conservación de estas especies.

1. NORMAS Y CONTROL DE LA EXTRACCIÓN FORESTAL EN BRASIL

Brasil es una referencia internacional por tener uno de los marcos jurídicos ambientales más completos y complejos del mundo (Patriota, 2008; Vargas, 2021). Uno de los principales hitos de la extracción sostenible en la historia reciente del país, el Código Forestal, Ley n. 4.771/65 (Brasil, 1965), estableció principios fundamentales para la conservación de los bosques en todo el territorio nacional, principios que se mantuvieron en la Ley de Protección de la Vegetación Nativa, n. 12.651/2012 (Brasil, 2012), que la sustituyó. Desde la promulgación de la Política Nacional del Ambiente, a través de la Ley n. 6.938/81 (Brasil, 1981), que estableció el Instituto de Permisos Ambientales en el país, y la implementación de las resoluciones de Conama, que regulan los criterios ambientales en las actividades potencialmente contaminantes o que utilizan recursos naturales, el Brasil ha consolidado un sólido marco regulatorio. En el ámbito más específico, normativas como la Resolución Conama n. 406/2009 (Brasil, 2009), que establece criterios técnicos para el Manejo Forestal, y la citada Ley n. 12.651/2012, refuerzan la posición del país a la vanguardia de la preocupación por la sostenibilidad en la extracción de sus recursos naturales, especialmente en lo que respecta a la flora.

A lo largo de las décadas, la definición de la Amazonía Legal ha evolucionado desde un concepto inicial centrado en la planificación económica, hasta una delimitación que, si bien mantiene su origen político, se ha consolidado como una región de gran relevancia ambiental y estratégica para Brasil. Las Leyes n. 1.806/1953 (Brasil, 1953), la Ley n. 5.173/1966 (Brasil, 1966), la Ley Complementaria n. 31/1977 (Brasil, 1977) y la Constitución Federal de 1988 (Brasil, 1988) fueron hitos que definieron la Amazonía Legal, no solo como región geográfica, sino como un área crucial para el desarrollo sostenible, la preservación del medio ambiente y la implementación de políticas públicas específicas. Esta trayectoria demuestra cómo el concepto de Amazonía Legal se ha ido adaptando a lo largo del tiempo para satisfacer las necesidades de Brasil, reflejando cambios en la planificación y las políticas para la región, y consolidándola como un área prioritaria para el desarrollo sostenible del país. Así, los Estados que componen la Amazonía Legal son: Acre, Amapá, Amazonas, Mato Grosso, Pará, Rondônia, Roraima, Tocantins y parte de Maranhão (al oeste del meridiano 44°) (Brasil, 1988). Cabe destacar que la región amazónica es uno de los territorios ambientales más grandes e importantes de Brasil y del mundo. En esta región coexisten la Amazonía Legal y el Bioma Amazónico, siendo el primero una definición legal para fines administrativos y económicos, y el otro, un concepto ambiental que se basa en criterios ecológicos y de biodiversidad.

1.1. Habilidades de manejo forestal

La Ley n. 6.938, de 31 de agosto de 1981 (Brasil, 1981), al instituir la Política Nacional del Medio Ambiente, estableció como uno de sus principales objetivos la compatibilidad del desarrollo económico y social con la preservación de la calidad del medio ambiente y el equilibrio ecológico. Con este fin, estableció el Sisnama, un conjunto de agencias de diferentes esferas del gobierno, responsables de la protección y mejora de la calidad ambiental en Brasil. El Sisnama está compuesto por entidades como Conama, Ibama y secretarías ambientales estatales y municipales. Conama tiene, entre otras, la función de establecer normas y criterios a nivel nacional para la autorización de actividades potencialmente contaminantes o de usuarios de recursos naturales renovables.

En este sentido, la Ley de Manejo Público Forestal (Ley Federal n. 11.284/2006) (Brasil, 2006), en su artículo 19, consolida la descentralización de las competencias relacionadas con la extracción de los bosques y formaciones sucesoras en el dominio público y privado a los Estados, con excepción en casos específicos en que esta competencia recae en el ámbito municipal y federal. Cabe destacar que, hasta entonces, el Ibama, como organismo federal de medio ambiente, era el único responsable de aprobar los Planes de Manejo Forestal Sostenible (PMFS) en todo el territorio nacional. La Ley Complementaria n. 140, del 8 de diciembre de 2011 (Brasil, 2011), corroboró la reasignación de funciones, definiendo las competencias de la Unión, los Estados y los Municipios para ejercer la gestión de los recursos ambientales en el ámbito de sus atribuciones.

En resumen, el Ibama, en el ámbito de la Unión, es responsable del análisis, autorización, seguimiento e inspección de la gestión de los recursos forestales a través de PMFS en bosques públicos federales, terrenos baldíos federales o unidades de conservación establecidas por la Unión y en proyectos ubicados o desarrollados en 2 (dos) o más Estados. Los Estados, por su parte, son responsables, a través de sus respectivos organismos ambientales, de la gestión de los PMFS dentro de sus territorios, que pueden ocurrir en bosques públicos y unidades de conservación estatales o propiedades rurales privadas, así como de la elaboración de normas suplementarias y complementarias, observando los criterios establecidos por Conama. Por último, la agencia municipal de medio ambiente tiene jurisdicción sobre los bosques públicos y las unidades de conservación creadas por el gobierno municipal.

Específicamente en lo que se refiere al Manejo Forestal Sostenible, una de las definiciones más consolidadas, traída inicialmente con la Ordenanza Ibama n. 48/1995 (Brasil, 1995), lo conceptualiza como el *“manejo de los bosques para*

obtener beneficios económicos y sociales, respetando los mecanismos de sostenibilidad del ecosistema, objeto de manejo y considerando, acumulativa o alternativamente, el uso de múltiples especies maderables, de múltiples productos y subproductos no madereros, así como el aprovechamiento de otros bienes y servicios de carácter forestal". El mismo concepto se presenta en la Ley de Manejo Forestal Público (Brasil, 2006), y deja claro que, para ser sostenible, el manejo debe ser económicamente viable, ecológicamente correcto y socialmente justo, asegurando la conservación de los ecosistemas forestales y el uso sostenible y continuo de sus recursos.

1.2. Regulaciones Federales

La Ley n. 12.651/2012 (Brasil, 2012), denominada Ley de Protección de la Vegetación Nativa – LPVN, publicada en sustitución del Código Forestal, Ley n. 4.771/1965 (Brasil, 1965), trata en su artículo 31 de la extracción de los bosques nativos y formaciones sucesoras, en el dominio público o privado, condicionándola a la concesión de permisos y aprobación del PMFS, que *Contemplar técnicas de conducción, extracción, reposición y manejo forestal compatibles con los diversos ecosistemas que conforma la cobertura arbórea.* En los términos de la ley, el PMFS debe contener, entre otros parámetros, los siguientes fundamentos técnicos y científicos:

- a) Determinación de las existencias existentes;**
- b) Intensidad de extracción compatible con la capacidad de carga ambiental del bosque;**
- c) Ciclo de corta compatible con el tiempo de establecimiento del volumen de producto extraído;**
- d) Promoción de la regeneración natural y seguimiento del desarrollo del bosque remanente; y**
- e) Adopción de medidas para mitigar los impactos ambientales y sociales.**

Es claro, por lo tanto, que los principios de sostenibilidad del manejo forestal están fundamentados legalmente, y se requiere una estandarización infralegal para regular sus parámetros.

A nivel técnico-procedimental, la Instrucción Normativa MMA n. 05/2006 (MMA, 2006b) establece los parámetros técnicos mínimos a adoptar en la elaboración, presentación, evaluación técnica y ejecución de PMFS con fines madereros en la

Amazonía Legal, a nivel federal. Con el advenimiento de la descentralización de la gestión forestal y la definición de las competencias de los Estados para la normalización de los PMFS, la Resolución Conama n. 406/2009 (Brasil, 2009) definió los parámetros básicos para todas las entidades públicas responsables del análisis y autorización de la tala sostenible, si bien los Estados, como entidades responsables de la gestión de los bosques privados y de las concesiones forestales estatales, tengan autonomía para establecer criterios técnicos de gestión más restrictivos.

El ciclo de manejo forestal en Brasil se caracteriza por ser policíclico, lo que significa que las áreas forestales se manejan en ciclos múltiples y continuos, en lugar de una sola cosecha. Este sistema está diseñado para garantizar la sostenibilidad a largo plazo de los ecosistemas forestales. En este contexto, cabe destacar algunos instrumentos en las etapas de planificación y ejecución de la actividad, que son fundamentales para asegurar los objetivos relacionados con la sostenibilidad de la extracción. Así, solo una porción de la unidad de manejo forestal otorgada se maneja anualmente, respetando el ciclo de corta establecido, que varía entre 25 y 35 años en la Amazonía para el PMFS completo. El PMFS debe contener información de toda el área a explorar a lo largo de los ciclos de tala, además de una estimación del stock volumétrico obtenido a través de un inventario forestal por muestreo, caracterización del ambiente biótico y abiótico, entre otra información.

Para cada área a explorar anualmente, se debe presentar el Plan Operativo Anual (POA), que contenga la información definida en sus lineamientos técnicos, con la especificación de las actividades a realizar en el periodo de 12 meses. El POA debe incluir el Inventario 100% Forestal, que es el relevamiento de todos los individuos de especies comerciales en la Unidad de Corta Anual – UCA por explorar, desde 10 cm por debajo del Diámetro Mínimo de Corta – DMC, a efectos de definir el stock volumétrico, el cual debe ser analizado y aprobado por el organismo ambiental competente. con la emisión de la respectiva Autorización de Funcionamiento.

Entre los principales parámetros técnicos presentados en la IN MMA n. 05/2006 (MMA, 2006b) y la Resolución 406/2009 de Conama, en resumen, se destacan los siguientes:

- a) La estimación de la productividad anual del bosque manejado para el grupo de especies comerciales igual a $0,86 \text{ m}^3/\text{ha}/\text{año}$ para PMFS con el uso de máquinas de arrastre de trozas, cuando no existan estudios para el área;**
- b) Ciclo de corta inicial de al menos 25 años y un máximo de 35 años para el PMFS que prevé el uso de máquinas de arrastre de trozas y de al menos 10 años para el PMFS que no utiliza máquinas de arrastre de trozas;**

c) **Inventario 100% Forestal: Relevamiento de todos los individuos de especies comerciales en la Unidad de Corta Anual – UCA por explorar, desde 10 cm por debajo del Diámetro Mínimo de Corta – DMC;**

d) **Estimación de la capacidad productiva del bosque, definida por el stock comercial disponible (m^3/ha), teniendo en cuenta los resultados del inventario forestal de la Unidad de Manejo Forestal – UMF, y los criterios de selección de árboles para el corte previstos en el PMFS;**

e) **Intensidad de tala, relacionada con el volumen comercial de árboles talados para su uso, estimada mediante ecuaciones volumétricas previstas en el PMFS y con base en datos del inventario 100% forestal, expresado en metros cúbicos por unidad de área (m^3/ha) de aprovechamiento forestal efectivo, calculado para cada unidad de trabajo – UT, equivalente a $30 \text{ m}^3/\text{ha}$ para el PMFS que prevé el uso de máquinas para el arrastre de trozas, y $10 \text{ m}^3/\text{ha}$ para el PMFS, que no utiliza máquinas para arrastrar trozas;**

f) **Mantenimiento de al menos el 10% del número de árboles por especie, en el área de extracción efectiva de la UCA que cumplan con los criterios de selección para el corte indicados, como portadores de semillas, respetando el límite mínimo de mantenimiento de tres árboles por especie por 100 ha (cien hectáreas), en cada Unidad de Trabajo – UT; y**

g) **Mantenimiento de árboles de tala, cuya abundancia sea igual o inferior a tres árboles por cada 100 ha de área de extracción efectiva de la UCA, en cada UT.**

La norma también establece en su artículo 6 el Diámetro Mínimo de Corta – DMC de 50 centímetros para todas las especies, **para las cuales aún no se ha establecido** el DMC específico (MMA, 2006b). Tanto el ciclo de corta, el DMC como la intensidad de tala pueden ser modificados, siempre y cuando se presenten estudios técnico-científicos con justificaciones elaboradas por el responsable técnico del proyecto, considerando las especificidades locales y con la debida justificación. Otros puntos de énfasis en relación con el estándar Conama se refieren a la necesidad de presentar una ecuación volumétrica desarrollada específicamente para el PMFS para el cálculo del volumen de árboles en pie, así como la obligatoriedad de procedimientos técnico-científicos para la identificación botánica de las especies forestales manejadas, con el fin de asegurar la correcta identidad entre los nombres científicos y los nombres comunes practicados en la UMF (MMA, 2006b).

Cuando se trata de especies clasificadas como “vulnerables” en la Lista Nacional de Especies Amenazadas de Flora, Ordenanza MMA n. 443/2014 (Brasil,

2014), como es el caso de *Cedrela fissilis* y *C. odorata*, objetos de este DENP, su extracción está sujeta a las siguientes restricciones:

- I. no estar prohibido en normas específicas, incluidas las leyes internacionales;**
- II. estar en consonancia con la evaluación del riesgo de extinción de las especies;**
- III. existencia de datos de investigación, inventario forestal o monitoreo que apoyen la toma de decisiones sobre el uso y conservación de la especie; y**
- IV. adopción de las medidas señaladas en los Planes Nacionales de Acción para la Conservación de las Especies Amenazadas – PAN, cuando existan.**

A efectos del manejo forestal de estas especies, también se deben observar criterios adicionales, establecidos por la IN MMA n. 01/2015 (MMA, 2015):

- I. mantenimiento de al menos el 15% (quince por ciento) del número de árboles como portadores de semillas, de acuerdo con el perfil de la población existente en la UCA y respetando el límite mínimo de mantenimiento de 4 (cuatro) árboles por especie por 100 ha (cien hectáreas), en cada UT; y**
- II. mantenimiento de todos los árboles de la especie cuya abundancia de individuos con Diámetro Altura del Pecho (DAP) (1,30m) superior al Diámetro Mínimo de Corta (DMC) sea igual o inferior a 4 (cuatro) árboles por cada 100 ha (cien hectáreas) de área de extracción efectiva de la UCA, en cada UT.**

En la Tabla 1 se presenta una breve historia de la normativa legal e infralegal federal relacionada con la extracción a través del Plan de Manejo Forestal Sostenible, desde 2002 en adelante, pasando por la descentralización de la competencia del Ibama a las agencias ambientales estatales en 2006, así como la promulgación de la Ley n. 12.651/2012 (Brasil, 2012) que sustituye al Código Forestal de 1965 (Brasil, 2012) 1965).

Tabla 1. Historia de la normatividad federal y de infraestructura para el Plan de Manejo Forestal Sostenible – PMFS.

Regulaciones federales	Temario
Instrucción Normativa MMA n. 4, de 4 de marzo de 2002 (MMA, 2002)	Establece los procedimientos relacionados con las actividades de Manejo Forestal Sostenible de Uso Múltiple en la Amazonía Legal (En revisión).
Ley Federal n. 11.284, de 2 de marzo de 2006 (Brasil, 2006)	Prevé la gestión de los bosques públicos para la producción sostenible.
Instrucción Normativa MMA n. 4, de 11 de diciembre de 2006 (MMA, 2006a)	Dispone la Autorización Previa para el Análisis Técnico del Plan de Manejo Forestal Sostenible – APAT, y dispone otras disposiciones.
Instrucción Normativa MMA n. 5, de 11 de diciembre de 2006 (MMA, 2006b)	Establece procedimientos técnicos para la elaboración, presentación, ejecución y evaluación técnica de los Planes de Manejo Forestal Sostenible (PMFS) en bosques primitivos y sus formas de sucesión en la Amazonía Legal, y dispone otras medidas.
Norma de Aplicación n. 1 del Ibama, de 18 de diciembre de 2006 (Ibama, 2006)	Establece, en el ámbito del Ibama, la metodología y el respectivo modelo de informe de inspección con el propósito de subsidiar el análisis de los Planes de Manejo Forestal Sostenible de la Madera en la Amazonía – PMFS.
Norma de Aplicación n. 1 del Ibama, de 24 de abril de 2007 (Ibama, 2007a)	Establece, en el ámbito del Ibama, los Lineamientos Técnicos para la Elaboración de los Planes de Manejo Forestal Sostenible (PMFS) a que se refiere el artículo 19 de la Ley n. 4.771, de 15 de septiembre de 1965.
Norma de Aplicación n. 2 del Ibama, de 26 de abril de 2007 (Ibama, 2007b)	Establece, en el ámbito del Ibama, el Manual Simplificado para el Análisis del Plan de Manejo Forestal Maderero en la Amazonía, con el objeto de subsidiar el análisis de los Planes de Manejo Forestal Sostenible (PMFS) a que se refiere el artículo 19 de la Ley n. 4.771, de 15 de septiembre de 1965.
Resolución CONAMA n. 406, de 2 de febrero de 2009 (Brasil, 2009)	Establece los parámetros técnicos a adoptar en la elaboración, presentación, evaluación técnica y ejecución del Plan de Manejo Forestal Sostenible (PMFS) para fines madereros, para bosques nativos y sus formas de sucesión en el bioma amazónico.

Regulaciones federales	Temario
Ley Federal n. 12.651, de 25 de mayo de 2012 (Brasil, 2012)	Prevé la protección de la vegetación autóctona. Además de los requisitos para la aprobación del PMFS, la Ley n. 12.651/2012 también exige el cumplimiento de obligaciones relacionadas con el control y seguimiento de la gestión. El titular del PMFS debe presentar un informe anual al organismo ambiental competente con información sobre toda el área de manejo forestal sostenible y una descripción de las actividades realizadas y debe ser sometido a inspecciones técnicas para inspeccionar las operaciones y actividades realizadas en el área de manejo (artículo 31, párrafos 3 y 4).
Instrucción Normativa Ibama n. 9, de 8 de mayo de 2015 (Ibama, 2015)	Establece los procedimientos para autorizar el uso de materia prima forestal, en forma de trozas completas, trozas menores y leña, provenientes de árboles talados para la implementación de infraestructura, así como el uso de residuos de extracción forestal de árboles autorizados para el corte y áreas bajo un régimen de manejo forestal sostenible, en empresas con permiso ambiental del Ibama.

El principal aspecto de análisis se relaciona con las normas que hasta entonces tenían como principal paradigma asegurar el promedio de sostenibilidad del bosque gestionado, reflejando las condiciones y contexto de la época en que fueron publicadas. En este contexto, la gestión pública ya reconoció la necesidad de establecer parámetros específicos para la extracción por especies, lo que llevó a regular la complementación de los estándares con estudios científicos orientados a tal fin. Además, la creciente presión exploratoria y comercial sobre algunas especies madereras, combinada con el alcance de la CITES y su preocupación por el impacto del comercio internacional en el riesgo de extinción, ha llevado a un cambio de paradigma. A partir de ese momento, el énfasis se desplaza hacia el manejo por especies, considerando sus características y comportamientos específicos.

Este enfoque permite definir parámetros de manejo más efectivos, con el objetivo de asegurar el mantenimiento de las especies y preservar las funciones ecosistémicas que realizan a lo largo del tiempo. Así, los criterios de gestión forestal más estrictos para las especies vulnerables listadas por el MMA ya suponen un avance significativo en la búsqueda de una sostenibilidad más sólida.

Además, se comenzaron a revisar y ajustar las regulaciones federales, teniendo en cuenta los convenios internacionales de los que Brasil es signatario. Estos cambios apuntan a crear reglas que contemplen el impacto de la extracción en las pobla-

ciones naturales de cada especie, reflejando la necesidad de un enfoque global e integrado. Un ejemplo de ello es la Resolución Conf. 16.7 de la CITES (Rev. CoP17), que propone conceptos y principios rectores para la preparación del Dictamen de Extracción No Perjudicial. Estos principios involucran el análisis y la conservación de las especies, su correcta identificación, la caracterización del volumen del comercio legal e ilegal, y la metodología de evaluación de los recursos, considerando aspectos como la biología, el ciclo de vida, la estructura y dinámica de las poblaciones, entre otros factores cruciales para la conservación de las especies.

Como se mencionó anteriormente, el manejo de los bosques madereros en el país se puede clasificar de acuerdo con los métodos de extracción de madera (MMA, 2006b; Brasil, 2009). Básicamente, esta clasificación tiene como elemento clave la ausencia de uso de máquinas de arrastre de trozas en la etapa de extracción y transporte. Su institución fue concebida con el propósito de mitigar los impactos ambientales indirectos derivados de estas operaciones, es decir, aquellos impuestos más allá de los individuos seleccionados para la tala. Este tipo de extracción tiene un ciclo de corta reducido a al menos 10 años, sin embargo, su intensidad de tala también se reduce proporcionalmente a 10 m³/ha. La clasificación se divide en:

- **Manejo Forestal Completo:** Prevé el uso de máquinas para el arrastre de trozas, ciclo de corta de 25 a 35 años e intensidad de tala de hasta 30 m³/ha; y
- **Manejo Forestal de Baja Intensidad:** No prevé el uso de máquinas para el arrastre de trozas, con un ciclo de corta de al menos 10 años, y una intensidad de tala de hasta 10 m³/ha.

Cabe destacar que la categoría de PMFS de Baja Intensidad representa el 8,39% de las autorizaciones de extracción emitidas, teniendo una participación en el volumen explorado de solo el 0,31% en relación con el PMFS de Extracción Completa, muy probablemente debido a los grandes desafíos relacionados con las alternativas de arrastre de trozas, a priori con el uso de animales de carga, y el esfuerzo humano impuesto en este proceso.

En cuanto a la situación de la tenencia de la tierra, se destaca nuevamente que las áreas de Manejo Forestal se pueden categorizar de la siguiente manera:

- **Manejo Forestal en Bosques Públicos – comúnmente ocurre a través de concesiones a organizaciones privadas en Unidades de Conservación – Unidades de Conservación de Uso Sostenible, clasificadas como Bosques Nacionales o Estatales;**

- **Manejo Forestal en Propiedades Privadas:** abarca actividades realizadas en tierras de dominio privado; y
- **Manejo Forestal Comunitario:** ocurre en Áreas de Conservación de Uso Sostenible y en proyectos de asentamiento forestal o agroextractivista, sin embargo, el derecho de uso y extracción tiene una característica comunitaria. Pueden llevarse a cabo en reservas extractivas o de desarrollo sostenible, asentamientos rurales y comunidades quilombolas/cimarrones, a través de asociaciones, cooperativas y comunidades tradicionales.

1.3. Manejo Forestal en Bosques Públicos

El bioma amazónico de Brasil tiene una superficie de 419 millones de kilómetros cuadrados, con bosques primarios de 317,46 millones de hectáreas, el 37% del territorio nacional. En este, el equivalente a 98.4 millones de hectáreas se entienden como Unidades de Conservación de Protección Integral o Uso Sostenible federales, estatales o municipales (SFB, 2022). La función de las Unidades de Conservación de Protección Integral es preservar la naturaleza, y solo se permite el aprovechamiento indirecto de sus recursos naturales. Las Unidades de Conservación de Uso Sostenible, por su parte, buscan conciliar la conservación del medio ambiente con el uso sostenible de parte de sus recursos naturales, teniendo como principal actividad económica la tala a través del manejo forestal sostenible.

A pesar de estar instituidas legalmente con el propósito de garantizar la autodeterminación, la autonomía y la protección de los derechos de los pueblos indígenas, las Tierras Indígenas (TI) tienen características de protección de la biodiversidad similares o incluso más efectivas que las Unidades de Conservación de Protección Plena (Gonçalves-Souza, *et al.*, 2021). Estos territorios ocupan una superficie equivalente a 107 millones de hectáreas, funcionando como resguardo de remanentes de ejemplares inexplorados.

Debido a esta diversidad de usos del suelo en la Amazonía, el Registro Nacional de Bosques Públicos (CNFP en portugués) presenta un panorama de las áreas forestales públicas en el territorio nacional y su clasificación de uso con la última actualización en 2022, asistiendo a los procesos de creación de unidades de conservación y realización de concesiones forestales a partir de un relevamiento y consolidación de una extensa base de datos de entidades de gestión por parte del Servicio Forestal Brasileño (SFB, 2024) (Figura 1).

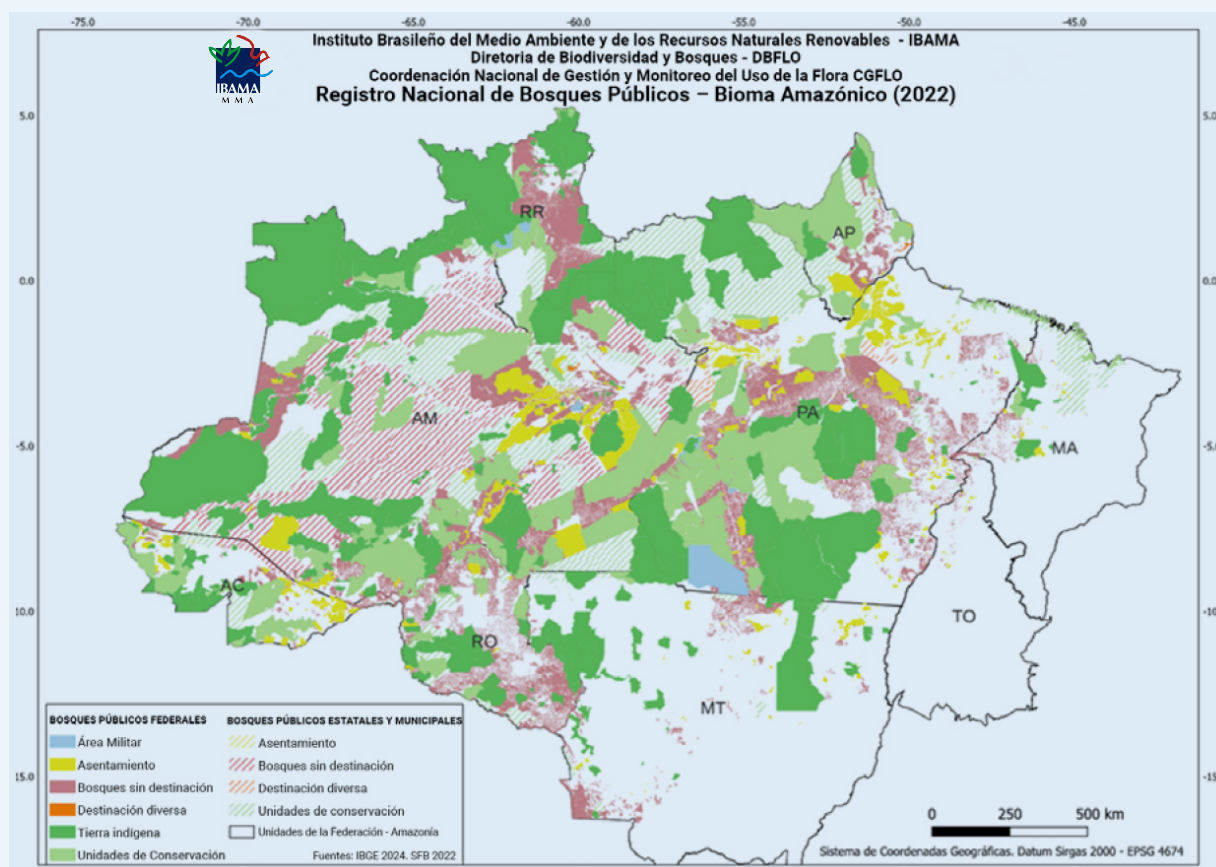


Figura 1. Mapeo del Registro Nacional de Bosques Públicos en el Bioma Amazónico, actualizado en 2022..

Las áreas forestales comprendidas por Unidades de Conservación de Protección Integral y Tierras Indígenas equivalen a 144 millones de hectáreas. Los bosques públicos incluidos en las Áreas de Conservación de Uso Sostenible, y por lo tanto sujetos a extracción, equivalen a 69,9 millones de hectáreas. Por otro lado, las áreas forestales recolectadas por el gobierno sin destino ubicadas en el bioma amazónico corresponden al equivalente a 60,3 millones de hectáreas, lo que representa un potencial de remanentes de *Cedrela* spp., que deben ser objeto de especial atención por parte del poder público (Figura 1).

Para ordenar la extracción de estas áreas, la Ley n. 11.284/2006 (Brasil, 2006), reglamentada por el Decreto n. 6.063, de 20 de marzo de 2007 (Brasil, 2007), dicta normas para promover la producción sostenible de bosques públicos en todas las esferas del Poder del Estado, funcionando como un instrumento que promueve la conservación de los bosques tropicales entre las comunidades tradicionales, al sector maderero y otros actores sociales involucrados, creando bases para la consolidación de la política pública de manejo forestal.

Así, la concesión forestal es un instrumento que permite a la Administración Pública delegar en una entidad privada, seleccionada mediante licitación, el derecho a realizar una gestión forestal sostenible en una determinada zona de monte público, con un perímetro georreferenciado, permitiendo la extracción de productos y la extracción de

servicios, especificados contractualmente. En general, el concesionario tiene prohibido: a) conceder derechos de acceso y extracción económica del patrimonio genético; b) el uso de los recursos hídricos por encima de niveles insignificantes; c) extracción de recursos minerales; d) la extracción de los recursos pesqueros y de la fauna y flora silvestres; e) La comercialización de los créditos de carbono, excepto cuando se deriven de actividades de reforestación, en un reglamento aún por establecer.

Así pues, el Gobierno Federal otorga concesiones forestales para la ordenación sostenible de los bosques públicos federales, y el Servicio Forestal Brasileño se encarga de gestionar los procedimientos y contratos de las concesiones forestales con los concesionarios, así como de disciplinar la puesta en marcha de la concesión forestal. Las concesiones federales cubren grandes áreas, especialmente en la región amazónica, donde hay vastas áreas de bosques federales, como las concesiones en los Bosques Nacionales de Jamari, en Rondônia, y Altamira, en Pará.

Por otra parte, las concesiones forestales estatales son administradas por los gobiernos estatales y se aplican a los bosques bajo el dominio de los Estados. Cada Estado tiene autonomía para establecer sus propias normas y políticas, siempre y cuando respeten la legislación nacional. Las concesiones estatales tienden a ser de menor escala y se aplican a los bosques estatales. Estados como Pará, Amazonas y Acre lideran estas iniciativas.

1.4. Manejo Forestal Comunitario – MFC

El artículo 6 de la Ley de Manejo Forestal Público establecía que antes de que se otorgaran las concesiones forestales, los bosques públicos ocupados o utilizados por las comunidades locales serían identificados para su destino por los organismos competentes mediante la creación de Reservas Extractivas (RESEX) y Reservas de Desarrollo Sostenible (RDS), Unidades de Conservación de Uso Sostenible; o concesión de uso, a través de la colonización forestal, desarrollo sostenible, agroextractivista u otros proyectos similares, en los términos del artículo 189 de la Constitución Federal y los lineamientos del Programa Nacional de Reforma Agraria.

El Decreto Federal n. 6.874/2009 (Brasil, 2009a), derogado por el Decreto 10.180/2021, consideró el manejo forestal comunitario y familiar como la ejecución de planes de manejo llevados a cabo por agricultores familiares, colonos de la reforma agraria y pueblos y comunidades tradicionales para obtener beneficios económicos, sociales y ambientales, respetando los mecanismos de sostenimiento del ecosistema. Sin embargo, actualmente no existe una definición específica en un decreto reglamentario federal para el Manejo Forestal Comunitario. La Instrucción Normativa n. 5 del ICMBio, del 14 de abril de 2022 (ICMBio, 2022), conceptualiza el MFC dentro de RESEX,

RDS y Bosques Nacionales, Unidades Federales de Conservación de uso sostenible, como la ejecución de planes de manejo forestal llevados a cabo por los pueblos y comunidades tradicionales beneficiarias de estas áreas, con el propósito fundamental de mejorar las condiciones sociales, de las poblaciones beneficiarias tradicionales.

Actualmente, a nivel federal, el ICMBio es responsable de la gestión de las PMFS comunitarias en las AP federales de uso sostenible, y el Ibama tiene la misma competencia en los asentamientos forestales y agroextractivistas en tierras federales, mientras que las agencias ambientales estatales cumplen con esta prerrogativa a nivel de las Unidades de Conservación estatales y los asentamientos en tierras originarias del Estado. Cabe destacar que el MFC sigue los mismos lineamientos ambientales y principios regulatorios para la ejecución del manejo forestal privado/corporativo y su diferenciación se restringe a la propiedad de la tierra y el respectivo derecho de uso de sus recursos naturales renovables. Si bien los parámetros de manejo forestal de baja intensidad se pueden aplicar al Manejo Comunitario, no necesariamente existe una relación directa entre estas categorías, y también existen PMFS Comunitarios y Completos, que utilizan maquinaria para arrastrar trozas.

1.5. Manejo Forestal Sostenible en los Estados

Con base en datos de los sistemas federales de monitoreo y control del origen de los productos forestales, la gran mayoría de los PMFS aprobados por las entidades federativas se refieren a la extracción en áreas privadas, representando el 96% del total, mientras que solo alrededor del 4% están relacionados con el manejo comunitario o en los bosques estatales.

La extracción económica de la Reserva Legal está permitida exclusivamente a través del Manejo Forestal Sostenible de acuerdo con la Ley de Protección de la Vegetación Nativa (Brasil, 2012). La Reserva Legal se refiere a un área de mantenimiento de cobertura vegetal nativa en el 80% de la propiedad en el bioma amazónico. Debe tratarse de un área ubicada dentro de una propiedad o posesión rural con la función de asegurar el uso económico sostenible de los recursos naturales de la propiedad rural, ayudar en la conservación y rehabilitación de los procesos ecológicos y promover la conservación de la biodiversidad, así como el refugio y protección de la fauna silvestre y la flora autóctona (Brasil, 2012). Por otro lado, la supresión de la vegetación nativa en los bosques para el uso alternativo de la tierra en la propiedad rural o posesión en la Amazonía se restringe al 20% del área de la propiedad rural (Brasil, 2012).

Así, se establecieron criterios ambientales estatales para la extracción sostenible del PMFS en los Estados de la Amazonía Legal, además de la Resolución 406/2009 de Conama (Brasil, 2009b) (Tabla 2).

Tabla 2. Regulaciones estatales relacionadas con las actividades de Licenciamiento Ambiental y Plan de Manejo Forestal Sostenible (PMFS) en la Amazonía Legal.

Unidad Federativa	Norma	Temario
ACRE	Ley n. 1.426, de 27 de diciembre de 2001 (Acre, 2001)	Prevé la preservación y conservación de los bosques del Estado, establece el Sistema Estatal de Áreas Naturales Protegidas, crea el Consejo Forestal Estatal y el Fondo Forestal Estatal, y dispone otras disposiciones.
	Resolución Conjunta CEMACT/CFE n. 003, de 12 de agosto de 2008 (Acre, 2008)	Regula la concesión de permisos, el seguimiento y la inspección de las áreas sujetas a manejo forestal en el Estado de Acre.
AMAZONAS	Resolución/CEMAAM n. 36, de 19 de enero de 2022 (CEMAAM, 2022)	Establece los procedimientos técnicos para la elaboración, presentación, ejecución y evaluación técnica de los Planes de Manejo Forestal Sostenible (PMFS) con el Mayor Impacto de Extracción y el Menor Impacto de Extracción en bosques nativos y formaciones sucesoras en el Estado de Amazonas.
AMAPÁ	Ordenanza SEMA n. 082, de 16 de septiembre de 2020 (SEMA, 2020)	Establece lineamientos para el trámite procedimental para la emisión de la Autorización Previa al Análisis Técnico del Plan de Manejo Forestal Sostenible (APAT) y para la aprobación del Plan de Manejo Forestal Sostenible (PMFS) y el respectivo Plan Operativo Anual (POA).
MATO GROSSO	Ley Complementaria n. 233, de 21 de diciembre de 2005 (Mato Grosso, 2005)	Establece la política forestal del MT.
	Decreto n. 1.313, de 11 de marzo de 2022 (Mato Grosso, 2022)	Regula la Gestión Forestal del Estado de Mato Grosso y dispone otras disposiciones.
	Decreto Estatal n. 697, del 03 de noviembre de 2020 (Mato Grosso, 2020)	Regula el procedimiento de licenciamiento ambiental en el ámbito de la Secretaría de Estado de Medio Ambiente – SEMA.

Unidad Federativa	Norma	Temario
PARÁ	Instrucción Normativa n. 05, de 19 de mayo de 2011 (Pará, 2011)	Establece los procedimientos técnicos para la elaboración, presentación, ejecución y evaluación técnica de los Planes de Manejo Forestal Sostenible PMFS en bosques primitivos y sus formas de sucesión en la Amazonía Legal.
	Instrucción Normativa n. 05, de 10 de septiembre de 2015 (Pará, 2015)	Establece los procedimientos técnicos para la elaboración, presentación, ejecución y evaluación técnica del Plan de Manejo Forestal Sostenible PMFS en bosques nativos, explotados o no, y sus formas de sucesión en el Estado de Pará, y prevé otras medidas.
RORAIMA	Ley n. 986, de 22 de enero de 2015 (Roraima, 2015)	Establece los procedimientos técnicos para la elaboración, presentación, ejecución y evaluación técnica del Plan de Manejo Forestal Sostenible (PMFS) en los bosques nativos y formaciones sucesoras en el Estado de Roraima, y dispone otras disposiciones.
RONDONIA	Decreto n. 23.481, de 28 de diciembre de 2018 (Roraima, 2018)	Establece los procedimientos técnicos para la elaboración, presentación, ejecución y evaluación técnica de los Planes de Manejo Forestal Sostenible en los bosques primitivos y sus formas de sucesión en el Estado de Rondônia y prevé otras medidas.

A la vista de estas normativas, se destacan algunos criterios de manejo forestal adoptados por las entidades federativas con un carácter más restrictivo, o características que deben ser evaluadas en la definición del Dictamen de Extracción No Perjudicial de las especies del género *Cedrela*.

Acre

En el Estado de Acre, la Resolución Conjunta CEMACT/CFE n. 003/2008 (Acre, 2008) prevé una inspección previa de la segunda UCA a ser explorada en el Plan de Manejo, con el adecuado seguimiento de la extracción en la primera unidad de producción explorada.

El procedimiento estatal también establece la necesidad de que la agencia estatal de medio ambiente revise el Plan de Manejo cada 5 años.

Amazonas

La resolución del Consejo Estatal de Medio Ambiente del Estado de Amazonas – CEMAAN n. 35, del 19/01/2022 (Amazonas, 2022), que trata de los procedimientos técnicos para el PMFS, establece una intensidad máxima de tala de 25 m³/ha para el PMFS completo, con un ciclo de corta de 25 años, mientras que, para el PMFS de baja intensidad, se autorizan hasta 10 m³/ha en ciclos de hasta 12 años para la tala.

La norma también tiene parámetros de sostenibilidad específicos para las especies incluidas en los Apéndices CITES, y se debe mantener un mínimo del 15% de portadores de semillas, en relación con el número de árboles por especie, en el área de extracción efectiva de la Unidad de Producción Forestal - UPF, que cumplan con los criterios de selección para la tala indicados en el PMFS, respetando el límite mínimo de mantenimiento de cuatro árboles por especie, por cada 100 ha (cien hectáreas) de UT.

Otro criterio específico en las normas del Estado de Amazonas se refiere a la necesidad de que los árboles clasificados como portadores de semillas se distribuyan a lo largo de las clases de diámetro de DAP.

Mato Grosso

En el Estado de Mato Grosso, el Decreto n. 1.313/2022 (Mato Grosso, 2022) regula la gestión forestal en el Estado, estableciendo, entre los parámetros generales, algunos criterios de sostenibilidad más restrictivos que la norma federal. Entre estos, se destaca el artículo 37, que trata de la necesidad de incluir en el Inventario Forestal el 100% de todos los árboles comerciales con DAP superiores a 30 cm, en contraste con la norma federal cuyo requisito es de 40 cm en general. El mismo artículo, en su primer párrafo, establece, además del 10% de poseedores de semillas, la obligación de mantener el 10% de los árboles restantes por especie, sanos y con calidad de tallo recto, respetando el límite mínimo de mantenimiento de tres árboles por especie por 100 ha, en cada UCA.

La norma estatal también establece que cualquier especie que tenga una densidad inferior a 5 (cinco) árboles por cada 100 ha será considerada rara, y se prohíbe su extracción.

Pará

En el Estado de Pará, la Instrucción Normativa n. 05, de 10 de septiembre de 2015 (Pará, 2015), establece los procedimientos técnicos para el análisis del PMFS. Se destaca el límite para la extracción del Manejo Forestal a través de una sola Unidad de Corta Anual (UCA), en áreas de hasta 500 hectáreas.

La normativa estatal también condiciona la inspección obligatoria de las UCAs antes de su aprobación cuando el volumen por explorar por especie supera el equivalente a 6 m³/ha por Unidad de Obra.

Como característica peculiar, el Estado de Pará también establece un diámetro máximo de corte por individuo a explorar, equivalente a 200 cm, con el fin de reducir los daños debidos al impacto de la caída, así como la formación de claros con la extracción.

Roraima

La Resolución CEMA n. 3, del 25/11/2022 (Roraima, 2022), del Consejo Estatal de Medio Ambiente de Roraima, que define los procedimientos para el registro de reservas legales de propiedades y posesiones rurales en el Estado, define la posibilidad de que las propiedades rurales que tienen manejo forestal ya explotado tengan áreas forestales en proceso de regeneración convertidas a uso alternativo de suelo o supresión de vegetación^{5*}.

Si bien no se trata de normas directamente relacionadas con la conducción del manejo forestal en el Estado, es importante destacar su incompatibilidad frente a los criterios a establecer para la extracción de especies del género *Cedrela*, considerando los principios de sustentabilidad necesarios para asegurar su mantenimiento en el hábitat.

5 Artículo 13. Las propiedades rurales que ya cuentan con manejo forestal realizado solo podrán convertir el área de la propiedad rural a uso alternativo de la tierra o supresión de vegetación, siempre que:

I - Rectifiquen el plazo de responsabilidad para el mantenimiento de los bosques manejados.

§ 1º - El titular del plan de manejo deberá acreditar crédito de reemplazo forestal, a través de un informe de declaración de tala Sinaflor+ del plan de manejo ya explorado a convertir.

§ 2º - El titular del plan de manejo ejecutado con anterioridad a la implementación de Sinaflor+ deberá acreditar un crédito de reposición forestal de 30m³ por hectárea del plan de manejo ya explotado a convertir.

§ 3º - El titular deberá presentar un inventario forestal referido al porcentaje de superficie a convertir a uso alternativo de suelo o supresión de acuerdo con la normatividad vigente.

II - Queda prohibida la renovación del Plan de Manejo Forestal. / III - Queda prohibido autorizar simultáneamente el Uso Alternativo del Suelo, la Supresión de la Vegetación y el Plan de Manejo Forestal.

2. SISTEMAS FEDERALES Y ESTATALES DE CONTROL, SEGUIMIENTO Y LICENCIAMIENTO AMBIENTAL (SINAFLO, DOF LEGADO, DOF+ TRAZABILIDAD, SIMLAM Y SISFLORA)

La trazabilidad, junto con la legalidad y la sostenibilidad, conforman el trípode de principios que sustentan el comercio internacional regulado por la CITES. En este sentido, Brasil cuenta con un complejo y amplio sistema de seguimiento de la cadena productiva de la madera nativa, basado principalmente en el control de todos sus eslabones, desde su origen en el PMFS, con seguimiento y transparencia de las autorizaciones de extracción en áreas privadas o públicas, a través de los emprendimientos de despliegue y comercialización del producto maderero, finalizando su control en el usuario final dentro del territorio nacional o en el embarque del producto para la exportación.

Aunque enfrenta varios desafíos en la evolución de los mecanismos de control, Brasil está a la vanguardia en el uso de tecnología para el monitoreo forestal, con el uso de imágenes satelitales y algoritmos de automatización para el análisis de estas imágenes que ayudan en la identificación de explotaciones de bosque nativo, en el control del volumen de madera por árbol explotado en las Unidades de Producción Anual de los Planes de Manejo, así como la especificidad en el seguimiento de las transacciones de estos productos forestales.

Actualmente, todas las operaciones que se realicen en las autorizaciones de extracción, en las empresas involucradas y en las transacciones de compra y venta de madera deben reflejar sus respectivos volúmenes e información en los sistemas virtuales. Estos movimientos virtuales se materializan a través de la transferencia de créditos, que representan el volumen por especie, entre las empresas de la cadena productiva de la madera.

El PMFS, origen de la madera nativa, luego de ser analizado y aprobado vía el procedimiento administrativo del organismo ambiental competente, tiene su autorización emitida con el respectivo volumen por especie, con base en las estimaciones presentadas en el inventario forestal 100%.

Cada división también va acompañada de la transformación en el sistema, que refleja la reducción de volumen resultante del uso de la madera, como trozas que son aserradas para tablas, vigas, planchas, entre otros productos. Los porcentajes de uso en los procesos primarios de aserrado, denominados Coeficientes de Rendimiento Volumétrico – CRV, que generalmente equivalen al 35%, según lo establecido por la Resolución Conama n. 474, del 6 de abril de 2016, pueden ser modificados siempre y cuando se presenten estudios técnicos de los gerentes técnicos de las empresas, que demuestren la capacidad del aserradero para aumentar el uso de la madera.

Todas las operaciones resultantes de la producción física en el patio de la industria también deben registrarse en sistemas virtuales, lo que garantiza un alto nivel de control por parte de las agencias ambientales, situación que permite la detección de actividades irregulares.

En los últimos años, los sistemas brasileños han experimentado un importante cambio de paradigma en el monitoreo de los bosques nativos. El control, que hasta entonces estaba dado por el volumen consolidado por especie en un Plan de Manejo, comenzó a realizarse con la individualización del volumen para cada árbol efectivamente explotado. Por lo tanto, cada árbol y sus secciones individuales tienen un código de seguimiento único, lo que garantiza su trazabilidad desde su geolocalización en el bosque hasta el patio en el aserradero. Estas características hacen que los sistemas de control forestal brasileños sean uno de los más complejos y avanzados del mundo.

2.1. Sistemas Federales

La Ley de Protección de la Vegetación Nativa (Ley n. 12.651, de 25 de mayo de 2012) (Brasil, 2012) otorgó a la agencia federal Sisnama la competencia para implementar, coordinar, regular y supervisar la cadena productiva forestal de origen nativo, a través del desarrollo de un sistema nacional que integre datos de las diferentes entidades federativas. El Sistema Nacional de Control del Origen de los Productos Forestales – Sinaflor, instituido y reglamentado por la Instrucción Normativa n. 21 del Ibama, del 24 de diciembre de 2014 (Ibama, 2014), fue implementado por el Ibama en 2018, con el propósito de integrar toda la base de datos de los procesos de autorización para la extracción de productos forestales en el país, y desde entonces ha sido la principal herramienta para el monitoreo y control forestal en Brasil.

Luego de la emisión de la autorización en Sinaflor, si hay un producto maderero para ser vendido, el titular debe realizar la operación de rastreo y/o tala, momento en el cual el volumen, junto con toda la información relacionada con el producto, son migrados al Sistema DOF – SISDOF, responsable de controlar toda la cadena productiva de la madera. e incluso puede llegar a la exportación, cuando se utilice la Plataforma de Consentimiento Único de Brasil – PAU Brasil.

Sinaflor

Sinaflor integra información sobre propiedades rurales, proveniente del Sistema de Registro Ambiental Rural – SICAR, datos de empresarios y gestores técnicos, proyectos y autorizaciones de aprovechamiento forestal y supresión

de vegetación, permitiendo la centralización de la información relacionada con autorizaciones de uso de flora en una sola base de datos. Esta información posibilita la elaboración de diagnósticos del sector forestal y la identificación de anomalías que orientan la fiscalización e inspección, promoviendo el fortalecimiento de la legalidad de la cadena productiva nacional, además de constituir una herramienta fundamental para subsidiar la definición de políticas públicas para el manejo forestal nacional.

Sinaflor fue una de las principales fuentes de datos para la producción de conocimiento sobre las especies del género *Cedrela* en este Dictamen, permitiendo la evaluación de las áreas autorizadas, volumen y número de individuos inventariados, constituyendo un eje central para evaluar la sostenibilidad de la extracción del género en la Amazonía.

En el contexto de la extracción sostenible a través de Planes de Manejo Forestal, es importante destacar que dos Estados de la región amazónica, Pará y Mato Grosso, utilizan sus propios sistemas integrados con el sistema federal, tanto para la emisión de autorizaciones de extracción forestal (Simlam) como para el control de la comercialización de productos forestales de origen nativo (Sisflora).

En cumplimiento de su rol de gerente de Sinaflor y con el objetivo de cumplir con lo establecido en la Resolución Conama n. 497/2020 (Brasil, 2020), que determinó que Sinaflor y los sistemas electrónicos integrados estatales debían contener mecanismos de trazabilidad que permitieran identificar el origen de los productos forestales maderables en bruto y procesados, el Ibama lanzó, en agosto de 2020, Sinaflor+, evolución del sistema implementado en 2018.

Sinaflor+ operacionalizó la trazabilidad a través de las etapas de Trazabilidad/Dimensionamiento y el Registro de Extracción de Trozas en POAs de Planes de Manejo Forestal Sostenible. El Trazado/Dimensionamiento consiste en informar el riguroso cubicaje de las secciones de trozas, compuesto por las mediciones de los diámetros (base y copa), la longitud y el volumen real de cada árbol efectivamente explotado, siendo obligatorio para el tipo autorizante de Extracción de Plan Operativo Anual – POA con inventario forestal 100%. En la práctica, una expectativa de volumen autorizado, emitida en la autorización - Autex, basada en parámetros de estimación recogidos en el Inventario 100% Forestal, con precisión limitada, solo se convertirá en un volumen utilizable en el sistema después de la cubicación rigurosa de cada árbol georreferenciado explotado, y la adquisición de un código de seguimiento específico, asegurando un control preciso de cada sección de registro que sale del área autorizada.

De esta manera, los árboles georreferenciados destinados al corte selectivo pueden ser rastreados hasta el punto exacto desde el cual fueron extraídos originalmente y el producto forestal del corte autorizado puede ser rastreado hasta los límites del polígono de cosecha. Por lo tanto, solo después de la ejecución de los pasos mencionados en Sinaflor+ se dispone de créditos forestales en el Sistema DOF, permitiendo el transporte, procesamiento, comercio, consumo y almacenamiento de productos forestales, haciendo evidente la plena integración entre los sistemas federales.

DOF

El Documento de Origen Forestal (DOF) fue establecido por la Ordenanza MMA n. 253, del 18 de agosto de 2006 (Brasil, 2006), que sustituye a la Autorización para el Transporte de Productos Forestales (ATPF), y es el permiso obligatorio para el transporte y almacenamiento de productos forestales y subproductos de origen nativo, que contiene información sobre el origen de estos productos. generados por el sistema electrónico denominado Sistema – DOF. En diciembre de 2022, con el fin de extender los parámetros de trazabilidad, iniciados en Sinaflor+, a todos los puntos de la cadena productiva, se implementó el Sistema de Trazabilidad DOF+, en cumplimiento de la Resolución 497/2020 de Conama (Brasil, 2020).

La Trazabilidad DOF+ fue establecida por la Instrucción Normativa n. 16 del Ibama, de 25 de noviembre de 2022 (Brasil, 2022), que estableció, entre otras, reglas para el período de transición en el que coexisten los sistemas DOF+ y DOF Legado. Esta nueva herramienta se desarrolló con el objetivo de mejorar el sistema DOF en funcionamiento desde 2006 y mejorar el control de la cadena productiva forestal a nivel nacional a través de mecanismos de trazabilidad, que permiten identificar el origen de los productos forestales maderables en bruto y procesados, a través del código de seguimiento, que sigue el producto desde el origen, en Sinaflor, hasta su consumo final.

Es importante señalar que las negociaciones para la migración de datos de orígenes y créditos de productos forestales, que aún pueden existir en el DOF Legado al DOF+, y su consecuente desactivación, están en marcha en el ámbito del Ibama y, próximamente, todas las transacciones que involucren productos forestales de origen nativo solo se realizarán en el nuevo sistema. A continuación, se presenta el diagrama de flujo del control de la cadena productiva de la madera nativa en el sistema federal (Figura 2), adoptado por los Estados de la Amazonía brasileña, a saber: Rondônia, Amazonas, Acre, Amapá, Roraima y Tocantins.



Figura 2. Diagrama de flujo que enumera todas las etapas del seguimiento de la cadena productiva por parte de los sistemas Sinaflor, Sinaflor+ y DOF+, adoptados por los Estados de la Amazonia brasileña, con excepción de Mato Grosso y Pará, que tienen sus propios sistemas.

Para fines de exportación, también se utiliza la Plataforma de Consentimiento Único de Brasil – PAU Brasil, que se enumera a continuación en el diagrama conceptual de la Plataforma Sinaflor (Figura 3), que muestra cómo operan las herramientas para integrar datos e información.



Figura 3. Diagrama conceptual de la Plataforma Sinaflor.

2.2. Sistemas estatales (Mato Grosso y Pará)

Los Estados de Mato Grosso y Pará cuentan con sus propios sistemas de emisión de permisos de manejo y autorizaciones de extracción forestal. A través del Sistema de Monitoreo Ambiental y Licenciamiento – Simlam, se registra información sobre análisis, permisos y autorizaciones para la extracción forestal, así como sobre el otorgamiento de permisos a las industrias madereras. Así, se introducen en este sistema los datos de los responsables de la extracción forestal, el procesamiento industrial de la madera y las especificaciones de cada empresa.

También en el ámbito del Simlam, después de la aprobación de los inventarios forestales por parte de las agencias ambientales estatales, se emiten autorizaciones de extracción forestal, siempre que el PMFS esté en concordancia con las normas federales y disposiciones complementarias establecidas por el Decreto Estatal n. 1.313/2022 (Mato Grosso, 2022), en el caso de Mato Grosso, y la Instrucción Normativa n. 5/2015 (Pará, 2015), en el caso de Pará. Además, en esta etapa también se emiten los recibos de liberación de crédito forestal (CLCF), que consisten en documentos que contienen el volumen máximo por especie permitido para la extracción en las áreas autorizadas.

Para la etapa de control de la comercialización y transporte de productos forestales se utiliza el Sistema de Comercialización y Transporte de Productos Forestales – Sisflora. Así, el volumen de madera de la CLCF se inscribe en el registro de consumidores de materia prima de origen forestal de Sisflora (CC-SEMA en Mato Grosso y CEPROF-PA en Pará), en el que se controla toda la comercialización y transporte de la madera. Este registro es una inscripción obligatoria de personas naturales o jurídicas para quienes extraigan, recolecten, procesen, transformen, industrialicen, comercialicen, almacenen y consuman productos, subproductos o materias primas provenientes de la extracción de vegetación nativa. Es a través de este registro que se realizan los movimientos de créditos de madera virtual en Sisflora, los cuales deben estar asociados a los movimientos físicos de madera extraída de la vegetación nativa y transportada a las industrias.

En las primeras versiones de los sistemas implementados por las agencias ambientales estatales para controlar la extracción y el comercio de madera en sus territorios, se recogen datos sobre la extracción forestal de 2006 a 2015 para Sisflora en el Estado de Pará, y hasta mayo de 2023 en Mato Grosso. En esta primera versión, denominada 1.0, se registraba información sobre emprendimientos forestales, autorizaciones y recibos para la liberación de créditos de productos forestales, movimientos de volumen de madera separados por especie y tipo de producto, entre otros.

Aunque se lanzó en mayo de 2023, no fue hasta el 1 de julio de 2024 cuando se instituyó Sisflora 2.0 en el Estado de Mato Grosso como herramienta de emisión,

gestión y seguimiento del transporte y almacenamiento de productos forestales, a través del Decreto Estatal n.º 937 (Mato Grosso, 2024). Además, la norma también reguló el uso, cumplimentación y emisión de la Guía Forestal – GF para el transporte de productos y/o subproductos de origen forestal, así como la cadena productiva de la madera para la trazabilidad de los productos forestales desde el origen en la zona de extracción hasta su procesamiento industrial.

En el Estado de Pará, Sisflora 2.0 sucedió a su versión inicial en 2016, basándose en el Decreto Estatal n. 2.596, de 31 de agosto de 2022 (Pará, 2022), que regula el registro de actividades forestales, el Sistema Estatal de Información Ambiental y el transporte de productos y subproductos de origen forestal, mientras que aún se mantienen las normas específicas sobre trazabilidad implementadas en el estado de Sisflora. Con el nuevo sistema, se implementaron mecanismos de trazabilidad en origen del PMFS, como el volumen individualizado por tramo de tronco talado, y el respectivo control de la cadena productiva a través de la especificación de productos forestales *in natura* en transacciones vía Guía Forestal. En el transporte de madera en trozas, cada tramo tiene su identificación y volumen específicos, lo que permite, en teoría, la trazabilidad hasta su origen de extracción.

2.3. Lagunas en la trazabilidad

Si bien el modelo de integración de los sistemas estatal y federal se basa en parámetros establecidos por la normatividad establecida por la Federación, aún quedan vacíos por llenar, especialmente en lo que se refiere a los datos inherentes a la etapa exploratoria de los proyectos, como la información en la lista de empaque de árboles autorizados para la tala. Esta información generada en Simlam y Sisflora de Pará y Mato Grosso no está disponible en Sinaflor, provocando un lapso, a nivel nacional, de los nuevos paradigmas relacionados con el control a nivel de los individuos explotados en la selva.

Este vacío de datos trae consigo un reto en el uso del sistema federal como herramienta única de producción de conocimiento para entender los bosques nativos, así como las diversas especificidades involucradas en su extracción sostenible, sobre todo considerando que estos son los dos Estados con mayor participación en la extracción de madera nativa en el país.

En cuanto al Estado de Pará, a pesar de su espíritu pionero en la implementación de mecanismos de trazabilidad en la cadena productiva de la madera nativa, sus sistemas tienen un vacío de información que merece consideraciones específicas. Todo el análisis y emisión de la Autorización de Aprovechamiento Forestal – AUTEF de PMFS, con el respectivo volumen por especie autorizada, se basa en datos del Inventario Forestal 100% – IF100% presentados en el ámbito del proceso de licen-

ciamiento, el cual contiene información sobre volumen estimado, especie y georreferenciación por individuo, entre otros parámetros. Sin embargo, después de la tala de los individuos, la presentación del listado de troncos en la fase de extracción, que funciona como un mecanismo de liberación de créditos madereros, no se relaciona con los datos de IF100%, a diferencia de lo que ocurre en Sinaflor/DOF y Sisflora-MT.

Esto significa que tanto los volúmenes individualizados de los árboles en la fase de inventario como la ubicación geográfica de cada individuo no se tienen en cuenta en la emisión de las Guías Forestales que acompañan la transacción del PMFS al primer destino, para la división primaria. Los únicos parámetros regulatorios limitantes en esta fase de la cadena productiva están relacionados con la especie y el volumen total autorizado, que se estima a partir de las variables DAP y Altura, y que contiene errores inherentes al método de medición. El sistema de Pará, por lo tanto, no tiene en cuenta el número de árboles autorizados para la tala. Este vacío abre un vacío legal para la sustitución de árboles dentro del propio Plan de Manejo, al tiempo que puede permitir el encubrimiento de madera talada ilegalmente en zonas cercanas, lo que utilizaría el volumen sobrante de la autorización.

3. EXTRACCIÓN SOSTENIBLE DE *CEDRELA* SPP. EN LA AMAZONÍA LEGAL BRASILEÑA

Para a avaliação da exploração das espécies de *Cedrela* spp., foi consolidada uma ampla base de dados extraídos dos sistemas federais e estaduais de controle, monitoramento e licenciamento ambiental. Na esfera federal: Sinaflor, DOF, DOF+ Rastreabilidade, e na esfera estadual: Sisflora e Simlam, para os estados de MT e PA, referentes ao período de 2018-2023.

Para la evaluación de la extracción de las especies de *Cedrela* spp., se consolidó una amplia base de datos extraída de los sistemas federales y estatales de control, monitoreo y licenciamiento ambiental. A nivel federal: Sinaflor, DOF, DOF+ Trazabilidad, y a nivel estatal: Sisflora y Simlam, para los Estados de Mato Grosso y Pará, referidos al periodo 2018-2023.

En cuanto a las autorizaciones de los Planes Operativos Anuales – POA Amazonía Legal Completa y Baja Intensidad, se realizaron diferentes abordajes, categorizaciones y evaluaciones, de acuerdo con las limitaciones de los datos (Tabla 3). La información de todas las UF de manera integrada se utilizó para evaluar el área y el volumen totales autorizados. Para las evaluaciones del volumen promedio (autorizado, explotado y transaccionado) entre las UFs, solo se analizaron datos parciales, dada la deficiencia en la integración de las bases de datos es-

tatales de Mato Grosso y Pará. Al evaluar la extracción de *Cedrela* spp. a lo largo de las Categorías de Unidades Federativas, Fitofisionomías y Manejo Forestal, se logró identificar en qué regiones hay mayor ocurrencia y presión comercial, favoreciendo la dirección de medidas de manejo y prácticas de manejo adecuadas.

Tabla 3. Datos de los sistemas de control forestal categorizados por evaluación, información, área de cobertura y número de autorizaciones analizadas para las especies *Cedrela odorata* y *C. fissilis*.

Evaluación	Información	Área de cobertura	Nº de autorizaciones
1	Volumen autorizado y superficie total. Promedio de Volumen: autorizado, explotado y comercializado. Información de volumen por especie y superficie total autorizada (ha).	Unidades Federativas – UF.	2538
2	Número y promedio de volumen de árboles inventariados. Información a nivel de árbol por especie y área de manejo efectivo (ha).	Unidades Federativas – UF. Fitofisionomías; Categorías de Manejo Forestal.	615
3	Intensidad efectiva de extracción por categoría de gestión. Información sobre el volumen de árboles por especies.	Categorías de Manejo Forestal.	351

3.1. Evaluación 1 – Extracción Sostenible de *Cedrela* spp.: Superficie bajo Manejo y Volumen por Especie

En el período de análisis se identificaron un total de 10 millones de hectáreas de bosque en la Amazonía Legal autorizadas para su extracción bajo el régimen de Manejo Forestal Sostenible. Cabe destacar que los Estados de Mato Grosso y Pará, que utilizan sus propios sistemas de manejo forestal, presentan datos de autorización a través de la integración de sus propios sistemas con Sinaflor. El Estado de Rondônia tiene la mayor superficie de bosques públicos bajo manejo forestal en comparación con las áreas privadas, representando el 59% del total, seguido por Pará, equivalente al 38% del área de bosques en PMFS autorizados/ explotados en los últimos cinco años. Los Estados de Mato Grosso, Roraima, Amazonas, Maranhão y Tocantins tenían bosques manejados exclusivamente en áreas privadas (Tabla 4).

Tabla 4. Manejo Forestal Sostenible Áreas autorizadas en áreas privadas en comparación con bosques públicos en el bioma amazónico entre 2018 y 2023.

Estado	PMFS en bosques privados		PMFS en Bosques Públicos	
	área (ha)	%	área (ha)	%
Acre	373.553	94	22.344	6
Amazonas	760.331	100	1.000	0
Amapá	528.007	83	110.725	17
Maranhão	624	100	0	0
Rondônia	308.981	41	451.519	59
Roraima	45.347	100	0	0
Tocantins	1.877	100	0	0
Mato Grosso	1.201.489	100	0	0
Pará	3.861.946	62	2.341.631	38
Total	6.575.387	66	3.433.987	34

En la Tabla 5 se presenta la superficie de bosques en la Amazonía Legal bajo el régimen PMFS por entidad federativa, abarcando tanto las exploraciones en áreas privadas como en los bosques públicos bajo concesiones federales y estatales, y la respectiva comparación con los planes que contienen la extracción de *Cedrela odorata*, especie que representa aproximadamente el 98% del volumen de extracción del género, mientras que *Cedrela fissilis* solo el 2%.

Tabla 5. Datos de Sinaflor en el periodo 2018-2023, referidos a la superficie forestal en el bioma amazónico bajo el régimen PMFS, comparados con áreas de manejo sostenible con extracción de *Cedrela odorata*.

Estados	En el marco del régimen PMFS (ha)	PMFS con extracción de <i>Cedrela odorata</i> (ha)	Porcentaje (%)
Acre	395.897	142.106	35,89
Amazonas	761.331	43.957	5,77
Amapá	638.732	32	0,01
Maranhão	624	-	-
Rondônia	760.500	101.450	13,33
Roraima	45.347	660	1,46
Tocantins	1.877	-	-
Mato Grosso	1.201.489	72.925	6,06
Pará	6.203.577	185.493	2,99
Total	10.009.374	546.623	5,46 %

representando el 62% del total, mientras que el segundo Estado con mayor superficie de bosque gestionado es Mato Grosso, con el 12%. En relación con los PMFS autorizados con extracción de *Cedrela odorata*, Acre es el Estado con mayor representatividad, con el 35,89% de ocurrencia de la especie explotada, seguido de Rondônia, con el 13,33% de las áreas gestionadas.

Para evaluar la producción forestal en la Amazonía, fue necesario examinar las diversas etapas de la cadena de producción de madera, desde la autorización inicial hasta las transacciones realizadas. Al evaluar las autorizaciones categorizadas como POA Amazonía Legal Completo y Baja Intensidad en el período comprendido entre 2018 y 2023, se puede observar que el Estado de Acre se destaca como la unidad federativa con mayor producción autorizada para *Cedrela odorata*, con más de 60 mil m³ autorizados, seguido de Pará con casi 40 mil m³ y Amazonas con poco más de 25 mil m³ (Figura 4). Se identificaron volúmenes de exploraciones de *Cedrela fissilis* autorizadas solo en los Estados de Pará, Mato Grosso y Rondônia.

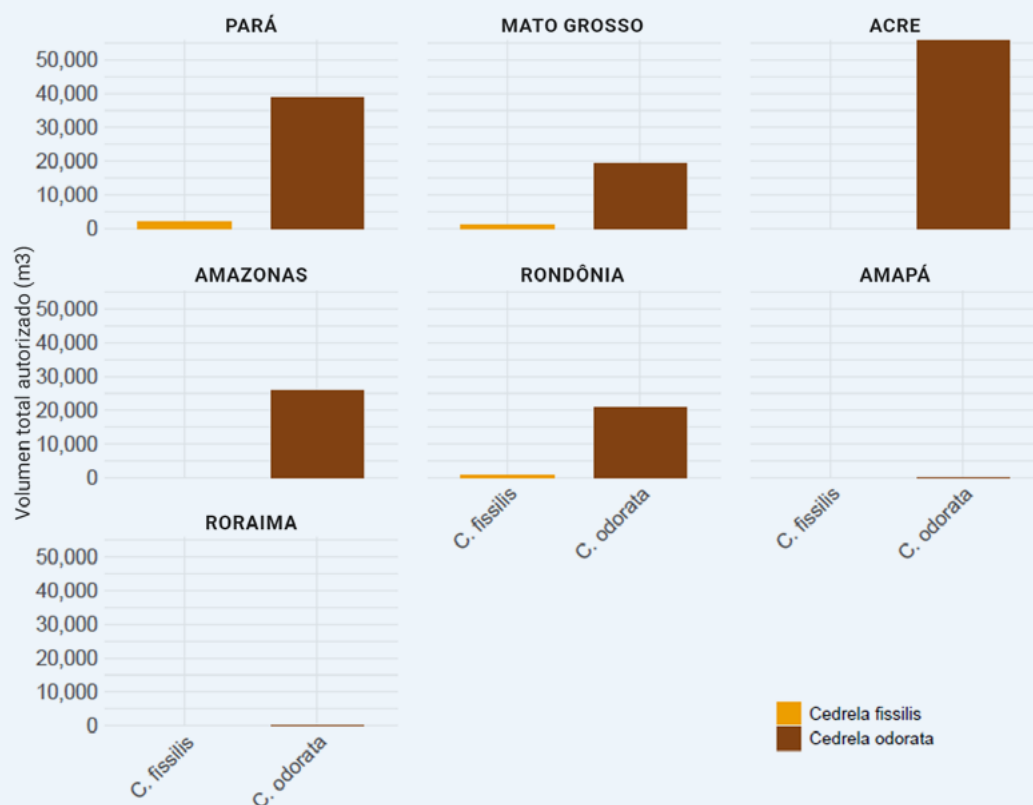


Figura 4. Volumen total autorizado (m³) de *Cedrela fissilis* y *Cedrela odorata* por unidad federativa – UF de los Estados que conforman la Amazonía Legal. Autorizaciones Plan Operativo Anual – POA Amazonía Legal Completo y Baja Intensidad período entre 2018 y 2023.

En la Figura 5 se muestran los volúmenes promedio autorizados, explotados y comercializados por área autorizada para el género *Cedrela* spp. a lo largo de las unidades federativas de la Amazonía Legal. Los Estados de Amazonas, Mato Grosso y Acre se destacan respectivamente como los Estados con el mayor volumen promedio autorizado para *Cedrela* spp., alrededor de 0,40-0,55 m³/ha. Los mayores volúmenes promedio explotados y comercializados por hectárea se observan en Amazonas (alrededor de 0,45 m³/ha) y Acre (alrededor de 0,25 m³/ha). Para los Estados de Pará y Mato Grosso, debido a la ausencia de datos completos (información solo sobre los bosques públicos de Pará), no se presentan los valores de volumen explotado y comercializado. Entre los Estados que menos exploraron lo que autorizaron, se destacaron Roraima y Acre, con alrededor del 30-60% de extracción del volumen autorizado. Para Amapá, no se observaron datos de extracción y transacción de *Cedrela* spp.

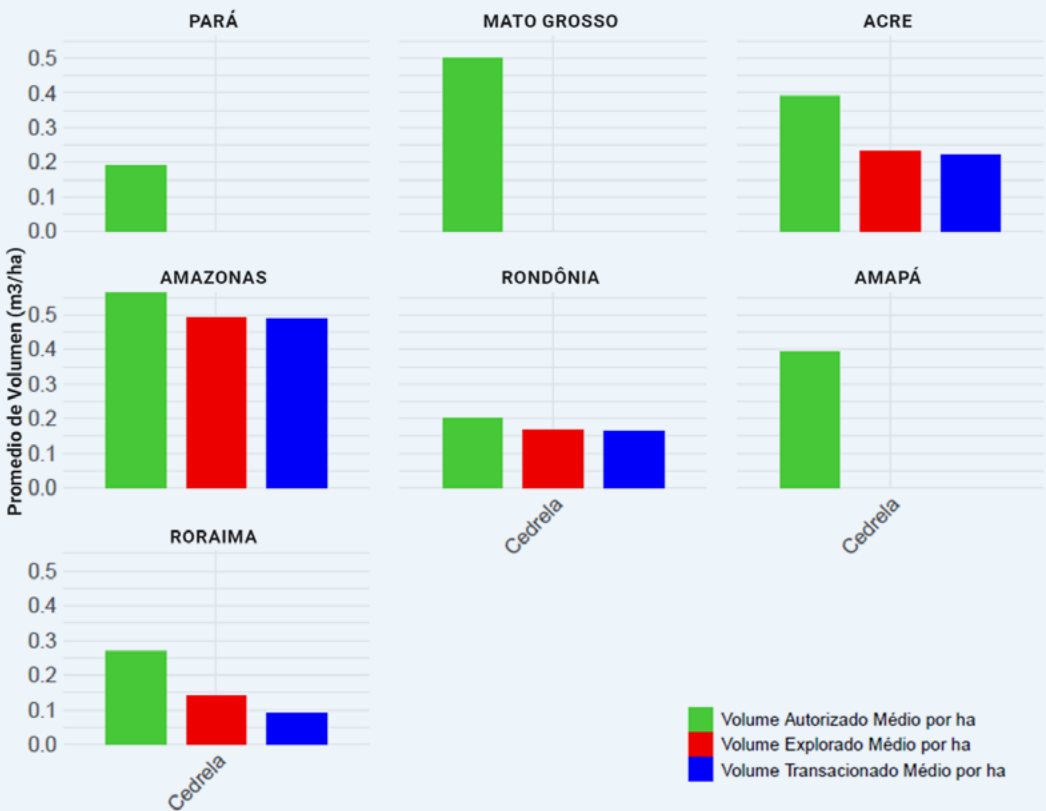


Figura 5. Volumen promedio: autorizado, explotado y comercializado por hectárea (área autorizada) de *Cedrela* spp. por unidad federativa – UF de los Estados que conforman la Amazonía Legal. Autorizaciones Plan Operativo Anual – POA Amazonía Legal Completo y Baja Intensidad, periodo entre 2018 y 2023. Datos parciales para los Estados de Pará y Mato Grosso.

También es importante destacar que, según datos de los Sistemas de Control Forestal, la extracción de *Cedrela* spp. ocurre mayoritariamente en BOA, con el 77% de los PMFS, en comparación con los BOD, responsables del 20% de los PMFS, con el 3% restante distribuido en otros tipos de vegetación y/o en áreas de contacto.

3.2. Evaluación 2 – Extracción Sustentable de *Cedrela* spp.: Árboles por Área de Manejo Efectivo

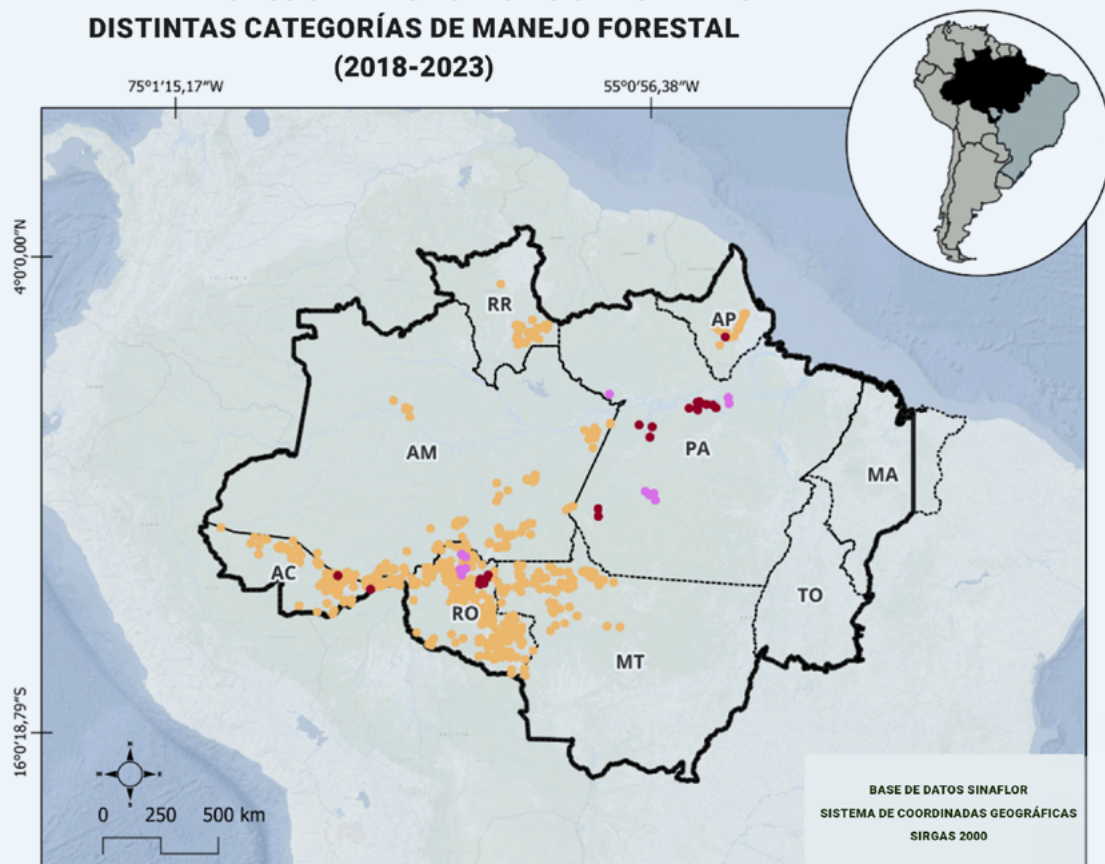
Para el relevamiento de la información de los inventarios forestales de los Planes de Manejo Forestal Sostenible – PMFS, con datos a nivel de árbol, se utilizaron las bases de datos del Sinaflor. Se observó una mayor concentración de PMFS con la especie *Cedrela* en las Propiedades Privadas (83%), principalmente en el Estado de Rondônia. Los bosques públicos representaron alrededor del 11% del número total de PMFS, y los bosques comunitarios el 6% (Figura 6).

Para relevar el número de árboles y el volumen promedio de *Cedrela* spp. por hectárea en un área de manejo efectivo, se integraron datos del inventario forestal comercial - IF100% de las bases de datos federales (Sinaflor) y estaduais de Mato Grosso y Pará (Simlam). Debido a la dificultad para obtener información sobre el área de manejo efectivo por autorización, se realizó un muestreo aleatorio simple, donde se seleccionaron 650 autorizaciones en todas las unidades federativas de la Amazonía Legal Brasileña, totalizando más de 30.000 árboles (Tabla 6). Así, se utilizó información forestal a nivel de UF, fitofisionomía, categorías de manejo forestal y categoría de árboles inventariados. Sin embargo, incluso en este corte de 650 autorizaciones, los datos disponibles son parciales para Pará y Mato Grosso, conteniendo solo bosques públicos para el Estado de Pará, y falta de disponibilidad de la categoría de árbol inventariado para el Estado de Mato Grosso.

Tabla 6. Número de autorizaciones (total / muestreados, n = 650) y árboles muestreados en Planes de Manejo Forestal Sostenible (PMFS) por unidad federativa (UF) de la Amazonía Legal. Las autorizaciones se refieren a los Planes Operativos Anuales – POA Completo y de Baja Intensidad, en el período de 2018 a 2023. Las autorizaciones muestreadas para Pará están restringidas a los Bosques Públicos.

UF	Número de autorizaciones: total / muestreado	Número de árboles muestreados
Acre	91 / 41	11519
Amazonas	199 / 100	7367
Amapá	188 / 58	74
Mato Grosso	387 / 30	881
Pará	766 / 52	4184
Rondônia	504 / 332	5944
Roraima	41 / 37	211

INVENTARIO 100% DE LAS ESPECIES CITES EN LAS DISTINTAS CATEGORÍAS DE MANEJO FORESTAL (2018-2023)



Leyenda

- Bioma Amazonía
 - Unidades de la Federación de la Amazonía
 - Brasil
 - América del Sur
- Inventario 100%**
- Manejo en Bosque Público
 - Manejo en Propiedad Privada
 - Manejo Comunitario

% DE INVENTARIO EN LAS DISTINTAS CATEGORÍAS DE MANEJO FORESTAL

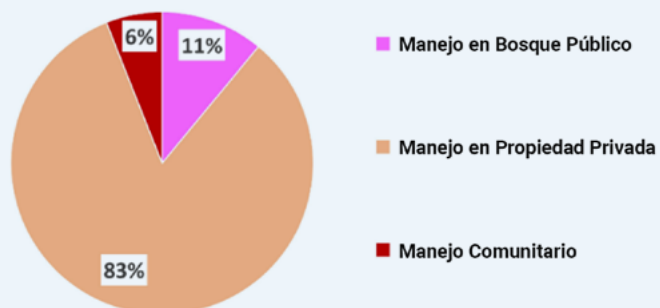


Figura 6. Ubicación del inventario forestal de planes de manejo forestal sostenible – PMFS en la Amazonía Legal, según su tipo de manejo forestal: Manejo Forestal Público, Manejo de Propiedad Privada y Manejo Comunitario. Para el Estado de Pará, información solo sobre Bosques Públicos y Gestión Comunitaria.

Para la evaluación 2, además de las Unidades Federativas, se realizaron las siguientes categorizaciones:

I. Manejo forestal: Bosques Públicos, Propiedades Privadas y Manejo Forestal Comunitario.

II. fitofisionomías: Bosque Ombrófilo Abierto – BOA y Bosque Ombrófilo Denso – BOD. Ya que más del 95% del total de árboles manejados de *Cedrela* spp. se encuentran en estas fitofisionomías, el 77% en BOA y el 20% en BOD.

III. Árboles inventariados: A explorar, Porta semillas y remanentes, y Sustitutos.

Para el muestreo seleccionado, se observó un mayor número de árboles y un volumen promedio de *Cedrela* spp. por hectárea en los Estados Acre, Amazonas y Rondônia, con alrededor de 0.12-0.20 árboles por ha (Figura 7). Los Estados de Mato Grosso y Amapá presentaron los mayores volúmenes de BOD y Roraima en BOA ($\sim 0.4 \text{ m}^3/\text{ha}$), con relación a un número relativamente bajo de árboles por hectárea, lo que indica árboles más grandes en estas localidades. Para BOD, los valores más bajos de número promedio de árboles por hectárea, alrededor de 0,03 (n/ha), y volumen promedio por hectárea, con $0,18 \text{ m}^3/\text{ha}$, se observaron en los Estados de Pará y Roraima (Figura 7).

A lo largo de las fitofisionomías evaluadas, tanto el BOA como el BOD en Acre se destacaron con el mayor número promedio de árboles por hectárea, alrededor de 0,2 (n/ha) (Figura 7). A excepción de Rondonia, en general, se observó un mayor número promedio de árboles en BOA que en BOD. El mayor volumen promedio por hectárea en BOA se observó en Roraima ($0,42 \text{ m}^3/\text{ha}$), mientras que en BOD, en Mato Grosso ($0,40 \text{ m}^3/\text{ha}$). En general, los valores más bajos de número de árboles y volumen promedio por hectárea se observaron en BOD en los Estados de Roraima y Pará, con alrededor de 0,03 árboles por hectárea y $0,08 \text{ m}^3/\text{ha}$.

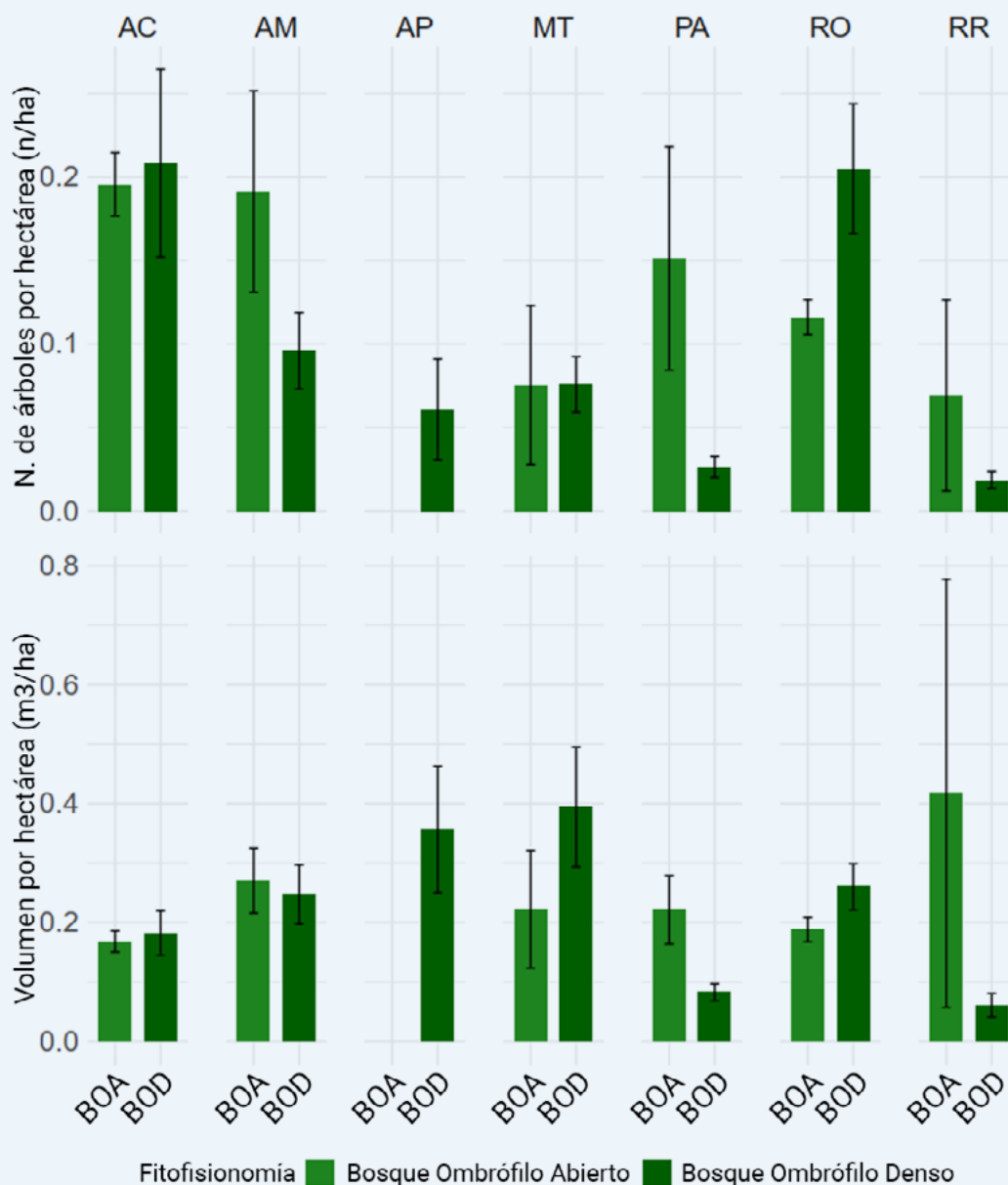


Figura 7. Número promedio de árboles (con desviación estándar promedio) por hectárea (área de manejo efectivo) en las dos principales fitofisionomías inventariadas de *Cedrela* spp. por autorización a lo largo de las unidades federativas - UF de los Estados que componen la Amazonía Legal, en el período 2018-2023 (n=650). Las autorizaciones muestreadas para Pará se restringen a los Bosques Nacionales.

Evaluar la calidad de los inventarios forestales en todas las Unidades Federativas de la Amazonía Legal y Categorías de Manejo Forestal, se analizó la distribución de los árboles inventariados en diferentes categorías. Como se muestra en la Figura 8, las tres categorías evaluadas fueron: i) A explorar, ii) Portadores de semillas y remanentes, y iii) Sustitutos. Los valores más altos de árboles en

la categoría “Por explorar” se observaron en el manejo realizado en propiedades privadas, especialmente en el Estado de Amazonas, con cerca de 0,15 árboles/ha. En contraste, el valor más bajo se encontró en los bosques públicos de Rondônia, con un promedio de 0,02 árboles/ha. Además, el manejo en los bosques públicos presentó el equilibrio más equilibrado entre los árboles “Portadores de Semillas y Remanentes” y los árboles “Por Explorar”. Para esta categoría solía haber un mayor número de árboles “Portadores de Semillas y Remanentes” que “Por Explorar”.

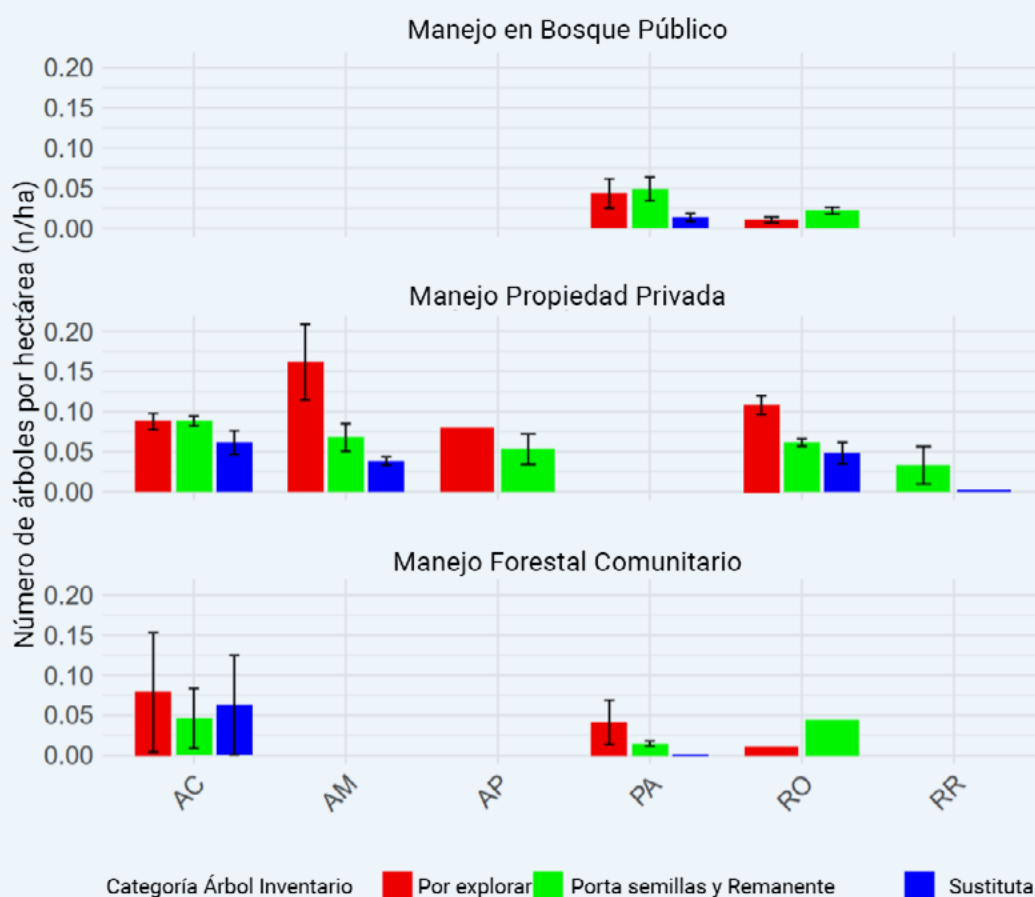


Figura 8. Número promedio de árboles (con desviación estándar del promedio) por hectárea (área de manejo efectivo) inventariados de *Cedrela* spp. por autorización a lo largo de las unidades federativas – UF de los Estados que componen la Amazonía Legal, en el período 2018-2023 (n=650). Las autorizaciones muestreadas para Pará están restringidas a los Bosques Públicos.

3.3. Evaluación 3 – Extracción de *Cedrela* spp. en PMFS: Intensidad Efectiva de Extracción

Si bien las categorías del inventario forestal definen los individuos y volumen de corte y remanentes en el área a manejar, los parámetros establecidos en la planificación no siempre representan la realidad al final de la extracción, principalmente debido a las incertidumbres y adversidades de las actividades de tala, arrastre y transporte de trozas en la UMF. Hay dos factores principales responsables: 1 - Las diferencias matemáticas entre las cantidades involucradas en la estimación del volumen durante el inventario, basado en variables dendrométricas, y el riguroso cubo de las trozas de madera in natura después de su tala y trazado; y 2 - el hallazgo de árboles huecos, o con características que impiden su tala durante la fase exploratoria, que se mantienen en la zona, disminuyendo el porcentaje de individuos sacrificados, y en consecuencia el volumen por explorar.

Así, se evaluó la intensidad efectiva promedio de corte de *Cedrela odorata* a partir de 351 permisos de corte emitidos entre 2018 y 2023. Estas autorizaciones, debidamente categorizadas en las tres categorías de gestión, fueron extraídas directamente del panel de seguimiento interno del Ibama. Por lo tanto, el número de autorizaciones consideradas para este análisis fue menor que el número total de autorizaciones emitidas para la especie y utilizadas en la Evaluación 1. Entre las autorizaciones seleccionadas, 289 provinieron de manejo en áreas privadas, 42 de manejo en bosques públicos y 20 de manejo comunitario. La elección exclusiva de *C. odorata* para este análisis se debe a su mayor representatividad en el manejo forestal, en comparación con otras especies del género, en las diferentes categorías de manejo. La relación entre el volumen inventariado y el volumen efectivamente explotado se estableció para esta especie en las tres categorías de manejo.

El manejo en bosques públicos se destacó como la categoría en la que la intensidad efectiva promedio de extracción por autorización es la más baja, con alrededor del 35%, seguida por el manejo comunitario, con 52%, y el manejo en propiedades privadas, con 79%. Los datos sobre las categorías de árboles inventariados y la intensidad de la extracción efectiva refuerzan el menor impacto de la gestión en los bosques públicos en relación con las otras categorías, como se observa en las Figuras 7 y 8. Por lo tanto, en comparación con otros tipos de manejo, indican una menor presión sobre las poblaciones de *Cedrela* spp. (Figura 9).

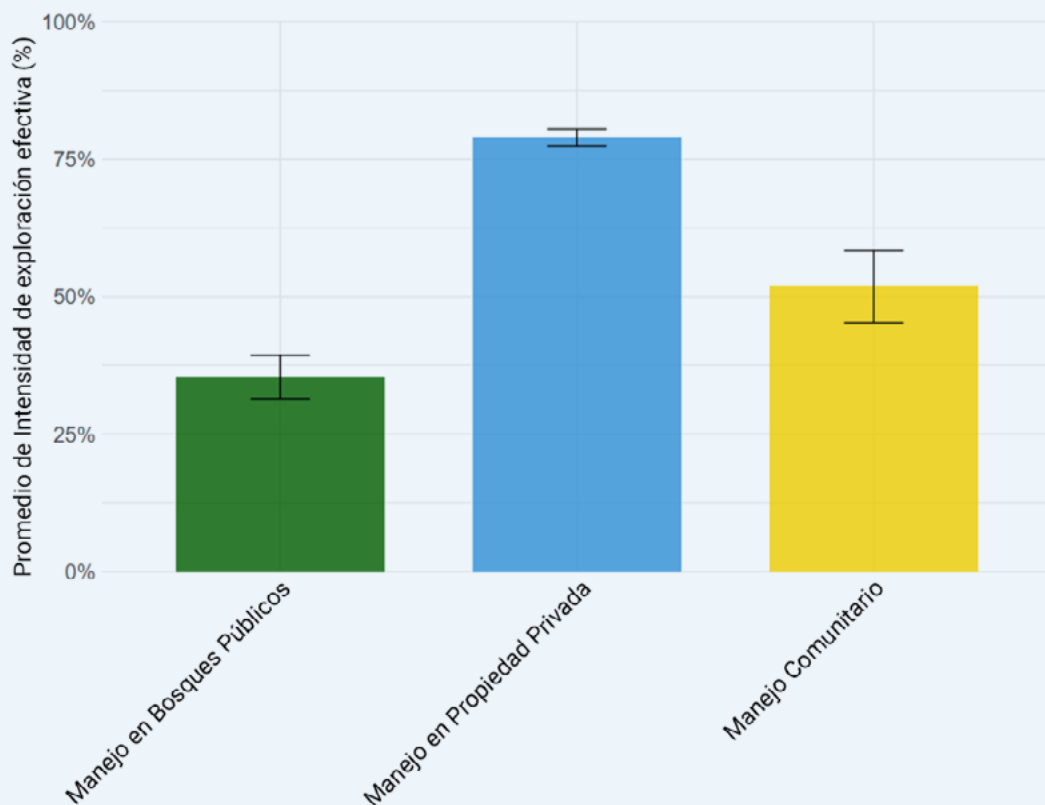


Figura 9. Intensidad promedio efectiva de tala de *Cedrela odorata* por Tipo de manejo Forestal Sostenible en la Amazonía Legal. Autorizaciones Plan Operativo Anual – POA Amazonía Legal Completo y Baja Intensidad, periodo entre 2018 y 2023. Datos parciales para los Estados Pará y ausentes de Mato Grosso.

Uno de los factores que pueden justificar la diferencia en la intensidad de la extracción efectiva de la MFS en los bosques públicos tiene que ver con los mecanismos de recolección que afectan a las zonas de la Unión. Las etapas del proceso de concesión forestal involucran la definición de las áreas y la elaboración de estudios técnicos, convocatoria de licitación, consulta pública, concurso y firma de contratos. Entre las transferencias de fondos por parte del concesionario como pago por el derecho de extracción, se encuentra el cobro por los créditos de madera a vender, situación que influye directamente en la estrategia operativa de la empresa. La extracción de tallos de dudosa calidad se vuelve económicamente inviable, así como los árboles huecos. El equilibrio económico acaba influyendo directamente en el número de individuos remanentes de la especie, habitualmente muy superior al definido en el proyecto de extracción, en cumplimiento de los parámetros normativos de sostenibilidad.

Los planes de manejo forestal autorizados en el dominio privado se rigen por la ley de oferta y demanda de contratos privados. Un titular del PMFS explota un área

autorizada bajo la condición de reembolso al propietario de la tierra, cuyo valor sigue la lógica del mercado. Sin embargo, en el contexto del proceso de autorización con la agencia estatal de medio ambiente, no se establece un reembolso monetario al Estado por el volumen por explorar autorizado, como en los montes públicos. Esta combinación de factores condiciona al empresario a extraer el máximo de la volumetría autorizada, con el objetivo de obtener la relación costo-beneficio más ventajosa. En algunos casos, la relación entre autorizado/explotado, es decir, la intensidad de la extracción efectiva alcanza valores en torno al 90%, es decir, una POA con 25 m³/ha de volumen autorizado, tendría 22,5 m³/ha explotados.

Con respecto al PMFS comunitario, la situación difiere cuando se comparan los datos de gestión federal en relación con los administrados por las entidades federativas. Generalmente, las áreas comunitarias estatales tienen una intensidad de tala efectiva muy cercana a la gestión en propiedades privadas. En cuanto a los Planes Comunitarios federales, que se dan en las Unidades de Conservación de Uso Sustentable, sus números son similares a la extracción promedio de la gestión de las Concesiones Federales. Actualmente, su gestión ambiental está a cargo del Instituto Chico Mendes para la Conservación de la Biodiversidad – ICMBio.

4. CONSIDERACIONES FINALES

Brasil tiene una historia de leyes y normas de manejo forestal sostenible de más de 40 años, que traen consigo una evolución natural en conceptos y parámetros técnicos basados en la sostenibilidad forestal. Si bien desde hace casi dos décadas existe la posibilidad normativa de cambiar los criterios de extracción a partir de estudios específicos, esta práctica aún no ha sido ampliamente incorporada a los procesos productivos actuales. En este contexto, los principios de la CITES condicionan su papel para avanzar en estos criterios, promoviendo la transición hacia un nuevo paradigma de gestión forestal, basado en la sostenibilidad de las especies.

Los bosques primarios del bioma amazónico comprenden un total de 317,46 millones de hectáreas. De estos, el 45% se encuentra bajo protección como Tierras Indígenas o Unidades de Conservación de Protección Total, mientras que los bosques públicos bajo Unidades de Conservación de Uso Sustentable, sujetos a extracción bajo PMFS, representan el 22%. Los bosques en áreas privadas explotadas bajo manejo forestal en los últimos 5 años equivalen a 6,5 millones de hectáreas, mientras que los bosques públicos no designados en el bioma alcanzan los 60,3 millones de hectáreas. Estos números demuestran la voluntad del Estado brasileño de preservar sus remanentes forestales, sin embargo, presen-

tan riesgos, no solo considerando los bosques públicos sin destino, sino también respecto a las áreas protegidas por la ley, ambas vulnerables a la extracción ilegal que debilita la supervivencia de *Cedrela* spp.

La regulación e inspección de la cadena productiva forestal de origen nativo se realiza a través de los sistemas federales y estatales de monitoreo y control forestal. Estas herramientas permiten evaluar cómo se produce la distribución del número de árboles y volúmenes explotados de la especie a través de las categorías de unidades federativas, fitofisionomías y manejo forestal en la Amazonía Legal, fundamental para la comprensión de las especies del género *Cedrela*. Esta amplia base de datos permitió realizar evaluaciones a múltiples escalas, desde los valores medios del volumen de madera por unidad federativa hasta la información a nivel de árbol en los inventarios forestales autorizados.

La información presentada en este capítulo de los sistemas de control forestal muestra una diferencia significativa en los estándares de extracción de los bosques públicos en comparación con los privados. Para *Cedrela odorata*, el manejo en bosques públicos presentó la menor intensidad efectiva de extracción promedio, equivalente al 35% con relación al volumen autorizado para la tala, mientras que el manejo en propiedades privadas esta relación es de alrededor del 79%. Estos números se traducen en el stock remanente de la especie en el área explorada, y deben observarse en el establecimiento de criterios de manejo para *Cedrela* spp., dentro del alcance del Dictamen de Extracción No Perjudicial. Los planes de manejo forestal en áreas privadas se caracterizaron por una mayor presión sobre las poblaciones de *Cedrela* spp., especialmente en los Estados de Acre, Amazonas y Rondônia. Esta categoría presenta el mayor número de árboles en la categoría “Por explorar” en los inventarios forestales, así como la intensidad efectiva promedio más alta de la tala.

Por lo tanto, las estrategias efectivas para el manejo y la conservación de las especies requieren información forestal sólida, obtenida a través del monitoreo de los datos de los sistemas federales de control. Estos análisis deben basarse en un proceso continuo de mejora de los sistemas federales de control de la cadena productiva forestal y en la integración de los avances tecnológicos y científicos. Este esfuerzo permite que el manejo forestal tome decisiones y desarrolle políticas públicas bien fundamentadas que sustenten el uso responsable de los recursos forestales de manera técnica y transparente. En particular, se destaca la urgente e indispensable necesidad de una plena integración de los sistemas estatales y federales, a fin de generar mayor confiabilidad en el proceso de autorización y trazabilidad de los productos forestales a lo largo de la cadena de custodia, desde el origen del producto forestal hasta el consumidor final.

5. REFERENCIAS

Acre. (2001). Lei nº 1.426, de 27 de dezembro de 2001. Dispõe sobre a preservação e conservação das florestas do Estado, institui o Sistema Estadual de Áreas Naturais Protegidas, cria o Conselho Florestal Estadual e o Fundo Estadual de Florestas e dá outras providências. *Diário Oficial do Estado do Acre*. <https://imaC.aC.gov.br/wp-content/uploads/2022/legislacao/Leis/LEI%20N%C2%BA%201.426,%20DE%2027%20DE%20DEZEMBRO%20DE%202001.pdf>

Acre. (2008). Resolução CEMACT/CFE nº 003, de 12 de agosto de 2008. Licenciamento, monitoramento e a fiscalização das áreas objeto de manejo florestal no Estado do Acre. *Diário Oficial do Estado do Acre*.

Amazonas. (2022). Resolução/CEMAAM N. 35 de 19 de janeiro de 2022. Altera a Resolução/CEMAAM N.º 30, de 03 de dezembro de 2018, que estabelece os procedimentos técnicos para elaboração, apresentação, execução e avaliação técnica de Planos de Manejo Florestal Sustentável – PMFS de Maior Impacto de Exploração e de Menor Impacto de Exploração nas florestas nativas e formações sucessoras no Estado do Amazonas. *Diário Oficial do Estado do Amazonas*.

Benjamin, A.H., & Bryner, N.S. (2019). Brazil. *The Oxford Handbook of Comparative Environmental Law*.

Brasil. (1953). Lei nº 1.806, de 6 de janeiro de 1953. Dispõe sobre o Plano de Valorização Econômica da Amazônia, cria a superintendência da sua execução e dá outras providências. *Diário Oficial da União*. https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/1950-1969/l1806.htm

Brasil. (1965). Lei nº 4.771, de 15 de setembro de 1965. Institui o novo Código Florestal. *Diário Oficial da União*. https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l4771.htm

Brasil. (1966). Lei nº 5.173, de 27 de outubro de 1966. Dispõe sobre o Plano de Valorização Econômica da Amazônia; extingue a Superintendência do Plano de Valorização Econômica da Amazônia (SPVEA), cria a Superintendência do Desenvolvimento da Amazônia (SUDAM), e dá outras providências. *Diário Oficial da União*. https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l5173.htm#:~:text=LEI%20N%C2%BA%205.173%2C%20DE%2027%20DE%20OUTUBRO%20DE%201966.&text=Disp%C3%B5e%20s%C3%B4bre%20o%20Plano%20de,%2C%20e%20d%C3%A1%20outras%20provid%C3%Aancias.

Brasil. (1977). Lei Complementar nº 31 de 11 de outubro de 1977. Cria o Estado de Mato Grosso do Sul, e dá outras providências. *Diário Oficial da União*. https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/lcp/lcp31.htm#:~:text=LEI%20COMPLEMENTAR%20N%C2%BA%2031%2C%20DE,Sul%2C%20e%20d%C3%A1%20outras%20provid%C3%A2ncias.

Brasil. (1981). Lei nº 6.938, de 31 de agosto de 1981. Dispõe sobre a Política Nacional do Meio Ambiente, seus fins e mecanismos de formulação e aplicação, e dá outras providências. *Diário Oficial da União*. https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l6938.htm

Brasil. (1988). Constituição da República Federativa do Brasil de 1988. *Diário Oficial da União*. https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/constituicao/constituicao.htm

Brasil. (1995). Portaria Federal IBAMA nº 48, de 10 de julho de 1995. *Regulamenta o Decreto 1.282*, de 19 de outubro de 1994. <http://www.ibama.gov.br/flores/leis/leis.html>

Brasil. (2006). Lei nº 11.284, de 2 de março de 2006. Dispõe sobre a gestão de florestas públicas para a produção sustentável; institui, na estrutura do Ministério do Meio Ambiente, o Serviço Florestal Brasileiro – SFB; cria o Fundo Nacional de Desenvolvimento Florestal – FDENP; altera as Leis nos 10.683, de 28 de maio de 2003, 5.868, de 12 de dezembro de 1972, 9.605, de 12 de fevereiro de 1998, 4.771, de 15 de setembro de 1965, 6.938, de 31 de agosto de 1981, e 6.015, de 31 de dezembro de 1973; e dá outras providências. *Diário Oficial da União*. <https://pesquisa.in.gov.br/imprensa/jsp/visualiza/index.jsp?jornal=1&pagina=1&data=03/03/2006>

Brasil. (2006a). Decreto nº 5.975 de 30 de novembro de 2006. Regulamenta os arts. 12, parte final, 15, 16, 19, 20 e 21 da Lei no 4.771, de 15 de setembro de 1965, o art. 4º, inciso III, da Lei no 6.938, de 31 de agosto de 1981, o art. 2º da Lei no 10.650, de 16 de abril de 2003, altera e acrescenta dispositivos aos Decretos nos 3.179, de 21 de setembro de 1999, e 3.420, de 20 de abril de 2000, e dá outras providências. *Diário Oficial da União*. <https://pesquisa.in.gov.br/imprensa/jsp/visualiza/index.jsp?data=01/12/2006&jornal=1&pagina=1&totalArquivos=132>

Brasil. (2007). Decreto nº 6.063, de 20 de março de 2007. Regulamenta, no âmbito federal, dispositivos da Lei no 11.284, de 2 de março de 2006, que dispõe sobre a gestão de florestas públicas para a produção sustentável, e dá outras providências. *Diário Oficial da União*. <https://pesquisa.in.gov.br/imprensa/jsp/visualiza/index.jsp?jornal=1&pagina=1&data=21/03/2007>

Brasil. (2009). Resolução Federal CONAMA nº 406, de 02 de fevereiro de 2009. Estabelece parâmetros técnicos a serem adotados na elaboração, apresentação, avaliação técnica e execução de PMFS. *Diário Oficial da União*, <https://pesquisa.in.gov.br/imprensa/jsp/visualiza/index.jsp?data=06/02/2009&jornal=1&pagina=100&totalArquivos=160>

Brasil. (2009a). Decreto nº 6.874, de 5 de junho de 2009. Institui, no âmbito dos Ministérios do Meio Ambiente e do Desenvolvimento Agrário, o Programa Federal de Manejo Florestal Comunitário e Familiar - PMCF, e dá outras providências. *Diário Oficial da União*.

Brasil. (2009b). Conselho Nacional do Meio Ambiente – CONAMA. Resolução CONAMA nº 406, de 02 de fevereiro de 2009. Estabelece parâmetros técnicos a serem adotados na elaboração, apresentação, avaliação técnica e execução de Plano de Manejo Florestal Sustentável – PMFS com fins madeireiros, para florestas nativas e suas formas de sucessão no bioma Amazônia. *Diário Oficial da União*.

Brasil. (2011). Lei complementar nº 140, de 8 de dezembro de 2011. Estabelece normas para a cooperação entre a União, os Estados, o Distrito Federal e os Municípios nas ações administrativas decorrentes do exercício da competência comum relativas à proteção das paisagens naturais notáveis, à proteção do meio ambiente, ao combate à poluição em qualquer de suas formas e à preservação das florestas, da fauna e da flora. *Diário Oficial da União*. https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/lcp/lcp140.htm

Brasil. (2012). Lei nº 12.651 de 25 de maio de 2012. Dispõe sobre a proteção da vegetação nativa; altera as Leis nos 6.938, de 31 de agosto de 1981, 9.393, de 19 de dezembro de 1996, e 11.428, de 22 de dezembro de 2006; revoga as Leis nos 4.771, de 15 de setembro de 1965, e 7.754, de 14 de abril de 1989, e a Medida Provisória no 2.166-67, de 24 de agosto de 2001; e dá outras providências. *Diário Oficial da União*. <https://pesquisa.in.gov.br/imprensa/jsp/visualiza/index.jsp?data=28/05/2012&jornal=1&pagina=1&totalArquivos=168>

Brasil. (2014). Portaria MMA nº 443, de 17 de dezembro de 2014. *Reconhece como espécies da flora brasileira ameaçadas de extinção aquelas constantes da “Lista Nacional Oficial de Espécies da Flora Ameaçadas de Extinção”*. http://cncflora.jbrj.gov.br/portal/static/pdf/portaria_mma_443_2014.pdf

Brasil. (2020). Conselho Nacional do Meio Ambiente – CONAMA. Resolução nº 497, de 19 de agosto de 2020. Dispõe sobre procedimentos para inspeção de indústrias consumidoras ou transformadoras de produtos florestais madeireiros brutos e processados de origem nativa, bem como os respectivos padrões de nomenclatura e coeficientes de rendimento volumétricos, inclusive carvão vegetal e resíduos de serraria. *Diário Oficial da União*. <https://pesquisa.in.gov.br/imprensa/jsp/visualiza/index.jsp?data=20/08/2020&jornal=515&pagina=91&totalArquivos=137>

Brasil. (2022). Instrução Normativa nº 16, de 25 de novembro de 2022. Dispõe sobre o sistema do Documento de Origem Florestal Rastreabilidade (DOF+), como ferramenta de emissão, gestão e monitoramento das licenças obrigatórias para transporte e armazenamento de produtos florestais de espécies nativas do Brasil. *Diário Oficial da União*. <https://pesquisa.in.gov.br/imprensa/jsp/visualiza/index.jsp?data=05/12/2022&jornal=515&pagina=77&totalArquivos=141>

Conselho Estadual de Meio Ambiente do Amazonas – CEMAAM. (2022). Resolução/CEMAAM N. 36 de 19 de janeiro de 2022. Estabelece os procedimentos administrativos e a apresentação dos documentos fundiários para a concessão da Autorização Prévia à Análise Técnica de Plano de Manejo Florestal Sustentável – APAT no Estado do Amazonas. *Diário Oficial do Amazonas*. <https://www.sema.am.gov.br/wp-content/uploads/2024/03/35.-RESOLUCAO-N%C2%B0-35-ALTERA-A-RESOLUCAO-N%C2%B0-30-DE-2018-PMFS.pdf>

Convention on International Trade in Endangered Species – Cites. (2017). *Resolution Conf. 16.7 (Rev. CoP17) – Non-detriment findings*. <https://cites.org/sites/default/files/documents/COP/19/resolution/E-Res-16-07-R17.pdf>

DeArmond, D., Emmert, F., Pinto, A.C., Lima, A.J., & Higuchi, N. (2023). A systematic review of logging impacts in the Amazon biome. *Forests*, 14(1), 81. <https://doi.org/10.3390/f14010081>

Fearnside, P.M. (2002). Soybean cultivation as a threat to the environment in Brazil. *Environmental conservation*, 28(1), 23-38. <https://doi.org/10.1017/S0376892901000030>

Ferreira, J., Aragão, L.E., Barlow, J., Barreto, P., Berenguer, E., Bustamante, M., ... & Zuanon, J. (2014). Brazil's environmental leadership at risk. *Science*, 346(6210), 706-707. <https://doi.org/10.1126/science.1260194>

Flores, W.M., França, I., Santos, G.G.A.D., Miranda, I.D.S., Moraes, E.F.S., Sánchez, G.H., ... & Hernández-Ruz, E.J. (2023). *Diameter Growth of a Forest under Reduced-Impact Logging in the Eastern Region of the Brazilian Amazon*. *Land*, 12(3), 704. <https://doi.org/10.3390/land12030704>

Fonseca Júnior, S.F., Piedade, M.T.F., & Schöngart, J. (2009). Wood growth of *Tabebuia barbata* (E. Mey.) Sandwith (Bignoniaceae) and *Vatairea guianensis* Aubl. (Fabaceae) in Central Amazonian black-water (igapó) and white-water (várzea) floodplain forests. *Trees*, 23(1), 127-134. <https://doi.org/10.1007/s00468-008-0261-4>

Gonçalves-Souza, D., Vilela, B., Phalan, B., & Dobrovolski, R. (2021). The role of protected areas in maintaining natural vegetation in Brazil. *Science Advances*, 7.

Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e Recursos Naturais Renováveis – Ibama. (2006). Norma de execução nº1, de 18 de dezembro de 2006. Instituir, a metodologia e o respectivo modelo de relatório de vistoria com a finalidade de subsidiar a análise dos Planos de Manejo Florestal Sustentável – PMFS. *Diário Oficial da União*. <https://pesquisa.in.gov.br/imprensa/jsp/visualiza/index.jsp?data=20/12/2006&jornal=1&pagina=142&totalArquivos=160>

Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e Recursos Naturais Renováveis – Ibama. (2007a). Norma de Execução Ibama nº 1, de 24 de abril de 2007. Institui, no âmbito do Ibama, as Diretrizes Técnicas para Elaboração dos PMFS. <http://www.ibama.gov.br/sophia/cnia/legislacao/IBAMA/NE0001-240407.PDF>

Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e Recursos Naturais Renováveis – Ibama. (2007b). Norma de Execução Ibama nº 2, de 26 de abril de 2007. Institui, no âmbito do Ibama, o Manual Simplificado para Análise de Plano de Manejo Florestal Madeireiro na Amazônia com a finalidade de subsidiar a análise dos Planos de Manejo Florestal Sustentável. *Diário Oficial da União*. <https://pesquisa.in.gov.br/imprensa/jsp/visualiza/index.jsp?data=27/04/2007&jornal=1&pagina=74&totalArquivos=108>

Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e Recursos Naturais Renováveis – Ibama. (2014). Instrução Normativa nº 21, de 24 de dezembro de 2014. Institui o Sistema Nacional de Controle da Origem dos Produtos Florestais (Sinaflor) e dá outras providências. *Diário Oficial da União*.

Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e Recursos Naturais Renováveis – Ibama. (2015). Instrução Normativa Ibama nº 9, de 08 de maio de 2015. Estabelece os procedimentos para autorizar o aproveitamento de matéria-prima florestal. *Diário Oficial da União*. <http://www.ibama.gov.br/sophia/cnia/legislacao/IBAMA/IN0009-08052015.pdf>

Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade – ICMBio (2022). Instrução Normativa nº 5, de 14 de abril de 2022. Regula, no âmbito do Instituto Chico Mendes, as diretrizes e os procedimentos administrativos e técnicos para a aprovação do Plano de Manejo Florestal Sustentável (PMFS) comunitário para exploração de recursos madeireiros no interior de Reserva Extrativista, Reserva de Desenvolvimento Sustentável e Floresta Nacional. *Diário Oficial da União*.

Laurance, W.F., & Useche, D.C. (2009). Environmental synergisms and extinctions of tropical species. *Conservation biology*, 23(6), 1427-1437. <https://doi.org/10.1111/j.1523-1739.2009.01336.x>

Mato Grosso. (2005). Lei Complementar nº 233, de 21 de dezembro de 2005. Dispõe sobre a Política Florestal do Estado de Mato Grosso e dá outras providências. *Diário Oficial do Estado do Mato Grosso*. <https://www.iomat.mt.gov.br/portal/visualizacoes/pdf/13910/#/p:8/e:13910>

Mato Grosso. (2020). Decreto Estadual nº 697, de 03 de novembro de 2020. Regulamenta o procedimento de licenciamento ambiental no âmbito da Secretaria de Estado de Meio Ambiente – SEMA, e dá outras providências. *Diário Oficial do Estado do Mato Grosso*. <https://www.iomat.mt.gov.br/portal/visualizacoes/pdf/16084/#/p:2/e:16084>

Mato Grosso. (2022). Decreto Nº 1.313 DE 11/03/2022. Regulamenta a Gestão Florestal do Estado de Mato Grosso, e dá outras providências. *Diário Oficial do Estado do Mato Grosso*. <https://app1.sefaz.mt.gov.br/Sistema/legislacao/legislacaotribut.nsf/07fa81bed2760c6b84256710004d3940/7158f0b42702d45c-04258805004f23dc?OpenDocument>

Mato Grosso. (2024). Decreto Nº 937 DE 01/07/2024. Disciplina a utilização, o preenchimento e a emissão da Guia Florestal (GF) para o transporte de produtos e/ou subprodutos de origem florestal do Estado de Mato Grosso, e dá outras providências. *Diário Oficial do Estado do Mato Grosso*. <https://www.iomat.mt.gov.br/portal/visualizacoes/pdf/17970/#/p:1/e:17970>

Ministério do Meio Ambiente – MMA. (2002). Instrução normativa nº 4, de 4 de março de 2002. Dispõe sobre os procedimentos relativos às atividades de Manejo Florestal Sustentável de Uso Múltiplo na Amazônia Legal. *Diário Oficial da União*. <https://pesquisa.in.gov.br/imprensa/jsp/visualiza/index.jsp?data=07/03/2002&jornal=1&pagina=75&totalArquivos=136>

Ministério do Meio Ambiente – MMA. (2006a). Instrução Normativa MMA nº 4 de 11/12/2006. Dispõe sobre a Autorização Prévia à Análise Técnica de Plano de Manejo Florestal Sustentável – APAT, e dá outras providências. *Diário Oficial da União*. <https://pesquisa.in.gov.br/imprensa/jsp/visualiza/index.jsp?data=13/12/2006&jornal=1&pagina=154&totalArquivos=232>

Ministério do Meio Ambiente – MMA. (2006b). Instrução Normativa MMA nº 5 de 11/12/2006. Dispõe sobre procedimentos técnicos para elaboração, apresentação, execução e avaliação técnica de Planos de Manejo Florestal Sustentável – PMFSs nas florestas primitivas e suas formas de sucessão na Amazônia Legal, e dá outras providências. *Diário Oficial da União*. <https://pesquisa.in.gov.br/imprensa/jsp/visualiza/index.jsp?data=13/12/2006&jornal=1&pagina=155&totalArquivos=232>

Ministério do Meio Ambiente – MMA. (2015). Instrução Normativa MMA nº 1, de 12 de fevereiro de 2015. Dispõe sobre a aprovação de Planos de Manejo Florestal Sustentável – PMFS e seus respectivos Planos Operacionais Anuais – POA. *Diário Oficial da União*. <https://pesquisa.in.gov.br/imprensa/jsp/visualiza/index.jsp?data=13/02/2015&jornal=1&pagina=67&totalArquivos=304>

Pará. (2011). Instrução normativa nº 05, de 19 de maio de 2011. Dispõe sobre os procedimentos técnicos para elaboração, apresentação, execução e avaliação técnica de Planos de Manejo Florestal Sustentável – PMFSs nas florestas primitivas e suas formas de sucessão na Amazônia Legal. *Diário Oficial do Estado do Pará*. <https://www.ioepa.com.br/pages/2011/2011.05.23.DOE.pdf>

Pará. (2015). Instrução normativa nº 05, de 10 de setembro de 2015. Dispõe sobre procedimentos técnicos para elaboração, apresentação, execução e avaliação técnica de Plano de Manejo Florestal Sustentável – PMFS nas florestas nativas exploradas ou não e suas formas de sucessão no Estado do Pará, e dá outras providências. *Diário Oficial do Estado do Pará*. <https://www.ioepa.com.br/pages/2015/2015.09.11.DOE.pdf>

Pará. (2022). Decreto nº 2.596, de 31 de agosto de 2022. Regulamenta o cadastro de atividade florestal, o Sistema Estadual de Gestão de Informações Ambientais e a licença para transporte de produtos e subprodutos de origem florestal no Estado do Pará. *Diário Oficial do Estado do Pará*. <https://www.ioepa.com.br/pages/2022/2022.08.31.DOE.pdf>

Patriota, A.D. (2008). An Introduction to Brazilian Environmental Law. *The George Washington International Law Review*, 40, 611.

Putz, F.E., Blate, G.M., Redford, K.H., Fimbel, R., & Robinson, J. (2001). Tropical forest management and conservation of biodiversity: an overview. *Conservation Biology*, 15(1), 7-20. <https://www.jstor.org/stable/2641641>

Roraima. (2015). Lei nº 986, de 22 de janeiro de 2015. Dispõe sobre procedimentos técnicos para elaboração, apresentação, execução e avaliação técnica de Plano de Manejo Florestal Sustentável – PMFS nas florestas nativas e formações sucessionárias no Estado de Roraima, e dá outras providências. *Diário Oficial do Estado de Roraima*. https://www.imprensaoficial.rr.gov.br/app/_visualizar-doe/

Roraima. (2018). Decreto nº 23.481, de 28 de dezembro de 2018. *Dispõe sobre procedimentos técnicos para elaboração, apresentação, execução e avaliação técnica de Planos de Manejo Florestal Sustentável nas florestas primitivas e suas formas de sucessão no Estado de Rondônia e dá outras providências*. <http://ditel.casacivil.ro.gov.br/COTEL/Livros/Files/D23481.pdf>

Roraima. (2022). Resolução CEMA nº 3 de 25 de novembro de 2022. Dispõe sobre os procedimentos para o registro da Reserva Legal de propriedades e posses rurais do Estado de Roraima na Fundação Estadual do Meio Ambiente e Recursos Hídricos – FEMARH. *Diário Oficial do Estado de Roraima*.

Rosa, I.M., Souza Jr, C., & Ewers, R.M. (2012). Changes in size of deforested patches in the Brazilian Amazon. *Conservation biology*, 26(5), 932-937. <https://doi.org/10.1111/j.1523-1739.2012.01901.x>

Rosa, S.A., Barbosa, A.C.M.C., Junk, W.J., Da Cunha, C.N., Piedade, M.T.F., Scabin, A.B., ... & Schöngart, J. (2017). Growth models based on tree-ring data for the Neotropical tree species *Calophyllum brasiliense* across different Brazilian wetlands: implications for conservation and management. *Trees*, 31, 729-742. <https://doi.org/10.1007/s00468-016-1503-5>

Secretaria de Estado de Meio Ambiente – SEMA. (2020). *Portaria SEMA nº 082, de 16 de setembro de 2020*. Estabelece diretrizes voltadas à tramitação processual para emissão de Autorização Prévia à Análise Técnica de Plano de Manejo Florestal Sustentável (APAT) e para homologação de Plano de Manejo Florestal Sustentável (PMFS) e respectivo Plano Operacional Anual (POA). <https://sigdoC.ap.gov.br/public/arquivo/ec04c9c9-d92d-432c-ae9b-a71c668eaf23>

Serviço Florestal Brasileiro – SFB. (2022). *Sistema Nacional de Informações Florestais – SNIF*. Brasília, 2019. <http://snif.florestal.gov.br/pt-br/>

Vargas, D.L. (2021). “Na contramão da sustentabilidade”: a pauta da governança ambiental no Brasil. *COLÓQUIO - Revista do Desenvolvimento Regional*



CAPÍTULO 5

PRODUCCIÓN, COMERCIO E INSPECCIÓN
DE PRODUCTOS MADEREROS

Caroline S.S. França¹, Vinícius B. Costa², Gustavo Bediaga de Oliveira³, Allan Jordani^{4,5}, Manolo Quintilhan⁵, Yanka Alves⁵, Claudia Mello⁶, José Pedro Zuffo Janducci⁷, Alexandra Alves⁸, Dalton Cardoso⁸, Camila Damasceno⁸, Paulo Amaral⁹, y Grupo de Trabajo Ordenanza de Personal n. 701, de 15 de abril de 2024¹⁰

RESUMEN

El Brasil sigue siendo uno de los mayores productores y exportadores de maderas tropicales del mundo, y la producción de especies autóctonas a partir de la ordenación forestal es una estrategia importante para diversificar la bioeconomía y mantener el bosque en pie. Sin embargo, persiste el desafío nacional de equilibrar el uso sostenible de los recursos forestales y la tala depredadora e ilegal. Este capítulo presenta estadísticas sobre la producción y el comercio de madera relevantes para comprender la presión que ejercen sobre *Cedrela odorata* y *Cedrela fissilis* en Brasil. Las estimaciones sobre el mercado legal, así como la participación ilegal en la producción, se contextualizan en relevancia, incluyendo los parámetros de los riesgos predominantes derivados de la inspección, y un estudio de caso para la especie en el contexto de Pará. El capítulo se basa principalmente en estudios y metodologías que utilizan datos de los sistemas oficiales de concesión de permisos y control del origen y el transporte de productos forestales a nivel estatal y nacional. Las especies *Cedrela odorata* y *Cedrela fissilis* tienen una producción limitada con relación a la producción nacional, lo que está en línea con su abundancia más restringida y patrones históricos de alta extracción. Además, las especies tampoco tienen una alta representación en los planes de manejo evaluados. Sin embargo, las estimaciones sobre riesgos de ilegalidad analizadas en un estudio de caso de Pará sugieren que el 62% del volumen comercializado presentó algún riesgo de ilegalidad con relación a los

1 Departamento de Espacio, Tierra y Medio Ambiente, Universidad Tecnológica Chalmers - CTH

2 Superintendencia en el Estado de Paraná, Instituto Brasileño del Medio Ambiente y de los Recursos Naturales Renovables - SUPES/PR/Ibama

3 Coordinación de Gestión del Uso Sostenible de la Flora, Instituto Brasileño del Medio Ambiente y de los Recursos Naturales Renovables - Cousf/Ibama

4 Autoridad Científica CITES, Instituto Brasileño del Medio Ambiente y de los Recursos Naturales Renovables - Ibama

5 Coordinación General de Gestión y Monitoreo del Uso de la Flora, Instituto Brasileño del Medio Ambiente y de los Recursos Naturales Renovables - CGFlo/Ibama

6 Coordinación de Comercio Exterior, Instituto Brasileño del Medio Ambiente y de los Recursos Naturales Renovables - Comex/Ibama

7 Dirección de Protección del Medio Ambiente, Instituto Brasileño del Medio Ambiente y de los Recursos Naturales Renovables - DIPRO/Ibama

8 Centro de Geotecnología, Instituto del Hombre y del Medio Ambiente de la Amazonía - Imazon

9 Programa de Restauración del Paisaje, Instituto del Hombre y del Medio Ambiente de la Amazonía - Imazon

10 Ordenanza de Personal n. 701, del 15 de abril de 2024

tres parámetros evaluados (situación de autorización inválida, sobreestimación del volumen comercial de la especie, discrepancias entre consumo y producción). Aunque parciales, los resultados indican que una parte sustancial de la producción está comprometida por riesgos asociados a la ilegalidad y falta de trazabilidad, lo que requiere un mayor rigor en el análisis de la información para la determinación del origen por parte de gestores y consumidores.

Palabras clave: manejo forestal sostenible, riesgos de ilegalidad, cadena productiva de madera nativa.

CONTEXTO

Brasil sigue siendo uno de los mayores productores y exportadores de maderas tropicales del mundo (IITO, 2023) y la región amazónica, a su vez, es el origen predominante de la producción de trozas a partir de especies nativas (Ibama, 2019; 2024). En un escenario de reducción continua de las reservas forestales mundiales (FAO, 2020; FDAP, 2024) y la creciente demanda de productos madereros (Peng *et al.*, 2023), especialmente debido a su uso en el reemplazo de productos fósiles en los esfuerzos por mitigar el cambio climático (Heeren y Hellweg, 2019), la producción nacional de madera tiene un enorme potencial y responsabilidad.

El equilibrio entre el uso sostenible de los recursos forestales y su sobreexplotación son desafíos persistentes en las fronteras forestales brasileñas (Richardson *et al.*, 2016; Matricardi *et al.*, 2020; Rajão *et al.*, 2020; Lapola *et al.*, 2023). Si bien el desafío persiste, existe un amplio consenso en que la producción de madera a través del Manejo Forestal Sostenible es una herramienta fundamental en la diversificación de la bioeconomía local y un instrumento estratégico para la implementación de políticas públicas ambientales, gobernanza territorial y mitigación del cambio climático (Azevedo-Ramos *et al.*, 2015; Vidal *et al.*, 2020; Moutinho y Azevedo-Ramos, 2023). El Plan de Acción para la Prevención y Control de la Deforestación en la Amazonía Legal – PPCDAm, por ejemplo, establece el objetivo de lograr un aumento en la producción de productos madereros a través del Manejo Forestal Sostenible y las Concesiones Forestales que se medirán, entre otros indicadores, por el área (ha) bajo concesión forestal, la cantidad de productos forestales maderables comercializados y el valor de la producción (R\$) (Brasil, 2023).

Brasil es pionero en la implementación de sistemas que buscan controlar el origen y el transporte de los productos de origen en los bosques nativos (Brasil, 1992; 2006; 2014), así como en el marco jurídico para la determinación de parámetros para la extracción forestal (Brasil, 1986; Drummond y Barros-Platiau,

2006). Sin embargo, el impacto acumulativo de la extracción depredadora y en contravención de las normas (Valdiones *et al.*, 2021; Simex, 2024) contribuyen a hacer inviable la producción sostenible (Lima *et al.*, 2018; Sccoti *et al.*, 2023), lo que lleva a las especies a una mayor vulnerabilidad (Schulze *et al.*, 2008; Brancalion *et al.*, 2018) y la creación de un ambiente de conflicto y violencia contra las comunidades que dependen de los recursos forestales (Celentano *et al.*, 2018).

Las especies de *Cedrela* spp. (*Cedrela odorata* y *Cedrela fissilis*) tienen una larga tradición en su uso en la producción de madera. Como ya se destacó cuando el género se incluyó en el Apéndice II CITES (CITES, 2019), el cedro se explota históricamente en las Américas. Además, *Cedrela odorata* se comercializa a nivel mundial, con producción en el sudeste asiático y logrando un importante valor comercial en plantaciones exóticas en países de África Occidental y Oriental (Van der Meersch *et al.*, 2021; Kilawe *et al.*, 2023). Así, a pesar de la tendencia general a la disminución de la comercialización de la especie (Cites, 2019), aún tiene un mercado global de relevancia. El hecho de que la especie se produzca en plantaciones también plantea interrogantes sobre la posibilidad de diferenciación de origen por parte del consumidor, lo que subsidia la necesidad de prestar mayor atención a la trazabilidad de los orígenes de producción y los riesgos asociados.

La información presentada en las siguientes sesiones se basa en la síntesis de análisis y aplicación de metodologías presentadas en estudios técnico-científicos recientes. Dichos estudios utilizan principalmente los sistemas oficiales estatales y nacionales de concesión de permisos y control del origen y el transporte de productos madereros de origen nativo. Así, representan la práctica de implementación y uso de sistemas de control por parte de diversos actores de la cadena de custodia de la madera, así como su evolución a lo largo del tiempo. En este contexto, es relevante destacar que no es raro que especies destacadas dentro del género, como *Cedrela odorata*, sean declaradas erróneamente en los sistemas de control, en detrimento de otras especies del género, de más limitada ocurrencia o menor atractivo comercial. Dichos factores deben orientar las expectativas sobre las limitaciones de los estudios, es decir, los datos aquí utilizados representan la simplificación de la realidad de la biodiversidad, sin embargo, también traducen en la práctica el marco jurídico y la realidad de implementación de los sistemas.

Las próximas sesiones se dividen en cuatro partes. Estos objetivos tienen como objetivo dilucidar las tendencias de la producción y el comercio legal, así como subsidiar la evaluación de la posible fracción ilegal de la producción de *Cedrela odorata* y *Cedrela fissilis*. En primer lugar, se presentan las tendencias generales de la producción y el consumo nacional con base en el Ibama (2019; 2024). A continuación, se contextualiza la relevancia de la extracción ilegal a par-

tir de los análisis de la Red Simex (Valdiones *et al.*, 2021; Simex, 2024). A continuación, se profundiza en la comprensión de los riesgos de Irregularidades a partir de la caracterización de las complicaciones técnico-legales predominantes en los Planes de Manejo Forestal basados en Costa *et al.* (2024). La última parte del capítulo está dedicada a la evaluación y cuantificación más específica de los riesgos potenciales de ilegalidad para *Cedrela* spp. a partir de un estudio de caso para Pará en adaptación del enfoque de Franca *et al.* (2023). Las consideraciones finales aportan los aspectos más destacados planteados a lo largo de las sesiones. Para detalles metodológicos no contemplados en el Capítulo, se sugiere consultar las publicaciones asociadas a los análisis y adaptaciones presentados.

1. TENDENCIAS GENERALES DE PRODUCCIÓN Y CONSUMO

1.1. Producción

De acuerdo con datos de los sistemas federal y estatal de control de origen y transporte de productos forestales, Sistema DOF (Sinaflor) y Sisflora-PA y Sisflora-MT, respectivamente, la producción anual de madera de especies nativas oscila actualmente entre 7-11 Mm³ en trozas por año (Figura 1), en el periodo comprendido entre 2012-2020 (Ibama, 2019; Ibama, 2024). En general, la tendencia actual de la producción nacional representa un declive en relación a fines de la década de 1990, cuando las estimaciones sugieren que la producción alcanzó los 28 millones de metros cúbicos (Lentini *et al.*, 2003; Valdiones *et al.*, 2021). Sin embargo, la reducción de las tasas de deforestación en comparación con el período y la reducción asociada de la oferta (INPE, 2024), el agotamiento de los recursos madereros en las antiguas fronteras de extracción (Richardson y Peres, 2016) y la sustitución por nuevos materiales (Lentini *et al.*, 2021; 2023) son factores que contribuyeron a la tendencia general de disminución.

Producción de Madera Anual – 2012 a 2020 Grupos de Especies

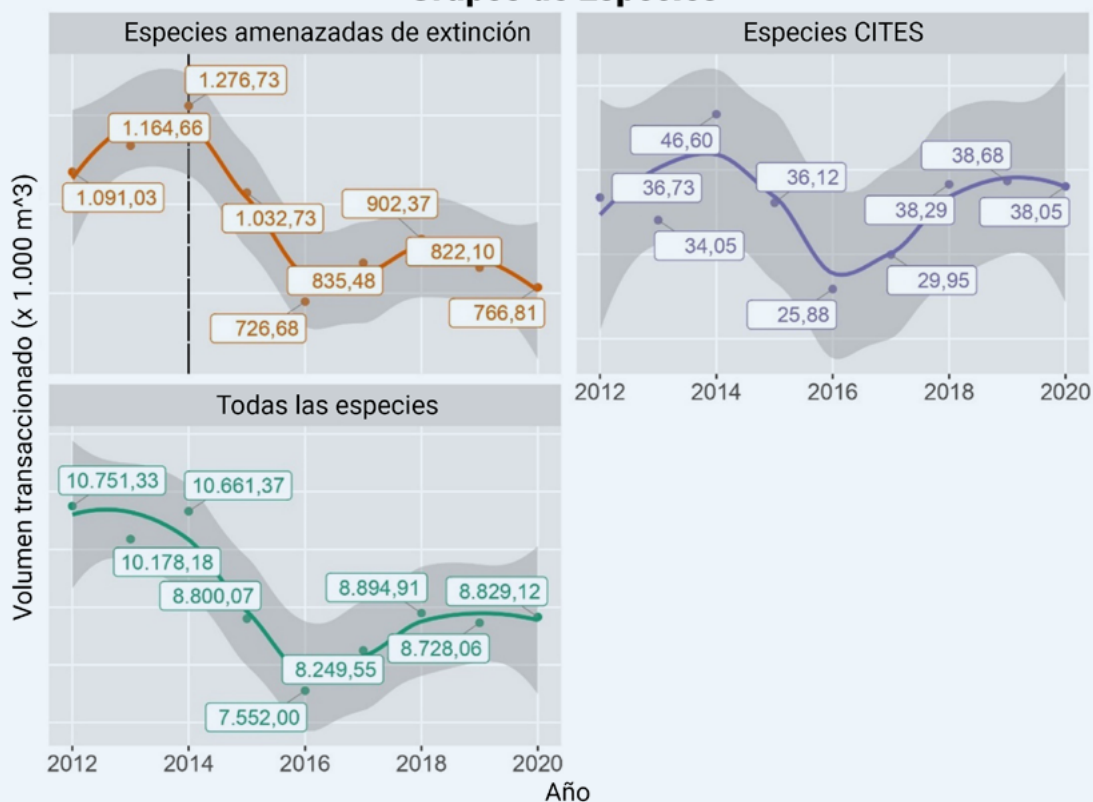


Figura 1. Producción anual de madera en el periodo de 2012 a 2020 (m³ x 1.000), según los diferentes grupos de especies analizadas. Todas las especies: conjunto de todas las especies manejadas en el Sistema DOF, en Sisflora Mato Grosso y en Sisflora Pará. Especies en peligro de extinción: conjunto de especies incluidas en la Lista Nacional Oficial de Especies Amenazadas de Flora. Especie CITES: conjunto de especies listadas en cualquiera de los Apéndices de la Convención CITES. La línea vertical punteada indica la publicación, el 18 de diciembre de 2014, de la Ordenanza MMA n. 443, de 17 de diciembre de 2014, que estableció la antigua Lista Nacional Oficial de Especies Amenazadas de Flora. Fuente: Ibama (2024).



Figura 2. Producción maderera acumulada de 2012 a 2020 (m³ x 1.000) de las 25 especies con mayor producción de madera en el período. Fuente: Ibama (2024).

La producción acumulada de trozas para todas las especies en el período fue de aproximadamente 82 millones de metros cúbicos (Ibama, 2024). Veinticinco especies con la mayor producción de madera (Figura 2) representaron el 60% de la producción total, y la proporción relativa de especies en peligro de extinción (Ordenanza MMA n. 443, 2014) (Brasil, 2014a) y especies CITES (excluyendo géneros aún no incluidos para 2020) representaron alrededor del 10% y el 0,4% de la producción total, respectivamente.

Mato Grosso (39%), Pará (27%) y Rondônia (17%) son los mayores Estados productores, con un total aproximado del 83% de la producción nacional en el período (2012-2020) (Ibama, 2024). Otros Estados de la Amazonía contribuyen al predominio de la región, que totaliza aproximadamente el 96% de la producción nacional de trozas de especies nativas, con contribuciones de los Estados de Amazonas (7%), Roraima (2,6%), Acre (2%) y Amapá (1,1%). El Manejo Forestal Sostenible es la forma predominante de producción, representando el 87% del volumen, mientras que aproximadamente el 9% del volumen proviene de la Supresión de la Vegetación y solo el 4% de las plantaciones forestales, aunque la interpretación requiere atención ya que algunas de estas especies se cultivan en plantaciones. Por ejemplo, el 94% de la producción de *Araucaria angustifolia* proviene de plantaciones forestales según datos ingresados a los sistemas (Ibama, 2024).

1.2. Consumo

Los productos del sistema de producción abastecen en su mayor parte el mercado interno, y sólo el 12,8% de los productos madereros consumidos se exportan. Los polos de consumo del sureste y del sur predominan en la demanda interna, destacándose São Paulo con la mayor participación del consumo (32,6%). En este contexto, es importante destacar que los productos terminados, es decir, aquellos que no requieren etapas de producción adicionales, están exentos de trazabilidad (Brasil, 2014, Artículo 49), lo que limita la comprensión del consumo final real a través de los sistemas de trazabilidad existentes. Además, los datos recolectados a través del módulo de destino final en el Sistema DOF (Ibama, 2024a), es decir, el módulo que indica el uso o transformación final realizada que representa la salida del producto forestal del flujo de control del sistema, no están disponibles de manera sistemática. Sólo a través de encuestas individuales de las empresas se puede verificar la situación y la categoría utilizada para la asignación final del crédito. Estas brechas en la trazabilidad y la disponibilidad de datos pueden llevar a un sesgo en la comprensión del uso de la madera incorporada en los productos, dado el predominio de las categorías de madera aserrada (Figura 3), cuando se documentan otros y diversos usos para las diferentes especies.

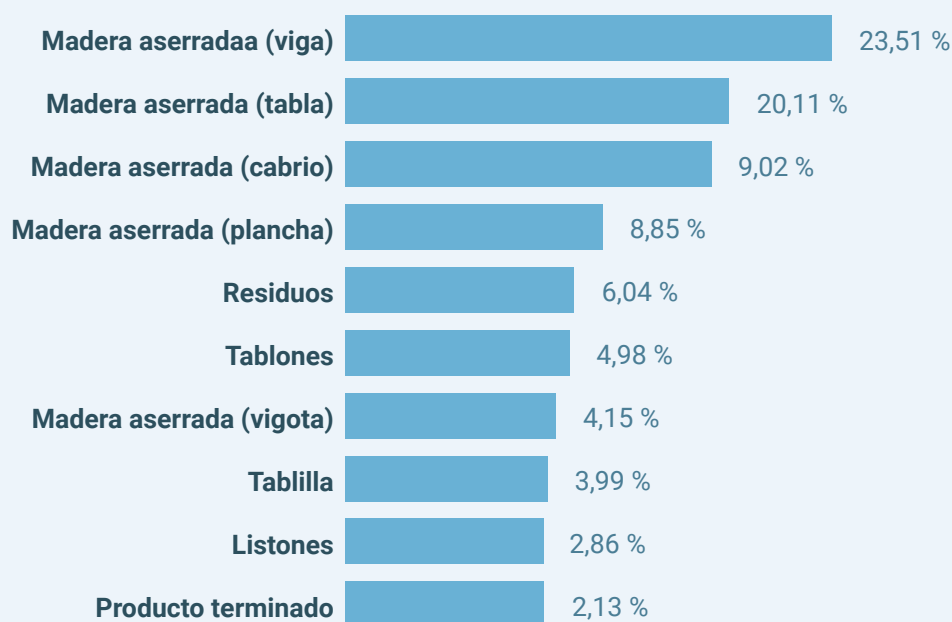


Figura 3. Tipos de productos madereros consumidos en el periodo de 2012 a 2020 (volumen relativo). Fuente: Ibama (2024).

Los Estados Unidos de América (26,2%) y los países de la Unión Europea (Países Bajos, con 8,85%, Francia, con 8,71%, Bélgica, con 6,91% y Portugal, con 4,87%), a su vez, constituyen los mayores mercados internacionales de consumo de productos madereros entre 2012-2020. Además de estos, China (7,21%), Suiza (4,86%), República Dominicana (3,61%) y Reino Unido (3,33%) también consumieron productos madereros. Si bien los valores presentados no fueron ajustados por inflación, en contraste con la oscilación observada en el volumen de producción, existe una tendencia relativamente constante de aumento en el valor promedio de los productos madereros consumidos para todas las especies (Figura 4).

Promedio de valor de los Productos Madereros consumidos Grupos de especies - 2012 a 2020

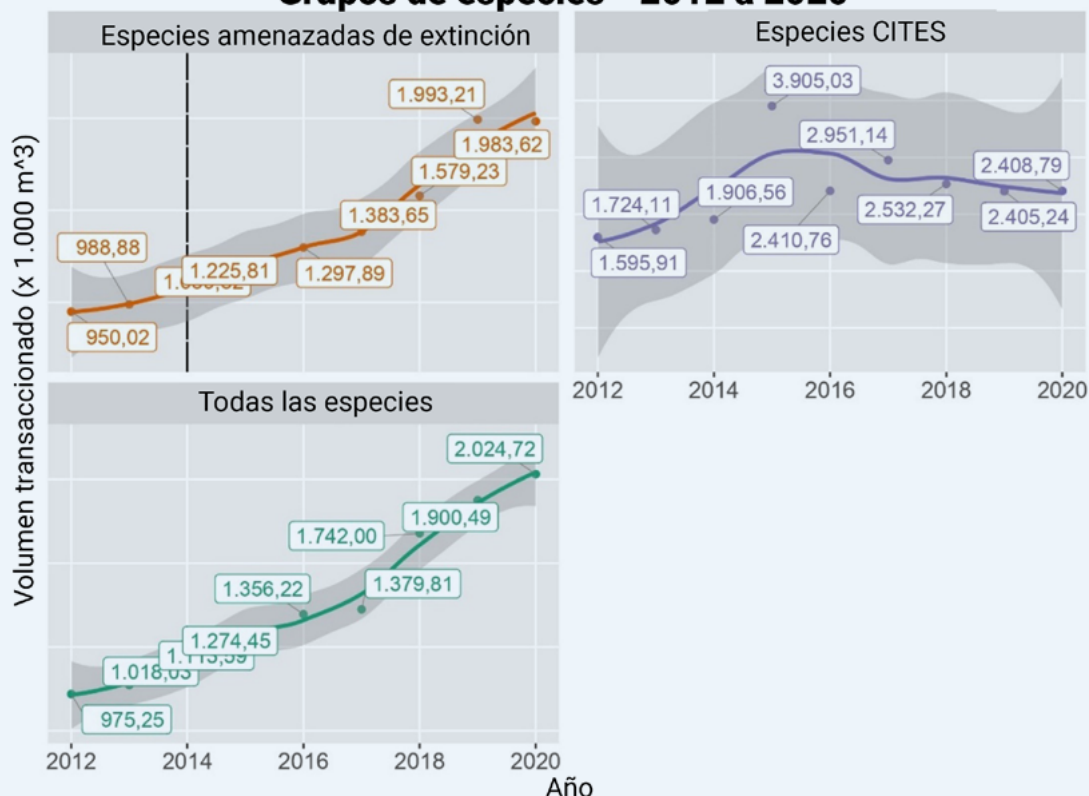


Figura 4. Valor promedio de los productos madereros consumidos en el período de 2012 a 2020 (R\$/m³, inflación no ajustada), según los diferentes grupos de especies analizados en el estudio del Ibama (2024). Todas las especies: conjunto de todas las especies movidas en el Sistema DOF, en Sisflora Mato Grosso y en Sisflora Pará; Especies en peligro de extinción: conjunto de especies incluidas en la Lista Nacional Oficial de Especies Amenazadas de Flora; Especie CITES: conjunto de especies listadas en cualquiera de los Apéndices de la Convención CITES. La línea vertical punteada indica la publicación, el 18 de diciembre de 2014, de la Ordenanza MMA n. 443, de 17 de diciembre de 2014, que estableció la antigua Lista Nacional Oficial de Especies Amenazadas de Flora. Fuente: Ibama (2024).

2. RELEVANCIA DE LA PRODUCCIÓN Y EL COMERCIO ILEGALES

Dada la evidencia de la continua extracción y comercio ilegal de productos madereros de especies nativas, las estadísticas de producción total derivadas de los sistemas de control representan una subestimación de la producción total real. Por lo tanto, es esencial comprender las dos caras, legal e ilegal, de la producción. Estudios del Sistema de Monitoreo de Extracción Forestal (Simex) estiman que el área talada no autorizada entre 2007-2019 fue de 44%-68% considerando

análisis en profundidad para los Estados de Mato Grosso y Pará, respectivamente (Valdiones *et al.*, 2021). Los análisis recientemente ampliados a todos los Estados de la Amazonía muestran que si bien 2020-2022 muestra una tendencia general a la baja (Valdiones *et al.*, 2021; Simex, 2023), actualmente el 35% de la superficie de tala se sigue realizando sin la debida autorización (Figura 5) (Simex, 2024).

El último análisis también pone de relieve la necesidad de prestar atención a las características dinámicas de las nuevas fronteras de la exploración de madera y, en particular, de la extracción ilegal. Amazonas fue el tercer Estado con mayor producción en 2022-2023, sin embargo, solo se autorizó el 23% del área explotada, observándose una presión desproporcionada en la región sur del Estado, parte integral de la Zona de Desarrollo Sostenible de los Estados de Amazonas, Acre y Rondônia – AMACRO y la frontera actual de deforestación (Chaves *et al.*, 2024).

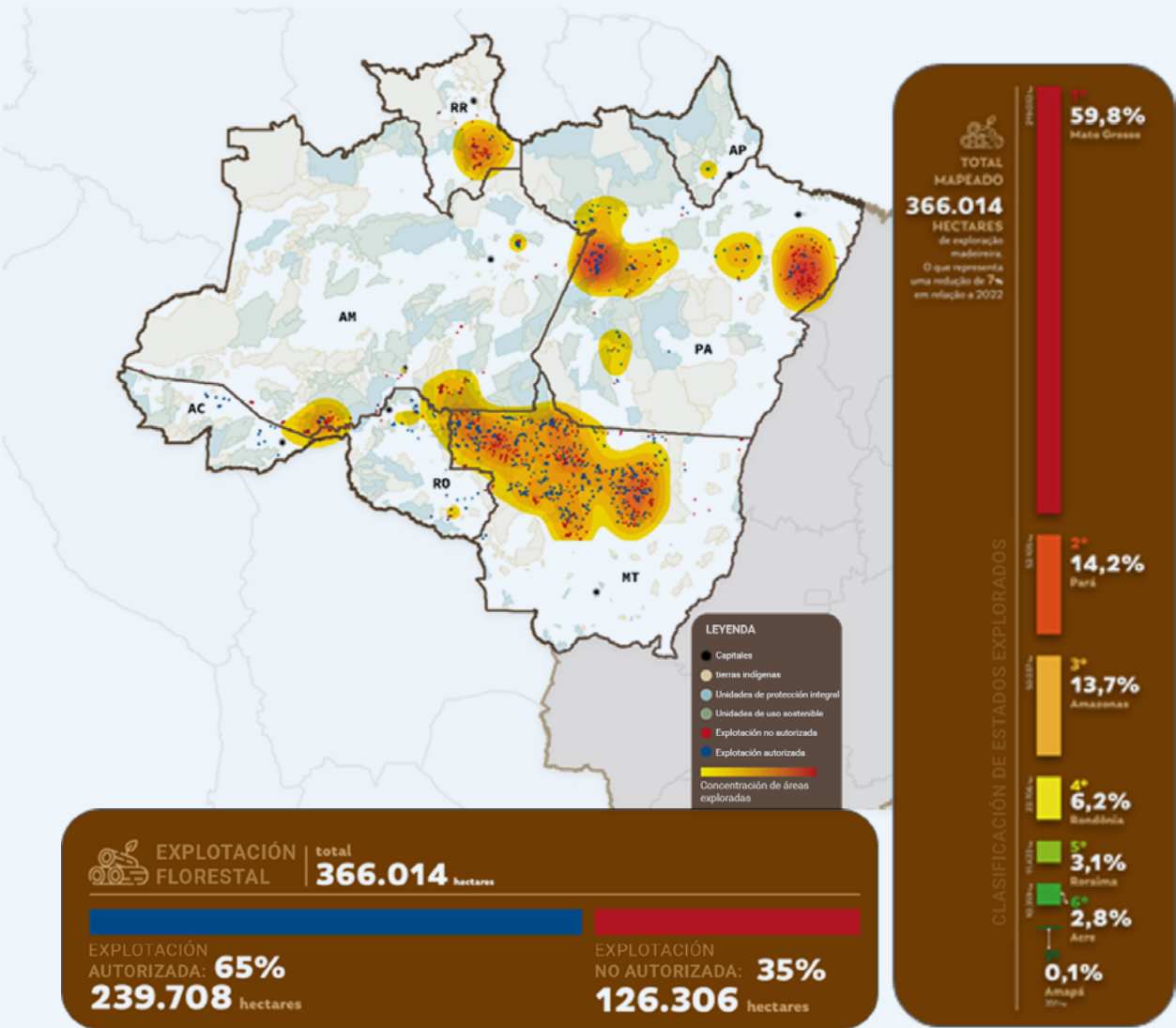


Figura 5. Mapeo de registro en la Amazonía de agosto de 2022 a julio de 2023. Fuente: Simex (2024).

Tanto la extracción como el comercio ilegal ejercen presiones sobre los recursos forestales que son diferenciadas y específicas de acuerdo con cada especie y región geográfica de ocurrencia. Para evaluar estas presiones sobre *Cedrela odorata* en la Amazonía Legal Brasileña, se realizó un análisis para estimar la cantidad de área de tala autorizada, no autorizada o indefinida entre los años 2020 y 2023, considerando la superposición entre la probabilidad máxima de ocurrencia de la especie (Capítulo 2) y los datos del Simex. Cabe destacar que la falta de definición de clases en ciertos Estados se produjo debido a deficiencias en el acceso y transparencia de los datos oficiales. Así, las áreas autorizadas, representadas por los puntos azules en la figura a continuación, son aquellas explotadas detectadas dentro de los límites legales y espaciales de la Autorización de Aprovechamiento Forestal. Por el contrario, las áreas no autorizadas, indicadas con puntos rojos, son regiones detectadas fuera de los límites legales y/o espaciales de la Autorización. Las áreas sin definición representan áreas explotadas delimitadas sin verificación de legalidad debido a la falta de recursos Simex, siendo únicamente mapeadas en cuanto a su extensión, indicada por los puntos naranjas (Figura 6).

La especie *Cedrela odorata* tiene la mayor probabilidad de ocurrencia en los Estados de Amazonas, Acre, Rondônia, Mato Grosso, Pará y Maranhão, resaltada en verde en la figura a continuación. Mato Grosso y Pará tienen las mayores áreas de extracción no autorizada, mientras que Rondônia tiene el mayor número de áreas exploradas sin definición. Al comparar las tres categorías de tala, las áreas autorizadas suman 1.208,56 km², seguidas de las áreas indefinidas (961,36 km²) y, finalmente, las áreas no autorizadas (415,23 km²). En total, hay 2.585,15 km² de tala, tanto legal como ilegal, en las regiones con mayor probabilidad de ocurrencia de *C. odorata*. Los valores de áreas no autorizadas no mostraron variaciones significativas a lo largo del tiempo (2021: 145.31 km²; 2022: 135.17 km²; 2023: 134.74 km²), lo que indica un bajo riesgo de extracción ilegal de esta especie (Figura 6).

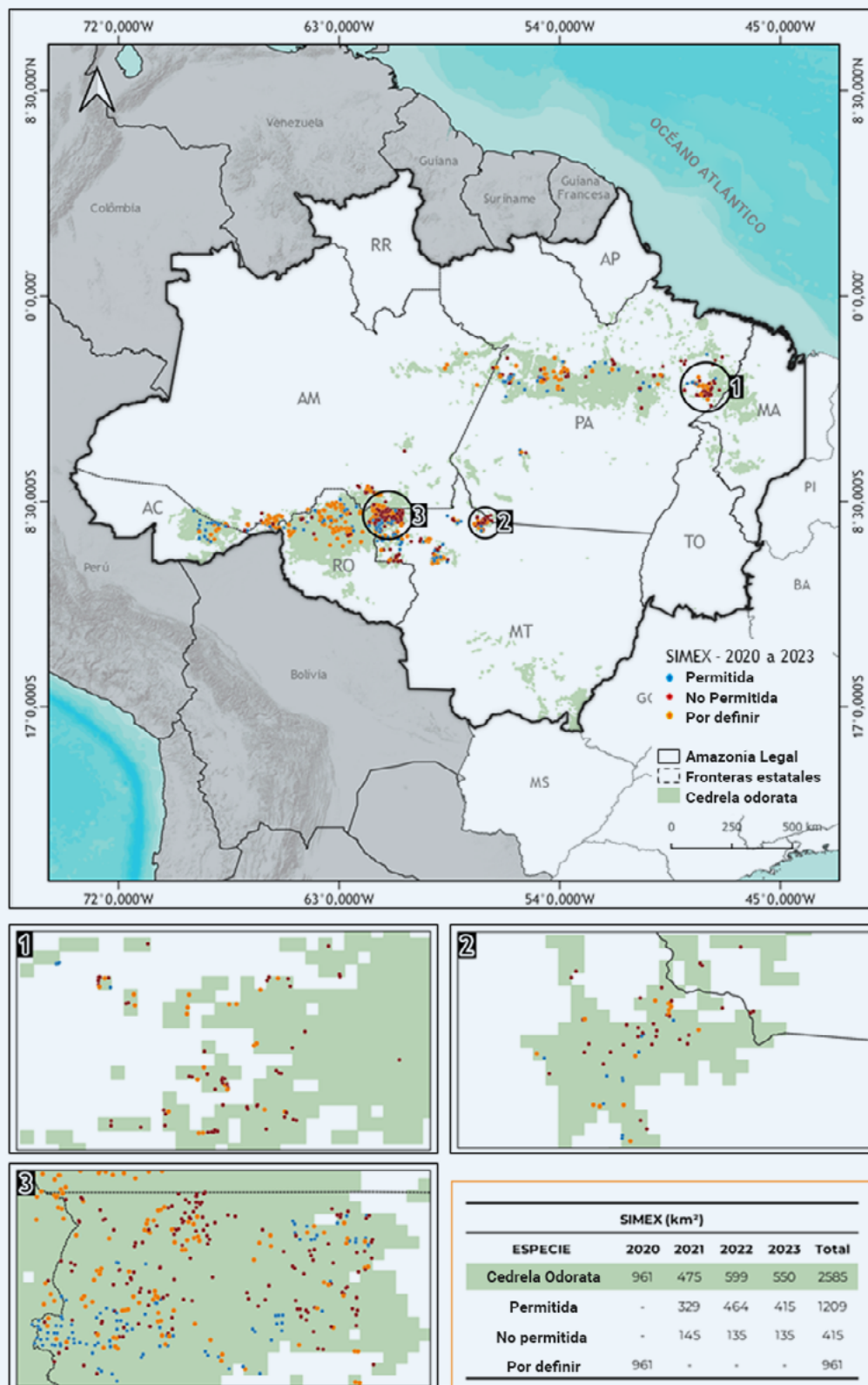


Figura 6. Mapa de superposición Simex (2020 – 2023) con las regiones con mayor probabilidad de ocurrencia de *Cedrela odorata* en la Amazonía Legal Brasileña. El tono verde indica la máxima probabilidad de ocurrencia de la especie. Los puntos azules representan las áreas autorizadas. Los puntos rojos representan las áreas no autorizadas. Los puntos naranjas representan las áreas sin definición. El contorno negro discontinuo delimita las Unidades Federativas de la Amazonía Legal. El contorno negro delimita la Amazonía Legal Brasileña.

3. CARACTERIZACIÓN DE LAS COMPLICACIONES TÉCNICO-LEGALES EN LOS PLANES DE MANEJO FORESTAL

En la Amazonía, la degradación de los bosques, que incluye la tala ilegal, es un problema de una escala comparable a la deforestación (Lapola *et al.*, 2023). La implementación de una legislación ambiental más estricta ha mejorado la detección de algunas formas de tala ilegal. Sin embargo, existen vulnerabilidades en el control forestal, especialmente a los métodos más sutiles que enmascaran el origen de la madera ilegal (Brancalion *et al.*, 2018). La madera sin origen legal es un producto de alto valor que se mezcla fácilmente con productos forestales legítimos para evitar ser detectado (Bisschop, 2012).

Los delitos e infracciones que tienen como objetivo encubrir la madera amazónica sin origen legal ocurren en los diversos eslabones de la cadena productiva. Al inicio de esta cadena se encuentran los procesos de autorización, incluyendo los relacionados con los Planes de Manejo Forestal Sostenible (PMFS), objetivos de acciones ilícitas destinadas a la extracción irregular de productos forestales y/o la generación de créditos virtuales que serán utilizados para encubrir madera sin origen legal (Costa *et al.*, 2024).

En Brasil, el Ibama tiene como objetivo ejercer el poder de policía ambiental y llevar a cabo acciones en el ámbito de las políticas ambientales nacionales relacionadas con las atribuciones federales, como el licenciamiento ambiental, el control de calidad ambiental, la autorización para el uso de recursos naturales y la inspección, monitoreo y control ambiental (Ibama, 2022).

La legislación brasileña estipula la necesidad de controlar los productos forestales nativos y establece un sistema nacional de control del origen de la madera, que es coordinado, supervisado y regulado por el Ibama (capítulo 4). Este sistema incluye la inserción y comercialización de créditos virtuales de madera, por lo tanto, el Ibama tiene la autoridad legal para fiscalizar la información derivada de los procesos de autorización y así garantizar el origen legal de la madera extraída en el territorio nacional (Brasil, 2012).

En los casos en que se sospecha de irregularidades en el PMFS, el Ibama evalúa la información en el sistema de control y realiza inspecciones in situ para verificar las actividades en el bosque, comparándolas con lo estipulado en la legislación ambiental. Al identificar irregularidades técnicas y legales, se aplican sanciones administrativas, como multas, incautaciones y embargos. El inicio del procedimiento administrativo por parte del Ibama para investigar las infracciones ambientales se produce con la emisión de la Notificación de Infracción por parte del agente federal

del medio ambiente, ejerciendo su poder de policía, después de la identificación de comportamientos y actividades perjudiciales para el medio ambiente, según lo previsto en la legislación brasileña. Sin embargo, debido a las debilidades de la legislación ambiental brasileña, el castigo a los infractores, especialmente a aquellos con mayor poder adquisitivo, es ineficaz (Costa *et al.*, 2024; Locura y Viera, 2024).

Considerando la importancia del manejo forestal para la sostenibilidad y la necesidad de fortalecer las medidas para combatir la tala ilegal (Sen, 2020), el estudio de Costa *et al.* (2024) tuvo como objetivo identificar y analizar las principales Irregularidades legales y técnicas cometidas en el PMFS en la Amazonía brasileña, que comprometen la sostenibilidad de la actividad e incrementan la competencia desleal.

Las principales Irregularidades técnicas y legales se analizaron a partir de 184 Planes de Manejo Forestal evaluados por el Ibama entre 2006 y 2021 (Costa *et al.*, 2024). Los Planes están ubicados en ocho Estados de la Amazonía Legal Brasileña (Figura 7), cubriendo un área de 746 mil hectáreas de manejo forestal e involucrando la autorización de 4,1 millones de metros cúbicos de trozas maderables. Más detalles metodológicos se pueden encontrar en Costa *et al.* (2024).

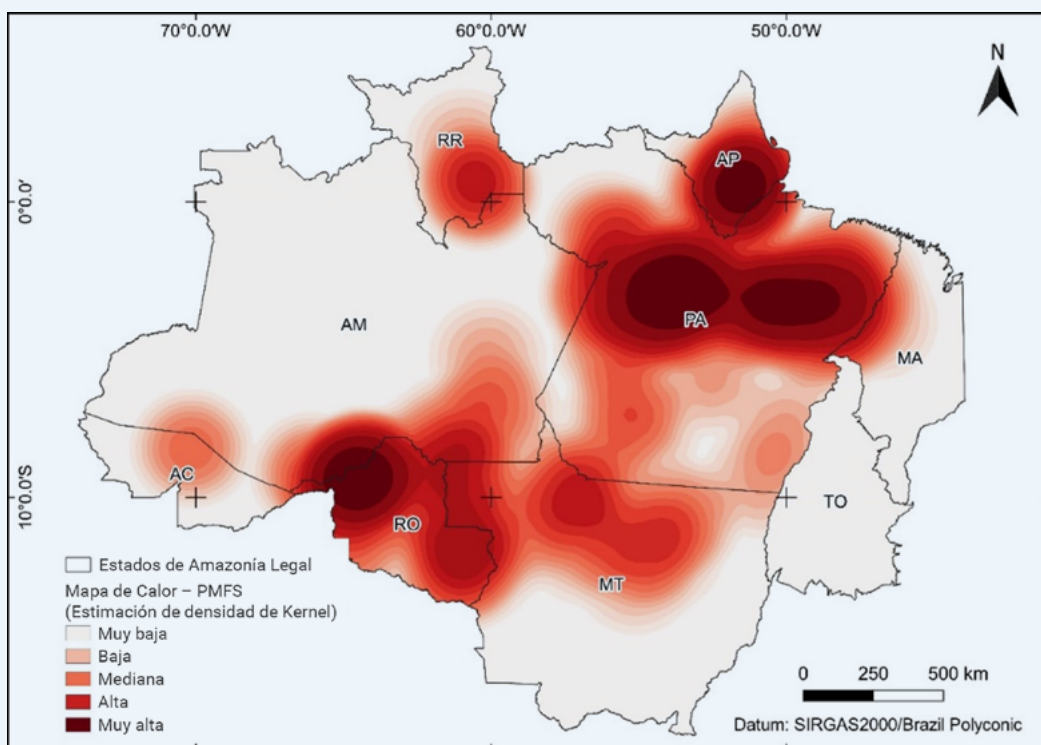


Figura 7. Mapa de calor de la distribución geográfica de PMFS (Estimación de densidad de Kernel). Fuente: Costa *et al.* (2024).

El análisis identificó 27 variables, lo que dio lugar a 1.003 no conformidades técnicas y legales. Dichas no conformidades se agruparon en 27 complicaciones técnico-legales relacionadas con las 13 actividades de manejo forestal que involucraron las fases pre exploratoria y exploratoria (Tabla 1). Los problemas en la cadena de custodia, el transporte forestal irregular, la tala no autorizada y el movimiento fraudulento de créditos fueron las principales Irregularidades encontradas (Costa *et al.*, 2024). Además, se encontró que el 82,3% de estos PMFS fueron autorizados con unidades únicas de producción anual (UCAs), lo que contradice los preceptos del manejo forestal y tiende a facilitar la comisión de actos ilegales.

Tabla 1. Complicaciones señaladas por la Agencia Federal de Medio Ambiente. Fuente: Adaptado de Costa *et al.* (2024).

Fase	Actividad de gestión forestal	Intercurrencia	Número de complicaciones detectadas
Pre-exploratorio	Documentos de autorización	■ Irregularidad en los documentos	41
	Delimitación de la zona de gestión	■ Fallos macro y microplanificación (UCA y/o UT)	38
	Inventario 100% forestal	■ Identificación botánica lregular	44
		■ Errores en los datos dendrométricos y Estimaciones de volumen	34
		■ Árboles inexistentes o sin volumen comercial apto para la tala	17
	Selección y marcado de árboles para la tala	■ Problemas en el marcaje y Ubicación del árbol	45
	Corte de lianas	■ Falta de tala de lianas	25
	Definición de la etapa siguiente	■ Bosque con signos de Extracción previa al PMFS	14

Fase	Actividad de gestión forestal	Intercurrencia	Número de complicaciones detectadas
Exploratorio	Presentación de información sobre las actividades	■ Movimiento fraudulento de créditos (V9)	134
		■ Declaración falsa presentada en la lista de empaque y/o en el sistema	29
	Talar	■ Daños en la aplicación	24
		■ Altura del tocón	16
		■ Ausencia de prueba hueca	27
		■ Fallos de tala direccional	36
		■ Sobreextracción del bosque	33
		■ Trozas abandonadas en el interior de AMF	40
		■ Corte de árboles no Autorizado	39
	Arrastrar	■ Caminos y ramas de arrastre Sin planificación	46
		■ Caminos y ramas de arrastre en la aplicación	15
	Patios de almacenamiento	■ Patios de almacenamiento de gran tamaño o asignados en áreas prohibidas	24
	Transporte	■ Irregularidades en el transporte (V21)	76
	Cadena de producción de madera	■ Problemas en la cadena de producción de madera (V22)	81
		■ Presencia de trozas sin origen en las inmediaciones de la PMFS	27
	Intervenciones forestales	■ Silvicultura no Autorizado (V24)	58
		■ Almacenamiento de trozas PMFS en patios al aire libre no autorizados	12
		■ Deforestación no autorizada	19
		■ Incendio forestal intencionado	9
Total	13	27	1003

Teniendo en cuenta que las variables que involucran complicaciones técnico-legales son en gran número, la aplicación de estadística multivariada es fundamental para comprender el *modus operandi* de los infractores que utilizan indebidamente el PMFS. Una de las técnicas aplicadas fue el análisis de conglomerados de intercorrelaciones en PMFS utilizando el coeficiente de emparejamiento simple (simple matching) con la aplicación del método de ligamiento entre grupos o ligamiento medio. El resultado se presenta en el dendrograma (figura 8), cuya función es resumir gráficamente la solución de las agrupaciones realizadas por el método jerárquico.

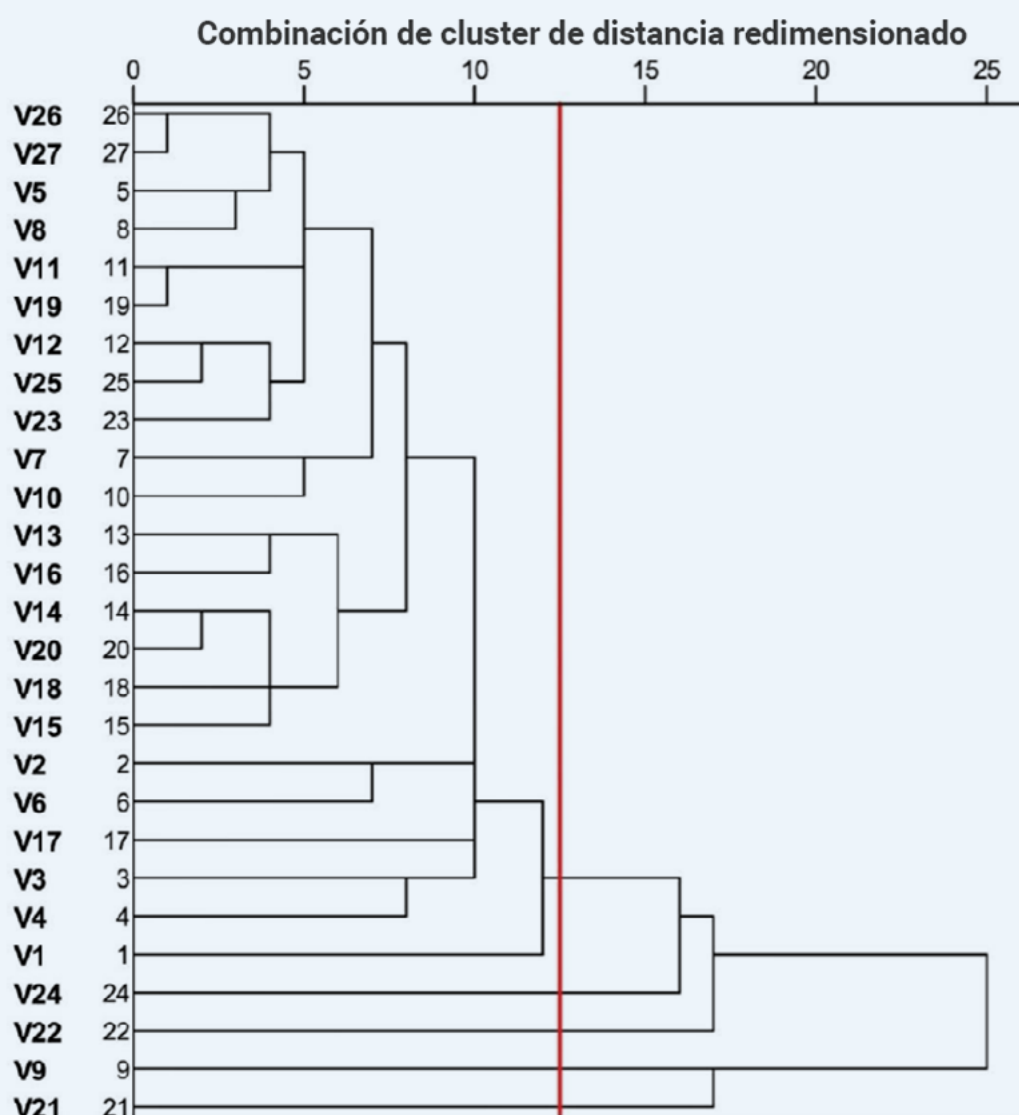


Figura 8. Dendrograma utilizando el enlace promedio (entre grupos) - coeficiente de coincidencia simple. Fuente: Costa et al. (2024)

Los cuatro grupos (2, 3, 4 y 5) conformados, respectivamente, por las variables únicas: registro no autorizado (V24), problemas en la cadena de custodia (V22), movimiento fraudulento de créditos (V9) e Irregularidades en el transporte (V21), representan el 14,8% del número de variables y el 34,8% del total de anomalías, en conjunto estas variables suman 349 complicaciones, siendo exclusivas de la fase exploratoria. La separación de estas variables en distintos grupos demostró la importancia de estas complicaciones en relación con el número absoluto de Irregularidades detectadas.

El registro no autorizado (V24) representa el 7,8% de las complicaciones identificadas en la fase exploratoria, esta anomalía está presente en el 31,5% de los PMFS analizados. Las zonas de tala ilegal suelen estar directa o indirectamente relacionadas con la estructura del PMFS con el fin de legitimar las trozas sin origen. El Ibama identificó algunos PMFS ubicados cerca o aledañas a áreas protegidas que practicaban la interferencia antes mencionada y confirmó que la madera ilícita provenía de tierras indígenas o unidades de conservación.

Los problemas en la cadena de custodia (V22) ocurrieron en el 44% de los PMFS analizados, esta Irregularidad ocupó la segunda posición en términos de relevancia en el contexto de todas las complicaciones. Cabe destacar que el monitoreo de la cadena de custodia de la madera es un requisito legal definido por la Resolución Conama n. 406/2009 (Brasil, 2009). Este procedimiento permite la trazabilidad del producto forestal extraído en los planes de manejo en la Amazonía, asegurando que el tronco tiene un origen lícito y permite confirmar este hecho, ya que con la información registrada en el propio tronco es factible ubicar el tocón del árbol de origen.

La principal complicación encontrada fue el movimiento fraudulento de créditos (V9), que puede definirse por el envío de créditos de madera virtual por el sistema de control oficial, sin respaldo físico, para el ocultamiento de madera sin origen. Este crédito es comúnmente generado por la sobreestimación del volumen de individuos en la elaboración del inventario forestal al 100%, durante la fase previa a la exploración. Esta complicación se detectó en el 72,8% de los PMFS inspeccionados por el Ibama (Costa *et al.*, 2024). Para circular en la cadena de producción, la madera ilegal necesita estar respaldada por documentos que garanticen una aparente legalidad. Es en este punto donde algunos PMFS participan en el fraude, emitiendo créditos virtuales.

Las Irregularidades en el transporte (V21) están presentes en el 41,3% de los PMFS analizados. En definitiva, esta actividad, cuando se realiza al margen de la ley, sirve para enviar créditos fraudulentos o transportar madera ilegal. Costa *et al.* (manuscrito enviado para publicación, 2023), realizaron un estudio sobre el transporte forestal en PMFS en la Amazonía brasileña y encontraron que los

datos indican que el tiempo efectivo de transporte estimado no corresponde a la información declarada, la diferencia sustancial entre la validez impuesta por la legislación y los diferentes escenarios de tiempo efectivo de transporte, puede dificultar la trazabilidad de la madera. Además, el examen de la capacidad de carga mostró que una parte significativa de los transportes forestales en PMFS superan los límites máximos legales.

Los planes de manejo evaluados que presentaron a la especie *Cedrela odorata* como una de las tres especies con mayor volumen autorizado realizaron movimientos fraudulentos de créditos. La identificación de esta Irregularidad en las autorizaciones del PMFS evaluado demuestra el direccionamiento de créditos forestales a especies de interés comercial con el fin de ocultar madera de origen ilegal, a veces explotada en áreas protegidas, como tierras indígenas y Unidades de Conservación.

La importancia del manejo forestal y el uso consciente del bosque para la Amazonía es irrefutable. Sin embargo, con base en los resultados, se infiere que los PMFS, cuando se utilizan indebidamente, pueden actuar como vectores para la práctica de delitos ambientales, especialmente en el ocultamiento de madera sin origen legal. La identificación y cuantificación de las deficiencias puede contribuir a mejorar los mecanismos de control forestal destinados a frenar la competencia desleal y garantizar la sostenibilidad de esta actividad, especialmente en lo que respecta a las especies amenazadas.

4. EVALUACIÓN DEL COMERCIO LEGAL E ILEGAL DE *CEDRELA* SPP.

Según el Ibama (2024), a pesar de la oscilación en el período, la producción maderera de *Cedrela odorata* en 2020 fue un 5% superior a la observada en 2012. En contraste, la producción de *Cedrela fissilis*, ya limitada en comparación con otras especies, fue 71% menor para el mismo período. En comparación, la producción de madera para todas las especies disminuyó un 18% entre 2012 y 2020, pero también muestra grandes fluctuaciones para el período (Figura 9). Además, hubo una reducción del 30% para el conjunto de especies clasificadas como vulnerables en el Listado Nacional Oficial de Especies Amenazadas de Flora y un aumento del 4% para el conjunto de especies CITES, ambas incluidas *Cedrela odorata*. *Cedrela fissilis*, por otro lado, no está incluida en el conjunto de especies en peligro de extinción. Se observa que las especies Cites más producidas en el período (sin incluir las especies comercializadas agregadas después de 2020) fueron *Cedrela odorata*, con el 92% del volumen de producción de todas las especies Cites y *Cedrela fissilis*, con el 4%. Por lo tanto, los volúmenes de producción, así como los valores promedio asociados (que se analizan más adelante) del conjunto de Cites, reflejan en gran medida las tendencias observadas para *Cedrela odorata*.

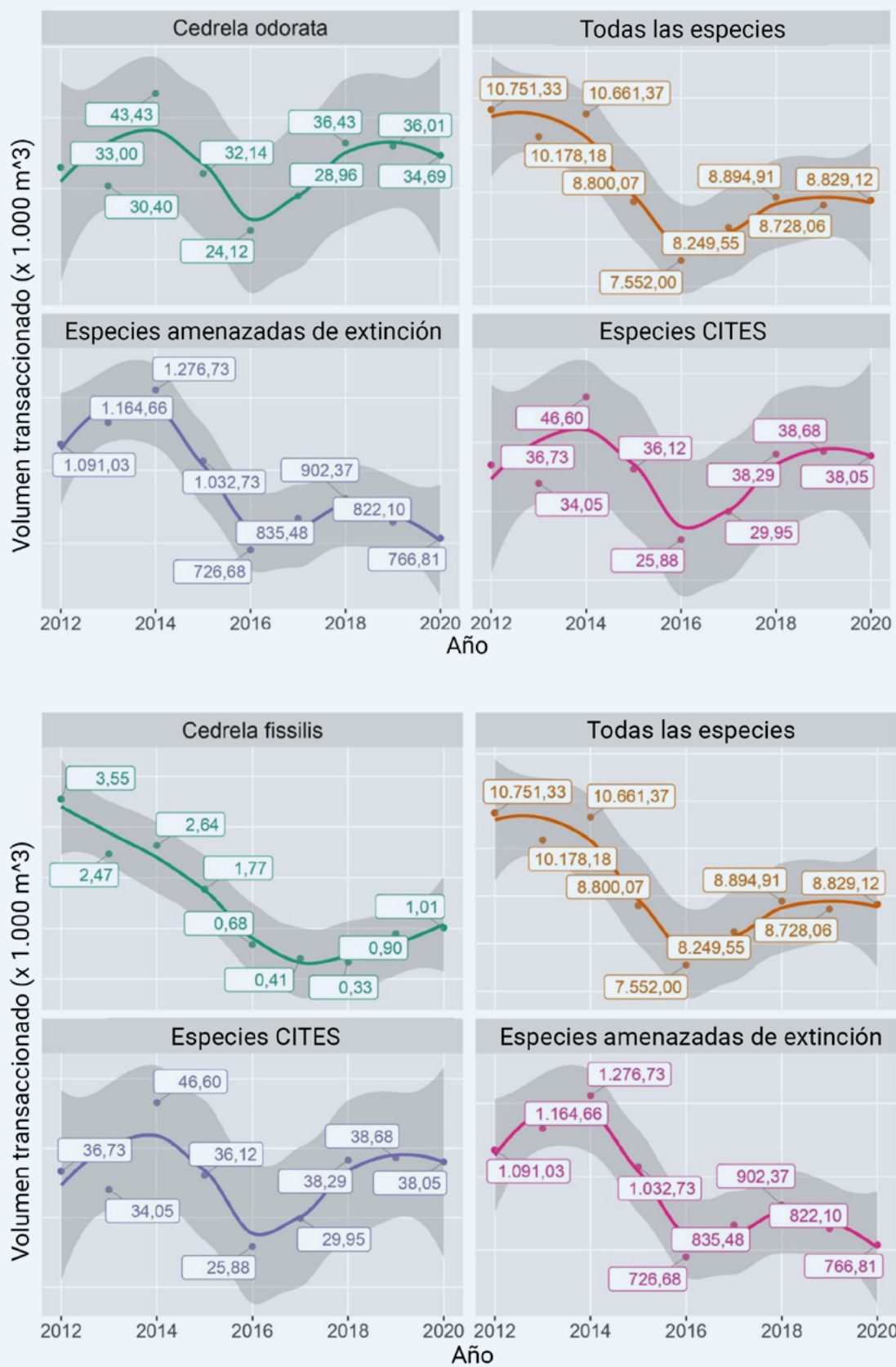


Figura 9. . a) Producción anual de madera de *Cedrela odorata* en el período 2012-2020 (m³ x 1.000). b) Producción anual de madera de *Cedrela fissilis* en el período 2012-2020 (m³ x 1.000). Ibama (2024).

Los Estados de Mato Grosso y Rondônia son los principales productores de la especie *Cedrela odorata*, representando el 31% y el 24% de la producción, respectivamente, seguidos por Pará, con el 20%. En Brasil, la mayor parte (59%) de la madera de esta especie comercializada por los sistemas DOF (Sinaflor), Sisflora-PA y Sisflora-MT se destina al mercado interno. Sin embargo, a escala nacional, el 87% de la madera de todas las especies se consume en el mercado interno. Esto indica que *Cedrela odorata* se exporta en una proporción mayor en comparación con el promedio de todas las especies maderables del país. En el caso de los movimientos de *Cedrela fissilis*, que son limitados en general, existe una mayor diversidad geográfica de producción. Está dominado por el Estado de Pará (32%), seguido de Rio Grande do Sul (20%), Santa Catarina (15%) y Paraná (13%), con aproximadamente el 95% del volumen atendiendo al mercado interno.

Con base en datos del Sistema de Comercio Exterior – Siscomex, es relevante destacar que existe una denominación específica en el conjunto de Nomenclatura Común del Mercosur (NCMs) para el cedro rosado (*Cedrela* spp.). Sin embargo, estos datos están disponibles para productos con procesamiento primario solamente, (madera en general aserrada, cortada transversalmente o sin enrollar, cepillada, Código NCM 44072910), estando ausentes para otros productos con mayor procesamiento que eventualmente incluyen la especie. Aunque con limitaciones y oscilaciones a lo largo de los años, se observa que en el periodo comprendido entre 2013-2023 la exportación de esta categoría cayó de 2.972m³ a 926m³, siendo 2023 el primer año de la última década en que la exportación de la categoría estuvo por debajo de los 1.000 m³. En 2023, el valor del m³ FOB (US\$) fue de 1.059,73 para esta categoría de exportación. Por lo tanto, se considera de gran importancia la creación de NCM específicos para todos los productos que incorporan especies CITES para un mejor seguimiento del comercio de estas especies, ya que es notoria la dificultad para cambiar los códigos del Sistema Armonizado – SH (en portugués) a nivel internacional.

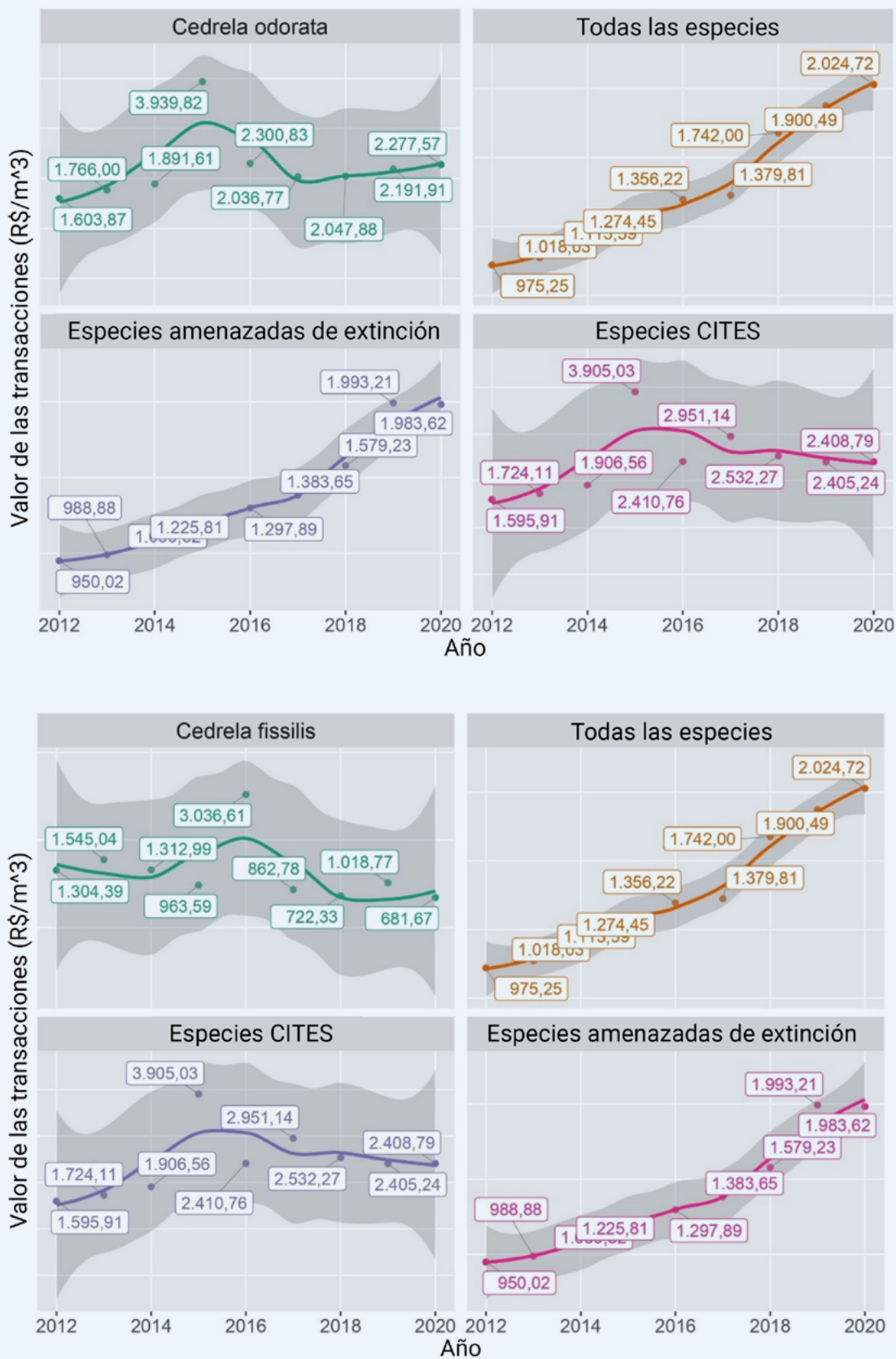


Figura 10. a) Valor promedio de los productos de madera de *Cedrela odorata* consumidos en el período de 2012 a 2020 (R\$/m³, inflación no ajustada). b) Valor promedio de los productos de madera de *Cedrela fissilis* consumidos en el período de 2012 a 2020 (R\$/m³, inflación no ajustada).

El valor promedio de los productos madereros consumidos de *Cedrela odorata* es ligeramente superior al promedio general de la especie (Figura 10), y aún existe una gran oscilación en los valores promedio anuales de la especie cuando se compara con el conjunto de todas las especies, donde la tendencia es de aumento relativamente constante. Asimismo, el valor promedio de los productos consumidos en 2020 aumentó un 42% en comparación con el valor observado en 2012. Es importante destacar que los valores en el Ibama (2024) se mantuvieron tal como están representados en los sistemas sin ajustar por la inflación, sin embargo, este incremento está por debajo del promedio para el conjunto de todas las especies (91%), especies en peligro de extinción (109%) y especies de Cites (51%), a pesar de la dominancia de *Cedrela odorata* en este último grupo. En el caso de *Cedrela fissilis*, se observa que el valor promedio de los productos consumidos en 2020 disminuyó en un 48% en comparación con el valor observado en 2012, y en 2012 el precio promedio del volumen ya se acercaba al promedio de todas las especies. Así, *Cedrela fissilis* es la única especie en la que el valor de los productos consumidos está por debajo del promedio de todos los productos en 2020.

En cuanto a los efectos potenciales de la inclusión de la especie *Cedrela* spp. en la lista de especies amenazadas y CITES, es notable que el valor promedio de los productos madereros consumidos de esta especie en 2015 fue 108% superior al observado en 2014, año de publicación de la Ordenanza MMA n. 443/2014 (Brasil, 2014a; Ibama, 2024). En el mismo período, hubo un aumento del 13% en el valor promedio para todas las especies, un aumento del 16% para las especies en peligro de extinción y un aumento del 105% para las especies CITES. También es notable que el valor promedio de la madera en troza en 2020 fue un 287% superior al observado en 2012 (Figura 11). Hubo un aumento del 14% en el valor promedio de la madera producida, del conjunto de todas las especies trasladadas, un aumento del 23% para el conjunto de especies en peligro de extinción y un aumento del 220% para el conjunto de especies CITES. Así, se observa un aumento sustancial en el precio de la troza, que no parece haber acompañado el aumento de los productos consumidos en el período equivalente.

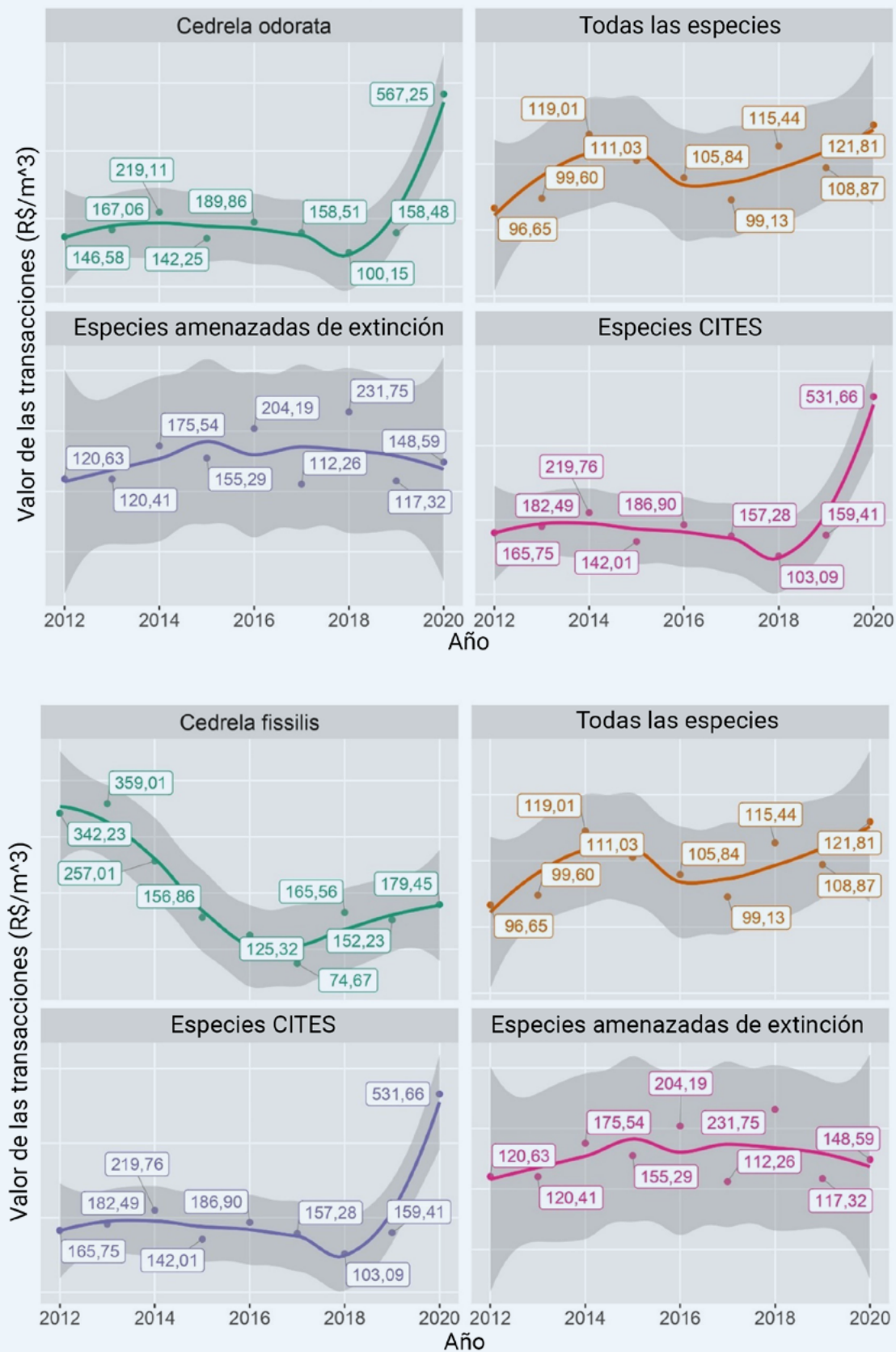


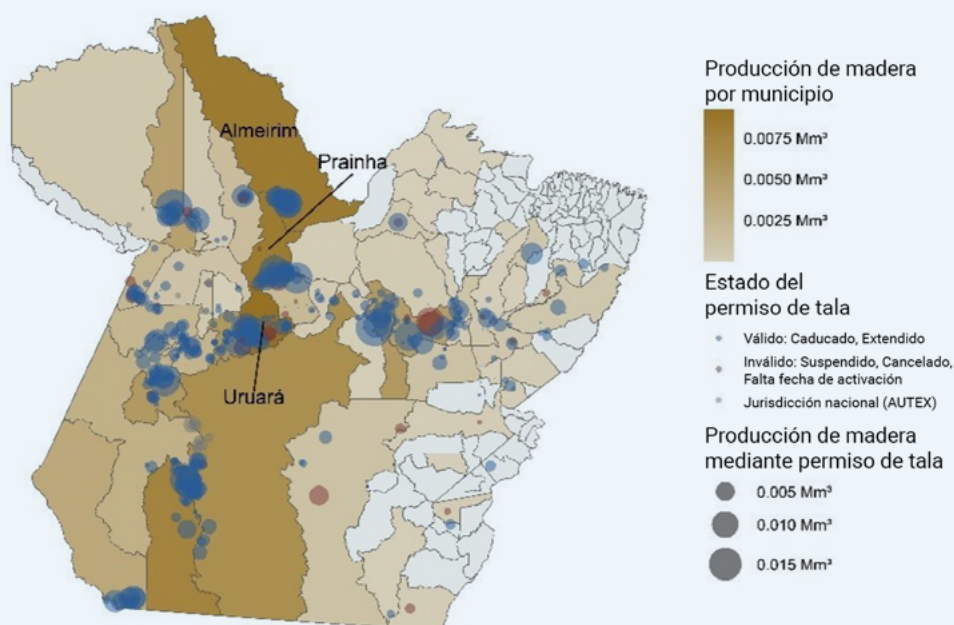
Figura 11. a) Valor promedio de la madera producida (trozas) de *Cedrela odorata* consumida en el período de 2012 a 2020 (R\$/m³). b) Valor promedio de la madera producida (trozas) de *Cedrela fissilis* consumida en el período de 2012 a 2020 (R\$/m³).

4.1. Riesgos de ilegalidad asociados a los permisos de aprovechamiento y sobreestimación de especies

Los siguientes riesgos se presentan en relación con Pará en el período comprendido entre 2009-2019, a pesar de que el Estado fue apenas el tercer mayor productor entre 2012-2020 (Ibama, 2019). De antemano, se toma nota de los esfuerzos realizados en el ámbito del Grupo de Trabajo establecido en la Ordenanza de Personal n. 701, del 15 de abril de 2024, para la ampliación del análisis a todos los Estados de la Amazonía y una mayor cobertura temporal, en particular al Estado de Mato Grosso. Sin embargo, los obstáculos en el acceso, el saneamiento y la armonización de los datos derivados de la integración aún parcial entre los sistemas fueron el factor limitante para la expansión en tiempo hábil. Nuevos y continuos esfuerzos para identificar y cuantificar las características de la participación ilegal en la producción y el comercio (por ejemplo, Simex, 2024; Nonato et al., en revisión) deben ser considerados para futuras revisiones del DENP.

Como se explicó en el Capítulo anterior, las autorizaciones de extracción forestal (AUTEX, AUTEF) son instrumentos de control fundamentales en los eslabones iniciales de la cadena de suministro. Así, la pregunta sobre el uso de este instrumento para la introducción de madera ilegal es relevante (Brancaion et al., 2018; Costa et al., 2024). En la Figura 12 se muestra el mapeo del volumen de *Cedrela* spp. ingresando a la cadena de suministro de acuerdo con el Estado de las autorizaciones asociadas a esa transacción. Alrededor del 8% (7.652 m³) del volumen de *Cedrela* spp. proviene de autorizaciones inválidas (canceladas, suspendidas o que no tienen fecha de activación) (Figura 12).

a



b

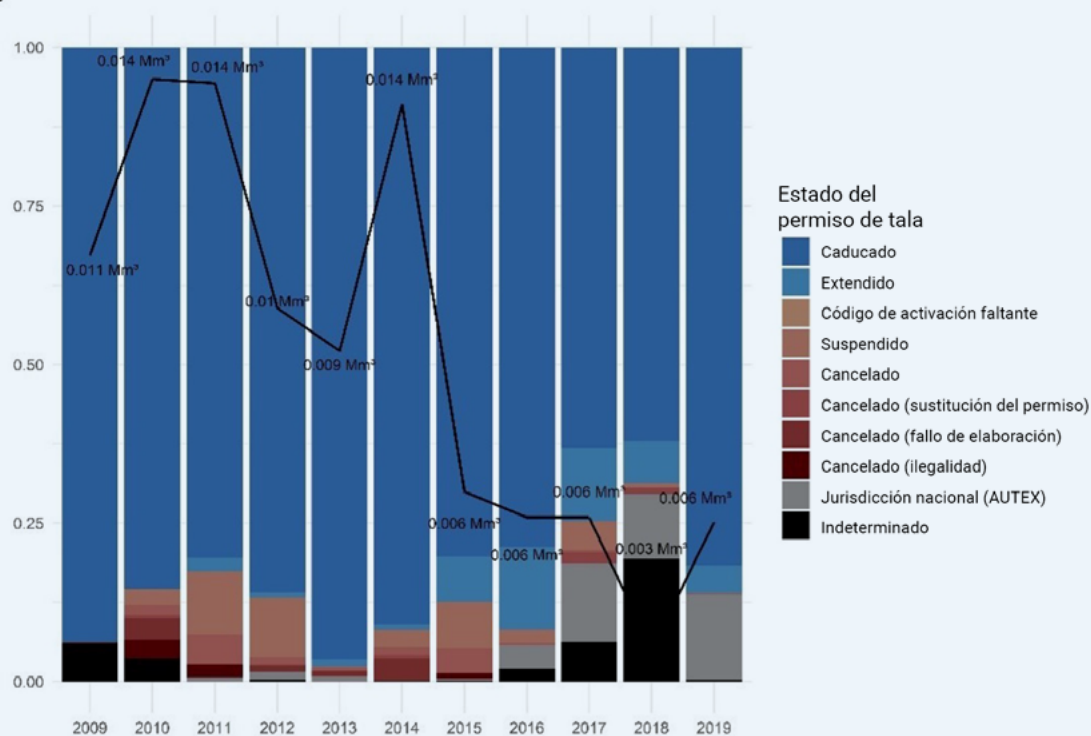


Figura 12. Origen de la producción, *Cedrela* spp. a) Distribución espacial del volumen que ingresa a la cadena de suministro de acuerdo a la geolocalización de los permisos de corte respectivos. b) la situación de los permisos de corte vinculados a los volúmenes de trozas transportados en la cadena de suministro. Fuente: Adaptación basada en Franca et al. (2023).

La sobreestimación de la especie en los planes de manejo y asociada a las autorizaciones de extracción es una de las estrategias más relevantes en el ámbito de la evaluación del riesgo de ilegalidad (Brancaion et al., 2018; Perazzoni et al., 2020; Costa et al., 2024). Dicho riesgo, medido anteriormente mediante el contraste de los datos de volumen presentados en los AUTEF comparados con los de ocurrencia natural de la especie basados en el de RADAM (Brancaion et al., 2018), se miden aquí con base en el volumen ya transaccionado, es decir, el volumen de trozas que ingresaron a la cadena de suministro y la relación de este volumen con el área autorizada en el AUTEF. En general, Franca et al. (2023) muestran que, al igual que en Brancaion et al. (2018), este riesgo también se observa cuando las trozas entran en la cadena de suministro.

En cuanto a la fracción volumétrica de autorizaciones válidas, el rendimiento promedio de la producción fue de 0.63 m³.ha⁻¹ (± 0.88 m³.ha⁻¹). Este valor contrasta con la distribución promedio del volumen comercial de *Cedrela odorata* y *Cedrela fissilis* en Pará, que según RADAM es de aproximadamente 0,30 m³.ha⁻¹. También observamos que el 15% de las autorizaciones están asociadas a valores de rendimiento superiores al percentil 99% (1.37 m³.ha⁻¹), valor que corresponde al 24% (20.771 m³) del volumen válido y al 21% del volumen total de trozas producido para la especie (Figura 13). En la figura 13b se contrasta aún más el volumen acumulado en función de los ingresos correspondientes al volumen que entró en la cadena en función de la situación de validez e invalidez y de las empresas bajo jurisdicción nacional. A pesar de la limitada producción en proyectos bajo jurisdicción nacional, existe una menor intensidad de extracción y riesgo asociado para esta categoría también para *Dipteryx* spp. y *Handroanthus* spp. Aun así, es importante destacar las diferencias en la comunicación de variables relacionadas con las áreas de los proyectos (Franca et al., 2023).

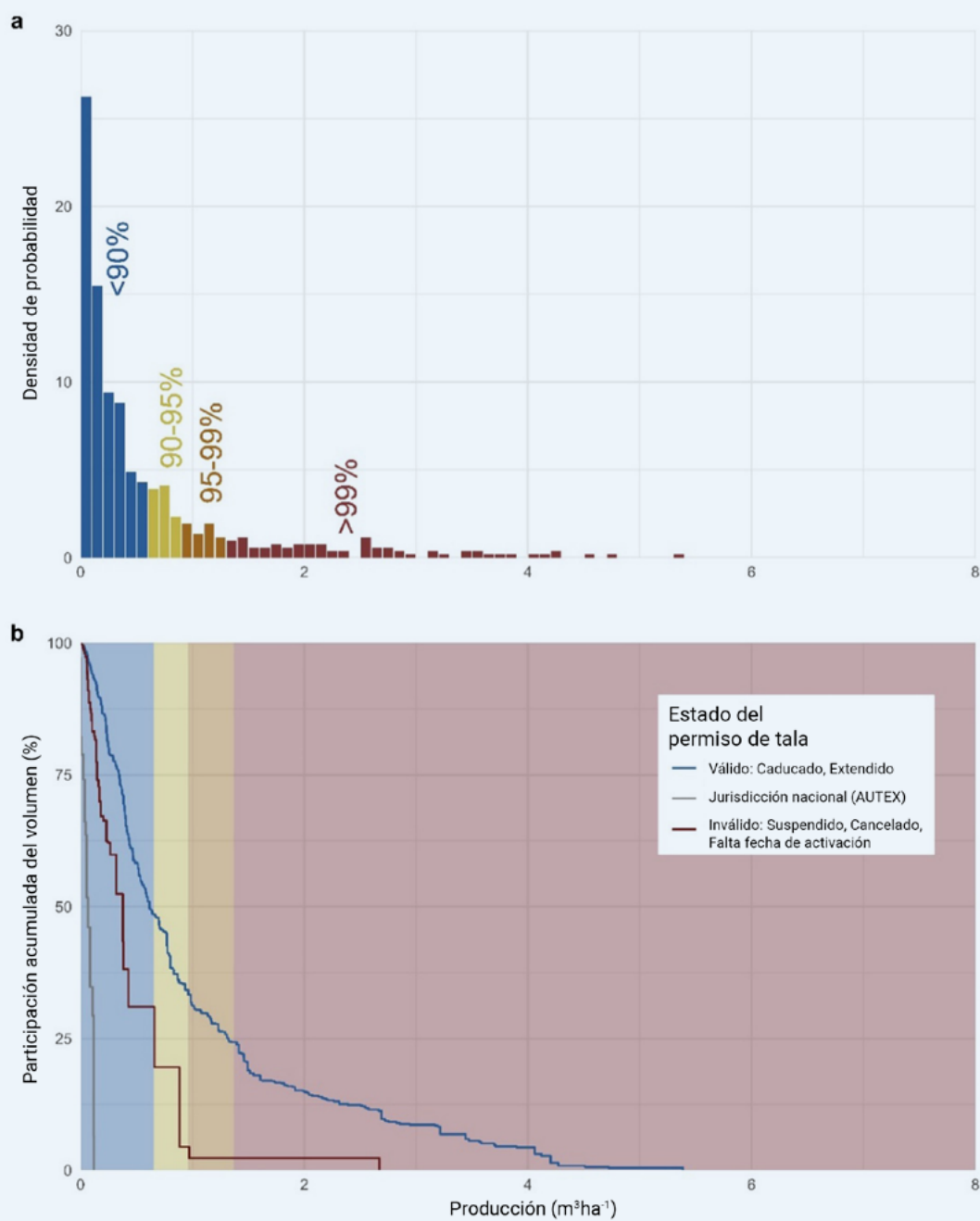


Figura 13. Rendimiento de las especies. Comparación entre el rendimiento de producción (*Cedrela* spp., m^3ha^{-1}) versus el estimado a través del inventario RADAM (*Cedrela odorata* y *Cedrela fissilis*, m^3ha^{-1}) de acuerdo con el Estado de las autorizaciones de extracción forestal. Fuente: Adaptación Franca *et al.* (2023).

4.2. Riesgos de ilegalidad asociados al inventario y posterior declaración de tala

La similitud entre los datos del inventario forestal (compilados para determinar la viabilidad de la gestión y un requisito previo para la concesión de permisos de planes de gestión) y los datos de las declaraciones de corte (datos recogidos en el proceso de gestión de las actividades de tala y empaquetamiento de trozas) representa una estadística importante en la detección de métodos más sutiles que pueden utilizarse para evaluar el fraude (Brancalion *et al.*, 2018; Perazzoni *et al.*, 2020; Costa *et al.*, 2024). Una gran similitud a nivel de árbol, entre el volumen inventariado y el volumen declarado en la tala, o empaquetado para transporte, es un fuerte indicio de que el inventario no representa la realidad y/o los datos introducidos en el sistema sobre el volumen de individuos sacrificados son ficticios o manipulados.

En la Figura 14 se observa la frecuencia de árboles por diferencias porcentuales entre el volumen inventariado y el declarado para *Cedrela odorata*. En ella se observa la frecuencia de árboles con volúmenes similares según las tres principales categorías de manejo. Los datos se limitan a los años 2018-2023 y a los Estados de Acre, Amazonas, Pará y Rondônia, correspondientes a una muestra de 14.816 árboles (3.273 en áreas de Gestión Comunitaria, 332 en Bosque Público y 11.211 en Bosque Privado). Los análisis se limitan a los Estados de la región amazónica que utilizan Sinaflor, perjudicando su extensión a Pará y Mato Grosso, que utilizan sus propios sistemas de licenciamiento y control. Por lo tanto, existe la necesidad de un mayor acceso a estos datos por parte del sistema federal, que permita una visualización completa de la extracción forestal y los subsidios para la formulación de políticas públicas sostenibles.

Aunque parcial, se destaca la similitud encontrada para el manejo en propiedades privadas y comunitarias, donde la mayor frecuencia de árboles de *C. odorata* presenta diferencias entre 0-1%. En el manejo de los montes públicos, es decir, los datos de las concesiones federales, se observa una mayor distribución a lo largo de los diferentes rangos. Para las concesiones federales, se observó una mayor frecuencia de árboles con volúmenes de corte declarados inferiores a los inventariados, principalmente en el rango entre -50 y -30%. Dado que la mayoría de los árboles explotados para *C. odorata* en los planes de manejo forestal provienen de propiedades privadas, el escenario para la especie es preocupante (Figura 14).

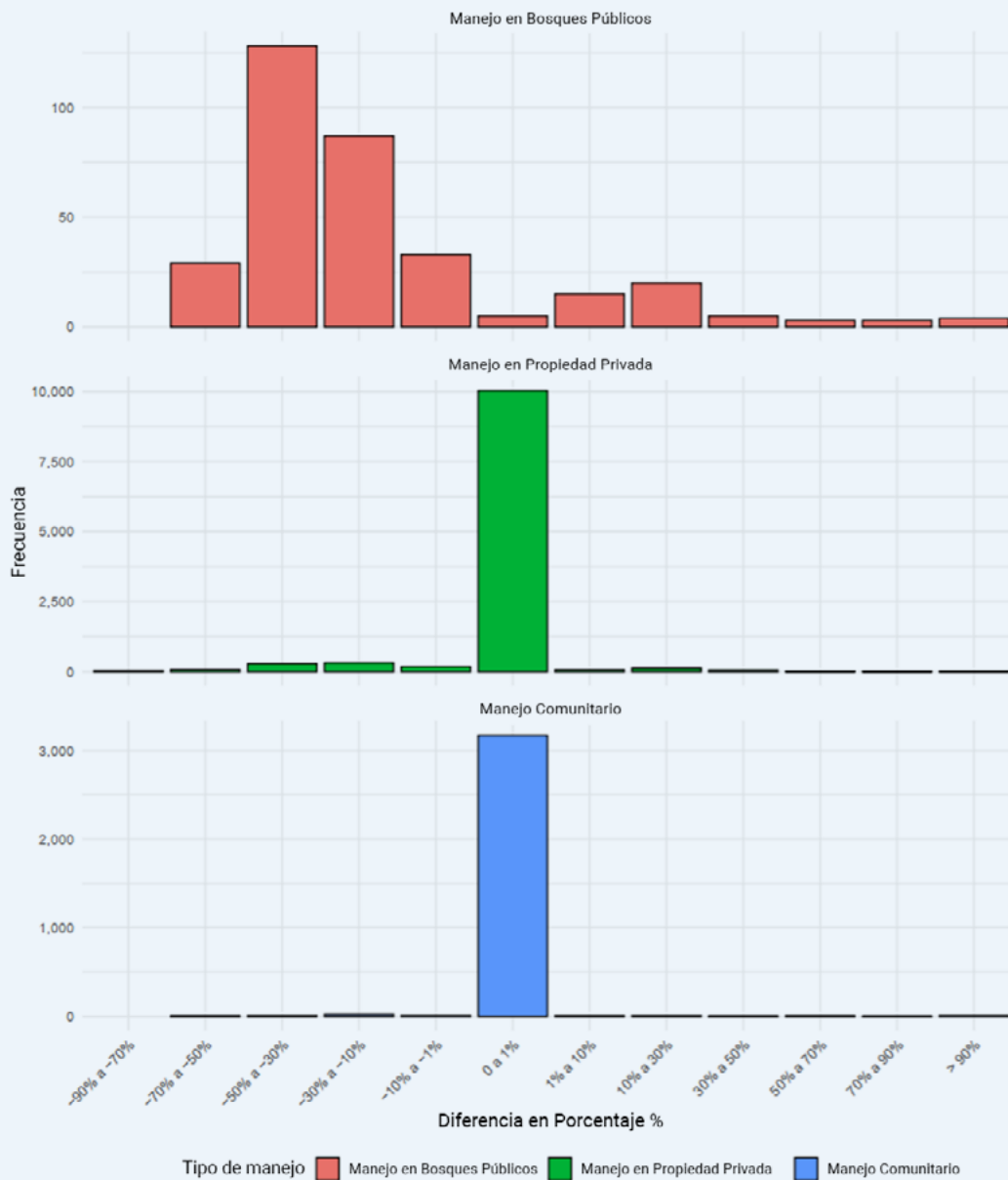


Figura 14. Porcentaje de árboles con volúmenes similares, considerando diferentes intervalos de diferencia entre el volumen de árboles de corte inventariados y declarados. Periodo 2018-2023, 14.816 árboles, 3.273 en áreas de Manejo Comunitario, 332 en Bosque Público y 11.211 en Bosque Privado. El manejo en los Bosques Públicos incluye solo concesiones federales.

4.3. Riesgos de ilegalidad asociados a las discrepancias entre el consumo y la producción y Distribución geográfica de los riesgos de ilegalidad

De acuerdo con las transacciones registradas a través de la emisión de GF y DOF, se produjeron 97.611 m³ de cedro (*Cedrela odorata* y *Cedrela fissilis*) en Pará durante el período, con 5.555,44 m³ adicionales en equivalentes de trozas provenientes de otros Estados (Figura 15). Estos números contrastan con el consumo en el mercado interno brasileño y las exportaciones, valores que suman 183.497 Mm³ equivalente tronco (166.510 - 209.135 Mm³), cuando se utiliza un Coeficiente de Rendimiento Volumétrico - CRV con una alta eficiencia de conversión del 49%, y una baja eficiencia de conversión del 35%, para el procesamiento primario (Brasil, 2016; Brasil, 2020; Romero *et al.*, 2020) (Tabla 2). En consecuencia, entre el 39 y el 50% (64.207 – 104.931 m³) del volumen total que entra en la cadena de suministro no puede rastrearse hasta el bosque de origen (o las entradas de otros Estados).

Tabla 2. Parámetros de conversión de productos a logarítmico equivalente para *Cedrela* spp.

Bienes	CRV% (Bajo; Medio; Alto) para <i>Cedrela</i> spp.
Procesamiento primario: bloque, cuadrado o filete, madera aserrada (incluidos tablonés, vigas, vigota, cabrio, cabrio corto, tablonés, tablonés desplegados, listones, listones cortos, aleros, tablillas, listones cortos, traviesas)	35; 42; 49
Madera cepillada 2 caras (s2s)	29,8; 35,7; 41,7
Madera cepillada 4 caras (s4s)	28,7; 34,5; 40,2
Terrazas, pisos y suelos	28,7; 34,5; 40,2
Lámina acuchillada	45
Hoja torneada	55

Fuentes: Resolución 474/2016 de Conama (Brasil, 2016), Resolución 497/2020 de Conama (Brasil, 2020) y Romero *et al.*, 2020.

Con respecto a las ilegalidades relacionadas con el encubrimiento de la madera ilegal a través de créditos madereros fraudulentos, en el ámbito del seguimiento y control de la cadena de custodia, los procesos de deforestación en las industrias madereras deben ser observados con la misma atención que los Planes de Manejo Forestal. Las empresas con bajo rendimiento en los procesos de aserrado primario de madera nativa pueden utilizar altos índices de CRV aprobados por las agencias ambientales para incluir madera ilegal en la cadena de producción. Un aserradero que en la práctica tiene la capacidad de transformar el 35% de las trozas en vigas, cabrios, tablas o tablonés, pero que tiene un CRV del 50%, puede incluir el 15% de vigas, tablas y otros tipos de madera que se hayan originado a a partir de exploraciones no autorizada.

Los CRV en la industria, junto con la sobreestimación del volumen en PMFS, constituyen las dos puertas de entrada a créditos ficticios en los sistemas de control, y deben ser objeto de una mejora constante en los mecanismos de monitoreo.

Debido al alcance actual del análisis, que incluye solo el Estado de Pará, los valores representativos de las exportaciones no son visibles a través de este análisis (solo el 0,08% se exportó directamente al salir del Estado de Pará). Cabe destacar que Curitiba es la ciudad con mayor consumo, lo que puede indicar transporte indirecto a través del puerto de Paranaguá, ya que datos generales del Ibama (2024) para la especie con mayor contribución (*Cedrela odorata*) estiman que el 41% del volumen se exporta, siendo un valor por encima del promedio general de exportaciones para todas las especies (~13%). El 38% del volumen comercializado no presentó ningún riesgo de ilegalidad en relación con las tres enumeradas (situación de autorización inválida, sobreestimación del volumen comercial de la especie, discrepancias entre el consumo y la producción). A modo de comparación, alrededor del 19% del volumen de ipe (*Handroanthus* spp. y *Tabebuia* spp.) comercializado no presentaba ningún riesgo de ilegalidad.

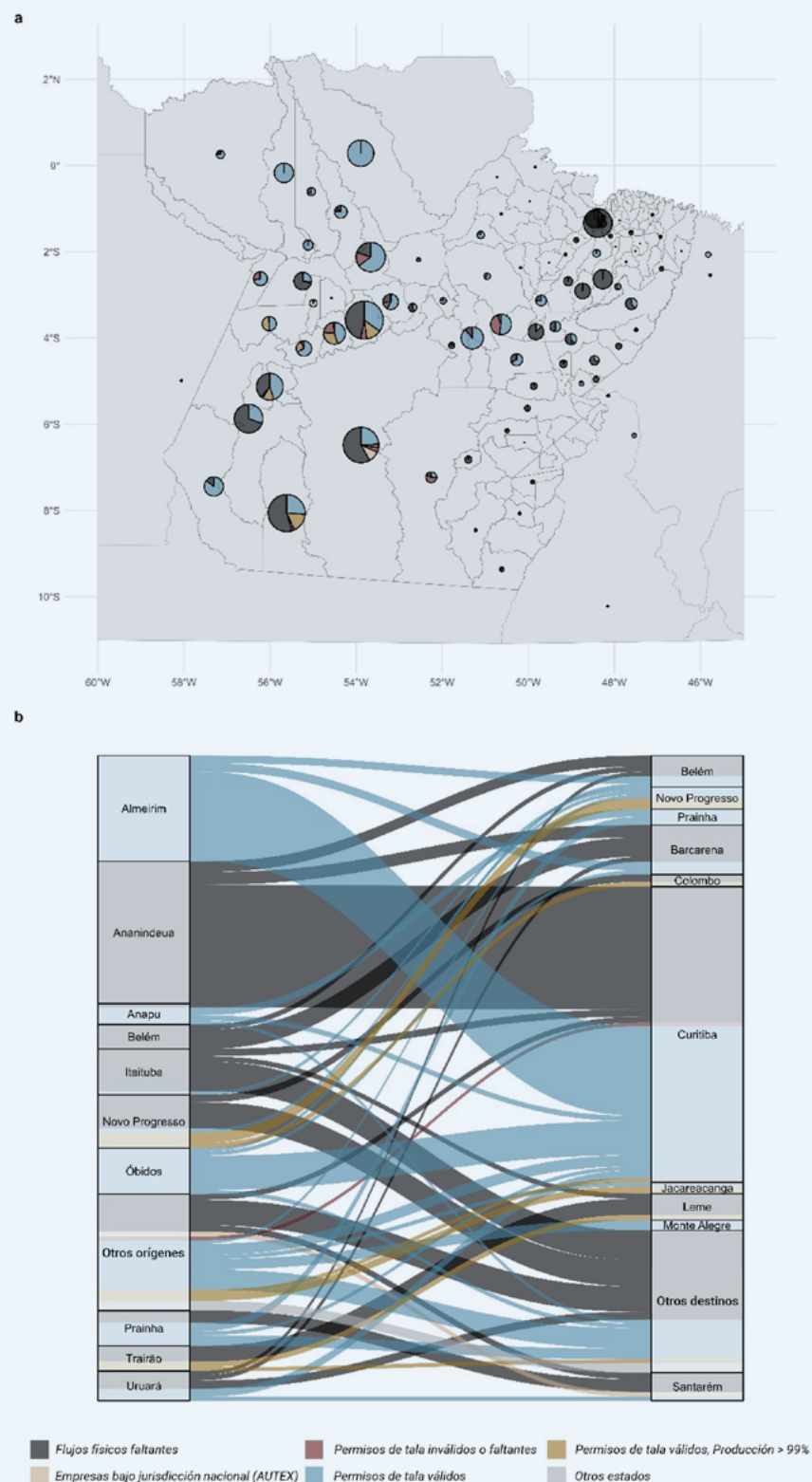


Figura 15. Orígenes y destinos del cedro (*Cedrela* spp., que incluye *Cedrela odorata* y *Cedrela fissilis*) comercializado de acuerdo con el riesgo de ilegalidad asociado. a) Municipio de origen, de acuerdo con el volumen en equivalentes de tronco registrado mediante DOF/GF y el riesgo asociado de posible ilegalidad. b) Visión general de los diez Municipios de origen y destino y riesgo de posible ilegalidad asociada a las transacciones. Fuente: Adaptación basada en Franca *et al.* (2023).

5. CONSIDERACIONES FINALES

Los datos presentados en el Capítulo muestran que las especies *Cedrela odorata* y *Cedrela fissilis* tienen una producción limitada en relación con la producción nacional. Especialmente en el caso de la *Cedrela fissilis*, los volúmenes de producción son aún más limitados. La baja abundancia natural de estas especies, la larga historia de extracción, así como la reducción del hábitat donde se encuentran son factores predominantes asociados a esta tendencia. Además, la producción de *Cedrela odorata* presenta mayores oscilaciones que siguen parcialmente la misma tendencia observada en todas las especies, mientras que la producción de *Cedrela fissilis* se encuentra en declive. Sin embargo, a pesar de la oscilación en la producción, la tendencia general aparente es de una disminución en el volumen exportado al considerar el conjunto de las dos especies, siendo 2023 el primer año de la última década en que la exportación de madera aserrada de cedro estuvo por debajo de los 1.000 m3.

Un mayor conocimiento sobre las presiones sufridas por las especies en todas las geografías naturales de las Américas, así como su inclusión en la lista de especies amenazadas, son también factores citados como factores que contribuyen a la tendencia a la disminución de la producción y, en consecuencia, al menor comercio. Sin embargo, se observa que la adición de especies a veces conduce a un aumento inmediato de los precios y los volúmenes de producción, a veces puede estar asociado con tendencias decrecientes.

En cuanto al valor de los productos consumidos, el promedio de las especies de *Cedrela* no dista mucho del promedio de todas las especies. Además, los valores recopilados en los análisis de los mercados de exportación y concesiones sugieren que, a pesar de ser una de las especies de mayor valor comercial, el cedro no se encuentra entre las especies de mayor valor en los últimos períodos. Todavía en lo que respecta al comercio, a pesar de atender principalmente el mercado interno, el cedro se exporta en mayor proporción que el promedio general de la especie, y el mercado internacional es de mayor importancia relativa en comparación con otras especies. Los valores de exportación por m3 han aumentado desde 2020, sin embargo, son menores cuando se observan para otras especies consideradas de alto valor como el ipe. También se enfrenta al problema de que sólo los productos de madera aserrada tienen códigos específicos cuando se exportan (estos códigos NCM, sin ninguna diferenciación en el alcance del SH, en portugués). Por lo tanto, además de las lagunas para el control y la comprensión del comercio legal, se pone de relieve la necesidad de realizar estudios más detallados y sistemáticos que comparen los valores practicados en los sistemas de control con los valores obtenidos de las diversas industrias de transformación y los valores de exportación para una mejor comprensión de las posibles subestimaciones.

En cuanto a los riesgos de ilegalidad que la presión de la extracción ejerce sobre *Cedrela odorata* y *Cedrela fissilis*, se destaca en primer lugar la porción persistente de extracción forestal depredadora e ilegal. Entre los PMFS evaluados, las especies de *Cedrela* spp. no fueron predominantes, sin embargo, dicha observación está en línea con la menor abundancia natural de la especie. Entre los PMFS multados que presentaron *Cedrela* spp., las complicaciones predominantes estuvieron asociadas a las operaciones de crédito fraudulentas, el riesgo predominante en los PMFS multados en general.

En un estudio de caso para el Estado de Pará, se cuantifican y mapean tres riesgos de ilegalidad específicamente para las especies de *Cedrela* spp. (*Cedrela odorata* y *Cedrela fissilis*). Así, la cuantificación de (i) el movimiento de créditos aún con la situación de autorización inválida (suspendida, cancelada), (ii) la sobreestimación del volumen de especies al ingresar a la cadena de suministro y (iii) las discrepancias entre la magnitud del consumo y la producción, demostró que el 62% del volumen transaccionado presentaba algún riesgo de ilegalidad con relación a estos parámetros evaluados. Aunque parciales, los resultados indican que una parte sustancial de la producción está comprometida por riesgos asociados a la ilegalidad y falta de trazabilidad, lo que requiere un mayor rigor en el análisis de la información para determinar el origen por parte de la administración y los consumidores.

Además de monitorear el PMFS como una fuente de crédito ficticio para la madera, es necesario examinar más de cerca a las industrias forestales responsables de la extracción de madera primaria, a fin de evitar el uso de CRV altos como mecanismos para encubrir la madera ilegal.

En este contexto, se entiende que es de fundamental importancia preparar y divulgar periódicamente estimaciones sobre los riesgos de ilegalidad derivados de los propios órganos del Sisnama. Además de mejorar el monitoreo de la producción y uso de los recursos forestales, la evaluación periódica de los riesgos de ilegalidad presentes en los sistemas ayuda a identificar brechas en los mismos sistemas, así como a priorizar y dirigir los recursos a las inspecciones en lugares donde ciertas especies sufren una mayor presión. Además, una mayor transparencia en la disponibilidad de la información, así como una mayor calidad, integridad y detalle de la información ya disponible, abre espacio para el desarrollo de nuevas líneas de investigación que incorporen componentes de producción, comercio e inspección en la comprensión de las amenazas a especies como *Cedrela odorata* y *Cedrela fissilis*.

6. REFERENCIAS

Azevedo-Ramos, C., Silva, J.N.M., & Merry, F. (2015). The evolution of Brazilian forest concessions. *Elementa: Science of the Anthropocene*, 3, 000048. <https://doi.org/10.12952/journal.elementa.000048>

Bisschop, L. (2012). Out of the woods: the illegal trade in tropical timber and a European trade hub. *Global Crime*, 13(3), 191–212. <https://doi.org/10.1080/17440572.2012.701836>

Brancalion, P.H.S., De Almeida, D.R.A., Vidal, E., Molin, P.G., Sontag, V.E., Souza, S.E. X.F., & Schulze, M.D. (2018). Fake legal logging in the brazilian amazon. *Science Advances*, 4(8), 1–8. <https://doi.org/10.1126/sciadv.aat1192>

Brasil. (1986). *Portaria n° 486-P, de 28 de outubro de 1986*. Institui conceitos e procedimentos a serem observados para a exploração florestal.

Brasil. (1992). *Portaria Ibama n° 139, de 05 de junho de 1992*. Institui a obrigatoriedade de autorização para o transporte de produtos florestais de origem nativa. <https://www.ibama.gov.br/sophia/cnia/legislacao/IBAMA/PT0138-141197.PDF>

Brasil. (2006). Portaria MMA n° 253 de 18/08/2006. Institui, a partir de 1° de setembro de 2006, no âmbito do IBAMA, o Documento de Origem Florestal - DOF em substituição à Autorização para Transporte de Produtos Florestais - ATPF. *Diário Oficial da União*. <https://pesquisa.in.gov.br/imprensa/jsp/visualiza/index.jsp?jornal=1&pagina=92&data=21/08/2006>

Brasil. (2009). Resolução Federal CONAMA n° 406, de 02 de fevereiro de 2009. Estabelece parâmetros técnicos a serem adotados na elaboração, apresentação, avaliação técnica e execução de PMFS. *Diário Oficial da União*, <https://pesquisa.in.gov.br/imprensa/jsp/visualiza/index.jsp?data=06/02/2009&jornal=1&pagina=100&totalArquivos=160>

Brasil. (2012). Lei n° 12.651 de 25 de maio de 2012. Dispõe sobre a proteção da vegetação nativa; altera as Leis nos 6.938, de 31 de agosto de 1981, 9.393, de 19 de dezembro de 1996, e 11.428, de 22 de dezembro de 2006; revoga as Leis nos 4.771, de 15 de setembro de 1965, e 7.754, de 14 de abril de 1989, e a Medida Provisória no 2.166-67, de 24 de agosto de 2001; e dá outras providências. *Diário Oficial da União*. <https://pesquisa.in.gov.br/imprensa/jsp/visualiza/index.jsp?data=28/05/2012&jornal=1&pagina=1&totalArquivos=168>

Brasil. (2014). Instrução Normativa do Ibama nº 21/2014. Institui o Sistema Nacional de Controle da Origem dos Produtos Florestais (Sinaflor) e dá outras providências. *Diário Oficial da União*. <https://www.ibama.gov.br/phocadownload/sinaflor/2018-06-13-Ibama-IN-IBAMA-21-24-12-2014-SINAFLOD-DOF-compilada.pdf>

Brasil. (2014a). *Portaria MMA nº 443, de 17 de dezembro de 2014*. Reconhece como espécies da flora brasileira ameaçadas de extinção aquelas constantes da “Lista Nacional Oficial de Espécies da Flora Ameaçadas de Extinção”. http://cncflora.jbrj.gov.br/portal/static/pdf/portaria_mma_443_2014.pdf

Brasil. (2016). *Resolução CONAMA nº 474, de 6 de abril de 2016*. Altera a Resolução no 411 de 06 de maio de 2009, que dispõe sobre procedimentos para inspeção de indústrias consumidoras ou transformadoras de produtos e subprodutos florestais madeireiros de origem nativa, bem como os respectivos padrões de nomenclatura e coeficientes de rendimento volumétricos e dá outras providências.

Brasil. (2020). *Resolução CONAMA nº 497, de 19 de agosto de 2020*. Altera a Resolução no 411 de 06 de maio de 2009, que dispõe sobre procedimentos para inspeção de indústrias consumidoras ou transformadoras de produtos e subprodutos florestais madeireiros de origem nativa, bem como os respectivos padrões de nomenclatura e coeficientes de rendimento volumétricos, inclusive carvão vegetal e resíduos de serraria. *Diário Oficial da União*. <https://pesquisa.in.gov.br/imprensa/jsp/visualiza/index.jsp?data=20/08/2020&jornal=515&pagina=91&totalArquivos=137>

Brasil. Ministério do Meio Ambiente e Mudança do Clima. (2023). *Plano de Ação para a Prevenção e Controle do Desmatamento na Amazônia Legal (PPCDAm): 5ª fase (2023 a 2027)*. Brasília, DF.

Celentano, D., Miranda, M.V., Mendonça, E.N., Rousseau, G.X., Muniz, F.H., Loch, V.D.C., ... & Martins, M.B. (2018). Desmatamento, degradação e violência no “Mosaico Gurupi”-A região mais ameaçada da Amazônia. *Estudos avançados*, 32, 315-339. <https://doi.org/10.5935/0103-4014.20180021>

Chaves, M.E.D., Mataveli, G., Conceição, K.V., Adami, M., Petrone, F.G., & Sanches, I.D. (2024). AMACRO: the newer Amazonia deforestation hotspot and a potential setback for Brazilian agriculture. *Perspectives in Ecology and Conservation*, 22(1), 93–100. <https://doi.org/10.1016/j.pecon.2024.01.009>

Convention on International Trade in Endangered Species – Cites. (2019). *Consideration of proposals for amendment of appendices I and II*. <https://cites.org/sites/default/files/eng/cop/18/prop/E-CoP18-Prop-57.pdf>

Costa, V.O.B., Koehler, H.S., & Robert, R.C.G. (2024). Characterization of technical and legal irregularities in management plans in the Brazilian Amazon. *Trees, Forests and People*, 16, 100548. <https://doi.org/10.1016/j.tfp.2024.100548>

Costa, V.O.B. (2023). Caracterização das intercorrências técnico-legais em planos de manejo florestal na Amazônia. *[Dissertação de Mestrado, Universidade Federal do Paraná]*. <https://acervodigital.ufpr.br/xmlui/handle/1884/86779>

Drummond, J., & Barros-Platiau, A.F. (2006). Brazilian Environmental Laws and Policies, 1934–2002: A Critical Overview. *Law & Policy*, 28, 83–108. <https://doi.org/10.1111/j.1467-9930.2005.00218.x>

Franca, C.S.S., Persson, U.M., Carvalho, T., & Lentini, M. (2023). Quantifying timber illegality risk in the Brazilian forest frontier. *Nature Sustainability*, 6(11), 1485–1495. <https://doi.org/10.1038/s41893-023-01189-3>

Folly, M., & Vieira, F. do A. (Eds.). (2024). Crimes Ambientais na Amazônia: Lições e desafios da linha de frente. *Plataforma CIPÓ*. <https://plataformacipo.org/publicacoes/livros/livro-destaca-necessidade-de-acoes-coordenadas-para-protecao-da-amazonia/>

Food and Agriculture Organization – FAO. (2020). *Global forest resources assessment 2020 – Key findings*. <https://doi.org/10.4060/ca8753en>

Forest Declaration Assessment Partners – FDAP. (2024). Forests under fire: Tracking progress on 2030 forest goals. *Climate Focus* (coordinator and editor). www.forestdeclaration.org

Heeren, N., & Hellweg, S. (2019). Tracking Construction Material over Space and Time: Prospective and Geo-referenced Modeling of Building Stocks and Construction Material Flows. *Journal of Industrial Ecology*, 23(1), 253–267. <https://doi.org/10.1111/jieC.12739>

Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais – INPE. (2024). Boletim mensal integrado dos avisos de desmatamento, degradação e queimadas no Brasil. https://dataserver-coids.inpe.br/queimadas/queimadas/Boletins-Integrados/2024/07_2024.pdf

Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e Recursos Naturais Renováveis – Ibama. (2019). *Produção madeireira de espécie nativas brasileiras* (2012 a 2017). (T. L. Farani & G. B. de Oliveira, Orgs.). Brasília: Ibama. <http://www.ibama.gov.br/flora-e-madeira/publicacoes>

Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e Recursos Naturais Renováveis – Ibama. (2022). Portaria 92, de 14 de setembro de 2022. *Regimento Interno do Ibama*. <https://www.ibama.gov.br/component/legislacao/?view=legislacao&legislacao=139181>.

Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e Recursos Naturais Renováveis – Ibama. (2024). *Produção madeireira de espécie nativas brasileiras* (2012 a 2020). Brasília: Ibama. (Forthcoming).

Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e Recursos Naturais Renováveis – Ibama. (2024a). *Já fez a “Destinação Final” do seu saldo no DOF?*. https://www.gov.br/ibama/pt-br/assuntos/biodiversidade/flora-e-madeira/arquivos/dof/20241001_Cartilha_Destinacao_Final_no_Sistema_DOF_3a-versao.pdf

International Tropical Timber Organization – ITTO. (2023). *Biennial review and assessment of the world timber situation 2021-2022*. Yokohama, Japan, Tech. Rep. https://www.itto.int/direct/topics/topics_pdf_download/topics_id=7590&no=1

Kilawe, C.J., Baltazary, I.S., Malila, B.P., Lyimo, P.J., & Mwakalukwa, E.E. (2023). Replacement of native trees by the neotropical invasive tree *Cedrela odorata* L. in the Kimboza Forest Reserve, Tanzania. *Biological Invasions*, 25(12), 3697–3710. <https://doi.org/10.1007/s10530-023-03136-x>

Lapola, D.M., Pinho, P., Barlow, J., Aragão, L.E.O.C., Berenguer, E., Carmenta, R., Liddy, Lapola, D.M., Pinho, P., Barlow, J., Aragão, L.E.O.C., Berenguer, E., Carmenta, R., ... & Walker, W. S. (2023). *The drivers and impacts of Amazon forest degradation*, *Science*, 379, eabp8622. <https://doi.org/10.1126/science.abp8622>

Lentini, M., Veríssimo, A., & Sobral, L. (2003). *Fatos Florestais da Amazônia 2003*. Belém: Imazon. <https://imazon.org.br/PDFimazon/Portugues/livros/atos-florestais-da-amazonia-2003.pdf>

Lentini, M., Sobral, L., Nunes, F., & Carvalho, T. (2021). A evolução da atividade madeireira no estado do Pará: Situação atual e perspectivas para o setor florestal no século XXI. (Boletim Timberflow). *Imaflora*. https://www.imaflora.org/public/media/biblioteca/boletim_timberflow_3_marco_2021_final_1.pdf

Lentini, M.W., Ducatti, M., Camargo, F., Pinto, R.C., & Andrade, M. (2023). Desafios e oportunidades para a produção de madeira sólida de cultivos florestais voltada ao desenvolvimento da construção civil brasileira. (Boletim Timberflow). *Imaflora*. https://www.imaflora.org/public/media/biblioteca/boletim_timberflow_14_desafios_e_oportunidades_para_a_producao_de_madeira_solida_de_cultivos_florestais_voltada_ao_desenvolvimento_da_construcao_civil_brasileira.pdf

Lima, L.S. de, Merry, F., Soares-Filho, B., Rodrigues, H.O., Damaceno, C. dos S., & Bauch, M.A. (2018). *Illegal logging as a disincentive to the establishment of a sustainable forest sector in the Amazon*. *PLoS one*, 13(12), e0207855. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0207855>

Matricardi, E.A.T., Skole, D.L., Costa, O.B., Pedlowski, M.A., Samek, J.H., & Miguel, E. P. (2020). Long-term forest degradation surpasses deforestation in the Brazilian Amazon. *Science*, 369(6509), 1378–1382. <https://doi.org/10.1126/science.abb3021>

Moutinho, P., & Azevedo-Ramos, C. (2023). Untitled public forestlands threaten Amazon conservation. *Nature Communications*, 14, 1152. <https://doi.org/10.1038/s41467-023-36427-x>

Peng, L., Searchinger, T.D., Zions, J., & Waite, R. (2023). The carbon costs of global wood harvests. *Nature*, 620(7972), 110-115. <https://doi.org/10.1038/s41586-023-06187-1>

Perazzoni, F., Bacelar-Nicolau, P., & Painho, M. (2020). Geointelligence against illegal deforestation and timber laundering in the Brazilian Amazon. *ISPRS International Journal of Geo-Information*, 9(6), 398. <https://doi.org/10.3390/ijgi9060398>

Rajão, R., Soares-Filho, B., Nunes, F., Börner, J., Machado, L., Assis, D., ... & Figueira, D. (2020). The rotten apples of Brazil's agribusiness. *Science*, 369(6501), 246–248. <https://doi.org/10.1126/science.aba6646>

Richardson, V.A., & Peres, C.A. (2016). Temporal Decay in Timber Species Composition and Value in Amazonian Logging Concessions. *PLoS one*, 11, e0159035. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0159035>

Romero, F.M.B., Jacovine, L.A.G., Ribeiro, S.C., Ferreira Neto, J.A., Ferrante, L., Da Rocha, S.J.S.S., ... & Fearnside, P.M. (2020). Stocks of carbon in logs and timber products from forest management in the southwestern amazon. *Forests*, 11(10), 1–20. <https://doi.org/10.3390/f11101113>

Sen, M. (2020). Forests: at the heart of a green recovery from the COVID-19 pandemic. *United Nations*. <https://doi.org/10.18356/ca7463ff-en>

Serviço Florestal Brasileiro – SFB. (2021). Diagnóstico das condições de logística de transporte, infraestrutura e levantamento de preços no entorno da Floresta Nacional de Mulata, no Estado do Pará, para a concessão florestal (Produtos nº 2 e nº 3). *Projeto gestão florestal para produção sustentável na Amazônia - Fundo Suplementar FS C Nº 08/2020/SFB*.

Sistema de Monitoramento da Exploração Madeireira – Simex. (2023). *System for Monitoring Timber Harvesting (Simex): Mapping of logging in Brazilian Amazon August 2021 to July 2022*. Imazon, ICV, Imaflora, Idesam. <https://imazon.org.br/en/publicacoes/system-for-monitoring-timber-harvesting-simex-mapping-of-logging-in-the-brazilian-amazon-august-2022-to-july-2023-2/>

Sistema de Monitoramento da Exploração Madeireira – Simex. (2024). *System for Monitoring Timber Harvesting (Simex): Mapping of logging in the Brazilian Amazon – August 2022 to July 2023*. Imazon, ICV, Imaflora, Idesam. <https://imazon.org.br/en/publicacoes/system-for-monitoring-timber-harvesting-simex-mapping-of-logging-in-the-brazilian-amazon-august-2022-to-july-2023-2/>

Scoti, M.S.V., Mascarenhas, A.R.P., Rebelo, A.C., Fernandes, I.M., Vendruscolo, J., das Dores de Sá Rocha, J., & Moreto, R.F. (2023). Current practices of conducting forest management plans in the Amazon may risk the survival of timber species. *Environmental Science and Pollution Research*, 30(34), 82589–82600. <https://doi.org/10.1007/s11356-023-28311-4>

Schulze, M., Grogan, J., Uhl, C., Lentini, M., & Vidal, E. (2008). Evaluating ipê (Tabebuia, Bignoniaceae) logging in Amazonia: Sustainable management or catalyst for forest degradation? *Biological Conservation*, 141, 2071–2085. <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2008.06.003>

Van der Meersch, V., Zo-Bi, I.C., Amani, B.H., N'dja, J.K., N'guessan, A.E., & Herault, B. (2021). Causes and consequences of *Cedrela odorata* invasion in West African semi-deciduous tropical forests. *Biological Invasions*, 23, 537–552. <https://doi.org/10.1007/s10530-020-02381-8>

Valdiones, A.P., Amaral, C., & Thuault, A. (2021). *Transparência das informações ambientais na Amazônia Legal: O acesso à informação e a disponibilização de dados públicos*. In ICV (Vol. 8, Issue 13). <https://www.icv.org.br/publicacao/transparencia-das-informacoes-ambientais-na-amazonia-legal-o-acesso-a-informacao-e-a-disponibilizacao-de-dados-publicos/>

Vidal, E., West, T., Lentini, M., Souza, S., Klauberg, C., & Waldhoff, P. (2020). Sustainable forest management (SFM) of tropical moist forests: the case of the Brazilian Amazon. In: *Achieving Sustainable Management of Tropical Forests*. pp. 619–650. <https://doi.org/10.19103/AS.2020.0074.42>



CAPÍTULO 6

CRITERIOS PARA EL MANEJO FORESTAL
SOSTENIBLE DE *CEDRELA* SPP. EN
LA AMAZONÍA BRASILEÑA.

Manolo Quintilhan¹, Allan Jordani^{1,2}, José Roberto Vieira Araújo³, Yanka Alves¹, Lucas Pereira⁴, André Giles⁵, Maria Luiza de Azevedo⁶, Jochen Schöngart⁷, Peter Groenendijk⁸ y Grupo de Trabajo Ordenanza de Personal n. 701, de 15 de abril de 2024⁹

RESUMEN

El manejo forestal sostenible debe tener como uno de sus principales fundamentos las características biológicas y ecológicas de las especies explotadas. Por lo tanto, un análisis robusto de las estructuras poblacionales y el crecimiento de las especies en áreas con diferentes historias de manejo forestal es esencial para hacer proyecciones más confiables. Al comprender y cuantificar cómo el manejo forestal impacta la dinámica poblacional, es posible estimar las poblaciones futuras, por ejemplo, después de un ciclo de corta de 30 años. En este contexto, las simulaciones que evalúan cómo las características biológicas de las especies y cómo su recuperación volumétrica, responden a diferentes parámetros de manejo pueden mejorar el análisis del efecto de la extracción, contribuyendo a la sostenibilidad del manejo de las especies en el tiempo. En el presente capítulo se evaluó cómo los cambios en el diámetro mínimo de corta (DMC) y en la intensidad de extracción (IE) alteran el índice volumétrico de recuperación (RI), con base en el volumen previo a la extracción. Para ello, se utilizaron datos del inventario forestal de los Bosques Nacionales (estructura poblacional), anillos de crecimiento (autocorrelación y variabilidad intrapoblacional del crecimiento) y parcelas permanentes (crecimiento diametral y mortalidad). Las proyecciones del modelo definido establecen escenarios para el cambio de

-
- 1 Coordinación General de Gestión y Monitoreo del Uso de la Flora, Instituto Brasileño del Medio Ambiente y de los Recursos Naturales Renovables - CGFIO/Ibama
 - 2 Autoridad Científica CITES, Instituto Brasileño del Medio Ambiente y de los Recursos Naturales Renovables - Ibama
 - 3 Departamento de Biología, Universidad Federal de Ceará - UFC
 - 4 Departamento de Ingeniería Forestal, Universidad Federal de Lavras - UFLA
 - 5 Centro de Ciencias Agrarias, Universidad Federal de Santa Catarina - UFSC
 - 6 Departamento de Ingeniería Forestal, Universidad Federal de los Valles de Jequitinhonha y Mucuri - UFVJM
 - 7 Coordinación de Ordenamiento Territorial y Cambio Climático, Instituto Nacional de Investigaciones Amazónicas - CODAM/INPA
 - 8 Departamento de Biología Vegetal, Universidad Estadual de Campinas - UNICAMP
 - 9 Ordenanza de Personal n. 701, del 15 de abril de 2024

los criterios de manejo del género *Cedrela* en el bioma amazónico, con cambios en DMC y IE. Además de estos parámetros, los tratamientos silvícolas, tales como: corte de viñas, realización de regeneración y enriquecimiento de la plantación en claros medios (200-400 m²) pueden favorecer la regeneración y recuperación volumétrica de las poblaciones gestionadas. Los resultados presentados están en línea con la literatura y las recomendaciones de otros Dictámenes de Extracción No Perjudicial para la especie. Así, los nuevos criterios propuestos sugieren que la extracción de *Cedrela* spp. puede llevarse a cabo de forma sostenible en el tiempo.

Palabras clave: manejo forestal sostenible; anillos de crecimiento; recuperación volumétrica.

CONTEXTO

O manejo florestal sustentável das espécies florestais na Amazônia é um dos grandes desafios para a conservação e o uso responsável dos recursos naturais (Putz *et al.*, 2001). No caso de espécies madeireiras de alto valor comercial, como *Cedrela odorata*, o desenvolvimento de critérios específicos para sua exploração é necessário para garantir a sustentabilidade do seu manejo (Brienen & Zuidema). No entanto, alcançar essa sustentabilidade depende não apenas de avanços científicos, mas também de diretrizes claras e bem adaptadas às particularidades das espécies (Worbes & Schongart, 2019; Sarfo-adu, 2021; Regmi *et al.*, 2023).

El manejo forestal sostenible de las especies forestales en la Amazonía es uno de los grandes desafíos para la conservación y el uso responsable de los recursos naturales (Putz *et al.*, 2001). En el caso de especies maderables de alto valor comercial, como *Cedrela odorata*, es necesario el desarrollo de criterios específicos para su extracción a fin de garantizar la sostenibilidad de su gestión (Brienen y Zuidema, 2006a). Sin embargo, lograr esta sostenibilidad no solo depende de avances científicos, sino también de directrices claras y bien adaptadas a las particularidades de la especie (Worbes y Schongart, 2019; Sarfo-adu, 2021; Regmi *et al.*, 2023).

Las políticas de manejo forestal en Brasil están reguladas en gran medida por resoluciones e instrucciones normativas que definen parámetros generales para el manejo y aprovechamiento de las especies maderables (Brasil, 2006; 2009; Banerjee *et al.*, 2009). Sin embargo, estas directrices suelen ser insuficientes cuando se aplican de manera homogénea a especies con características ecológicas distintas y un historial de alta presión comercial (Lindenmayer *et al.*, 2006; Zimmerman y Kormos, 2012; Capanema *et al.*, 2022). Si el manejo forestal no tiene en cuenta las particularidades biológicas y ecológicas de cada especie, puede provocar el agotamiento de las reservas madereras y comprometer la regeneración y recuperación

de la población (Fortini *et al.*, 2015; Jardim, 2015; Chaudhary *et al.*, 2016), poniendo en riesgo las especies (Schulze *et al.*, 2008), el sector productivo (Braz *et al.*, 2017) y los servicios ecosistémicos que brindan los bosques (Temperli *et al.*, 2012).

La definición de criterios específicos para el manejo forestal sostenible es especialmente importante para las especies vulnerables, particularmente en relación con la extracción (Sccoti y Souza, 2020). Ambas especies de *Cedrela* spp. que se encuentran en la Amazonía, *Cedrela fissilis* y *Cedrela odorata*, están categorizadas como especies vulnerables en la Lista Nacional de Especies Amenazadas, según la Ordenanza MMA n. 148, del 7 de junio de 2022 (Brasil, 2022). Por lo tanto, se pueden considerar especies que se encuentran bajo una fuerte presión de extracción y que presentan una mayor vulnerabilidad biológica y ambiental. En este sentido, su extracción requiere de prácticas de manejo específicas, basadas en sus características biológicas como el crecimiento y la mortalidad, especialmente en situaciones donde las tasas demográficas son más lentas, como en casos de menor regeneración natural (Teketay, 2011; Jardim, 2015; Capanema *et al.*, 2022). Para una mayor efectividad y sostenibilidad de las actividades madereras, es fundamental que éstas se basen en datos de investigación forestal, basados en el análisis y monitoreo continuo de estas especies bajo diferentes condiciones socioambientales y de manejo forestal (Andersson *et al.*, 2004; von Gadow *et al.*, 2004; Andani *et al.*, 2024).

La dinámica poblacional en la Amazonía y, en consecuencia, sus criterios para el manejo forestal sostenible están directamente influenciados por el reclutamiento, crecimiento y mortalidad de las especies explotadas. El corte selectivo de árboles grandes ($DAP \geq 50$ cm) a través de la tala de impacto reducido tiene efectos claros en la dinámica forestal (De Ávila *et al.*, 2017) con pérdidas de reserva. El corte selectivo de especies arbóreas en los bosques tropicales influye directamente en la regeneración natural, el crecimiento, el reclutamiento y la mortalidad de los individuos que conforman las comunidades de estos bosques (Schwartz *et al.*, 2014; Arévalo *et al.*, 2016; Darrigo *et al.*, 2016; De Ávila *et al.*, 2017; Dionisio *et al.*, 2017 citado por Dionisio, 2020). El conocimiento sobre la dinámica forestal es fundamental para su manejo y conservación, permitiendo regular los ciclos de corte y/o intensidad de extracción de acuerdo con las características del bosque (Dionisio *et al.*, 2018). El rendimiento maderero de estas áreas puede verse afectado por el crecimiento en diámetro y mortalidad de los árboles de tamaño mediano y grande restantes después del corte (Reátegui-Betancourt, 2023). La capacidad de regeneración (o recuperación) de una población explotada se refiere a la capacidad de los árboles restantes para reconstruir la población o repoblar áreas donde se han eliminado individuos o subpoblaciones (Wolf *et al.*, 2018). Por lo tanto, la comprensión de estos factores está intrínsecamente relacionada con la definición de parámetros específicos para el manejo forestal sostenible de una especie determinada.

El diámetro mínimo de corta (DMC), el ciclo de corta (CC) y la intensidad de extracción (IE) del stock maderero poblacional son algunos de los parámetros más importantes para definir los criterios para el manejo sostenible de las especies forestales (Brienen y Zuidema, 2007; Schöngart, 2008; Andrade, *et al.*, 2019). La definición de estos criterios, cuando se basan en las características biológicas de las especies y la dinámica de sus poblaciones, permite estimaciones más precisas del manejo de las especies a lo largo del tiempo (Brienen y Zuidema, 2006a). Los datos biológicos, como la estructura de la población, la tasa de crecimiento y la mortalidad, al subsidiar modelos predictivos de recuperación volumétrica entre ciclos de tala, son más precisos que las estimaciones mundiales a nivel forestal (Groenendijk *et al.*, 2017). A través del monitoreo a largo plazo de la dinámica de las especies, combinado con datos de inventarios forestales, parcelas permanentes y anillos de crecimiento, es posible construir una base sólida para la definición de parámetros de manejo más confiables a nivel de especie (Biondi, 1999; Chagneau *et al.*, 2009; Worbes y Schongart, 2019).

En este capítulo se proyectó la recuperación volumétrica de madera de *Cedrela odorata* para dos tipos de vegetación: Bosque Ombrófilo Abierto (BOA) y Bosque Ombrófilo Denso (BOD), con la evaluación de diferentes escenarios, teniendo en cuenta los criterios de sostenibilidad definidos en el ámbito de las prácticas de manejo forestal sostenible. Para ello, se utilizaron datos de inventario forestal de Bosques Nacionales Amazónicos para evaluar las estructuras poblacionales, así como datos de monitoreo de parcelas permanentes y anillos de crecimiento para estimar las tasas de crecimiento y mortalidad. Los datos se utilizaron para simular la recuperación volumétrica de *C. odorata* después de un ciclo de extracción de 30 años. En estas simulaciones se variaron los diámetros mínimos de corte y las intensidades de extracción para buscar escenarios de manejo maderable sostenible para la especie. No se evaluaron escenarios con el cambio en el ciclo de corta, dada la dificultad de compatibilizar diferentes periodos de extracción de *Cedrela* y otras especies comerciales, lo que llevaría a mayores impactos producto del reingreso a la zona.

1. EVALUACIÓN DEL NIVEL DE RIGOR DE LAS MEDIDAS ACTUALES DEL PLAN DE MANEJO FORESTAL SOSTENIBLE - PMFS EN BRASIL

El manejo forestal sostenible está regulado por la Resolución Conama n. 406, de 2 de febrero de 2009 (MMA, 2006), que define un diámetro mínimo de corta (DMC) estandarizado en 50 cm para árboles comerciales, además de limitar la intensidad de tala a un máximo de 30 m³/ha, con ciclos de corte entre 25 y 35 años para PMFS Completo (Tabla 1). En la Amazonía también se pueden realizar PMFS de Baja Intensidad, con ciclos mínimos de corte de 10 años, cosechas anuales máximas de 10 m³/ha y ausencia de maquinaria para el

arrastre de trozas. En el caso de los PMFS de baja intensidad en zonas de llanuras aluviales, el organismo ambiental competente, basándose en estudios sobre el volumen medio por árbol, puede autorizar una intensidad de corte superior a 10 m³/ha, limitada a tres árboles por hectárea (MMA, 2006).

Tabla 1. Criterios vigentes para la extracción forestal de todas las especies según la Resolución n. 406 de Conama, del 2 de febrero de 2009.

Medida de gestión	Parámetro cuantitativo	Especificación
Estimación de la productividad anual del bosque manejado para el grupo de especies comerciales	0,86 m ³ /ha/año para PMFS	Con el uso de máquinas para el arrastre de trozas y cuando no hay estudios para la zona
Ciclo de corta inicial	Mínimo 25 años y máximo 35 años	Para el PMFS
Intensidad de tala	De 21,5 a 30 m ³ /ha	Uso de máquinas de acarreo de trozas, con un ciclo de corta inicial de 35 años
Mantenimiento de árboles por especies	Al menos el 10% del número de árboles >DMC por especie, en la zona de extracción efectiva de la UCA, como portadores de semillas	Se respeta el límite mínimo de mantenimiento de tres árboles por especie por cada 100 ha (cien hectáreas) en cada UT
Mantenimiento de árboles de tala	La abundancia es igual o menor a tres árboles por cada 100 ha de área efectiva de extracción de la UCA, en cada UT	Sin especificación
Diámetro mínimo de corta – DMC	50 cm	Para todas las especies para las que aún no se ha establecido el DMC específico

Las especies *C. fissilis* y *C. odorata* están categorizadas como “Vulnerables” en la Lista Nacional de Especies Amenazadas vigente (Ordenanza MMA n. 148, de 7 de junio de 2022) (Brasil, 2022). Como resultado, cuentan con criterios de extracción más estrictos, según lo estipulado en la Instrucción Normativa MMA n. 1, del 12 de febrero de 2015 (MMA, 2015) (Tabla 2).

Tabla 2. Criterios actuales de extracción forestal para especies categorizadas como “Vulnerables” en la Listado Nacional de Especies Amenazadas (Ordenanza MMA n. 148, de 7 de junio de 2022) (Brasil, 2022) según la Instrucción Normativa MMA n. 1, de 12 de febrero de 2015 (MMA, 2015).

Medida de gestión	Parámetro cuantitativo	Especificación
Estimación de la productividad anual del bosque manejado para el grupo de especies comerciales	0,86 m³/ha/año para PMFS	Con el uso de máquinas para el arrastre de trozas y cuando no hay estudios para la zona
Ciclo de corta inicial	Mínimo 25 años y máximo 35 años	Para el PMFS
Intensidad de tala	De 21,5 a 30 m³/ha	Uso de máquinas de acarreo de trozas, con un ciclo de corta inicial de 35 años
Mantenimiento de árboles por especies	Al menos el 15% del número de árboles >DMC por especie, en la zona de extracción efectiva de la UCA, como portadores de semillas.	Respetando la distribución en las clases de Diámetro a la Altura del Pecho (DAP), de acuerdo con el perfil de la población existente en la UCA y respetando el límite mínimo de mantenimiento de 4 (cuatro) árboles >DMC por especie por 100 ha (cien hectáreas), en cada Unidad de Trabajo – UT
Mantenimiento de árboles de tala	Todos los árboles de especies cuya abundancia de individuos con DAP superior al Diámetro Mínimo de Corta – DMC sea igual o menor a 4 (cuatro) árboles por cada 100 ha (cien hectáreas) de área de extracción efectiva de la UPA, en cada UT	Sin especificación
Diámetro mínimo de corta – DMC	50 cm	Para todas las especies para las que aún no se ha establecido el DMC específico

Los estudios indican que las regulaciones actuales de extracción selectiva en Brasil, a pesar de ser un avance en relación con la extracción depredadora, aún no garantizan un rendimiento sostenible a largo plazo, lo que resulta en el agotamiento de las reservas de madera de varias especies (Brienen y Zuidema, 2007; Schulze et al., 2008; Ávila et al., 2017; Sist et al., 2021; Putz et al., 2022). Un ejemplo llamativo es la caoba (*Swietenia macrophylla*), cuya sobreextracción im-

pulsada por la alta demanda del mercado ha dado lugar a graves disminuciones de la población (Grogan *et al.*, 2010).

Corroborando esta premisa, si bien el bosque puede recuperar su volumen total incluso en menos de un ciclo de corta, especies valiosas en el mercado con baja abundancia y lento crecimiento pueden desaparecer en un futuro cercano si no reciben mayor atención en los planes de manejo forestal (Pinheiro, 2019). Sist *et al.* (2007) enfatizan que las extracciones más bajas (reducciones del 40-50% de las extracciones actuales) son necesarias para la sostenibilidad del manejo del bosque tropical amazónico.

En este contexto, a pesar de establecer la posibilidad de modificar los criterios de la OFS como Intensidad de tala, DMC y Ciclo de corta, con base en estudios técnico-científicos presentados en el ámbito de la autorización del plan de manejo, la Resolución Conama n. 406, del 2 de febrero de 2009, define la regulación de la extracción teniendo en cuenta los parámetros generales del bosque.

De acuerdo con Reátegui-Betancourt (2023), el rendimiento de la madera puede verse afectado por las diferentes disposiciones de los tamaños de árboles y las especies a cortar, y es fundamental que los planes de manejo forestal utilicen esta información para las decisiones de manejo, como la intensidad de corte y el ciclo de corta, en lugar de seguir la directiva simplificada de CONAMA, que puede afectar negativamente la producción sostenible de madera a mediano y largo plazo.

A casi 15 años de su publicación, con excepciones, como la norma estatal IN n. 09/2010 de Amazonas, que trata de los criterios de MFS en los ecosistemas de llanura aluvial, no se observa la práctica de evaluaciones y definiciones de parámetros específicos por tipo de vegetación y especie en el manejo forestal sostenible explotado en el bioma amazónico.

En este sentido, la necesidad de un cambio de paradigmas es fundamental, para que, en el futuro, la sostenibilidad de la actividad incluya también criterios específicos para cada especie. De este modo, será posible ajustar los parámetros técnicos de la ordenación y extracción forestal a fin de garantizar la conservación y regeneración de las existencias madereras a nivel de especies y bosques.



Figura 1. Propuesta de evolución de paradigmas para la extracción forestal sostenible a nivel de especie en Brasil.

2. CRITERIOS DE GESTIÓN FORESTAL MADERERA, A NIVEL DE ESPECIE

En teoría, el mantenimiento de la producción sostenible de madera puede lograrse cambiando los ciclos de tala, los diámetros mínimos de corte y/o las intensidades de tala (Putz *et al.*, 2022). Cuando se trata de establecer criterios de manejo de bosques madereros específicos para cada especie, estos son los parámetros que generalmente se consideran. Para hacer frente a este reto, se han logrado avances a través del análisis de los anillos de crecimiento de los árboles, que proporciona información detallada sobre el desarrollo de las especies a lo largo del tiempo. Esta técnica ha proporcionado una comprensión profunda de las tasas de crecimiento y la variabilidad, la longevidad de los árboles y la respuesta a eventos climáticos como sequías e inundaciones (Bräuning *et al.*, 2016; Brien *et al.*, 2016). A partir de estos datos, es posible estimar los diámetros mínimos de corte y los ciclos de tala específicos de cada especie utilizando modelos de crecimiento (Brien y Zuidema, 2006a; Schöngart, 2008; Scabin *et al.*, 2012; Inga y del Valle, 2017; Rosa *et al.*, 2017; Miranda *et al.*, 2018; Andrade *et al.*, 2019; Worbes y Schöngart, 2019; Conde *et al.*, 2024), contribuyendo a la definición de criterios de gestión más adecuados.

Estos esfuerzos fueron reconocidos formalmente por la Instrucción Normativa n. 009 del Estado de Amazonas, del 12 de noviembre de 2010, que determina los ciclos de corte agrupados por densidad de madera y diámetros mínimos de corte específicos de las especies comerciales en ecosistemas de llanura aluvial (Schöngart, 2020).

Además, en otros países de América del Sur que ya han desarrollado DENP se han definido nuevos criterios de extracción para *Cedrela odorata* (Tabla 3).

Tabla 3. Nuevos criterios de extracción para *Cedrela* spp. en países de América del Sur, establecidos en los DENP.

País	Diámetro mínimo de corta (cm)	Ciclo de corta (años)	Preservación de la población comercial	Densidad (n/ha)	Proceso autorizativo
Bolivia (Cerrillo et al., 2013)	60	20	Tasa de retención del 20% de árboles de tamaño comercial	Densidad mínima de retención de cinco árboles de tamaño comercial por cada 100 ha	Cinco tipos de vegetación presentaron densidades inferiores a cinco árboles por cada 100 ha y no deben ser explotados
Guyana (Van der Hout, 2015)	60	25	-	-	-
Perú (Lombardi et al., 2009a; Lombardi et al., 2009b)	65	40	Tasa de retención del 20% de árboles de tamaño comercial	-	-
Surinam (Rakimoen, 2023)	Sistema de cupos basado en la capacidad maderera de la población de <i>Cedrela odorata</i> en el país				

- Falta de información

2.1. Criterios de Manejo Forestal Maderero para *Cedrela* spp. en Brasil

Cedrela fissilis mostró baja densidad en la Amazonía, con 0,007 árboles por hectárea en BOA y menos de 0,002 en BOD, y un volumen promedio de menos de 0,05 m³/ha. Su estructura poblacional comercial presenta una J-invertida, típica de las especies con mayor capacidad regenerativa (Silva et al., 2016), sin embargo, con una densidad muy baja de árboles por clase, menor a 0.001 arb/ha, para la mayoría de las clases de diámetro.

Cedrela odorata, por su parte, presentó una densidad poblacional que osciló entre 0,040 árboles por hectárea en BOD y 0,043 en BOA, y un volumen promedio de alrededor de 0,5 m³/ha. El patrón unimodal de su estructura poblacional indica una mayor capacidad de crecimiento, transición de clases de diámetro y recuperación volumétrica (Bhasin et al., 2024). Estas características pueden

estar asociadas con una menor capacidad de regeneración, sin embargo, para las especies pioneras intolerantes a la sombra y con la regeneración después de perturbaciones, como el caso de *Cedrela* spp. (Cárdenas et al., 2015), este es un estándar esperado para poblaciones saludables (Da et al., 2004). Además, las tasas de mortalidad a largo plazo son inferiores al 1%, y el reclutamiento supera la mortalidad en el mismo período. El crecimiento promedio de la especie fue 17% mayor en las áreas manejadas, con tasas de crecimiento diametral alrededor de 0,64 cm/año, especialmente en las clases de menor diámetro.

Para el análisis de las estructuras poblacionales de *Cedrela odorata* se utilizaron datos del inventario forestal de Bosques Nacionales. Para el Bosque Ombrófilo Abierto - BOA se utilizaron datos del Bosque Nacional Jacundá - Rondônia, mientras que para el Bosque Denso - BOD, datos del Bosque Nacional Altamira - Pará. Para estos Bosques Nacionales, se utilizaron datos de inventario comercial – IF100% con todos los árboles a partir de 40 cm inventariados, e inventarios de diagnóstico con árboles a partir de 20 cm. De esta manera, fue posible estimar los datos de la estructura poblacional a lo largo de todas las clases de diámetro, acercando los parámetros de los modelos a la realidad de campo. En total, se inventariaron 53.549 ha en el BOD (Bosque Nacional Altamira), y 29.159 ha en el BOA (Bosque Nacional Jacundá) (Figura 2).

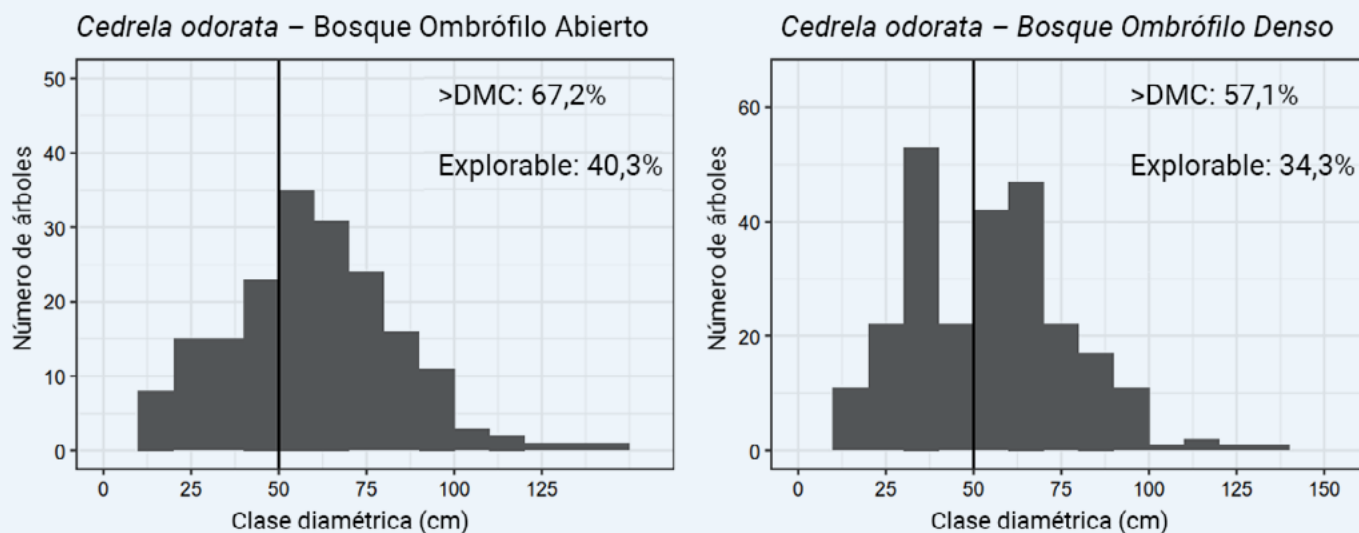


Figura 2. Distribución del número de árboles por clases de diámetro (intervalos de 10 cm) inventariados en los Bosques Nacionales que representan dos tipos de vegetación: Bosque Ombrófilo Abierto (BOA - Bosque Nacional Jacundá, 29,159 ha) y Bosque Ombrófilo Denso (BOD - Bosque Nacional Altamira, 53.549 ha), para *Cedrela odorata*. La línea vertical continua marca el diámetro mínimo de corta – DMC establecido por la legislación vigente (50 cm). Los porcentajes indicados se refieren a la proporción de la población con un diámetro superior al DMC y la correspondiente proporción de árboles aprovechables. En el BOA, el 67,2% de los árboles inventariados están por encima del DMC, de los cuales el 40,3% son aprovechables, mientras que, en el BOD, el 57,1% de los árboles están por encima del DMC, de los cuales el 34,3% son explotables.

Los modelos de recuperación volumétrica (RI) utilizaron los siguientes parámetros: estructura poblacional, tasa de crecimiento diametral (cm/año) y tasa de mortalidad (%/año) (Tabla 4). Se observó una diferencia significativa en la mortalidad de *Cedrela odorata* entre los tipos de vegetación evaluados. Utilizando la estructura poblacional (Figura 2), los datos de crecimiento simulado de las parcelas permanentes y la autocorrelación de los anillos de crecimiento (Figura 3), y las tasas de mortalidad obtenidas por las parcelas permanentes, se aplicó el método bootstrapping (Brienen *et al.*, 2006). Este método se utilizó para realizar 100 simulaciones para cada escenario planificado. Las simulaciones se aplicaron para evitar efectos de aleatoriedad en la elección de los individuos a explorar en las simulaciones (por ejemplo, eligiendo aleatoriamente individuos grandes o pequeños) y para obtener una mejor aproximación del promedio y la variabilidad en las estimaciones de recuperación volumétrica. Así, para cada escenario con diferentes relaciones entre el diámetro mínimo de corta y la intensidad de extracción, se obtuvo un respectivo Índice de Recuperación Volumétrica (RI) (Figura 4)..

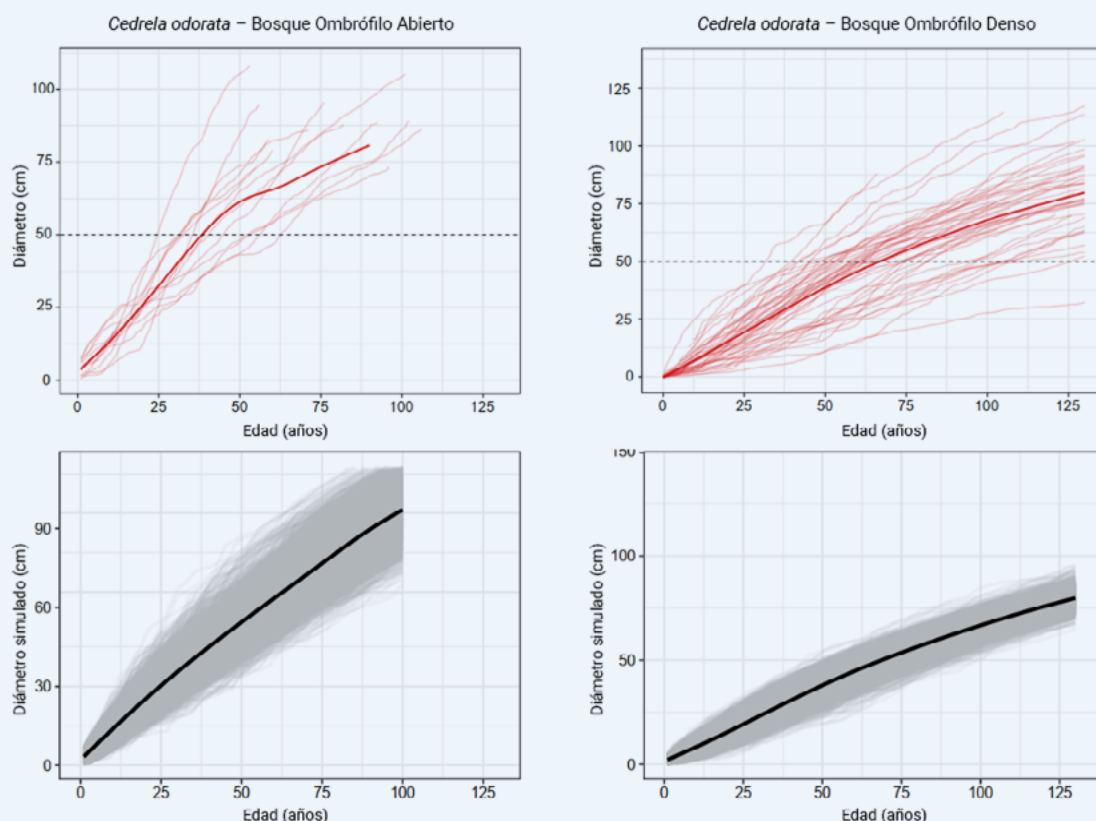


Figura 3. Trayectorias diamétricas acumuladas por edad para *Cedrela odorata* en los tipos de vegetación Bosque Ombrófilo Abierto (BOA) y Bosque Ombrófilo Denso (BOD). En la fila superior se presentan los datos de los anillos de crecimiento, mientras que, en la fila inferior, las simulaciones basadas en los datos de crecimiento de las parcelas permanentes, sin embargo, integrando la autocorrelación y variabilidad de los anillos de crecimiento.

Los escenarios de registro se diseñaron variando el DMC convencional de 50 cm e intensidades de registro durante el primer registro y en el ciclo subsiguiente, después de 30 años. El volumen inicial cosechado se calculó como la suma de los volúmenes de todos los árboles >DMC cosechados en el primer ciclo de corta. El volumen de madera se calculó por árbol utilizando las ecuaciones volumétricas generales de los planes de manejo forestal sostenible de la empresa Agrocortex, de la siguiente¹⁰, manera:

$$V(m^3) = 0,00087 * D^{2,06}$$

Donde: V es el volumen estimado (m³) y D es el diámetro medido en el inventario forestal (cm).

10 Agrocortex Madeiras do Acre – Hacienda Seringal Novo Macapá: ubicada entre los Municipios de Manoel Urbano/AC, Boca do Acre/AM y Pauini/AM.

El crecimiento de la población restante después de la primera ronda de simulación se proyectó para un ciclo de corta de 30 años. La creciente variabilidad entre individuos en estas proyecciones se incorporó para mejorar las simulaciones, haciéndolas más realistas en comparación con las proyecciones que utilizan datos de crecimiento fijos (Figura 3). Los datos de crecimiento de varios estudios se utilizaron a través de la información sobre los anillos de crecimiento de *C. odorata* en BOA y BOD. Los datos de los anillos de crecimiento proporcionaron una base de datos de crecimiento que cubre la longevidad de los individuos e incorpora la autocorrelación y la variabilidad interindividual en el crecimiento diametral (Figura 3).

Tabla 4. Parámetros utilizados para evaluar los criterios de manejo forestal de *Cedrela odorata* en la Amazonía brasileña por Tipo de Vegetación: densidad de árboles a partir de 50 cm de diámetro mínimo de corta y porcentaje de árboles comerciales remanentes (>50 cm de diámetro), tasas de crecimiento del diámetro anual (cm/año) y tasa de mortalidad mediana (%/año). Tipos de vegetación: Bosque Ombrófilo Abierto – BOA y Bosque Ombrófilo Denso – BOD.

Especie	Fitofisionomía	Densidad de árboles (n/ha)	Tasa de crecimiento diametral (cm/año)	Tasa mediana de mortalidad (%/año)
<i>Cedrela odorata</i>	BOA	0,043	0,65	0,20
	BOD	0,040	0,62	3,70

Para evitar efectos de aleatoriedad en la elección de las trayectorias de crecimiento en las simulaciones de recuperación volumétrica, se generaron series de crecimiento de árboles virtuales simulados para ser exploradas siguiendo el enfoque sugerido por Brien et al. (2006) y adaptado por Groenendijk et al. (2017). Las series de crecimiento de los árboles virtuales incorporaron la tendencia ontogenética y la autocorrelación en el crecimiento de las especies. Finalmente, se calculó el volumen de madera disponible en el segundo ciclo de corta aplicando las mismas funciones alométricas a los diámetros proyectados de los árboles después de un ciclo (de los individuos que sobrevivieron después de 30 años), la misma DMC e intensidad de tala que en el primer ciclo.

El índice de recuperación volumétrica – RI% se calculó como el porcentaje del volumen extraído en la segunda extracción en relación con el volumen en la primera extracción, y merece cierto énfasis en su comprensión.

La CITES se implementa en la Unión Europea a través del Reglamento de Comercio de Vida Silvestre (Wildlife Trade Regulations), que condiciona la importación de especies del Apéndice II a un Dictamen de Extracción No Perjudicial (DENP) realizado por la Autoridad Científica del Estado miembro de la UE responsable de la importación. En este contexto, el Grupo de Revisión Científica, constituido por las Autoridades Científicas de sus Estados Miembros, ha utilizado criterios de evaluación de la

capacidad de regeneración para la elaboración de los DENP de las especies arbóreas y considera que medidas como el cálculo del Índice de Recuperación – RI deben apoyar los criterios de sostenibilidad, considerando que es un indicador clave en el mantenimiento de las funciones ecosistémicas de las especies explotadas.

Así, en el marco de la 27ª Reunión del Comité de Flora de la CITES¹¹, a través del documento (PC27 Inf. 10), el CGR UE-WTR propone criterios técnico-científicos para definir las RI en la gestión forestal sostenible. Se establece un umbral mínimo de tasa de recuperación del 75% ideal para los bosques tropicales no talados de clímax, y de recuperación del 100% del volumen cosechado del segundo ciclo de corta o en bosques ya cosechados en los últimos 100 años, con el fin de asegurar que el papel en el ecosistema que juegan las especies cosechadas se mantenga constante en el tiempo. Alternativamente, se acepta un índice RI mínimo del 50%, siempre que se base adecuadamente en fundamentos científicos.

Los RI demostraron una amplia variabilidad entre las rondas de simulación para diferentes escenarios de manejo forestal, considerando diferentes valores de diámetro mínimo de corta e intensidad de extracción.

Así, este rango de variación se estableció como un parámetro mínimo de RI% para *Cedrela odorata* en los diferentes escenarios de manejo. Se diseñaron escenarios por tipo de vegetación, Bosque Ombrófilo Abierto y Bosque Ombrófilo Denso, teniendo en cuenta un bosque clímax sin extracción previa, para proponer nuevos criterios de manejo de especies en función de la recuperación volumétrica (RI 50-75%) en el segundo ciclo de corta:

- 1) Escenario 1 - DMC de 50 cm e Intensidad de Extracción del 90%.**
- 2) Escenario 2 - DMC e intensidad de extracción ajustada para lograr >75% de RI; y**
- 3) Escenario 3 - DMC e intensidad de extracción ajustada para lograr >50% de RI;**

Las proyecciones se centraron en cambios en las variables DMC e IE, y no se evaluaron cambios en el ciclo de corta, debido a la necesidad de compatibilizar la extracción de *Cedrela* spp. con las otras especies de la misma zona.

11 Vigésima séptima reunión del Comité de Plantas Ginebra (Suiza), 8-13 de julio de 2024.

En la Figura 4 se muestra la proyección del impacto de DMC de 50cm y de Intensidad de Extracción – IE de 90% en las poblaciones de *Cedrela odorata* para el segundo ciclo de corta. Los dos cuadrantes superiores evalúan el impacto del cambio de DMC en el Índice de Recuperación Volumétrica, considerando el IE equivalente al 90%, para un ciclo de corta de 30 años, en BOA a la izquierda, y BOD, a la derecha. Los cuadrantes inferiores, por su parte, proyectan la variación de la IE en el porcentaje de RI en función de la DMC equivalente a 50 cm, en BOA a la izquierda, y BOD a la derecha. Estos criterios representan la extracción del género en un periodo previo a su inclusión como especie vulnerable en el Listado Nacional Oficial de Especies Amenazadas de Flora, en diciembre de 2014.

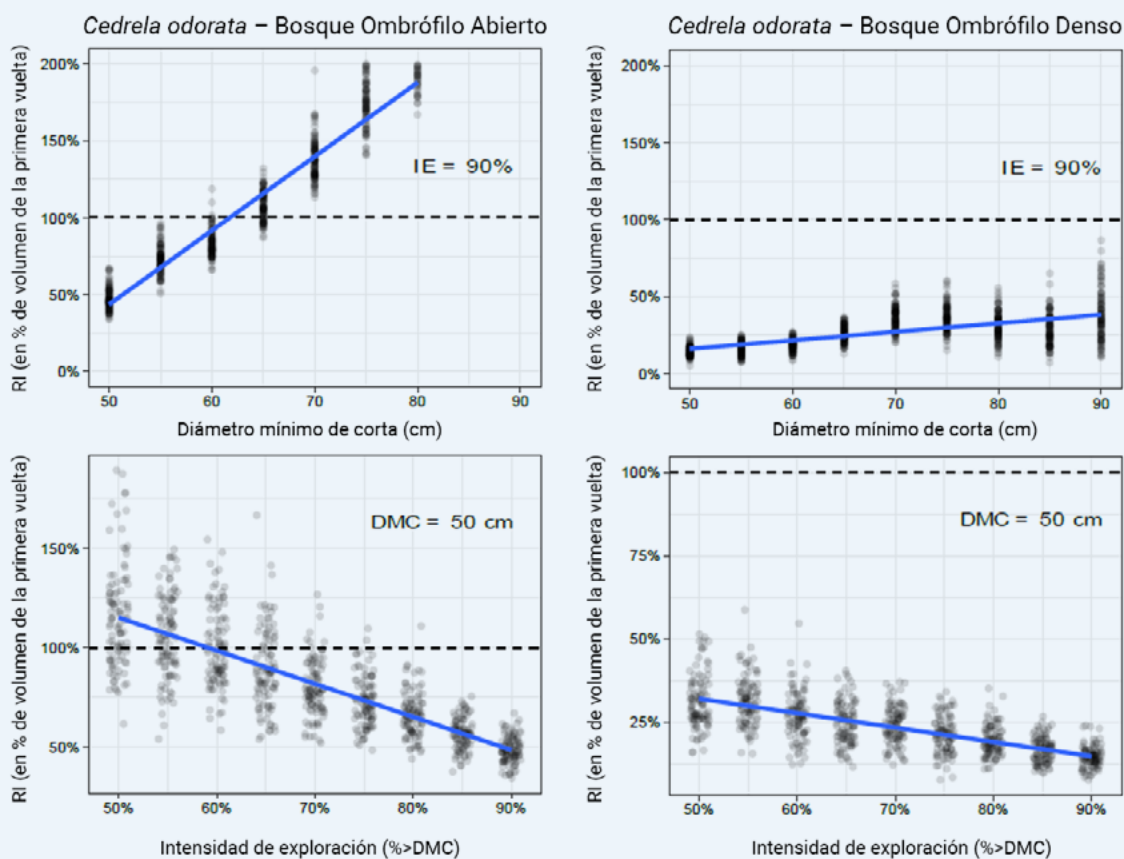


Figura 4. Criterios actuales de manejo forestal para *Cedrela* spp. por Tipo de Vegetación Bosque Ombrófilo Abierto – BOA (primer y tercer cuadrante): en el primer cuadrante considerando la Intensidad de Extracción de 90% y tercer cuadrante DMC= 50 cm; y Bosque Ombrófilo Denso – BOD (segundo y cuarto cuadrantes): en el segundo cuadrante considerando la Intensidad de Extracción de 90% y cuarto cuadrante DMC= 50 cm. Índice de recuperación volumétrica – RI% basado en el volumen inicial precosecha y las trayectorias de crecimiento proyectadas (datos de parcelas anulares y permanentes) en función del diámetro mínimo de corta – DMC. Para las proyecciones, se mantuvo un ciclo de corta de 30 años.

Los resultados para este escenario, en ambos tipos de vegetación, BOA y BOD, mostraron una RI por debajo del 50%, lo que indica que estos criterios no son adecuados para la extracción no perjudicial de la especie en el tiempo. En BOA, la recuperación con parámetros convencionales (DMC = 50cm, IE = 90%, ciclo de corta = 30 años) fue de alrededor del 45%, mientras que en BOD, estuvo por debajo del 25%.

En las Figuras 5 y 6 se presentan los escenarios de extracción proyectados para *Cedrela* considerando el cambio en los parámetros de DMC e Intensidad de Extracción, manteniendo el ciclo de corta a 30 años.

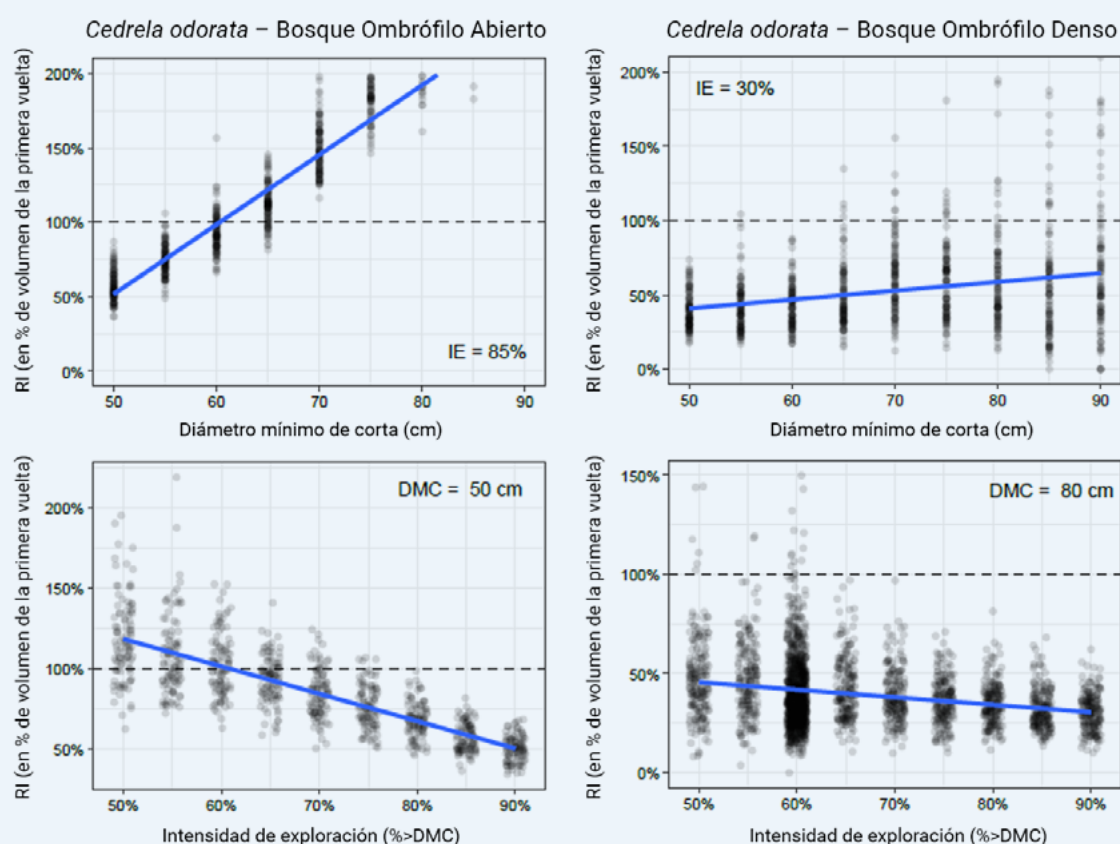


Figura 5. Criterios actuales de manejo forestal para *Cedrela* spp. por tipo de vegetación. Bosque Ombrófilo Abierto – BOA (primer y tercer cuadrante): en el primer cuadrante considerando la Intensidad de Extracción de 85% y tercer cuadrante DMC= 50 cm; y Bosque Ombrófilo Denso – BOD (segundo y cuarto cuadrantes): en el segundo cuadrante considerando la Intensidad de Extracción de 30% y cuarto cuadrante DMC= 80 cm. Índice de recuperación volumétrica – RI% basado en el volumen inicial precosecha y las trayectorias de crecimiento proyectadas (datos de parcelas anulares y permanentes) en función del diámetro mínimo de corta – DMC. Para las proyecciones, se mantuvo un ciclo de corta de 30 años.

En la Figura 5 se presentan escenarios de extracción más estrechos, donde en el cuadrante superior izquierdo se evalúan diferentes DMC y su impacto en el RI% para BOA, considerando el IE equivalente al 85%, para un ciclo de corta de 30 años. En el cuadrante superior derecho, se evalúa el IE equivalente al 30% para diferentes DMC para BOD. En los cuadrantes inferiores, se establecen DMC de 50 cm para BOA a la izquierda, y de 80 cm para BOD a la derecha, en ambos con variación en la intensidad de extracción de 50 a 90%.

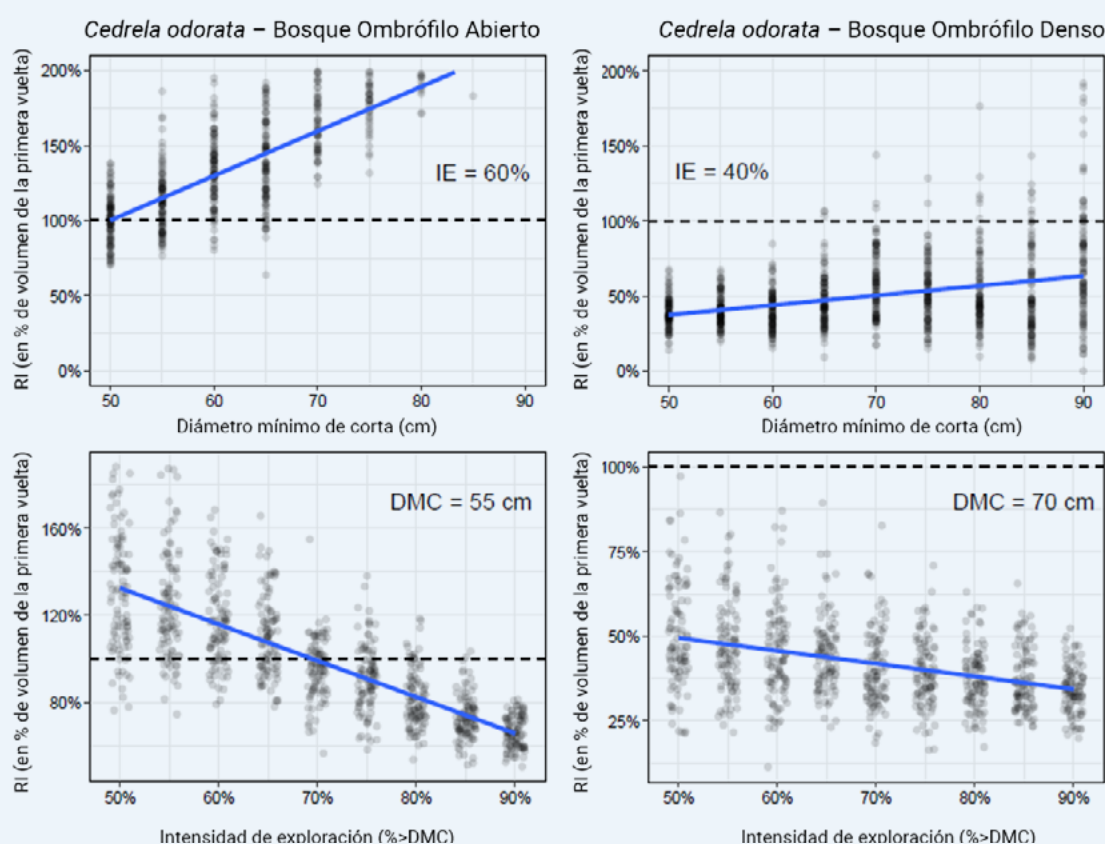


Figura 6. Criterios de manejo forestal para *Cedrela odorata* por Tipo de Vegetación: Bosque Ombrófilo Abierto - BOA (primer y tercer cuadrante): en el primer cuadrante considerando la Intensidad de Extracción de 60% y tercer cuadrante el DMC = 55 cm; y Bosque Ombrófilo Denso - BOD (segundo y cuarto cuadrantes): en el segundo cuadrante considerando la Intensidad de Extracción de 40% y cuarto cuadrante el DMC = 70 cm. Índice de recuperación volumétrica – RI% basado en el volumen inicial precosecha y las trayectorias de crecimiento proyectadas (datos de parcelas anulares y permanentes) en función del diámetro mínimo de corta – DMC. Para las proyecciones, se mantuvo un ciclo de corta de 30 años.

Para estas proyecciones, los resultados de la recuperación volumétrica variaron significativamente entre los Tipos de Vegetación. En BOA, se logró RI >75%, por ejemplo, con DMC = 55 cm, IE = 85% y ciclo de corta = 30 años. En BOD, se logró RI >75% con DMC por encima de 90 cm, IE = 30% y ciclo de corta = 30 años. Así, el escenario 2 de extracción en teoría podría garantizar la extracción no perjudicial de la especie en el tiempo, sin embargo, reduce drásticamente el porcentaje promedio de árboles sujetos a extracción en BOD, posiblemente haciendo inviable la actividad económica forestal en este tipo de vegetación.

La Figura 6, que representa el escenario 3, también presenta proyecciones con diferente intensidad de extracción para los dos tipos de vegetación estudiados, con un 60% para BOA (arriba a la izquierda) y un 40% para BOD (arriba a la derecha) en los cuadrantes superiores. La definición de estas IE se basó en los porcentajes promedio de extracción efectiva de estas especies en el Manejo Forestal en Concesiones Federales. En los cuadrantes inferiores se evalúan IE entre 50 y 90%, con una DMC de 55 cm para BOA (izquierda) y de 70 cm para BOD (derecha).

Los resultados de la recuperación volumétrica para el escenario 3, en ambos tipos de vegetación, BOA y BOD, alcanzaron el mínimo del 50%. En BOD, la RI mínima se alcanzó con DMC = 70 cm, IE = 50%, ciclo de corta = 30 años (Figura 4). En BOA, el porcentaje de 100% de recuperación volumétrica se alcanza con 55cm y la intensidad de extracción de 70%. Se propone equilibrar los escenarios de extracción con el fin de asegurar la extracción no perjudicial de la especie por tipo de vegetación a lo largo del tiempo, equilibrando la conservación y la viabilidad de la actividad económica forestal. En el último escenario, destacado, se estima una reducción del 14% en la población que se puede explorar en BOA y del 62% en BOD, en comparación con el escenario actual (Figuras 2 y 5). Esta reducción no considera la diferenciación entre los árboles remanentes y los que producen semillas, los cuales deben ser catalogados en la población.

En todos los escenarios, las tasas de mortalidad de *Cedrela odorata* fueron mayores en BOD, lo que resultó en una menor recuperación volumétrica en comparación con BOA. También se destaca que, de acuerdo con datos de los Sistemas de Control Forestal, la extracción de *Cedrela* spp. ocurre mayoritariamente en BOA (77% de los PMFS) en comparación con BOD (20% de los PMFS), con el 3% restante distribuido en otros tipos de vegetación y/o en áreas de contacto. Además, se recomienda que los criterios de manejo se revisen periódicamente sobre la base de nuevos datos de monitoreo e investigación, asegurando su adecuación a los cambios ambientales y climáticos y a la dinámica poblacional de la especie.

Los cambios en el diámetro mínimo de corta y las intensidades de tala con respecto al escenario 3 (Figura 6) también afectaron el porcentaje promedio de

árboles que se podían cosechar (Figura 7). Por lo tanto, las estimaciones de extracción para *C. odorata* son ahora de 34.5% en BOA y 13.1% en BOD, con los nuevos criterios propuestos.

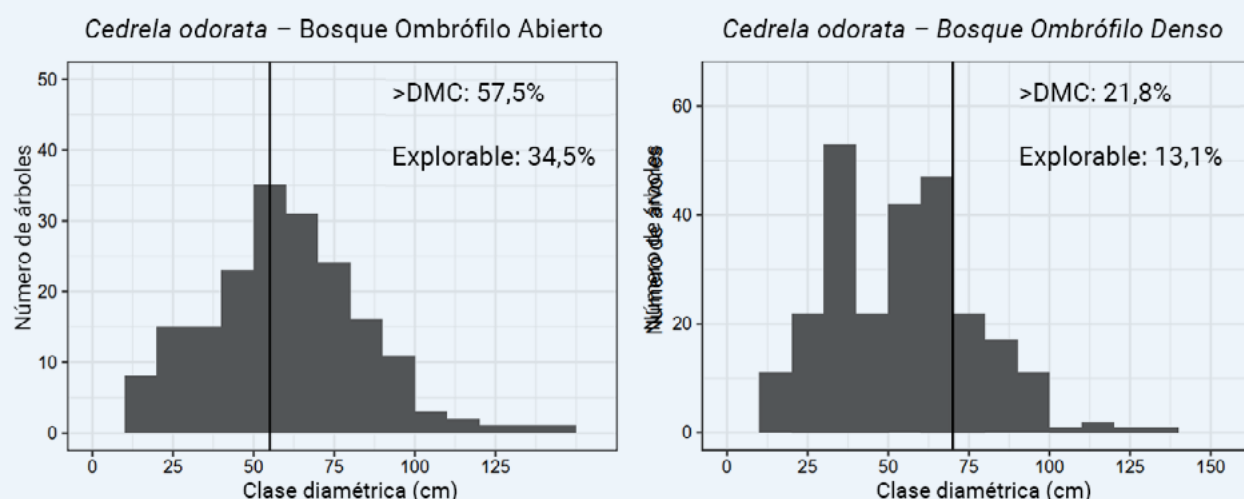


Figura 7. Distribución del número de árboles por clases de diámetro (intervalos de 10 cm) inventariados en los Bosques Nacionales que representan dos tipos de vegetación: Bosque Ombrófilo Abierto (BOA - Bosque Nacional Jacundá, 29,159 ha) y Bosque Ombrófilo Denso (BOD - Bosque Nacional Altamira, 53,549 ha) para *Cedrela odorata*. La línea vertical continua marca el nuevo diámetro mínimo de corta – DMC establecido (55 cm para BOA y 70 cm para BOD). Los porcentajes indicados se refieren a la proporción de la población con un diámetro superior al DMC y la correspondiente proporción de árboles aprovechables. En el BOA, el 57,5% de los árboles inventariados están por encima del DMC, de los cuales el 34,5% son explotables (con una intensidad de extracción del 70%), mientras que, en el BOD, el 21,8% de los árboles están por encima del DMC, de los cuales el 13,1% son explotables (con una intensidad de extracción del 50%).

2.2. Recomendaciones de tratamiento silvícola para *Cedrela* spp.

Los tratamientos silvícolas realizados después de la extracción forestal tienen como objetivo mejorar o mantener la productividad y las características de los bosques manejados (Vieira *et al.*, 2018). Dada la gran diversidad de especies, con sus diferentes requisitos de luz, suelo y tasa de crecimiento, es necesario un manejo adaptado. Los principales tratamientos silvícolas aplicados en los bosques tropicales incluyen la tala de enredaderas/lianas, la regeneración natural, el enriquecimiento de la plantación en claros y la liberación de copas para aumentar la captura de luz (Gomes *et al.*, 2010). Las plantaciones de enriquecimiento en la Amazonía generalmente se realizan en franjas abiertas en el bosque, principalmente en capoeiras, utilizando plántulas de especies de rápido crecimiento y alto valor comercial como parica, cedro, andiroba y castaño (Sabogal *et al.*, 2006). Sin embargo, el barrenador de Meliaceae, *Hypsipyla grandella*, es la

principal plaga que impide la plantación comercial de especies de Meliaceae. A pesar de ello, el método silvícola vía enriquecimiento de plantación en bosques secundarios ha mostrado resultados satisfactorios (Santos y Ferreira, 2020).

Las especies del género *Cedrela*, como *C. odorata* y *C. fissilis*, se consideran pioneras y demandantes de luz, volviéndose más heliófilas a medida que crecen (van Rheenen *et al.*, 2004; Brien y Zuidema, 2006b). La germinación de las semillas es alta, alcanzando porcentajes superiores al 70%, y no hay latencia, lo que favorece la regeneración en condiciones adecuadas (Cárdenas *et al.*, 2015). Sin embargo, la regeneración natural del cedro está limitada por factores ecológicos que dificultan su establecimiento, con individuos a menudo dispersos y en bajas densidades en bosques naturales con poca intervención (Pennington y Muellner, 2010). La baja densidad de individuos de cedro en los bosques puede ser consecuencia del comportamiento típico de las especies de heliófitos duraderos, cuyo establecimiento de regeneración natural depende principalmente de la apertura de grandes claros y la disponibilidad de fuentes de semillas viables en la zona (Cárdenas *et al.*, 2015).

Los experimentos en la Amazonía han demostrado que la intensidad de la luz es un factor crucial para el crecimiento de las plántulas de cedro (Hayashida-Oliver *et al.*, 2001; d'Oliveira y Ribas, 2011; Vieira *et al.*, 2018; Santos y Ferreira, 2020). Para optimizar el crecimiento de la especie, se recomienda realizar tratamientos de liberación para individuos ya establecidos y aclareos en áreas de enriquecimiento (Cárdenas *et al.*, 2015). En este contexto, el tamaño del claro también es crucial. Mientras que los pequeños claros, alrededor de 40 m², tienden a cerrarse rápidamente y perjudican la regeneración, las áreas alrededor de 200-400 m² son más adecuadas (Negreros-Castillo y Mize, 2008; Vieira *et al.* 2018).

El potencial de las especies del género *Cedrela* para la silvicultura en la Amazonía es prometedor, especialmente en áreas de reforestación y plantación de enriquecimiento. Sin embargo, la susceptibilidad al ataque de plagas, como el barrenador Meliaceae (*Hypsipyla grandella*), aún representa un desafío importante para la plantación comercial de estas especies a gran escala (Hilje, 2020). Para avanzar en las plantaciones de cedro y reducir el ataque del barrenador, se recomienda intercalarlo con especies de crecimiento más rápido, como *Enterolobium cyclocarpum* o *Samanea saman*, con una densidad de plantación de 10-15 árboles por hectárea (Cordero *et al.*, 2003). Además, el extenso dosel del cedro permite su integración en sistemas agroforestales con cultivos, como el café, el cacao y el banano (Sol-Sánchez *et al.*, 2018; Calvé Jarque *et al.*, 2020; Salazar-Ruiz *et al.*, 2021; Segura-Elizondo y Moya, 2021). El cedro también muestra una respuesta positiva a la fertilización del suelo con fósforo (Oliveira Carvalho *et al.*, 2022). La biofertilización con inoculantes micorrícicos también es favorable para la madera de cedro, promoviendo un mayor crecimiento de las plantas (Aguirre-Medina *et al.*, 2014; Méndez-Cortés *et al.*, 2013).

3. CONSIDERACIONES FINALES

Se evaluó la estructura poblacional y las tasas demográficas (diámetro, crecimiento y mortalidad) a partir de datos de inventario forestal y parcelas permanentes para dos especies del género *Cedrela*: *Cedrela fissilis* y *Cedrela odorata*. Los análisis se realizaron considerando los diferentes tipos de vegetación donde predominan las actividades de manejo forestal: Bosque Ombrófilo Abierto – BOA y Bosque Ombrófilo Denso – BOD, destacando las características biológicas y vulnerabilidades de cada especie en el contexto del manejo forestal sostenible. Así, a partir del análisis poblacional y las simulaciones de recuperación volumétrica, se presentan los criterios de manejo forestal sostenible para *Cedrela* spp. en el bioma amazónico para Bosque Ombrófilo Abierto y Bosque Ombrófilo Denso, en diferentes escenarios para su evaluación junto con las demás conclusiones presentadas en los capítulos anteriores.

La aplicación de criterios de gestión adecuados tiene como objetivo mantener una estructura poblacional sostenible, respetando la densidad y variabilidad poblacional de las especies en los diferentes tipos de vegetación. La combinación de datos de inventarios forestales, anillos de crecimiento y monitoreo de parcelas permanentes proporciona una base sólida para el establecimiento de prácticas de manejo forestal adaptadas a las características biológicas y ecológicas de cada especie, con el objetivo de la conservación y el uso sostenible de los recursos forestales en la Amazonía.

Además, se recomienda que los criterios de manejo sean revisados periódicamente con base en nuevos datos de monitoreo e investigación, asegurando su adecuación a los cambios ambientales y climáticos y a la dinámica poblacional del género *Cedrela*. Este enfoque adaptativo nos permite responder de manera más eficiente a las presiones derivadas del uso de la tierra y los efectos del cambio climático, asegurando la sostenibilidad de la gestión de las poblaciones forestales.

4. REFERENCIAS

- Aguirre-Medina, J.F., Mina-Briones, F.O., Cadena-Iñiguez, J., Dardón-Zunun, J.D., & Hernández-Sedas, A. (2014). Growth of *Cedrela odorata* L. Biofertilized with *Rhizophagus intraradices* and *Azospirillum brasilense* under nursery conditions. *Rev. Chapingo ser. cienC. for. Ambient*, 20(3), 177-183. <https://doi.org/10.5154/r.rchscfa.2014.01.001>
- Andani, N.N., Wahyuni, W., Nilawati, N., & Ridwan, I. (2024). The Impact of Social and Ecological Accounting in Forest Management. *Jurnal Impresi Indonesia*, 3(7), 529-535. <https://doi.org/10.58344/jii.v3i7.5238>
- Andersson, F., Birot, Y., & Päivinen, R. (2004). Towards the sustainable use of Europe's forests-forest ecosystem and landscape research: scientific challenges and opportunities. *European Forest Institute*. Folke Andersson, Yves Birot and Risto Päivinen (eds.)
- Andrade, V.H.F., do Amaral Machado, S., Figueiredo Filho, A., Botosso, P.C., Miranda, B.P., & Schöngart, J. (2019). Growth models for two commercial tree species in upland forests of the Southern Brazilian Amazon. *Forest Ecology and Management*, 438, 215-223. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2019.02.030>
- Arevalo, B., Valladarez, J., Muschamp, S., Kay, E., Finkral, A., Roopsind, A., & Putz, F. E. (2016). Effects of reduced-impact selective logging on palm regeneration in Belize. *Forest Ecology and Management*, 369, 155-160. <http://dx.doi.org/10.1016/j.foreco.2016.03.040>.
- Banerjee, O., Macpherson, A.J., & Alavalapati, J. (2009). Toward a policy of sustainable forest management in Brazil: a historical analysis. *The Journal of Environment & Development*, 18(2), 130-153. <https://doi.org/10.1177/1070496509333567>
- Bhasin, O., Doucet, J.L., Makemba, R.N., Gillet, J.F., Deblauwe, V., Sonké, B., & Hardy, O. J. (2024). Contrasted spatial, demographic and genetic structures of a light-demanding African timber species, *Cylicodiscus gabunensis* Harms—Implications for a sustainable management of its populations. *Forest Ecology and Management*, 551, 121527. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2023.121527>
- Biondi, F. (1999). Comparing tree-ring chronologies and repeated timber inventories as forest monitoring tools. *Ecological Applications*, 9(1), 216-227. [https://doi.org/10.1890/1051-0761\(1999\)009\[0216:CTRCAR\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1890/1051-0761(1999)009[0216:CTRCAR]2.0.CO;2)

Brando, P.M., Coe, M.T., DeFries, R., & Azevedo, A.A. (2013). Ecology, economy and management of an agroindustrial frontier landscape in the southeast Amazon. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, 368(1619), 20120152. <https://doi.org/10.1098/rstb.2012.0152>

Brasil. (2006). Lei nº 11.284, de 2 de março de 2006. Dispõe sobre a gestão de florestas públicas para a produção sustentável; institui, na estrutura do Ministério do Meio Ambiente, o Serviço Florestal Brasileiro - SFB; cria o Fundo Nacional de Desenvolvimento Florestal - FDENP; altera as Leis nos 10.683, de 28 de maio de 2003, 5.868, de 12 de dezembro de 1972, 9.605, de 12 de fevereiro de 1998, 4.771, de 15 de setembro de 1965, 6.938, de 31 de agosto de 1981, e 6.015, de 31 de dezembro de 1973; e dá outras providências. *Diário Oficial da União*. <https://pesquisa.in.gov.br/imprensa/jsp/visualiza/index.jsp?jornal=1&pagina=1&data=03/03/2006>

Brasil. (2009). Resolução Federal CONAMA nº 406, de 02 de fevereiro de 2009. Estabelece parâmetros técnicos a serem adotados na elaboração, apresentação, avaliação técnica e execução de PMFS. *Diário Oficial da União*, <https://pesquisa.in.gov.br/imprensa/jsp/visualiza/index.jsp?data=06/02/2009&jornal=1&pagina=100&totalArquivos=160>

Brasil. (2022). Portaria MMA nº 148, de 7 de junho de 2022. Estabelece a atualização da Lista Nacional de Espécies Ameaçadas de Extinção. *Diário Oficial da União*. <https://pesquisa.in.gov.br/imprensa/jsp/visualiza/index.jsp?data=08/06/2022&jornal=515&pagina=74&totalArquivos=149>

Bräuning, A., De Ridder, M., Zafirov, N., García-González, I., Dimitrov, D.P., & Gärtner, H. (2016). Tree-ring features: indicators of extreme event impacts. *Iawa Journal*, 37(2), 206-231.

Braz, E.M., de Mattos, P.P., Arco-Verde, M.F., Basso, R.O., Canetti, A., Basso, R.O., & Canetti, A. (2017). *Otimização do ciclo de corte na Floresta Amazônica sob o ponto de vista econômico*. <http://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/handle/doc/1073850>

Brienen, R.J., Zuidema, P.A., & Daring, H.J. (2006). Autocorrelated growth of tropical forest trees: unraveling patterns and quantifying consequences. *Forest Ecology and Management*, 237(1-3), 179-190. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2006.09.042>

Brienen, R.J.W., & Zuidema, P.A. (2006a). The use of tree rings in tropical forest management: Projecting timber yields of four Bolivian tree species. *Forest Ecology and Management*, 226, 256–267. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2006.01.038>

Brienen, R.J.W., & Zuidema, P.A (2006b). Lifetime Growth Patterns and Ages of Bolivian Rain Forest Trees Obtained by Tree Ring Analysis. *Journal of Ecology*, 94(2), 481-493. <https://www.jstor.org/stable/3599649>

Brienen, R.J.W., & Zuidema, P. A. (2007). Incorporating persistent tree growth differences increases estimates of tropical timber yield. *Frontiers in Ecology and the Environment*, 5(6), 302-306. <https://www.jstor.org/stable/20440674>

Brienen, R.J., Schöngart, J., & Zuidema, P.A. (2016). Tree rings in the tropics: insights into the ecology and climate sensitivity of tropical trees. *Tropical tree physiology: Adaptations and responses in a changing environment*, 439-461. https://doi.org/10.1007/978-3-319-27422-5_20

Calvé Jarque, S., Murillo, O., & Salazar, L. (2020). Economic contribution of cedar wood (*Cedrela odorata* L.) as a shade tree in coffee plantations in Pérez Zeledón, Costa Rica. *Revista Forestal Mesoamericana Kurú*, 17(41), 68–77. <https://doi.org/10.18845/rfmk.v17i41.5287>

Capanema, V.P., Escada, M.I.S., Andrade, P.R., & Landini, L.G. (2022). Assessing logging legislation parameters and forest growth dissimilarities in the Brazilian Amazon. *Forest Ecology and Management*, 513, 120170. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2022.120170>

Cárdenas, D., Arboleda, N.C., Tunjano, S.S., Barrera, L.Q., Rodríguez, M.B., Rodríguez, S. G., ... & Villate, G.C.M. (2015). *Planes de manejo para la conservación de abarco, caoba, cedro, palorosa y canelo de los andaquíes*. Instituto Amazónico de Investigaciones Científicas, SINCHI.

Cerrillo, R.M.N., Agote, N., Pizarro, F., Ceacero, C.J., & Palacios, G. (2013). Elements for a non-detriment finding of *Cedrela* spp. in Bolivia—A CITES implementation case study. *Journal for Nature Conservation*, 21(4), 241-252. <https://doi.org/10.1016/j.jnC.2013.01.003>

Chagneau, P., Mortier, F., & Picard, N. (2009). Designing permanent sample plots by using a spatially hierarchical matrix population model. *Journal of the Royal Statistical Society Series C: Applied Statistics*, 58(3), 345-367. <https://doi.org/10.1111/j.1467-9876.2008.00657.x>

Chaudhary, A., Burivalova, Z., Koh, L.P., & Hellweg, S. (2016). Impact of forest management on species richness: global meta-analysis and economic trade-offs. *Scientific reports*, 6(1), 23954. <https://doi.org/10.1038/srep23954>

Conde, M.L.G., Piedade, M.T.F., Wittmann, F., Nascimento, R.G.M., & Schöngart, J. (2024). Evaluation of the management potential of timber resources in clearwater floodplain forests in the Amazon using growth models. *Journal of Environmental Management*, 351, 119781. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2023.119781>

Cordero, J., Mesén, F., Montero, M., Stewart, J., Bossier, D., Chanberlain, J., Pennington, T., Hands, M., Hughes, C., & Detlefsen, G. (2003). Descripciones de especies de árboles nativos de América Central. En: Cordero, J., & Boshier, D.H. (eds). *Árboles de Centroamérica: un manual para extensionistas*. OFI-CATIE. Centro Agronómico Tropical de Investigación y enseñanza. Turrialba. Costa Rica. 311-958.

Darrigo, M. R., Venticinque, E. M., & Santos, F. A. M. (2016). Effects of reduced impact logging on the forest regeneration in the central Amazonia. *Forest Ecology and Management*, 360, 52-59. <http://dx.doi.org/10.1016/j.foreco.2015.10.012>

Da, L.J., Yang, Y.C., & Song, Y.C. (2004). Population structure and regeneration types of dominant species in an evergreen broadleaved forest in Tiantong National Forest Park, Zhejiang Province, Eastern China. *Chinese Journal of Plant Ecology*, 28(3), 376. <https://doi.org/10.17521/cjpe.2004.0054>

de Avila, A.L., Schwartz, G., Ruschel, A.R., do Carmo Lopes, J., Silva, J.N.M., de Carvalho, J.O.P., ... & Bauhus, J. (2017). Recruitment, growth and recovery of commercial tree species over 30 years following logging and thinning in a tropical rain forest. *Forest Ecology and Management*, 385, 225-235. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2016.11.039>

Dionisio, L. F. S., Schwartz, G., Lopes, J. C., & Oliveira, F. A. (2018). Growth, mortality, and recruitment of tree species in an Amazonian rainforest over 13 years of reduced impact logging. *Forest Ecology and Management*, 430, 150-156. <http://dx.doi.org/10.1016/j.foreco.2018.08.024>.

Dionisio, L.F. (2020). Efeitos a médio prazo da exploração seletiva no crescimento, mortalidade e recrutamento de *Manilkara huberi* (Ducke) A. Chev. em uma floresta amazônica. *Scientia Forestalis*, 48.

d'Oliveira, M.V., & Ribas, L.A. (2011). Forest regeneration in artificial gaps twelve years after canopy opening in Acre State Western Amazon. *Forest Ecology and Management*, 261(11), 1722-1731. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2011.01.020>

Fearnside, P.M. (2008). Amazon forest maintenance as a source of environmental services. *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, 80, 101-114. <https://doi.org/10.1590/S0001-37652008000100006>

Flores, B.M., Montoya, E., Sakschewski, B., Nascimento, N., Staal, A., Betts, R.A., ... & Hirota, M. (2024). Critical transitions in the Amazon forest system. *Nature*, 626(7999), 555-564. <https://doi.org/10.1038/s41586-023-06970-0>

Fortini, L.B., Cropper Jr, W.P., & Zarin, D.J. (2015). Modeling the complex impacts of timber harvests to find optimal management regimes for Amazon tidal floodplain forests. *PLoS One*, 10(8), e0136740. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0136740>

Gomes, J.M., Carvalho, J.O.P.D., Silva, M.G.D., Nobre, D.N.V., Taffarel, M., Ferreira, J.E. R., & Santos, R.N.J. (2010). Sobrevivência de espécies arbóreas plantadas em clareiras causadas pela colheita de madeira em uma floresta de terra firme no município de Paragominas na Amazônia brasileira. *Acta amazônica*, 40, 171-178. <https://doi.org/10.1590/S0044-59672010000100022>

Groenendijk, P., Bongers, F., & Zuidema, P.A. (2017). Using tree-ring data to improve timber-yield projections for African wet tropical forest tree species. *Forest Ecology and Management*, 400, 396–407. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2017.05.054>

Grogan, J., Blundell, A.G., Landis, R.M., Youatt, A., Gullison, R.E., Martinez, M., ... & Rice, R.E. (2010). *Over-harvesting driven by consumer demand leads to population decline*: Big-leaf mahogany in South America. *Conservation Letters*, 3(1), 12-20. <https://doi.org/10.1111/j.1755-263X.2009.00082.x>

Hayashida-Oliver, Y., Boot, R., & Poorter, L. (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.

Hilje, L. (2020). In Search of a Preventive Approach to Management of the Meliaceous Borer (*Hypsipyla grandella*). *Revista de Ciencias Ambientales*, 54(2), 211-229. <http://dx.doi.org/10.15359/rca.54-2.13>

Inga, J.G., & del Valle, J.I. (2017). Log-relative growth: A new dendrochronological approach to study diameter growth in *Cedrela odorata* and *Juglans neotropica*, Central Forest, Peru. *Dendrochronologia*, 44, 117-129. <https://doi.org/10.1016/j.dendro.2017.03.009>

Jardim, F.C.S. (2015). Natural regeneration in tropical forests. *Revista de Ciências Agrárias Amazonian Journal of Agricultural and Environmental Sciences*, 58(1), 105-113. <http://dx.doi.org/10.4322/rca.1676>

Lindenmayer, D.B., Franklin, J.F., & Fischer, J. (2006). General management principles and a checklist of strategies to guide forest biodiversity conservation. *Biological conservation*, 131(3), 433-445. <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2006.02.019>

Lombardi, I., Barrena, V., Vargas, C., Huerta, P., Garnica, C., Ocaña, J.C., & Gamarra, A. (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. *Universidad Nacional Agraria la Molina*. https://cites.org/sites/default/files/ndf_material/Evaluation%20commercial%20stock,%20strategy%20for%20S.T%20mngmnt%20of%20bigleaf%20mahogany-Swietenia%20macrophylla,%20cedar-Cedrela%20odorata%20Technical%20report.pdf

Lombardi, I., Barrena, V., Huerta, P., Carranza, J., & Vallejo, S. (2009b). *Propuesta para la recuperación de las poblaciones de "Cedrela spp." en el Perú*. https://cites.org/sites/default/files/ndf_material/Evaluation%20commercial%20stock%2C%20strategy%20for%20S.T%20mngmnt%20of%20bigleaf%20mahogany-Swietenia%20macrophylla%2C%20cedar-Cedrela%20odorata%20Proposed%20recovery.pdf

Méndez-Cortés, H., Marmolejo-Monsiváis, J.G., Cantú-Ayala, C., Olalde-Portugal, V., Estrada-Castillón, E., & Posadas-Leal, C. (2013). Respuesta de *Cedrela odorata* L. a diversos inoculantes micorrízicos procedentes dos ecosistemas tropicales. *Madera y bosques*, 19(3), 23-34.

Ministério do Meio Ambiente – MMA. (2009). Resolução Conama nº 406, de 02 de fevereiro de 2009. Estabelece parâmetros técnicos a serem adotados na elaboração, apresentação, avaliação técnica e execução de Plano de Manejo Florestal Sustentável- PMFS com fins madeireiros, para florestas nativas e suas formas de sucessão no bioma Amazônia. *Diário Oficial da União*. https://conama.mma.gov.br/?option=com_sisconama&task=arquivo.download&id=578

Ministério do Meio Ambiente – MMA. (2015). Instrução Normativa MMA nº 1, de 12 de fevereiro de 2015. Dispõe sobre a aprovação de Planos de Manejo Florestal Sustentável – PMFS e seus respectivos Planos Operacionais Anuais – POA. *Diário Oficial da União*. <https://pesquisa.in.gov.br/imprensa/jsp/visualiza/index.jsp?data=13/02/2015&jornal=1&pagina=67&totalArquivos=304>

Miranda, D.L.C., Higuchi, N., Trumbore, S.E., Latorraca, J.V.F., do Carmo, J.F., & Lima, A.J. (2018). Using radiocarbon-calibrated dendrochronology to improve tree-cutting cycle estimates for timber management in southern Amazon forests. *Trees*, 32, 587-602. <https://doi.org/10.1007/s00468-018-1658-3>

Negreros-Castillo, P., & Mize, C.W. (2008). Regeneration of mahogany and Spanish cedar in gaps created by railroad tie extraction in Quintana Roo, Mexico. *Forest Ecology and Management*, 255(2), 308-312. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2007.09.052>

Oliveira Carvalho, A., Neves, A.H.B., Luvison, M., Guimarães, Z.T.M., Dos Santos, V.A. H. F., & Ferreira, M.J. (2022). Short-term effects of phosphorus fertilization on Amazonian tree species in a mixed plantation. *New Forests*, 53(5), 851-869. <https://doi.org/10.1007/s11056-021-09890-x>

Pennington, T.D., Muellner, A.N., & Wise, R. (2010). *Monograph of Cedrela* (Meliaceae). dh books.

Putz, F.E., Blate, G.M., Redford, K.H., Fimbel, R., & Robinson, J. (2001). Tropical Forest Management and Conservation of Biodiversity: An Overview. *Conservation Biology*, 15, 07–20.

Putz, F.E., Romero, C., Sist, P., Schwartz, G., Thompson, I., Roopsind, A., ... & Ellis, P. (2022). Sustained timber yield claims, considerations, and tradeoffs for selectively logged forests. *PNAS nexus*, 1(3), pgac102. <https://doi.org/10.1093/pnas-nexus/pgac102>

Rakimoen, K. (2023). *Non-detriment findings for Cedrela odorata from Suriname* (Master's thesis, Universidad Internacional de Andalucía). <http://hdl.handle.net/10334/7925>

Reategui-Betancourt, J., Mazzei de Freitas, L.J., Santos, K.R., Briceño, G., Matriardi, E.A., Ruschel, A.R., & de Faria Ferreira, N.C. (2023). Timber yield of commercial tree species in the eastern Brazilian Amazon based on 33 years of inventory data. *Forestry: An International Journal of Forest Research*.

Regmi, S., Neupane, A., Neupane, R., & Pokharel, A. (2023). Role of government policies for sustainable forest resource management: a review. *Food and Agri Economics Review*, 3(1), 10-13. <http://doi.org/10.26480/faer.01.2023.10.13>

Rosa, S.A., Barbosa, A.C.M.C., Junk, W.J., Da Cunha, C.N., Piedade, M.T.F., Scabin, A.B., ... & Schöngart, J. (2017). Growth models based on tree-ring data for the Neotropical tree species *Calophyllum brasiliense* across different Brazilian wetlands: implications for conservation and management. *Trees*, 31, 729-742. <https://doi.org/10.1007/s00468-016-1503-5>

Sabogal, C., Almeida, E., Marmillod, D., & Carvalho, J.O.P. (2006). *Silvicultura na Amazônia Brasileira: avaliação de experiências e recomendações para implementação e melhoria dos sistemas*. CIFOR.

Salati, E., & Vose, P.B. (1984). Amazon basin: a system in equilibrium. *Science*, 225(4658), 129-138. <https://doi.org/10.1126/science.225.4658.129>

Salazar-Ruiz, A.G., Murillo-Cruz, R., Salas-Rodríguez, A., & Fonseca-González, W. (2021). Commercial volume table of *Cedrela odorata* L. in an agroforestry system with coffee in Pérez Zeledón, Costa Rica. *Revista Forestal Mesoamericana Kurú*, 18(42), 74-80. <http://dx.doi.org/10.18845/rfmk.v16i42.5545>

Santos, V.A.H.F., & Ferreira, M.J. (2020). Initial establishment of commercial tree species under enrichment planting in a Central Amazon secondary forest: Effects of silvicultural treatments. *Forest Ecology and Management*, 460, 117822. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2019.117822>

Sarfo-Adu, G.K. (2021). Role of Forest Related Policies and Laws on Sustainable Forest Management Practice: A Critical Overview. *Journal of Resources Development and Management*, 73. <https://doi.org/10.7176/JRDM/73-06>

Scabin, A.B., Costa, F.R.C., & Schöngart, J. (2012). The spatial distribution of illegal logging in the Anavilhanas archipelago (Central Amazonia) and logging impacts on species. *Environmental Conservation*, 39(2), 111-121. <https://doi.org/10.1017/S0376892911000610>

Scoti, M.S.V., & Souza, E.M. (2020). Influência da exploração florestal nas populações de espécies ameaçadas de extinção na FLONA do Jamari, RO. *Biodiversidade Brasileira*, 10(3), 64-73. <https://doi.org/10.37002/biodiversidadebrasileira.v10i3.1637>

Schöngart, J. (2008). Growth-Oriented Logging (GOL): A new concept towards sustainable forest management in Central Amazonian várzea floodplains. *Forest Ecology and Management*, 256(1-2), 46-58. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2008.03.037>

Schöngart, J. (2020). O manejo florestal na várzea da Amazônia Central: História, desenvolvimento e futuros desafios. In W. J. Junk, M.T. F. Piedade, F. Wittmann, *et al.* (Eds.), *Várzeas amazônicas: desafios para um manejo sustentável* (pp. 178–206). Editora INPA.

Schulze, M., Grogan, J., Uhl, C., Lentini, M., & Vidal, E. (2008). Evaluating ipê (Tabebuia, Bignoniaceae) logging in Amazonia: sustainable management or catalyst for forest degradation?. *Biological Conservation*, 141(8), 2071-2085. <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2008.06.003>

Schwartz, G., Falkowski, V., & Peña-Claros, M. (2017a). Natural regeneration of tree species in the Eastern Amazon: Short-term responses after reduced-impact logging. *Forest Ecology and Management*, 385, 97-103. <http://dx.doi.org/10.1016/j.foreco.2016.11.036>.

Silva, K.E.D., Martins, S.V., Ribeiro, C.A.A.S., Santos, N.T., & Azevedo, C.P.D. (2016). Structure of 15 hectares permanent plots of terra firme dense forest in Central Amazon. *Revista Árvore*, 40, 603-615. <http://dx.doi.org/10.1590/0100-67622016000400004>

Sist, P., Ferreira, F. N. (2007) Sustainability of reduced-impact logging in the Eastern Amazon. *Forest Ecology and Management*, Amsterdam, v. 243. p. 199-209.

Sist, P., Piponiot, C., Kanashiro, M., Pena-Claros, M., Putz, F.E., Schulze, M., ... & Vidal, E. (2021). Sustainability of Brazilian forest concessions. *Forest Ecology and Management*, 496, 119440. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2021.119440>

Segura-Elizondo, B., & Moya, R. (2021). Wood properties comparison of *Cedrela odorata* from trees in agroforestry and in pure plantation. *Wood research*, 66(1), 117-128. <https://doi.org/10.37763/wr.1336-4561/66.1.117128>

Sol-Sánchez, Á., López-Juárez, S.A., Córdova-Ávalos, V., & Gallardo-López, F. (2018). Productividad potencial del SAF cacao asociado con árboles forestales. *Rev. ibero-am. bioecon. cambio clim.*, 4(7), 862-877. <https://doi.org/10.5377/ribcC.v4i7.6327>

Teketay, D. (2011). Natural regeneration and management of *Podocarpus falcatatus* (Thunb.) Mirb. in the Afromontane forests of Ethiopia. *Silviculture in the Tropics*, 325-337. https://doi.org/10.1007/978-3-642-19986-8_21

Temperli, C., Bugmann, H., & Elkin, C. (2012). Adaptive management for competing forest goods and services under climate change. *Ecological Applications*, 22(8), 2065-2077. <https://doi.org/10.1890/12-0210.1>

Van der Hout, P. (2015). Resource Assessment and Forest Management Plan for the CITES-Listed Species *Cedrela odorata* (red cedar) In Guyana. *The International Tropical Timber Organization*, Yokohama, Japan. [https://www. itto. int/files/ itto_project_db_input/3084/Technical/TMT-SPD-014-13-R1-M-Resource% 20Assessment. pdf](https://www.itto.int/files/itto_project_db_input/3084/Technical/TMT-SPD-014-13-R1-M-Resource%20Assessment.pdf).

Van Rheenen, H.M.P.J.B., Boot, R.G.A., Werger, M.J.A., & Ulloa, M.U. (2004). Regeneration of timber trees in a logged tropical forest in North Bolivia. *Forest Ecology and Management*, 200, 39-48. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2004.06.024>

Vieira, S.B., Carvalho, J.O.P.D., Gomes, J.M., Silva, J.C.F.D., & Ruschel, A.R. (2018). *Cedrela odorata* L. tem potencial para ser utilizada na silvicultura pós-colheita na Amazônia brasileira?. *Ciência Florestal*, 28(03), 1230-1238. <https://doi.org/10.5902/1980509833361>

Von Gadow, K., Orois, S.S., & Calderón, O.A.A. (2004). Manejo forestal con bases científicas. *Madera y bosques*, 10(2), 3-16. <https://doi.org/10.21829/myb.2004.1021271>

Wolf, D., Oldfield, T.E.E., & McGough, N. (2018). *Cites Non-detriment Findings for Timber. A nine-step process to support Cites Scientific Authorities making science-based non-detriment findings (DENPs) for timber/tree species listed in Cites Appendix II*. Version 3.0. BfN-Skripten 504. Bundesamt für Natur schutz, Bonn.

Worbes, M., & Schöngart, J. (2019). Measures for sustainable forest management in the tropics—A tree-ring based case study on tree growth and forest dynamics in a Central Amazonian lowland moist forest. *Plos one*, 14(8), e0219770. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0219770>

Zimmerman, B.L., & Kormos, C.F. (2012). Prospects for sustainable logging in tropical forests. *BioScience*, 62(5), 479-487. <https://doi.org/10.1525/bio.2012.62.5.9>



CAPÍTULO 7

DICTAMEN DE EXTRACCIÓN NO PERJUDICIAL:
CONCLUSIÓN Y RECOMENDACIONES

Allan Jordani^{1,2}, Manolo Quintilhan¹, Yanka Alves¹, Suelma Ribeiro Silva³, Jochen Schöngart⁴ y el Grupo de Trabajo Ordenanza de Personal n. 701, de 15 de abril de 2024⁵

RESUMEN

La inclusión de *Cedrela* spp. en la Anotación #6 (trozas, madera y madera aserrada) en el Apéndice II CITES fue propuesta en la Conferencia de las Partes – CoP18, en 2019, y formalizada en 2020, con el objetivo de regular el comercio de trozas y madera. En el caso de las especies enumeradas en el Apéndice II, la expedición de permisos de exportación exige que la Autoridad Científica (AC) del país exportador elabore un Dictamen de extracción no perjudicial (DENP). Este procedimiento técnico científico evalúa parámetros como la distribución de las especies, las tendencias poblacionales, las prácticas de exploración y los impactos comerciales. Sobre la base del DENP, la AC emite una recomendación favorable o desfavorable a la Autoridad Administrativa – AA de CITES. En Brasil, para la elaboración del DENP para *Cedrela* spp., se formó un Grupo de Trabajo coordinado por el Ibama, con varias instituciones de investigación y entidades públicas con notoria experiencia en temas de conocimiento fundamentales para la gestión y conservación de especies, a partir de la publicación “*Dictámenes de extracción no perjudicial CITES para la madera – Un proceso de nueve pasos para apoyar a las Autoridades Científicas CITES en la formulación de dictámenes de extracción no perjudicial (DENP) basados en información científica para las especies maderables/arbóreas incluidas en el Apéndice II CITES*”, por D. Wolf, T.E.E. Oldfield y N. McGough. A lo largo de este proceso de desarrollo se adquirieron bases de datos nacionales e internacionales de diversas fuentes técnico-científicas, diálogo con otros representantes

1 Coordinación General de Gestión y Monitoreo del Uso de la Flora, Instituto Brasileño del Medio Ambiente y de los Recursos Naturales Renovables - CGFlo/Ibama

2 Autoridad Científica CITES, Instituto Brasileño del Medio Ambiente y de los Recursos Naturales Renovables - Ibama

3 Autoridad Científica CITES, Instituto Chico Mendes para la Conservación de la Biodiversidad - ICMBio

4 Coordinación de Ordenamiento Territorial y Cambio Climático, Instituto Nacional de Investigaciones Amazónicas -CODAM/INPA

5 Ordenanza de Personal n. 701, del 15 de abril de 2024

del sector gubernamental, del sector privado y de la sociedad civil, además de talleres para presentar resultados parciales, recolección de retroalimentación y aportes para posibles ajustes en la dirección del trabajo. Todos los resultados presentados a lo largo de los capítulos se basaron en una extensa base de datos, con evaluación de los principales factores intrínsecos y extrínsecos del género *Cedrela* spp. Los análisis abordaron aspectos esenciales, como la conservación e identificación de las especies, los riesgos biológicos potenciales, los parámetros regulatorios actuales y las tendencias de exploración y comercio registradas en los sistemas de control. Además, se evaluaron los impactos de la exploración legal e ilegal, así como los criterios para la adopción de prácticas de manejo forestal sostenible. Se concluye que el Dictamen de extracción no perjudicial es desfavorable para *Cedrela fissilis*, y favorable con restricciones para *Cedrela odorata* en el bioma amazónico. Los nuevos criterios de manejo propuestos para *Cedrela odorata*, combinados con mejoras en el proceso de autorización de planes de manejo, deberían apoyar el manejo forestal sostenible de la especie en el país.

Palabras clave: Dictamen de Extracción No Perjudicial (DENP); Manejo Forestal Sostenible; *Cedrela* spp

CONTEXTO

A lo largo de los capítulos 1 al 6, con base en una extensa base de datos, se evaluaron los principales factores intrínsecos y extrínsecos del género *Cedrela* spp., abordando aspectos relacionados con la conservación, los posibles riesgos biológicos, los parámetros regulatorios actuales y las tendencias de exploración y comercio registradas en los sistemas de control. También se evaluaron los impactos de la exploración y el comercio, tanto legales como ilegales, además de los criterios para la gestión sostenible. En este contexto, también se plantearon los principales desafíos relacionados con la identificación taxonómica de las dos especies presentes en el bioma amazónico, *Cedrela fissilis* y *Cedrela odorata*, así como la evaluación de características biológicas relacionadas con los patrones de reproducción, como los sistemas reproductivos, la polinización, la fructificación y la dispersión de semillas. El análisis de estas características permitió evaluar cómo se relacionan con el riesgo de exploración y cómo impactan en el mantenimiento de las poblaciones naturales, asegurando su supervivencia y el buen funcionamiento de los ecosistemas.

La investigación no se limitó únicamente a la evaluación de los estándares de datos existentes, sino también al desarrollo de herramientas para apoyar la gestión forestal. Se analizó la ocurrencia de *C. odorata* y *C. fissilis* en conjunto con factores abióticos, como variables climáticas, topográficas, edáficas, hidrológicas y

de altura del dosel, con el objetivo de predecir la probabilidad de ocurrencia de estas especies en la Amazonía brasileña, consolidando los Modelos de Distribución de Especies – MDE. La superposición de estos modelos con datos del Proyecto de Monitoreo de la Deforestación en la Amazonía Legal – PRODES (2008-2023) y la herramienta PrevisIA (2024), que utiliza Inteligencia Artificial para identificar áreas en riesgo de deforestación en la Amazonía, permitió evaluar los riesgos asociados a la conversión de áreas con alta probabilidad de ocurrencia de estas especies a usos alternativos del suelo. También se evaluaron las clasificaciones de riesgo y las tendencias poblacionales de estas especies.

En cuanto a los datos de exploración sostenible de estas especies en el bioma amazónico, se evaluó información de 150 mil hectáreas de inventarios forestales exploratorios de concesiones federales, además de inventarios forestales continuos a través de 140 parcelas permanentes, abarcando un periodo de 61 años de recolección. También se analizaron más de 34.500 años de datos de crecimiento anual a través de anillos de crecimiento, categorizados según los dos tipos principales de vegetación de ocurrencia: Bosque Ombrófilo Denso y Bosque Ombrófilo Abierto. Estos datos permitieron entender la dinámica poblacional de la especie a través de parámetros asociados al crecimiento, la mortalidad y la regeneración. Además, se evaluó la información de exploración en los sistemas de monitoreo y control de productos forestales en todo el bioma amazónico, brindando un panorama general de la ocurrencia de *Cedrela* spp. en los Planes de Manejo Forestal Sostenible (PMFS), así como el contexto de los aspectos normativos que regulan el manejo sostenible de las especies en este territorio.

Otro aspecto fundamental para entender la sostenibilidad del género *Cedrela* se relaciona con los impactos de la exploración y comercialización de sus productos maderables, abordados en el capítulo 5. No solo se trata la información de producción y comercio que conforman las estadísticas oficiales, sino también las estimaciones del mercado ilegal, que van desde la exploración en PMFS y mecanismos de sobreestimación del rendimiento de las áreas autorizadas hasta el análisis de las otras etapas de la cadena productiva y comercial. Esta perspectiva permitió proponer medidas efectivas para mitigar estos impactos en el contexto de la conclusión del DENP.

Finalmente, un análisis de las estructuras poblacionales y el crecimiento de las especies en áreas con diferentes historias de manejo forestal apoyó las proyecciones sobre la recuperación volumétrica del género presentadas en el capítulo 6. La información sobre crecimiento, regeneración y mortalidad de las especies observadas en el Bosque Ombrófilo Denso y el Bosque Ombrófilo Abierto, presentada en el capítulo 3, permitió evaluar varios escenarios en simulaciones que modelaron la recuperación de *Cedrela odorata* después de 30 años de cosecha en estas áreas.

1. ANÁLISIS - EL DICTAMEN DE EXTRACCIÓN NO PERJUDICIAL

Para superar los desafíos encontrados, se plantearon varias posibilidades para la implementación de alternativas, que van desde soluciones tecnológicas hasta cambios en la gestión de los procesos de autorización, siempre con el objetivo de aumentar el grado de información confiable para apoyar la toma de decisiones de los actores involucrados en el proceso. Esta perspectiva implica no solo subsidiar a la autoridad administrativa en la evaluación de las posibles pérdidas ocasionadas por la exportación de ejemplares de *Cedrela* spp. bajo la Anotación #6 (trozas, madera aserrada, láminas de chapa de madera y madera contrachapada), sino también, al comprender todos los factores que impactan en la conservación de estas especies, dirigir los cambios necesarios en los demás eslabones de la cadena productiva, considerando los actores involucrados y las etapas del proceso, desde su origen hasta el usuario final.

Como se señaló en el capítulo 1, la correcta clasificación y nomenclatura de las especies maderables presenta varios desafíos significativos, involucrados desde su origen en el inventario forestal en campo, con especial énfasis en las etapas de inspección del producto maderero a lo largo de la cadena de producción, dada la pérdida de características botánicas fundamentales para la diferenciación de especies del mismo género. En lo que respecta al DENP, esta etapa constituye la base que sustentará todos los análisis posteriores. Por lo tanto, es importante que las empresas forestales lleven a cabo colecciones botánicas de la especie, u otra técnica para identificar las especies con un nivel equivalente de confiabilidad, como porcentaje de los individuos seleccionados para el corte.

Las especies de *Cedrela* que se encuentran en Brasil se clasifican como vulnerables – VU en relación con el estado de conservación a diferentes escalas espaciales en la mayoría de las listas publicadas tanto por la IUCN, el inventario mundial más completo sobre el estado de conservación de las especies, como por CNCFlora, una iniciativa brasileña dedicada a evaluar el riesgo de extinción de especies de la flora nativa del país. Ambos muestran una tendencia a la disminución de la población por género.

En el capítulo 2 se presentaron las principales causas de esta disminución, principalmente relacionadas con la conversión del hábitat a usos alternativos de la tierra, la exploración maderera y los ataques de plagas. Con respecto a *C. fissilis*, se estima que sus subpoblaciones han disminuido en un 30% como resultado de la tala y la pérdida de hábitat, lo que lleva a la extinción de algunas subpoblaciones con el tiempo (CNCFlora, 2012). Corroborando el pronóstico de la iniciativa gubernamental, los modelos de nicho climático presentados por Siqueira *et al.* (2019)

predicen reducciones de 47% a 63% en áreas de idoneidad climática para el año 2070 debido al cambio climático. Del mismo modo, para *C. odorata*, hay indicios de que sus poblaciones han disminuido en casi 30% de su ocurrencia natural, y se estima que disminuirán en 40,4% en los próximos 100 años (IUCN, 2017).

Estos factores apuntan a un riesgo considerable que debe ser evaluado en el proceso de toma de decisiones sobre la continuación de la exploración de estas especies. Sin embargo, la modelación y los análisis presentados en el capítulo 2 indican que las áreas con mayor probabilidad de ocurrencia de *Cedrela fissilis* mostraron un pronóstico de bajo riesgo de deforestación para el año 2024, mientras que *C. odorata* se asocia con un riesgo moderado. Estos modelos tienen el potencial de afinar la toma de decisiones de las entidades autorizantes, dirigiendo los recursos públicos, limitados en su esencia, a situaciones de mayor incertidumbre en la correcta identificación de las especies.

Se atribuye una alta severidad del riesgo cuando su distribución se restringe a una región pequeña y, en consecuencia, cuando esta distribución es dispersa, este nivel de severidad se reduce. Sin embargo, esta distribución debe estar asociada al tamaño poblacional de esta especie para caracterizar los riesgos asociados (Wolf *et al.*, 2018).

Estos factores corroboran la información evaluada sobre la estructura poblacional y la dinámica de las especies en el Capítulo 3. Putz *et al.* (2022) señalan que las buenas decisiones sobre la gestión forestal sostenible requieren información sobre la composición y la estructura de los bosques, así como estimaciones fiables de las tasas de reclutamiento, crecimiento y mortalidad de los árboles. A partir de un análisis robusto de las bases de datos, tanto *C. odorata* como *C. fissilis* presentaron una estructura poblacional con una distribución unimodal asimétrica (J invertida), lo que indica una mayor capacidad de regeneración poblacional (Machado, 2009).

Sin embargo, ambas especies tienen una baja densidad de árboles comerciales (DAP por encima de 50cm) por hectárea en un área de manejo efectivo, con 0,04 árboles/ha para *C. odorata* en Bosque Ombrófilo Denso y solo 0,002 árboles/ha para *C. fissilis* en el mismo tipo de vegetación.

Cedrela fissilis se encuentra con baja densidad en la Amazonía, con un total estimado de 35 millones de árboles en la Panamazonía (ter Steege *et al.*, 2020). A efectos de comparación, en relación con el género *Dipteryx*, también incluido en el Apéndice II CITES, para *D. odorata*, especie vulnerable según la lista roja del CNCFlora, se encontró una densidad promedio de 0,424 árboles comerciales por hectárea en BOD, utilizando la misma metodología. Estos números representan

una densidad de *D. odorata* 212 veces mayor que la de *C. fissilis*, y 10 veces mayor que la de *C. odorata* en las áreas objeto del estudio.

En cuanto al volumen promedio por hectárea, se observaron valores para *C. odorata*, con una mediana de alrededor de 0,5 m³/ha. Por otro lado, *C. fissilis* presentó valores diez veces menores, con 0,05 m³/ha, lo que indica el bajo potencial maderable de esta especie en la Amazonía.

Las especies con una amplia distribución geográfica, pero con poblaciones pequeñas, deben tener su riesgo de extinción evaluado a nivel local, un factor a considerar en el objetivo del DENP (Wolf *et al.*, 2018). En este contexto, aunque *Cedrela fissilis* tiene una amplia distribución y un bajo riesgo asociado a la deforestación, sus características poblacionales indican fragilidad. La especie registra una densidad extremadamente baja en número de árboles por hectárea, un volumen promedio por hectárea igualmente reducido, características de una población escasa y proyecciones preocupantes de disminución en su área de ocurrencia natural, lo que pone de manifiesto su estado de vulnerabilidad.

Complementando el análisis de la estructura poblacional y los pronósticos de reducción del hábitat, la caracterización del comercio de estas especies, presentada en el Capítulo 5, revela tendencias contrastantes. Mientras que la producción de madera de *Cedrela odorata* en 2020 fue 5% superior a la registrada en 2012, *Cedrela fissilis* mostró una reducción significativa del 71% en el mismo período (Ibama, 2024).

Sin embargo, en general, los valores promedio de crecimiento del diámetro estuvieron entre 0.4 y 0.5 cm/año, con tendencias de mayor crecimiento promedio en el Bosque Ombrófilo Abierto (BOA) y en las áreas manejadas, en relación con las áreas de Bosque Ombrófilo Denso (BOD).

En BOA, las especies mostraron tasas de mortalidad promedio similares entre las áreas de control y bajo manejo forestal, con alrededor de 0,4%/año. El mismo estándar se observó para la BOD, con tasas de mortalidad similares entre tratamientos, pero siendo más altas para *C. odorata*, con alrededor de 4%/año y 1,4%/año para *C. fissilis*.

La tendencia a la disminución poblacional del estado de conservación, tanto a nivel global como nacional, combinada con el análisis de la densidad, el volumen promedio/ha de la especie y la historia del comercio de productos de *Cedrela fissilis*, permite concluir que su exploración con fines madereros es insostenible.

Para las especies, en general, se observó un mayor crecimiento de diámetro promedio en áreas con antecedentes de manejo forestal (0.47-0.51 cm/año), en

comparación con las áreas control (0.25-0.54 cm/año). Estas observaciones corroboran la moderada capacidad de regeneración natural de *Cedrela odorata*, influenciada por perturbaciones que crean claros en el bosque (Cárdenas *et al.*, 2015).

Para una evaluación más profunda de la especie, es necesario aumentar la base de datos para el seguimiento de la estructura de la población, especialmente en las clases de diámetro inferior a 40 cm de diámetro. Esta expansión de los datos permitirá una evaluación más precisa de su capacidad regenerativa (Maua *et al.*, 2020). Además, para facilitar el flujo génico, se destaca la importancia de la proximidad entre individuos y la conservación de un número mínimo de remanentes en todas las clases de diámetro, especialmente portadores de semillas y árboles en clases anteriores al diámetro mínimo de corte.

La intensidad de exploración de un área y el stock volumétrico remanente a lo largo de la estructura poblacional son uno de los principales parámetros que garantizan la recuperación de una especie después de la exploración. En este sentido, el Capítulo 4, además de abordar la consolidación de los datos exploratorios de *Cedrela* spp. disponibles en los sistemas de control en el período de 2018 a 2023, presenta los MFS en las categorías de exploración a través de concesiones, bajo carácter comunitario y bajo el régimen de áreas privadas y respectivas intensidades de exploración efectiva. Más allá de los individuos en clases de diámetro por debajo del DMC y el porcentaje de porta-semillas, el stock restante comprende todos los especímenes clasificados para corte en la etapa de inventario forestal que, debido a complicaciones operacionales en la etapa de exploración, no son explotados.

Se destaca una diferencia significativa entre la intensidad de la exploración efectiva de *Cedrela odorata*, la especie predominante del género *Cedrela*. Mientras que en el Manejo Forestal Público se registra una exploración de aproximadamente el 35% del volumen autorizado, en el Manejo en áreas privadas, este porcentaje alcanza el 79%. Esta diferencia debe ser considerada en la definición de parámetros de manejo que apuntan a asegurar la sostenibilidad y el mantenimiento de las funciones ecosistémicas en el hábitat. En muchas ocasiones, este alto porcentaje de intensidad de exploración no solo representa árboles cortados dentro de la UPA, sino también un volumen de crédito maderero superior a las autorizaciones, utilizado para encubrir madera extraída en áreas no autorizadas. En el Capítulo 4 también se analizan los aspectos normativos de la exploración y las herramientas de seguimiento de los sistemas de control.

El Capítulo 5, a su vez, aborda en profundidad la exploración y el comercio ilegal, considerando los principales factores relacionados con las irregularidades en el control de los productos forestales. Uno de los principales enfoques se relaciona

con la sobreestimación de la especie en los planes de manejo a través de créditos madereros consignados en autorizaciones de exploración, constituyendo una de las estrategias más relevantes en el contexto de la evaluación de riesgos de ilegalidad (Brancalion *et al.*, 2018; Perazzoni *et al.*, 2020; Costa *et al.*, 2024).

En este contexto, Costa *et al.* (2024) identificaron en un análisis de PMFS con presencia de *Cedrela* spp. multadas por el Ibama que la principal complicación está relacionada con el movimiento de créditos madereros fraudulentos para encubrir madera cosechada ilegalmente. Corroborando esta perspectiva, al comparar con la base de datos RADAM, que presenta una distribución del volumen comercial de *C. odorata* y *C. fissilis* en Pará de aproximadamente 0,30 m³.ha⁻¹, con un volumen promedio proveniente de autorizaciones válidas en el período de 2009 a 2019, equivalente a 0,63 m³.ha⁻¹ ($\pm 0,88$ m³.ha⁻¹), se identifica una sobreestimación promedio de alrededor del 110% de las AUTEFs de Sisflora-Pará.

El Capítulo también aborda estudios del Sistema de Monitoreo de Exploración Forestal – Simex, que revelan que el 35% de la superficie de tala en la Amazonía entre agosto de 2022 y julio de 2023 se llevó a cabo sin la debida autorización (Simex, 2024). Amazonas, que fue el tercer Estado con mayor producción en este período, tenía solo el 23% del área explorada autorizada. Se observa una presión desproporcionada en la región sur del Estado, parte integral de la Zona de Desarrollo Sostenible de los Estados de Amazonas, Acre y Rondônia – AMACRO y actualmente es una de las principales fronteras de deforestación (Chaves *et al.*, 2024).

Dichas consideraciones deben guiar las hipótesis en los procesos de autorización a fin de restringir la sobreestimación de los créditos madereros en las etapas de la cadena de producción de madera nativa.

Uno de los principales mecanismos para controlar estas sobreestimaciones crediticias en los Planes de Manejo se implementó con la evolución de Sinaflor+, permitiendo un análisis volumétrico por árbol explotado en la UPA, a través de comparaciones entre inventario forestal e informaciones de transporte. Los análisis probabilísticos de la base de datos, centrados en la correlación entre estas variables dendrométricas, permiten caracterizar fuertes indicios de irregularidades a distancia, reduciendo sustancialmente las posibilidades de blanqueo de la madera nativa.

Además, establecer buenas prácticas en los procesos exploratorios que se realizan en los bosques públicos bajo concesiones federales, como parámetros esenciales aplicables a todas las categorías de PMFS, debería asegurar, además de reducir la exploración de individuos con baja calidad de fuste y consecuente aumento del stock remanente, la consecuente mitigación del stock de créditos

virtuales en el mercado ilegal. Por lo tanto, se instituyó la Intensidad Máxima de Exploración para *Cedrela* spp., definida por la relación entre el volumen efectivamente explotado, a partir del perfilado riguroso de una especie en una UCA y su volumen estimado en el Inventario Forestal 100%, como una de las principales variables a evaluar en los criterios de manejo sostenible de la especie.

Además de monitorear el PMFS como fuente de crédito maderero ficticio, es necesario examinar más de cerca las industrias de base forestales responsables de la división primaria de la madera, a fin de evitar el uso de altos Coeficientes de Rendimiento Volumétrico (CRV) como mecanismos para encubrir la madera ilegal.

En el Capítulo 6 se evaluó la estructura poblacional y las tasas demográficas de las dos especies del género en el bioma amazónico, a partir de datos de inventario forestal y parcelas permanentes en Bosque Ombrófilo Abierto (BOA) y Bosque Ombrófilo Denso (BOD), considerando su predominio en estos tipos de vegetación. Se presentaron criterios para la ordenación sostenible de los bosques en diferentes escenarios proyectados. Las proyecciones simuladas de recuperación volumétrica de *Cedrela odorata* se basaron en diferentes escenarios, con variaciones entre 25% y 100% de recuperación, tanto para BOA como para BOD, para un ciclo de tala de 30 años. Estas simulaciones tuvieron en cuenta los cambios en el Diámetro Mínimo de Corte (DMC) y la Intensidad de Exploración (IE). No se evaluaron escenarios con el cambio en el ciclo de tala, dada la dificultad de compatibilizar diferentes periodos de exploración de *Cedrela* y otras especies comerciales, lo que llevaría a mayores impactos producto del reingreso a la zona.

Tabla 1. Proyecciones de recuperación volumétrica de *Cedrela odorata* en diferentes escenarios de manejo forestal, considerando variaciones en el Diámetro Mínimo de Corte – DMC, Intensidad de Exploración – IE y Recuperación de Volumen – RI para Bosque Ombrófilo Abierto – BOA y Bosque Ombrófilo Denso – BOD, con un ciclo de tala de 30 años.

Escenario	Bosque Ombrófilo Abierto			Bosque Ombrófilo Denso		
	DMC (cm)	IE (%)	IR (%)	DMC (cm)	IE (%)	IR (%)
1	50	90	45	50	90	25
2	55	85	75	90	30	75
3	55	70	100	70	50	50

Sobre la base de los parámetros sugeridos por el Grupo de Revisión Científica del WTR de la UE, se propone una tasa de recuperación del 75% como guía inicial, para los bosques tropicales no talados de clímax, y una recuperación del 100% del volumen cosechado en el segundo ciclo de tala o en bosques ya explotados en los últimos 100 años. Alternativamente, se acepta un índice IR mínimo del 50%, siempre que se base adecuadamente en fundamentos científicos.

2. DEFINICIÓN DE CRITERIOS DE MANEJO FORESTAL SOSTENIBLE

Putz et al. (2012), después de un metaanálisis basado en más de 100 publicaciones, con una amplia variación entre las tasas de recuperación volumétrica, encontraron que los rendimientos de madera, considerando la volumetría de todas las especies comerciales, disminuyen en aproximadamente un 46% después de la primera cosecha, pero se mantienen estables en este nivel después. Si las cosechas posteriores se basan únicamente en la misma especie explotada en el ciclo inicial, sólo se dispondrá del 35% de la población.

Con la conclusión de que las disminuciones en los rendimientos de la madera después de la primera cosecha en los bosques maduros parecen inevitables, Putz et al. (2012) sugieren la aceptación de una “beneficio de bosque primario”, con rendimientos subsiguientes mantenidos en un nivel más bajo acordado. En el noroeste del Pacífico de EE.UU., por ejemplo, la intención es mantener los rendimientos al 50% del volumen de la primera cosecha comercial (Putz et al., 2022).

Sin embargo, el objetivo principal de este beneficio es mantener los diversos valores de los bosques gestionados, sin entrar en las especificidades de volúmenes específicos por especie explotada, especialmente en lo que respecta a aquellos que sufren la presión histórica de la exploración y el comercio. Como se ha informado ampliamente a lo largo de los Capítulos del Dictamen de extracción no perjudicial, tanto *Cedrela odorata* como *C. fissilis* presentan tendencias de disminución poblacional que merecen especial atención en cuanto al rigor de los criterios de exploración sostenible.

Así, como criterio de precaución y mantenimiento de las poblaciones de *C. odorata*, y en vista de la buena recuperación volumétrica que presenta el Bosque Ombrófilo Abierto, es plenamente factible establecer un rendimiento equivalente al 100% de su volumen inicial para la segunda cosecha. En este sentido, la definición de la intensidad maderera adecuada buscó basarse en los porcentajes promedio practicados en áreas de concesiones federales en montes públicos, con el fin de incrementar el stock remanente en la UPA, al tiempo que se reducía la disponibilidad de crédito por excedentes de madera en la autorización, estrechando los márgenes para el ocultamiento de madera ilegal. Con un porcentaje máximo de intensidad de exploración del 70%, el Diámetro Mínimo de Corte de 55 cm cumple con los criterios de manejo sostenible establecidos para el BOA.

Sin embargo, en el Bosque Ombrófilo Denso, los resultados fueron considerablemente menos satisfactorios. A pesar de alcanzar una IR equivalente al 75% en el escenario 2, los parámetros utilizados en esta proyección, DMC de 90 cm e IE

de 30%, hacen económicamente inviable la exploración forestal, dada la estructura poblacional de esta especie, ya que prácticamente no hay individuos aptos para el corte en esta clase de diámetro. Para el 20% de MFS de *Cedrela odorata* que caen en BOD, como alternativa en un escenario intermedio, por lo tanto, se evalúa que un DMC de 70 cm y un IE equivalente al 50% cumplen con una recuperación volumétrica del 50% para el segundo ciclo.

Aunque las existencias de madera no regresan a los niveles de bosque primario en los ciclos de cosecha subsiguientes, los rendimientos tienen el potencial de aumentar con la reducción de los daños colaterales y la aplicación de tratamientos silviculturales (Putz *et al.*, 2012). Como medidas de mitigación en rendimientos volumétricos cercanos al 50%, la diversificación de especies en el segundo ciclo, además del uso de técnicas de exploración de impacto reducido y la aplicación de tratamientos silviculturales pueden ser alternativas para ayudar a la recuperación de las especies inicialmente explotadas, cuando existen indicios contundentes sobre la necesidad de medidas de conservación adicionales, como en el caso de las especies incluidas en el Apéndice II CITES.

Las evaluaciones y consideraciones sobre las especies del género *Cedrela* se basaron en los dos tipos de vegetación predominantes en la Amazonía, que corresponden al 85% del bioma (SFB, 2022) e involucran el 97% de la ocurrencia de estas especies en áreas manejadas. Sin embargo, según Sinaflor, se verifica que *Cedrela odorata* también se explota en bosque estacional, sabana y campinarana, tipologías que presentan subtipos con características forestales. Dadas las limitaciones de muestreo que permiten el análisis con la misma efectividad, y considerando características que se asemejan a la densidad y composición de la vegetación, los criterios para el manejo forestal sostenible para el Bosque Ombrófilo Abierto deben extenderse a la MFS en estas áreas.

En la evaluación de la sostenibilidad de las poblaciones no solo se debe considerar la recuperación volumétrica, sino también otros criterios que favorezcan la regeneración natural, el mantenimiento del flujo génico y el mantenimiento mínimo de la estructura poblacional después de la exploración. Se deben mantener algunos parámetros, ya establecidos por la IN MMA 01/2015 para la exploración de *Cedrela* y presentados en el ítem 1.2 del Capítulo 4, como el mantenimiento de cuatro árboles aptos para el corte por cada 100 hectáreas de área de exploración efectiva de la UPA, en cada Unidad de Trabajo – UT. En cuanto al mantenimiento del 15% de los árboles aptos para el corte como portadores de semillas, se propone como criterio adicional que se distribuyan a lo largo de todas las clases de diámetro inventariadas y, siempre que sea posible, de manera uniforme en toda la UT/UPA. Aunque la distribución de las especies no es sistemática en el medio natural, la planificación de la exploración

que tenga en cuenta la posibilidad de una dispersión uniforme de las semillas en toda la zona aumenta las posibilidades de éxito en la regeneración natural.

Igualmente relevante, la expansión del conocimiento sobre la dinámica poblacional debería ser subsidiada por estos criterios de gestión. Esto implica la necesidad de que los inventarios del 100% del bosque de *Cedrela* incluyan clases de diámetro a partir de 20 cm de DAP, además de una estimación poblacional entre 10 y 19,9 cm. Finalmente, se asimila el criterio de rareza, ya abordado por el Estado de Mato Grosso y referido en el Capítulo 5, prohibiendo la exploración en UCA con una densidad de especies inferior a 5 árboles por cada 100 hectáreas.

3. CONCLUSIÓN Y RECOMENDACIONES

En vista de las consideraciones expuestas en el ítem 2. Análisis – El Dictamen de extracción no perjudicial, se concluye que la exploración de *Cedrela fissilis* en el bioma amazónico es insostenible, resultando en un dictamen desfavorable por parte de la Autoridad Científica.

Con relación a *Cedrela odorata*, los análisis y consideraciones presentados a lo largo de este trabajo permiten concluir que el dictamen favorable con restricciones. Para garantizar la sostenibilidad de las poblaciones de la especie, la exploración debe observar los criterios de Manejo Forestal Sostenible, los parámetros para la selección de árboles para el corte y la identificación de las especies que se enumeran a continuación.

Tabla 2. Definición de DMC, ciclo de corta e Intensidad de Exploración para *Cedrela odorata* en MFS, de acuerdo con el tipo de vegetación en el bioma amazónico.

Cedrela odorata – DENP Favorable con restricciones			
Tipo de vegetación	Diámetro mínimo de corte	Ciclo de tala	Intensidad de la exploración
■ Bosque Ombrófilo Abierto, Bosque Estacional, Sabana y Campinarana	55 cm	1 - 25 a 35 años para el PMFS, que prevé el uso de máquinas para arrastrar trozas; o 2 - al menos 10 años para PMFS	70%
■ Bosque Ombrófilo Denso	70 cm	que no utilizan máquinas de arrastre de trozas.	50%

Además del DMC, el ciclo de corta y la intensidad de la tala, la selección de árboles de *Cedrela odorata* para el corte en MFS dependerá de parámetros adicionales, resumidos en la tabla 3.

Tabla 3. Criterios de selección de árboles para el corte de *Cedrela odorata* en el Manejo Forestal Sostenible en el bioma amazónico.

Parámetro	Criterios técnicos
Abundancia	Se deben mantener todos los árboles de <i>C. odorata</i> cuya abundancia de individuos con Diámetro a la Altura del Pecho (DAP) mayor que el Diámetro Mínimo de Corte (DMC) sea menor o igual a 4 árboles por cada 100 ha de área de exploración.
Porta-semillas	Mantenimiento de al menos el 15% de los árboles por especie que cumplan con los criterios de selección para el corte indicados en el Plan de Manejo Forestal Sostenible – PMFS, considerando: ■ Distribución proporcional a las clases de DAP existentes en la Unidad de Corta Anual o Parcela de Corta Anual – UCA; ■ Límite mínimo de 4 árboles por especie por 100 ha en cada Unidad de Trabajo – UT; ■ Distribución a lo largo de todas las clases de diámetro inventariadas; y ■ Siempre que sea posible, distribución espacial uniforme de los árboles a lo largo de la UT/UCA.
Inventario Forestal	■ Inventario Forestal 100% de árboles con DAP a partir de 20 cm; ■ Estimación de la población de árboles con DAP en el rango entre 10 cm y 19.9 cm mediante muestreo sistemático con una intensidad de 0.5%.
Especies sin representantes por debajo del DMC	■ En el caso de las especies sin población por debajo del DMC, se debe mantener al menos un árbol por clase de diámetro dentro de las clases comerciales por encima del DMC.
Índice de rareza	■ En las Áreas de Manejo Forestal – AMF que tengan una densidad menor a 5 árboles/100ha, con un mínimo de DAP de 20 cm, se considerarán raras, y se prohíbe su exploración.

También se recomienda restringir la exploración de los productos forestales identificados únicamente a nivel de género. En el marco del proceso de autorización del Plan Operativo Anual - POA, se deben realizar colectas botánicas de las especies, mediante exsicatas con material fértil u otra técnica de identificación de las especies con un nivel de confiabilidad equivalente, y deben incluir un informe del técnico responsable de la empresa que contenga:

I. constancia de depósito en un herbario registrado en la Red Brasileña de Herbarios de las muestras colectadas;

II. identificación botánica a nivel de especie; y

III. coordenadas geográficas y número de identificación del IF100% de los árboles muestreados.

3.1. Estudios Técnicos y Científicos

La regulación de la MFS establecida por la Resolución 406/2009 de Conama permite cambios en el DMC, ciclo e intensidad de corta, a través de la presentación de estudios técnicos y científicos y la debida evaluación por parte de la autoridad competente. Esta prerrogativa se basa en una condición básica de la exploración forestal sostenible relacionada con las especificidades y numerosas variables que influyen en la dinámica de las especies.

De la misma manera, por lo tanto, se podrán presentar estudios técnicos que permitan una evaluación individualizada de la dinámica de *Cedrela odorata* en función del sitio a explorar, para la alteración de los criterios de manejo propuestos. Para ello, estos estudios deben ser elaborados por un responsable técnico calificado, analizados por la Autoridad Científica CITES del Ibama, y deben considerar las especificidades locales y presentar las bases técnicas y científicas utilizadas en su elaboración. En términos generales, el cambio en el DMC y/o en la Intensidad Máxima de Exploración dependerá de la prueba de recuperación volumétrica en las clases de diámetro igual o superior a la de la categoría “por explorar” para el segundo ciclo de corta, teniendo en cuenta el seguimiento de la población de la especie de interés, sobre la base de las tasas medias de crecimiento anual por clase de diámetro, reclutamiento y mortalidad.

Debido a la dinámica del corte sostenible de bosques nativos en Brasil, que comprende prácticamente la totalidad del bioma amazónico, todas las bases de datos y análisis que apoyaron la elaboración del Dictamen de extracción no perjudicial representaban esta realidad. Sin embargo, si existen exportaciones de tipos de vegetación ubicados fuera del bioma amazónico, los mismos estudios técnicos y científicos deben ser presentados para su análisis por parte de la Autoridad Científica.

3.2. Recomendaciones de criterios en el Proceso de Autorización

La Autoridad Científica CITES de Brasil, Ibama, luego de analizar varias bases de datos y alinear el entendimiento entre los diferentes actores de la gestión ambiental, recomienda mejoras y nuevas medidas en los procesos de autorización de Planes de Manejo Forestal Sostenible que contienen *Cedrela odorata*. Estas acciones deben ser implementadas por el empresario, las Agencias Ambientales Estatales y Federales..

Inspección previa a la exploración

Los estudios de exploración previos en los planes de manejo forestal sostenible deben basarse en modelos de exactitud de la información, asegurando que las evaluaciones sean coherentes y fiables. En este contexto, la elaboración de mapas de probabilidad de ocurrencia de *Cedrela fissilis* y *Cedrela odorata*, tal como se presenta en el Capítulo 2, tiene el potencial de ser herramientas poderosas para guiar las inspecciones en áreas con alta probabilidad de especies en riesgo, dirigiendo los recursos de gestión pública, que generalmente son limitados.

Se sugiere que el empresario recoja muestras, exsicatas y/o muestras de ADN de las poblaciones de árboles aptos para la exploración. Las inspecciones llevadas a cabo por las Agencias de Permisos pueden concentrarse en una fracción de las muestras presentadas, priorizando las ubicaciones que difieren del mapa de probabilidad de ocurrencia de las especies CITES en cuestión.

Se desarrollaron modelos de estimación de stock volumétrico basados en mapas de probabilidad de ocurrencia y datos de inventario forestal del Proyecto Radar da Amazonia – RADAM Brasil. Estos modelos pueden ayudar a las Agencias de Medio Ambiente a definir medidas adicionales, funcionando como herramientas de gestión en el proceso de autorización. Por ejemplo, en los proyectos de exploración, en los que el volumen notificado por hectárea/especie supera el estimado en el mapa de existencias volumétricas naturales, puede indicar la necesidad de una inspección previa a la exploración para verificar las dimensiones de los árboles.

El ítem 3 del Capítulo 5 aborda el hallazgo de Costa *et al.* (2024) de que el 82,3% de los PMFS evaluados por el Ibama en la Amazonia fueron autorizados con unidades únicas de corta anual (UCAs), lo que contradice los preceptos del manejo forestal y tiende a facilitar la perpetración de acciones delictivas. Una de las principales razones puede estar relacionada con la tendencia a sobreestimar las especies debido a la dificultad de monitorear estas áreas, dado el corto período de exploración y las limitaciones de sanciones objetivas que provocan disuasión en la comisión de ilegalidades.

Es evidente, por lo tanto, que es fundamental aplicar mecanismos más rigurosos en el proceso de autorización, especialmente relacionados con la inspección para verificar el volumen de especies prioritarias, como *Cedrela odorata*, previo a la emisión de la autorización. Por lo tanto, en los PMFS con hasta tres UCA, la aprobación por parte de la agencia ambiental que otorga el permiso debe estar necesariamente precedida por una inspección previa a la exploración.

Inspección posterior a la exploración

Las inspecciones posteriores a la exploración, así como las inspecciones previas a la exploración son fundamentales en el proceso de autorización de las especies arbóreas incluidas en el Apéndice II CITES. En este contexto, es crucial establecer protocolos y criterios uniformes, asegurando una aplicación estandarizada en todos los Estados de la Amazonía Legal. Se deben llevar a cabo procedimientos durante la inspección de los patios en las industrias forestales, especialmente en la fase de división de las trozas.

La Resolución n. 411 de Conama, del 6 de mayo de 2009 (Brasil, 2016), trata sobre los procedimientos para la inspección de las industrias que consumen o transforman productos y subproductos forestales de origen nativo. Establece normas de nomenclatura y coeficientes de rendimiento volumétrico - CRV. Para los aserraderos, el coeficiente de rendimiento volumétrico para la conversión de trozas en madera aserrada se establece en hasta el 35%, con posibilidad de cambio siempre que se demuestre la capacidad técnica de la empresa para un mayor aprovechamiento mediante la presentación de estudios técnicos. Considerando que factores como los diámetros de las trozas, la maquinaria, las características tecnológicas de la especie y la calificación de la mano de obra son determinantes en el rendimiento de la troza (Manhiça, 2010), se recomienda que se desarrollen indicadores de Coeficientes de Rendimiento Volumétrico Mínimo para *Cedrela odorata* en cada Estado de la Amazonía Legal.

Como se identificó en el Capítulo 5, este aumento en las tasas de uso de las industrias forestales tiene el potencial de encubrir la madera ilegal, y es esencial que dichos cambios, además de estar precedidos de estudios técnicos, sean inspeccionados por la agencia ambiental.

Esta acción tiene como objetivo no solo aumentar la eficiencia del uso de los recursos forestales, sino también garantizar la sostenibilidad en todos los procesos de la cadena de producción de la madera.

En la Tabla 2 del Capítulo 5 se presentan los parámetros para la conversión de productos a equivalente-troza para *Cedrela* spp., los cuales pueden servir como parámetros indicadores en la evaluación de la cadena de custodia de la exportación de ejemplares del género.

Monitoreo de los sistemas de control

Con el advenimiento de la implementación de los nuevos conceptos de trazabilidad en Sinaflor, Brasil ha mejorado significativamente sus sistemas de monitoreo de bosques nativos, evolucionando de un control basado en el volumen consolidado por especie en los Planes de Manejo a la individualización del volumen de cada árbol explotado. Con esto, se hace posible un monitoreo remoto de los Planes de Manejo, con un control detallado de los volúmenes inventariados en comparación con las declaraciones de corte, combinado con la superposición con una extensa base de datos e indicativo en el análisis de imágenes satelitales.

En el punto 4.2 del Capítulo 5 se presenta la correlación encontrada entre los datos del inventario forestal y los datos de las declaraciones de tala, para el manejo en propiedades privadas y comunitarias y en bosques públicos. Se observa que la mayor frecuencia de los árboles *C. odorata* presenta diferencias entre 0-1%, mientras que para el manejo en bosques públicos esta diferencia ocurrió en el rango entre -50 y -30%. En la Tabla 3 se enumeran los principales aspectos abordados por el Ibama en los procesos de seguimiento y control del PMFS con base en datos de Sinaflor.

Tabla 4. Criterios sugeridos para el monitoreo remoto del PMFS con la presencia de especies incluidas en el Apéndice II CITES.

Análisis del sistema	Visuales (imágenes satelitales)
■ Margen de error del volumen explorado por individuo en comparación con el volumen inventariado inconsistente, basado en un análisis probabilístico; ■ Árboles con un volumen explotado superior a 40 metros cúbicos; ■ Suma de la longitud de las secciones de trozas del árbol mayor que el doble de la altura del mismo árbol en el inventario;	■ Aspecto de área inexplorada; ■ Apariencia de exploración en un sistema distinto del PMFS; ■ Signos de tala rasa; ■ Indicios de exploración fuera de la UCA autorizada.

Se recomienda que la agencia de permisos ambientales implemente mecanismos para monitorear los datos de los sistemas de control de productos forestales para PMFS autorizados con *Cedrela odorata*.

Instrucción Normativa

Es fundamental elaborar una Instrucción Normativa/Ordenanza que establezca criterios claros y uniformes para el manejo forestal maderable de *Cedrela* spp. en Brasil, tanto para el mercado nacional como para el internacional. Con la creciente demanda de productos forestales sostenibles y la necesidad de cum-

plir estrictos estándares de conservación, la estandarización de los criterios de gestión a nivel de especie se convierte en una medida clave.

Esta Instrucción Normativa debe abordar aspectos como los criterios mínimos para la exploración forestal de cada especie, además de prácticas de monitoreo y fiscalización por parte de técnicos especialistas para complementar el proceso básico de evaluación de las Agencias Ambientales. Así, se asegurará que las especies explotadas cumplan con los lineamientos de sostenibilidad propuestos en este DENP.

3.3. Recomendación de especies alternativas

A pesar de la biodiversidad amazónica, se estima que sólo unas 350 especies se comercializan en la región (Martini *et al.*, 1994; Richardson *et al.*, 2016). Esta concentración de la exploración en un grupo limitado de especies revela la fragilidad de la industria maderera, poniendo en riesgo la sostenibilidad de las existencias futuras de madera valiosa. La dependencia de unas pocas especies aumenta la presión sobre las más demandadas por el mercado, potenciando la sobreexplotación y comprometiendo la regeneración natural. La inclusión de más especies en las estimaciones de las existencias futuras de madera puede parecer una reducción injustificada de las expectativas, pero con el tiempo y la disminución de los recursos disponibles, los aserraderos a menudo aceptan trozas más pequeñas y de menor calidad de una variedad más amplia de especies (Aplet *et al.*, 1993).

Por lo tanto, la diversificación de la oferta de especies forestales comerciales surge como una estrategia esencial para reducir la presión sobre los recursos explotados y promover la sostenibilidad a largo plazo del sector. En este contexto, se recomienda la inclusión de especies alternativas a *Cedrela* spp., con características similares al cedro, para ampliar el portafolio de especies explotadas y aprovechar el potencial comercial de estas alternativas.

El *Cedrelinga cateniformis*, conocido como falso cedro, tiene una madera de densidad media que puede sustituir a las especies de *Cedrela* bajo una fuerte presión comercial (Sales *et al.*, 2021). Con una densidad aparente media de 0,721 g/cm³, su madera tiene características de densidad y promedio de contracción, además de un coeficiente de anisotropía de 1,654. Las propiedades mecánicas son similares o superiores a las maderas de mayor densidad, clasificándose en la clase de resistencia C20. Esto lo convierte en una alternativa viable a especies como *Couratari oblongifolia*, *Vochysia maxima*, *Cedrela odorata* y *Swietenia macrophylla*. Además, *C. cateniformis* tiene un alto potencial para las plantaciones madereras, debido a su resistencia al barrenador de Meliacea y su asociación con micorrizas.

Andrade et al. (2022) proponen una lista de especies equivalentes entre las más explotadas y promisorias para el mercado, a partir de indicadores de densidad de madera y exploración en los Sistemas de Control Forestal Brasileños. Para especies con densidad de madera mediana a moderadamente pesada, como *Cedrela* spp., se sugiere reemplazarla con *Brosimum rubescens* (granadillo), *Laetia procera* (manga larga colorada), *Micropholis guyanensis* (quina), *Micropholis venulosa* (rosado), *Vatairea guianensis* (frijol amargo/waru), *Inga alba* (guaba), *Scleronema micranthum* (carguero/yolombo), *Clarisia racemosa* (guariuba), *Symphonia globulifera* (Ojoru/peramán/cerillo), *Iryanthera juruensis* (cumala colorada), *Tachigali paniculata* (bergantín) y *Protium heptaphyllum* (amescla/tacamaca).

3.4. Recomendaciones a la Autoridad Administrativa CITES de Brasil

Con el fin de garantizar la sostenibilidad de la exploración y el mantenimiento de las funciones ecosistémicas del género *Cedrela* en su entorno natural, se recomienda a la autoridad administrativa CITES de Brasil:

- 1) El rechazo a las exportaciones de los productos madereros enumerados en la Anotación #6, (troza, madera aserrada, láminas de chapa de madera y madera contrachapada de *Cedrela fissilis*.
- 2) La admisión/autorización de exportaciones de productos maderables listados en la Anotación #6 de *Cedrela odorata*, siempre y cuando se cumplan las recomendaciones de este Dictamen sobre la extracción no perjudicial.

En el marco del análisis para la emisión del Permiso CITES, se recomienda que la Autoridad Administrativa evalúe la manifestación de la agencia de permisos ambientales en el ámbito de la Autorización de Exploración, o el dictamen adjunto, sobre los criterios de gestión definidos en la Instrucción Normativa publicada por el Ibama.

Se recomienda rechazar las solicitudes de exportación con especímenes identificados únicamente a nivel de género. También se sugiere que se evalúen las inspecciones por parte de las agencias de permisos en las industrias madereras de la cadena de custodia de productos forestales que presenten números de degradación superiores a los porcentajes de CRV evaluados en este DENP.

4. CONSIDERACIONES FINALES

Los parámetros evaluados a lo largo de este trabajo refuerzan la importancia de caracterizar la sostenibilidad y el mantenimiento de las funciones ecosistémicas de las especies en sus poblaciones, especialmente en el área explotada. Este enfoque, centrado en criterios de gestión a escala local, tiene como objetivo asegurar la presencia de la especie a largo plazo, con el mínimo mantenimiento de la estructura poblacional en su área de ocurrencia, asegurando la continuidad de la exploración de forma sostenible en los próximos ciclos.

Al mismo tiempo, se propone la adopción de medidas a escala macro, con el potencial de asegurar la conservación de la especie a nivel nacional, en una mirada no solo a la evaluación de posibles pérdidas para la exportación de ejemplares del género *Cedrela*, sino con un enfoque holístico a toda la cadena productiva. Estas acciones incluyen la implementación de mecanismos de monitoreo y control cada vez más específicos, capaces de mitigar los riesgos asociados a la exploración y el comercio ilegal, además de la promoción de buenas prácticas de manejo forestal sostenible. Dichas iniciativas tienen como objetivo garantizar la protección de las poblaciones naturales, integrando las áreas de ocurrencia en un contexto más amplio y sostenible a lo largo de la cadena de producción.

Dada la historia de sobreexplotación de especies del género *Cedrela* y de la vasta biodiversidad amazónica, con la posibilidad de manejar especies con características similares, se concluye que el Dictamen de extracción no perjudicial es desfavorable para *Cedrela fissilis*, y favorable, con restricciones para *Cedrela odorata* en la Amazonía Legal Brasileña.

En la etapa previa a la exploración, es fundamental establecer garantías sobre la correcta identificación de las especies y los volúmenes inventariados en los proyectos de manejo. En la fase posterior a la exploración, se destaca la inspección de los patios industriales y la verificación del coeficiente de rendimiento volumétrico – CRV%.

Finalmente, el establecimiento de nuevos criterios para el manejo forestal sostenible de las especies por fitofisionomía debe oficializarse a través de la publicación de una Instrucción Normativa, aplicable tanto al mercado interno como al extranjero.

Debido a que el corte sostenible en Brasil ocurre prácticamente exclusivamente en la Amazonía, las bases de datos, el análisis y las conclusiones del Dictamen de extracción no perjudicial reflejan esta realidad. Sin embargo, para cualquier exportación de áreas fuera de este bioma, los estudios con base técnica y científica deben ser presentados para su evaluación por la Autoridad Científica.

5. REFERENCIAS

Andrade, M., Zenid, G.J., Lentini, M.W., Santos, H., Nunes, F., & Costa, J.N. (2022). Espécies madeireiras nativas menos comercializadas: uma oportunidade para produção e conservação na Amazônia brasileira. *Boletim Técnico Timberflow* 9. Imaflora, Piracicaba. https://www.imaflora.org/public/media/biblioteca/boletim_timberflow_set_2022.pdf

Aplet, G.H., Johnson, N., Olson, J.T. et al. (1993) *Defining sustainable forestry*. Island Press, Washington, D.C.

Brançalion, P.H.S., De Almeida, D.R.A., Vidal, E., Molin, P.G., Sontag, V.E., Souza, S.E. X.F., & Schulze, M.D. (2018). Fake legal logging in the brazilian amazon. *Science Advances*, 4(8), 1–8. <https://doi.org/10.1126/sciadv.aat1192>

Brasil. (2009). Resolução Conama nº 411, de 6 de maio de 2009. Dispõe sobre procedimentos para inspeção de indústrias consumidoras ou transformadoras de produtos e subprodutos florestais madeireiros de origem nativa, bem como os respectivos padrões de nomenclatura e coeficientes de rendimento volumétricos, inclusive carvão vegetal e resíduos de serraria. *Diário Oficial da União*. https://www.gov.br/ibama/pt-br/assuntos/biodiversidade/flora-e-madeira/arquivos/dof/legislacao/20221212_Resolucao_Conama_411_6_maio_2009_compilada.pdf

Brasil. (2014). Instrução Normativa nº 21, de 24 de dezembro de 2014. Institui o Sistema Nacional de Controle da Origem dos Produtos Florestais (Sinaflor) e dá outras providências. *Diário Oficial da União*. <https://www.gov.br/ibama/pt-br/phocadownload/dof/legislacao/IN-IBAMA-21-24.12.2014-Sinaflor.pdf/view>

Brasil. (2016). Resolução CONAMA nº 474, de 06 de abril de 2016. Altera a Resolução nº 411, de 6 de maio de 2009, que dispõe sobre procedimentos para inspeção de indústrias consumidoras ou transformadoras de produtos e subprodutos florestais madeireiros de origem nativa, e dá outras providências. *Diário Oficial da União*. <https://pesquisa.in.gov.br/imprensa/jsp/visualiza/index.jsp?data=02/05/2016&jornal=1&pagina=74&totalArquivos=112>

Brasil. (2022). Portaria MMA nº 148, de 7 de junho de 2022. Estabelece a atualização da Lista Nacional de Espécies Ameaçadas de Extinção. *Diário Oficial da União*. <https://pesquisa.in.gov.br/imprensa/jsp/visualiza/index.jsp?data=13/02/2015&jornal=1&pagina=67&totalArquivos=304>

Cárdenas, L.D., Castaño, A.N., Sua, T.S., Quintero B.L. et al. (2015). *Planes de Manejo para la Conservación de Abarco, Caoba, Cedro, Palorosa, y Canelo de los Andauques*. Bogotá, Colombia: Instituto Amazónico de Investigaciones Científicas – SINCHI.

Centro Nacional de Conservação da Flora – CNCFlora. (2012). *Cedrela fissilis*. In Lista Vermelha da flora brasileira versão 2012.2. *Centro Nacional de Conservação da Flora*. http://cncflora.jbrj.gov.br/portal/pt-br/profile/Cedrela_fissilis.

Chaves, M.E.D., Mataveli, G., Conceição, K.V., Adami, M., Petrone, F.G., & Sanches, I.D. (2024). AMACRO: the newer Amazonia deforestation hotspot and a potential setback for Brazilian agriculture. *Perspectives in Ecology and Conservation*, 22(1), 93–100. <https://doi.org/10.1016/j.pecon.2024.01.009>

Costa, V.O.B., Koehler, H.S., & Robert, R.C.G. (2024). Characterization of technical and legal irregularities in management plans in the Brazilian Amazon. *Trees, Forests and People*, 16, 100548. <https://doi.org/10.1016/j.tfp.2024.100548>

Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e Recursos Naturais Renováveis – Ibama. (2024). *Produção madeireira de espécie nativas brasileiras (2012 a 2020)*. Brasília: Ibama. (Forthcoming).

International Union for Conservation of Nature – IUCN. (2017). *Cedrela odorata*, Spanish cedar. <http://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.1998.RLTS.T32292A9687734.en>

International Union for Conservation of Nature – IUCN. (2018a). *Cedrela fissilis*. *The IUCN Red List of Threatened Species 2018*: e.T33928A68080477. <https://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.2018-1.RLTS.T33928A68080477.en>

International Union for Conservation of Nature – IUCN. (2018b). *Cedrela odorata*. *The IUCN Red List of Threatened Species 2018*: e.T32292A68080590. <https://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.2017-3.RLTS.T32292A68080590.en>

Machado, S., Augustynczyk, A.L., Nascimento, R.G., Téó, S.J., Miguel, E.P., Figura, M.A., & Silva, L.C. (2009). Funções de distribuição diamétrica em um fragmento de Floresta Ombrófila Mista. *Ciencia Rural*, 39, 2428-2434.

Manhiça, A.A. (2010). Rendimento e eficiência no desdobro de Pinus sp. utilizando modelos de corte numa serraria de pequeno porte. *[Dissertação de mestrado, Universidade Federal do Paraná]*. <https://hdl.handle.net/1884/22590>

Martini, A.M., Rosa, N.D.A., & Uhl, C. (1994). An attempt to predict which Amazonian tree species may be threatened by logging activities. *Environmental Conservation*, 21(2), 152-162. <https://doi.org/10.1017/S0376892900024589>

Maua, J.O., MugatsiaTsingalia, H., Cheboiwo, J., & Odee, D. (2020). Population structure and regeneration status of woody species in a remnant tropical forest: A case study of South Nandi forest, Kenya. *Global Ecology and Conservation*, 21, e00820. <https://doi.org/10.1016/j.gecco.2019.e00820>

Perazzoni, F., Bacelar-Nicolau, P., & Painho, M. (2020). Geointelligence against illegal deforestation and timber laundering in the Brazilian Amazon. *ISPRS International Journal of Geo-Information*, 9(6), 398. <https://doi.org/10.3390/ijgi9060398>

Putz, F.E., Romero, C., Sist, P., Schwartz, G., Thompson, I., Roopsind, A., Ruslandi, Medjibe, V., & Ellis, P. (2022). Sustained timber yield claims, considerations, and tradeoffs for selectively logged forests. *PNAS Nexus*, 1(3), pgac102. <https://doi.org/10.1093/pnasnexus/pgac102>

Putz, F.E., Zuidema, P.A., Synnott, T., Peña-Claros, M., Pinard, M.A., Sheil, D., ... & Zagt, R. (2012). Sustaining conservation values in selectively logged tropical forests: the attained and the attainable. *Conservation Letters*, 5, 296–303. <https://doi.org/10.1111/j.1755-263X.2012.00242.x>

Richardson, V.A., & Peres, C.A. (2016). Temporal decay in timber species composition and value in Amazonian logging concessions. *PloS one*, 11(7), e0159035. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0159035>

Sales, D.D.F., Balboni, B.M., Batista, A.S., & Moutinho, V.H.P. (2021). Amazon false cedar: a substitute for medium-density timbers from vulnerable species. *Revista Ibero-Americana de Ciências Ambientais*, 12(3), 29-37. <https://doi.org/10.6008/CBPC2179-6858.2021.003.0003>

Serviço Florestal Brasileiro – SFB. (2022). *Sistema Nacional de Informações Florestais – SNIF*. Brasília. <http://snif.florestal.gov.br/pt-br/>

Siqueira, S.D.F., Higuchi, P., & Silva, A.C.D. (2019). Contemporary and future potential geographic distribution of *Cedrela fissilis* Vell. under climate change scenarios. *Revista Árvore*, 43, e430306. <https://doi.org/10.1590/1806-90882019000300006>

Sistema de Monitoramento da Exploração Madeireira – Simex. (2024). *System for Monitoring Timber Harvesting (Simex): Mapping of logging in the Brazilian Amazon – August 2022 to July 2023*. Imazon, ICV, Imaflora, Idesam. <https://imazon.org.br/en/publicacoes/system-for-monitoring-timber-harvesting-simex-mapping-of-logging-in-the-brazilian-amazon-august-2022-to-july-2023-2/>

ter Steege, H., Prado, P. I., Lima, R.A.D., Pos, E., de Souza Coelho, L., de Andrade Lima Filho, D., ... & Junqueira, A.B. (2020). Biased-corrected richness estimates for the Amazonian tree flora. *Scientific reports*, 10(1), 10130. <https://doi.org/10.1038/s41598-020-66686-3>

Wolf, D., Oldfield, T.E.E., & McGough, N. (2018). *CITES non-detriment Findings for timber: a nine-step process to support CITES Scientific Authorities making science-based non-detriment findings (DENPs) for timber/tree species listed in CITES Appendix II*. Deutschland/Bundesamt für Naturschutz.

APÉNDICE A

Investigador Usuario ForestPlots	Institución
Abel Monteagudo-Mendoza	Jardim Botânico de Missouri
Ademir Roberto Ruschel	Embrapa Amazônia Oriental
Adriana Prieto	Instituto de Ciencias Naturales, Universidad Nacional de Colombia
Adriane Esquivel Muelbert	University of Birmingham
Adriano Nogueira Lima	Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia
Agustín Rudas	Instituto de Ciencias Naturales, Universidad Nacional de Colombia
Alejandro Araujo-Murakami	Museo de Historia Natural Noel Kempff Mercado, Universidad Autónoma Gabriel René Moreno
Ali D'Jesus	Wildlife Conservation Society
Aline Lopes	Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais
Ana Andrade	Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia
Anand Roopsind	Iwokrama International Centre for Rainforest Conservation and Development
Angelo Gilberto Manzatto	Fundação Universidade de Rondônia
Anthony Di Fiore	University of Texas at Austin
Antonio Cruz	Jardim Botânico de Missouri
Armando Torres-Lezama	Universidad de los Andes Merida
Barbara Vicenti	CIAT
Beatriz Marimon	Universidade do Estado de Mato Grosso
Ben Hur Marimon Junior	Universidade do Estado de Mato Grosso
Bert van Uft	Programa de Monitoramento de Microbacias
Boris Villanueva Tamayo	Universidad del Tolima
Camila Silva Valeria	Instituto de Pesquisa Ambiental da Amazônia
Carlos Peres	University of East Anglia
Carlos Quesada	Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia
Carolina Levis	Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia
Carolina Volkmer de Castilho	Embrapa Roraima
Casimiro Mendoza	Forest Management in Bolivia
Christopher Baraloto	International Center for Tropical Botany
Danielle Storck-Tonon	Universidade do Estado de Mato Grosso
Darcy Galiano Cabrera	Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco

David Galbraith	University of Leeds
David Neill	Universidad Estatal Amazônica
Edmar Almeida de Oliveira	Universidade do Estado de Mato Grosso
Eduardo Hase	Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia
Eliana Jimenez	Grupo de Ecología y Conservación de Fauna y Flora Silvestre, Nacional de Colombia sede Amazonia
Emanuel Gloor	University of Leeds
Emilio Vilanova Torre	Wildlife Conservation Society
Eric Arets	Programa de Monitoramento de Microbacias
Erick Lavado Esteban	Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia
Erika Berenguer	Lancaster University
Esteban Alvarez Dávila	Universidad UNAD-Colombia, Jardín Botánico de Edimburgo
Euri-dice Honorio Coronado	University of St Andrews
Everton Almeida	Instituto de Biodiversidade e Floresta, Universidade Federal do Oeste do Pará
Fernanda Coelho	University of Leeds
Fernando Cornejo Valverde	Andes to Amazon Biodiversity Program
Fernando Elias	Universidade Federal do Pará/Embrapa Amazônia Oriental
Filipe França	Lancaster University
Flávia Costa	Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia
Flávia Delgado Santana	Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia
Flávio Amorim Obermuller	Universidade Federal do Rio de Janeiro
Foster Brown	Woods Hole Research Center
Frans Bongers	Wageningen University, Forest Ecology and Forest Management Group, Centre for Ecosystem Studies
Freddie Draper	Carnegie Science
Freddy Ramirez Arevalo	Universidad Nacional de la Amazoni-a Peruana
Gabriela Lopez-Gonzalez	University of Leeds
Geertje van der Heijden	University of Nottingham
Gerardo Flores Llampazo	Universidad Nacional Jorge Basadre de Grohmann
Germaine Alexander Parada Gutierrez	Universidad Autonoma Gabriel Rene Moreno
Gonzalo Rivas-Torres	Universidad San Francisco de Quito
Guido Pardo	Universidad Autonoma del Beni Riberalta
Gustavo Schwartz	Embrapa Amazônia Oriental

Hans ter Steege	Naturalis Biodiversity Center
Herison Madeiros	Universidade de São Paulo
Hirma Rami-rez-Angulo	Universidad de los Andes
Ima Celia Guimaraes Vieira	Museu Paraense Emilio Goeldi
Irina Mendoza Polo	ColTree
Isau Huamantupa-Chuquimaco	Universidad Nacional Amazonica de Madre de Dios
James Comiskey	National Park Service
James Singh	Guyana Forestry Commission
Javier Silva Espejo	Universidad de San Antonio Abad del Cusco
Jean Olivier	Laboratoire d'Ecologie Terrestre
Jerome Chave	Laboratoire Evolution et Diversite Biologique
Jhon del Aguila Pasquel	Instituto de Investigaciones de la Amazonia Peruana
Joeri Zwerts	Centre for Agricultural Research in Suriname
Joey Talbot	University of Leeds
John Lleigue	Programa de Monitoramento de Microbacias
John Pipoly	Broward County Parks and Recreation
John Terborgh	University of Florida
Joice Ferreira	Embrapa Amazônia Oriental
Jorcely Barroso	Universidade Federal do Acre
Jos Barlow	Lancaster University
José Luís Camargo	Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia
Jose Luis Marcelo	Universidad Nacional de Jaen
Jose Reyna Huaymacari	Universidad Nacional de la Amazonia Peruana
Juliana Schietti	Universidade Federal do Amazonas
Juliana Stropp	Joint Research Centre of the European Commission
Julie Peacock	University of Leeds
Julien Engel	UMR Ecologie des Forêts de Guyane
Karina Garcia Cabreara	Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco
Karina Melgaço	BeZero Carbon
Katherine Helen Roucoux	University of Leeds
Laura Vedovato	University of Exeter
Leandro Ferreira	Museu Paraense Emilio Goeldi
Lia de Oliveira Melo	Universidade Federal do Oeste do Pará
Lilian Blanc	CIRAD

Lily Rodriguez Bayona	CIMA
Lola da Costa	Universidade Federal do Pará
Lourens Poorter	Programa de Monitoramento de Microbacias
Lucas Jose Mazzei de Freitas	Embrapa Amazônia Oriental
Luciana de Oliveira Pereira	University of Exeter
Luis Valenzuela Gamarra	Jardim Botânico de Missouri
Luisa Fernanda Duque	Socioecosistemas y clima sostenible, Fundacion con Vida
Luiz Aragão	Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais
Luzmila Arroyo	Universidad Autonoma Gabriel Rene Moreno
M Alexiades	New York Botanical Garden
Marcelo Fragomeni Simon	Embrapa Cenargem
Marcelo Brilhante de Medeiros	Embrapa Cenargem
Marcos Silveira	Universidade Federal do Acre
Maria Cristina Penuela-Mora	Universidad Regional Amazonica ikiam
Maria do Socorro	Embrapa Amazônia Oriental
Marielos Pena-Claros	Instituto Boliviano de Investigacion Forestal
Marisol Toledo	Museo de Historia Natural Noel Kempff
Maryane Bento Trindade de Andrade	Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia
Massiel Corrales Medina	Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa
Mat Disney	University College London
Maureen Playfair	Centre for Agricultural Research in Suriname
Maxime Rejou	Universite Paul Sabatier
Michel Baisie	Cirad
Michelle Kalamandeen	University of Leeds
Miles Silman	Wake Forest University
Nallaret Davila Cardozo	Universidad Nacional de la Amazoni-a Peruana
Natalino Silva	Serviço Florestal Brasileiro
Nayane Cristina Candida dos Santos Prestes	Universidade do Estado do Mato Grosso
Nazare Oliveira de Araujo	Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia
Nigel Pitman	Science and Education, The Field Museum
Niro Higuchi	Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia
Norma Salinas Revilla	Pontificia Universidad Catolica del Peru
Olaf Banki	Catalogue of Life
Oliver Phillips	School of Geography, University of Leeds
Omar Aurelio Melo Cruz	Universidad de Tolima

Pascal Petronelli	CIRAD, UMR Ecologie des Forêts de Guyane
Patricia Alvarez Loayza	Center for Tropical Conservation, Nicholas School of the Environment, Duke University
Paulo Graça	Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia
Paulo Morandi	Universidade do Estado de Mato Grosso, Campus de Nova Xavantina
Percy Vargas	Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco
Peter van de Meer	Wageningen University
Peter van der Hout	Van der Hout Forestry Consulting
Petrus Naisso	Cirad
Philip Fearnside	Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia
Pieter Zuidema	Programa de Monitoramento de Microbacias
Pli-nio Barbosa Camargo	Universidade de São Paulo
Priscila Souza	Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia
Rafael Salomao	Museu Paraense Emilio Goeldi
Reinaldo Barbosa	Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia
Rene Boot	Tropenbos International
Rene Guillen Villaroel	Consultor independiente
Richarlly da Costa Silva	Universidade Federal do Acre
Rodolfo Vasquez Martinez	Jardim Botânico de Missouri
Roel Brien	University of Leeds
Sabina Cerruto Ribeiro	Universidade Federal do Acre
Samaria Murakami	Programa de Monitoramento de Microbacias
Simon Lewis	University of Leeds
Simone Aparecida Vieira	Universidade Estadual de Campinas
Simone Matias de Almeida Reis	Universidade do Estado de Mato Grosso/ Universidade Federal do Amazonas
Sophie Fauset	University of Plymouth
Susan Laurance	Centre for Tropical Environmental and Sustainability Science (TESS) and College of Marine and Environmental Sciences, James Cook University
Ted Feldpausch	University of Exeter
Thaiane Rodrigues de Sousa	RAINFOR-PPBIO
Thaíse Emílio	Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia
Thomas Lovejoy	George Mason University
Timothy Baker	University of Leeds

Timothy Killeen	Jardim Botânico de Missouri
Toby Gardner	Stockholm Environment Institute
Varun Swamy	San Diego Zoo Institute for Conservation Research
Verginia Wortel	Centre for Agricultural Research in Suriname
Victor Chama Moscoso	Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco
Vincent Bezard	ONF
Vincent Vos	Universidad Autonoma del Beni
Walter Huaraca Huasco	Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco
Wemo Betian	CNRS
Wendeson Castro	Universidade Federal do Acre
William E. Magnusson	Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia
William Farfan-Rios	Washington University in Saint Louis
William Laurance	Centre for Tropical Environmental and Sustainability Science (TESS) and College of Marine and Environmental Sciences, James Cook University
Yadvinder Malhi	University of Oxford
Yuri Tomas Huilca Aedo	Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco
Zorayda Restrepo Correa	Servicios Ecosistemicos y Cambio Climatico (SECC) Fundacion Con Vida & Corporacion COL-TREE

APÉNDICE B

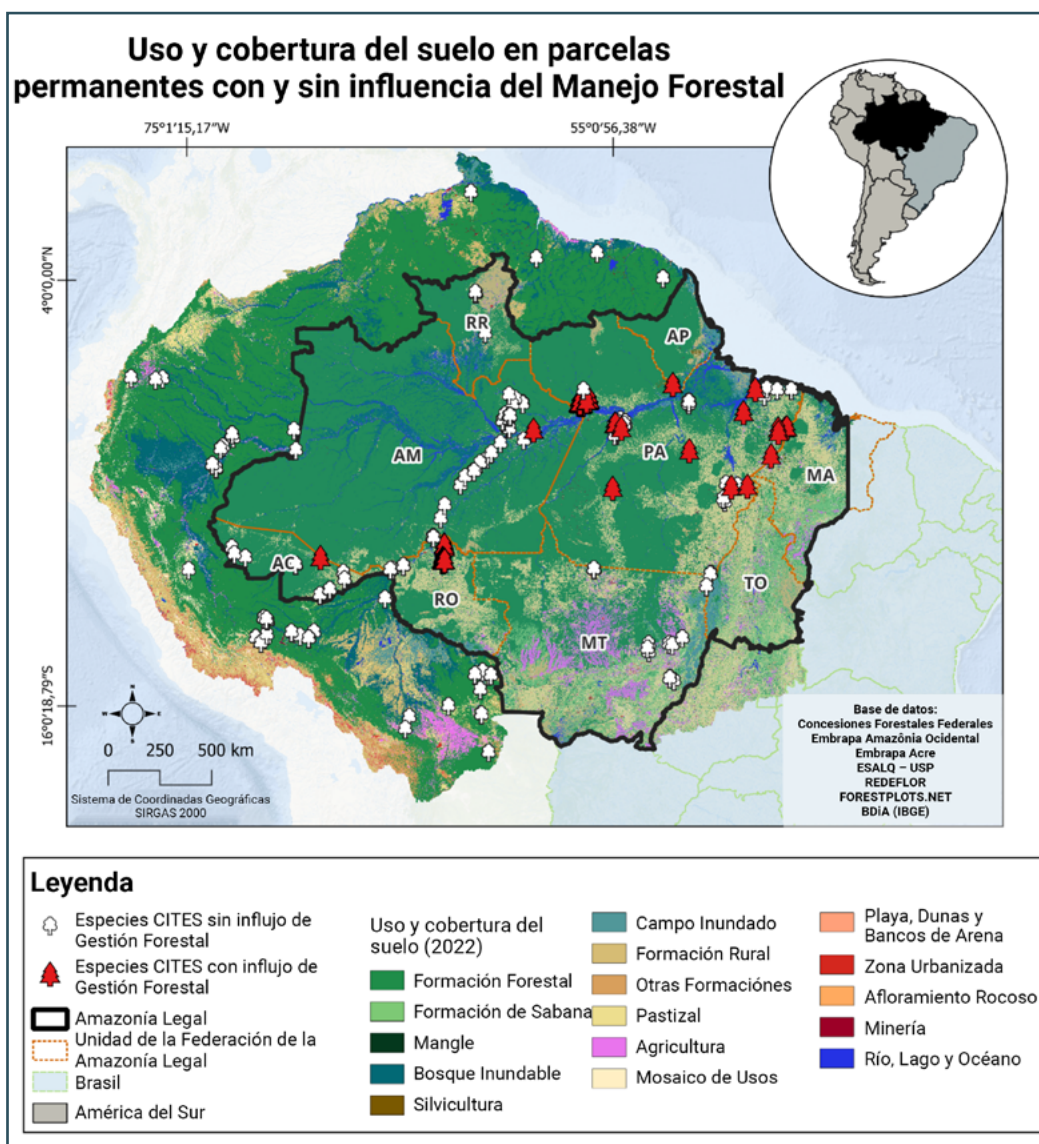


Figura 1. Ubicación de parcelas permanentes distribuidas por regiones fitoecológicas, sin (en blanco) y con historial de manejo forestal (en rojo) en la Pan-Amazonía.

