

UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE MADRID
ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE
INGENIERÍA DE MONTES, FORESTAL Y DEL
MEDIO NATURAL



**Análisis del estado de conservación y patrones de
muestreo geográfico en especies maderables
aprovechadas en los bosques de la Amazonía
ecuatoriana**

TESIS DOCTORAL

Presentada para optar al título de Doctor por:

Rolando Manuel López Tobar

Ingeniero Forestal

Magister en Manejo y Aprovechamiento Forestal

Madrid, 2025



UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE MADRID
ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍA DE
MONTES, FORESTAL Y DEL MEDIO NATURAL

Doctorado en Ingeniería y Gestión del Medio Natural

**Análisis del estado de conservación y
patrones de muestreo geográfico en
especies maderables aprovechadas en
los bosques de la Amazonía ecuatoriana**

TESIS DOCTORAL

Presentada para optar al título de Doctor por:

Rolando Manuel López Tobar

Ingeniero Forestal

Bajo la dirección de:

Dr. Fernando García Robredo

Dr. Bolier Torres Navarrete

Madrid, 2025

Título: Análisis del estado de conservación y patrones de muestreo geográfico en especies maderables aprovechadas en los bosques de la Amazonía Ecuatoriana

Autor: Rolando Manuel López Tobar

Programa de Doctorado: Doctorado en Ingeniería y Gestión del Medio Natural

Dirección de tesis:

Dr. Fernando García Robredo (Director) Universidad Politécnica de Madrid (España)

Dr. Bolier Torres Navarrete (Codirector) Universidad Estatal Amazónica (Ecuador)

Revisores externos:

Ing. Pablo Enrique Lozano Carpio, PhD

Ing. Julio César Muñoz Rengifo, PhD

Tribunal de tesis:

Fecha de defensa:

*A mi esposa, hijos, padres, hermanos y
a toda mi familia, quienes siempre
han estado allí mostrándome su apoyo...*

AGRADECIMIENTOS

Esta investigación ha sido posible gracias a la colaboración de amigos de varias instituciones ecuatorianas que pusieron a disposición una gran cantidad de datos e información, la Universidad Técnica Estatal de Quevedo UTEQ, el Ministerio de Ambiente Agua y Transición Ecológica MAATE, al Gobierno ecuatoriano y a la Universidad Estatal Amazónica UEA y a la amazonía ecuatoriana; estas palabras son pocas para expresar el sincero agradecimiento hacia vosotros.

Un especial agradecimiento a mis Tutores, Dr. Fernando García Robredo y Dr. Segundo Bolier Torres Navarrete, sin vuestra ayuda, empuje y apoyo esto no se habría consolidado, cada uno de vuestros consejos y correcciones son ingredientes que me ayudaron día a día a culminar esta investigación; al Dr. José Antonio Manzanera quien desde un inicio fue una guía y apoyo, gracias eternas a todos ustedes.

Resumen

La Región Amazónica Ecuatoriana (RAE), parte del *hotspot* de los Andes Tropicales, es una de las áreas más biodiversas y con mayor endemismo a nivel global. Alberga especies forestales maderables de alto valor comercial, esenciales para la economía local y los servicios ecosistémicos. Sin embargo, enfrenta amenazas por explotación intensiva y pérdida de hábitat, destacando la urgencia de implementar estrategias de manejo sostenible que equilibren la conservación de la biodiversidad con las demandas del mercado maderero. Comprender el estado de conservación, los patrones de muestreo y las dinámicas del mercado de especies maderables en la RAE es crucial para diseñar estrategias efectivas de manejo forestal sostenible. Estos temas son clave para mitigar la presión sobre especies explotadas, promover el uso de especies subutilizadas y garantizar la sostenibilidad ecológica y económica de este *hotspot* de biodiversidad global.

Para abordar la sostenibilidad del manejo forestal en la RAE, esta investigación planteó tres objetivos específicos: (a) caracterizar el esfuerzo de muestreo botánico de especies maderables explotadas dentro y fuera de áreas protegidas, (b) analizar el aprovechamiento maderero y el estado de conservación de las especies más explotadas según la UICN y, (c) clasificar las especies maderables según su interés comercial y determinar sus precios en mercados locales. La metodología incluyó un análisis de bases de datos de biodiversidad, inventarios forestales y registros de aprovechamiento; además se evaluaron datos de explotación forestal entre 2012 y 2021 y, finalmente se realizó una clasificación de especies basada en sus propiedades y precios en mercados locales, definiendo cuatro categorías considerando variables comerciales y ecológicas: Muy Fina, Fina, Corriente y Ordinaria.

Los resultados muestran que el esfuerzo de muestreo botánico de especies maderables en la RAE evidencia desigualdades entre áreas protegidas y no protegidas. En las primeras, los muestreos son más frecuentes y sistemáticos, mientras que, en las zonas no protegidas, aptas para manejo forestal, existen grandes vacíos de información. Estas limitaciones dificultan una evaluación representativa de la biodiversidad y el estado de los recursos forestales en la región, subrayando la necesidad de protocolos uniformes y zonas prioritarias de muestreo. En cuanto al aprovechamiento maderero, los datos del periodo 2012-2021 muestran una intensa presión sobre especies de alto valor comercial, como *Cedrelinga cateniformis* (USD 201 compra y 345 venta el m³), *Erismia uncinatum* (USD 160 compra y 288 venta el m³), *Otoba parvifolia* (USD 128 compra y 258 venta el m³) y *Ceiba pentandra* (USD 149 compra y 250 venta el m³), dominan las categorías comerciales Muy Fina, Fina, Corriente y Ordinarias respectivamente. La sobreexplotación de estas especies plantea riesgos significativos para su sostenibilidad a largo plazo. Estos resultados resaltan la necesidad de fortalecer la gobernanza forestal en Ecuador, promoviendo protocolos de muestreo integrales, incentivos para el manejo sostenible y la regeneración natural, así como también las estrategias para diversificar los mercados de madera. Estas acciones son fundamentales para garantizar un equilibrio entre conservación y desarrollo socioeconómico en la RAE.

Abstract

The Ecuadorian Amazon Region (RAE), part of the Tropical Andes biodiversity *hotspot*, is one of the most diverse areas globally, with high levels of endemism. It hosts commercially valuable timber species essential for local economies and ecosystem services. However, the region faces significant threats from intensive exploitation and habitat loss, emphasizing the urgent need for sustainable management strategies that balance biodiversity conservation with market demands. Understanding the conservation status, sampling patterns, and market dynamics of timber species in the RAE is crucial for designing effective sustainable forest management strategies. These aspects are key to mitigating pressure on exploited species, promoting the use of underutilized ones, and ensuring ecological and economic sustainability in this globally significant biodiversity *hotspot*.

To address forest management sustainability in the RAE, this study pursued three specific objectives: (a) to characterize the botanical sampling effort of exploited timber species inside and outside protected areas, (b) to analyze timber harvesting and the conservation status of the most exploited species according to IUCN categories, and (c) to classify timber species by commercial interest and determine their prices in local markets. The methodology included an analysis of biodiversity databases, forest inventories, and logging records. Harvesting data from 2012 to 2021 were assessed, and a classification of species based on their properties and prices in local markets was conducted, defining four categories based on commercial and ecological variables: Very Fine, Fine, Common, and Ordinary.

The results show that the botanical sampling effort for timber species in the Ecuadorian Amazon Region (RAE) reveals significant inequalities between protected and non-protected areas. In protected areas, sampling is more frequent and systematic, whereas non-protected zones suitable for forest management exhibit substantial information gaps. These limitations hinder a representative assessment of biodiversity and the status of forest resources in the region, highlighting the need for standardized protocols and prioritized sampling zones. Regarding timber harvesting, data from 2012 to 2021 indicate intense pressure on high-value species such as *Cedrelinga cateniformis* (USD 201 purchase and USD 345 sale per m³), *Erismia uncinatum* (USD 160 purchase and USD 288 sale per m³), *Otoba parvifolia* (USD 128 purchase and USD 258 sale per m³), and *Ceiba pentandra* (USD 149 purchase and USD 250 sale per m³), which dominate the commercial categories Very Fine, Fine, Common, and Ordinary, respectively. The overexploitation of these species poses significant risks to their long-term sustainability. These findings emphasize the need to strengthen forest governance in Ecuador by promoting comprehensive sampling protocols, incentives for sustainable management, and natural regeneration, as well as strategies to diversify timber markets. These actions are essential to ensure a balance between conservation and socioeconomic development in the RAE.

Tabla de Contenidos

1. Introducción	2
1.1. Problemática de la deforestación.....	4
1.2. Aprovechamiento forestal maderero en el Ecuador	6
1.2.1. Regulación del aprovechamiento forestal maderero en Ecuador	7
1.2.2. La industria de la madera en Ecuador.....	8
1.3. Estado de conservación de las especies forestales aprovechadas en Ecuador	11
1.3.1. Iniciativas Nacionales.....	12
1.4. Aprovechamiento forestal maderero en la Amazonía ecuatoriana	14
1.5. Especies maderables objeto de aprovechamiento en el Ecuador	15
1.6. Estado de conservación de especies aprovechadas	17
1.7. Importancia comercial de las especies maderables aprovechadas en el Ecuador	17
1.8. Interés y estructura de la presente investigación	23
1.8.1. Importancia de la investigación	24
1.8.2. Estructura de la Tesis Doctoral	25
2. Objetivos de la Investigación	28
2.1. Objetivo General	28
2.2. Objetivos Específicos	28
3. Contexto de la investigación	31
3.1. Autoridad Ambiental ecuatoriana	31
3.2. Iniciativas de conservación en Ecuador	32
3.3. Iniciativas de control forestal.....	33
3.4. Avance de la frontera agropecuaria, pérdida de biodiversidad y deforestación	37
3.5. Especies Forestales objeto de aprovechamiento en el Ecuador	38
3.5.1. Especies Forestales de aprovechamiento condicionado.....	38
3.5.2. Especies forestales de aprovechamiento comercial en el Ecuador	40
3.5.3. Principales especies forestales analizadas en esta investigación	41
3.5.3.1. <i>Otoba</i> sp (doncel).....	41
3.5.3.2. <i>Virola</i> sp (<i>chalviande</i>).....	42
3.5.3.3. <i>Ceiba pentandra</i> (L.) Gaertn (<i>ceiba</i>).....	43
3.5.3.4. <i>Cedrelinga cateniformes</i> Ducke (<i>chuncho</i>)	43
3.5.3.5. <i>Erismia uncinatum</i> Warm (<i>arenillo</i>).....	44
3.5.3.6. <i>Vochysia</i> sp (<i>tamburo</i>).....	45
3.5.3.7. <i>Ocotea</i> sp (<i>canelo</i>).....	46
3.5.3.8. <i>Sterculia</i> sp (<i>sapote</i>).....	46
3.5.3.9. <i>Parkia</i> sp (<i>guarango</i>)	47
3.5.3.10. <i>Guarea</i> spp (<i>colorado</i>).....	47
3.6. Manejo forestal Sostenible	48

3.6.1.	Tipos de formaciones forestales.....	49
3.6.1.1.	Bosque Nativo	49
3.6.1.2.	Árboles de Regeneración Natural en Cultivos.....	50
3.6.1.3.	Árboles Relictos	50
3.6.2.	Programas de aprovechamiento forestal vigentes en el Ecuador	50
3.6.2.1.	Programa de Manejo Forestal Sustentable PMFSu.....	50
3.6.2.2.	Programa de Manejo Forestal Simplificado PMFSi	51
3.6.2.3.	Programas de Corta en Zonas de Conversión Legal PCZCL.....	51
3.6.2.4.	Programa de Corta en Árboles Relictos PCAR	51
3.6.2.5.	Programa de Corta de Árboles de Regeneración Natural en Cultivos PCARNC	51
3.6.3.	Gobernanza Forestal.....	51
4.	Material y métodos	55
4.1.	Ubicación geográfica del área de estudio.....	55
4.2.	Metodología general: Procesos y flujo de datos.....	56
4.3.	Metodología para análisis de esfuerzo de muestreo y patrones de colecciones botánicas	57
4.3.1.	Bases de datos analizadas	57
4.3.1.1.	Base de datos GBIF	58
4.3.1.2.	Base de datos iDigBio	58
4.3.1.3.	Base de datos BIEN.....	59
4.3.1.4.	Base de datos BLOWEB	59
4.3.1.5.	Base de datos SINMBIO Programa Nacional de Monitoreo	60
4.3.2.	Bases de datos de las estrategias de conservación	60
4.3.2.1.	Sistema Nacional de Áreas Protegidas (SNAP).....	61
4.3.2.2.	Sistema nacional de Bosques y Vegetación Protectores (BVP).....	61
4.3.2.3.	Áreas del Patrimonio Forestal del Estado (PFE)	62
4.3.2.4.	Áreas del Programa Socio Bosque (PSB).....	62
4.4.	Metodología para el análisis del aprovechamiento forestal y categorías UICN	63
4.4.1.	Base de datos del sistema de administración forestal (SAF)	63
4.4.2.	Metodología para analizar el estado de conservación de los recursos forestales, categorías de la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (UICN)	67
4.4.2.1.	Categorías.....	68
a)	<i>Extinto (EX)</i>	68
b)	<i>Extinto en Estado Silvestre (EW)</i>	68
c)	<i>En Peligro Crítico (CR)</i>	68
d)	<i>En Peligro (EN)</i>	68
e)	<i>Vulnerable (VU)</i>	68
f)	<i>Casi Amenazado (NT)</i>	69
g)	<i>Preocupación Menor (LC)</i>	69
h)	<i>Datos Insuficientes (DD)</i>	69
i)	<i>No Evaluado (NE)</i>	69
4.5.	Metodología para determinar tipología de maderas y su potencial económico	69
4.5.1.	Metodología para determinar la tipología de maderas	70
4.5.2.	Selección y evaluación de indicadores.....	70
4.5.3.	Método Delphi	70
4.5.4.	Agrupación en Dimensiones.....	72
4.5.5.	Determinación del grado de acuerdo entre expertos.....	72
4.5.6.	Definición de Tipologías	72

4.5.7.	Diseño de formularios aplicados en la toma de datos en establecimientos y comercios de madera en la Amazonía	73
4.5.8.	Selección de establecimientos y demás involucrados a ser encuestados	74
4.5.9.	Levantamiento de datos.....	75
4.5.10.	Revisión y Validación Final	77
4.6.	Herramientas de proceso aplicadas en las metodologías	78
4.6.1.	Microsoft Excel.....	78
4.6.2.	R (versión 4.1.2).....	78
4.6.3.	Paquete Taxize (Taxonomic Search and Retrieval in R).....	79
4.6.4.	TERRA para R	79
4.6.5.	DIVA-GIS para Windows	79
4.6.6.	ArcGIS	80
4.7.	Análisis y tratamiento de los datos	80
4.7.1.	Limpieza y filtrado de datos	80
4.7.2.	Análisis de los datos procedentes de las colecciones botánicas y de las bases de datos de biodiversidad ..	81
4.7.3.	Análisis de los datos de las bases de datos oficiales del Ministerio del Ambiente Agua y Transición Ecológica MAATE.....	81
4.7.4.	Determinación de especies objeto de aprovechamiento	82
4.7.5.	Evaluación del estado de conservación	83
4.7.6.	Valoración económica.....	83
5.	Resultados	85
5.1.	Caracterización del esfuerzo de muestreo botánico de las especies maderables aprovechadas en la Amazonía Ecuatoriana	85
5.1.1.	Patrones de colecta de especies maderables aprovechadas en la RAE	85
5.1.2.	Cobertura de protección dentro de las iniciativas de conservación vigentes en Ecuador	86
5.1.3.	Categorías de conservación de la UICN para las especies maderables analizadas	89
5.2.	Aprovechamiento forestal maderable (2012-2021) y su estado de conservación de acuerdo con las categorías de la UICN.....	91
5.2.1.	Caracterización del aprovechamiento forestal maderero a nivel provincial en la RAE	91
5.2.2.	Principales especies forestales aprovechadas en la RAE (2012-2021)	93
5.2.3.	Especies maderables aprovechadas (2012-2021) y categorías de amenazas UICN.....	95
5.3.	Tipificación de especies maderables según los valores de conservación y mercado	97
5.3.1.	Tipificación de especies maderables, precios y usos en mercado local en la RAE.....	97
5.3.2.	Precios de la madera de acuerdo con sus categorías en la RAE	97
5.3.3.	Precios del metro cúbico de la madera de acuerdo con sus categorías en la RAE.....	98
5.3.4.	Potencial económico del aprovechamiento de madera en la RAE.....	99
5.3.4.1.	Potencial económico de madera categoría “Muy finas”	99
5.3.4.2.	Potencial económico de madera categoría “Finas”	101
5.3.4.3.	Potencial económico de madera categoría “Corrientes”	102
5.3.4.4.	Potencial económico de madera categoría “Ordinarias”	104
6.	Discusión	107
6.1.	Caracterización del esfuerzo de muestreo botánico de las especies maderables aprovechadas en la Amazonía Ecuatoriana	107
6.2.	Aprovechamiento forestal maderable y su estado de conservación	111
6.3.	Tipificación de las especies forestales maderables y potencial económico en la RAE.....	113

6.4.	Implicaciones políticas.....	116
6.4.1.	Esfuerzo de muestreo botánico: implicaciones para las evaluaciones nacionales forestales (ENF) y la gestión sostenible del bosque.....	116
6.4.2.	Aprovechamiento maderable: implicaciones políticas para potenciar el manejo forestal sostenible	116
6.4.3.	Tipificación de las especies forestales maderables: implicaciones para la diversificación de mercados y el manejo sostenible de especies maderables en la RAE.....	118
7.	Conclusiones y Recomendaciones	121
8.	Referencias	128
9.	Anexos	141

Índice de Tablas

Tabla 1.	Deforestación bruta del Ecuador continental reportada	4
Tabla 2.	Estructura porcentual de la Silvicultura, extracción de madera y actividades relacionadas con respecto al PIB, 2007 – 2021	20
Tabla 3.	Aprovechamiento forestal registrado en el Ecuador en el periodo 2010 - 2012	35
Tabla 4.	Superficie autorizada para manejo forestal en los años 2007 al 2009 registrado en el Ecuador	36
Tabla 5.	Volumen autorizado para aprovechamiento en las provincias de Sucumbíos y Orellana en los años 2010 al 2012	36
Tabla 6.	Especies de Aprovechamiento Condicionado según el Acuerdo 125 MAATE	39
Tabla 7.	Preguntas realizadas método Delphi sobre tipología de maderas en la RAE	71
Tabla 8.	Categorización de las especies maderables para la RAE	73
Tabla 9.	Formulario para determinar los precios promedios de compra y venta (USD/m ³) de especies maderables por categoría, en depósitos y aserraderos de la Amazonía ecuatoriana	74
Tabla 10.	Modelo de formulario aplicado en las encuestas realizados a establecimientos que trabajan con productos forestales en la RAE	74
Tabla 11.	Modelo de base de datos de registros de datos del aprovechamiento forestal en la RAE	81
Tabla 12.	Número de individuos y especies en las provincias de la RAE	86
Tabla 13.	Información geográfica en formato vectorial de las iniciativas de conservación vigentes en Ecuador	87
Tabla 14.	Lista de las especies arbóreas más importantes con su volumen aprobado para el aprovechamiento, porcentaje de volumen aprovechado y tasa media de tala en m ³ /ha, provincias Sucumbíos, Orellana y Napo (2012-2021)	92
Tabla 15.	Lista de las especies arbóreas más importantes con su volumen aprobado para el aprovechamiento, porcentaje de volumen aprovechado y tasa media de tala en m ³ /ha, provincias Pastaza, Morona Santiago y Zamora Chinchipe (2012-2021 continuación)	92

Tabla 16.	Lista de las especies más importantes con volumen aprobado para el aprovechamiento periodo (2012-2021) en valores absolutos y relativos y la categoría de amenaza según la UICN en las seis provincias de la Amazonia ecuatoriana	94
Tabla 17.	Lista de las especies más importantes con volumen aprobado para el aprovechamiento periodo (2012-2021) en valores absolutos y relativos y la categoría de amenaza según la UICN en las seis provincias de la Amazonia ecuatoriana (continuación)	95
Tabla 18.	Precios promedios de compra y venta madera aserrada por unidad y por metro cubico (USD) de especies maderables por categoría, en mercados domésticos de las provincias que conforman la RAE	99
Tabla 19.	Listado y cantidad de madera aserrada (m3) de las 12 principales especies arbóreas maderables (Muy Finas) comercializadas en la RAE (2012-2021) de acuerdo con el volumen de aprovechamiento, Categorías de conservación de la UICN, Densidad de la especie y potencial económico en compra y venta	100
Tabla 20.	Listado y cantidad de madera aserrada (m3) de las 15 principales especies arbóreas maderables (Finas) comercializadas en la RAE (2012-2021) de acuerdo con el volumen de aprovechamiento, Categorías de conservación de la UICN, Densidad de la especie y potencial económico en compra y venta	101
Tabla 21.	Listado y cantidad de madera aserrada (m3) de las 15 principales especies arbóreas maderables (Corrientes) comercializadas en la RAE (2012-2021) de acuerdo con el volumen de aprovechamiento, Categorías de conservación de la UICN, Densidad de la especie y potencial económico en compra y venta	103
Tabla 22.	Listado y cantidad de madera aserrada (m3) de las 15 principales especies arbóreas maderables (Ordinarias) comercializadas en la RAE (2012-2021) de acuerdo con el volumen de aprovechamiento, Categorías de conservación de la UICN, Densidad de la especie y potencial económico en compra y venta	104

Índice de Figuras

Figura 1.	Evolución del sector de la silvicultura, extracción de madera y actividades relacionadas durante el periodo 2007-2021 (Miles de dólares de 2007, tasas de variación en tanto por ciento)	21
Figura 2.	Evolución del sector de la silvicultura, extracción de madera y actividades relacionadas durante el periodo 2007-2021 (Miles de dólares de 2007) y evolución del PIB ecuatoriano durante el mismo periodo (Millones de dólares de 2007)	22
Figura 3.	Área de estudio: (A) Ubicación geográfica de Ecuador; (B) Región Amazónica ecuatoriana (RAE); (C) Provincias pertenecientes a la RAE	56
Figura 4.	Diagrama de flujo de la metodología aplicada en la investigación	57
Figura 5.	Diagrama del Sistema de Administración Forestal SAF	65
Figura 6.	Pantalla principal del Sistema de Administración Forestal SAF accediendo al sitio web: https://saf.ambiente.gob.ec/saf2/	66
Figura 7.	Pantalla principal del Sistema de Administración Forestal SAF accediendo al sitio web: https://saf.ambiente.gob.ec/saf2/ como usuario registrado	66
Figura 8.	Diagrama de producto maderero Pieza, Tablón y Tabla	76
Figura 9.	Diagrama de producto maderero Viga	77

Figura 10.	Diagrama de producto maderero Batiente y Duela	77
Figura 11.	Patrones de colecta de especies de alto interés comercial procedentes de RAE. (A) Número de colecciones botánicas depositadas en herbario. (B) Mapa de deforestación y cobertura de bosque nativo en la RAE	86
Figura 12.	Patrones de colecta de especies maderables de alto valor comercial de la amazonia ecuatoriana: (A) Sistema Nacional de Áreas Protegidas; (B) Bosques y Vegetación Protectora; (C) Patrimonio Forestal del Estado; (D) Programa Socio Bosque; (E) Fuera de Categoría de protección	88
Figura 13.	A) Número de especies; B) Porcentaje para cada una de las categorías de conservación de la UICN. Categorías: CR = Peligro Critico. EN = Peligro. VU = Vulnerable, NT = Casi Amenazada, LC = Preocupación Menor, DD = Datos Insuficientes, NE = No Evaluado	89
Figura 14.	Número de especies dentro de las categorías de manejo vigentes para Ecuador y categorías de conservación de la UICN. Categorías: CR = Peligro Crítico. EN = En peligro de extinción. VU = Vulnerable. LC = Preocupación Menor. DD = Datos Insuficientes. NE = No Evaluado	90
Figura 15.	Porcentaje y número de especies para cada una de las categorías de conservación de la UICN: A) Sucumbíos; B) Orellana; C) Napo; D) Pastaza; E) Morona Santiago; F) Zamora Chinchipe, Categorías: CR = En Peligro Crítico, EN = En Peligro, VU = Vulnerable, NT = Casi Amenazada, LC = Preocupación Menor, DD = Datos Insuficientes, NE = No Evaluada	96

CAPITULO I

Introducción

1. Introducción

Ecuador, con una superficie de 256.370 km², se caracteriza por su extraordinaria diversidad geográfica y biológica, distribuyéndose en cuatro regiones bien definidas: Costa, que abarca el litoral pacífico; Sierra, que atraviesa el país de norte a sur con la cordillera de los Andes; Oriente, compuesto por las tierras bajas de la Amazonía; y la región insular de las islas Galápagos. Administrativamente, el país se organiza en 24 provincias, subdivididas en cantones y parroquias. La Región Amazónica Ecuatoriana (RAE), es la más extensa con 115.613 km², representa el 45% del territorio nacional y está cubierta mayoritariamente por densos bosques tropicales que albergan una biodiversidad única y se extienden hasta el pie de los Andes.

Ecuador es reconocido globalmente por ser uno de los 17 países con mayor "megadiversidad", albergando aproximadamente 25 millones de hectáreas con 91 ecosistemas, según el Ministerio del Ambiente (MAE, 2016). De estos ecosistemas, 65 son boscosos, 14 herbáceos y 12 arbustivos, lo que resalta la importancia del país como un bastión para la conservación de la biodiversidad mundial (Mittermeier et al., 2005).

En el tema forestal, el estado ecuatoriano ha realizado hasta el momento dos evaluaciones nacionales forestales (ENF), que componen un proyecto con enfoque multipropósito establecido con dos prioridades principales: a) proporcionar información actualizada y sólida para mejorar la toma de decisiones y el desarrollo de políticas relacionadas con el manejo forestal sostenible en el país, y b) responder a los requerimientos para acceder a los mercados internacionales de carbono bajo el mecanismo REDD+. Estas evaluaciones no solo buscan cumplir con estándares internacionales, sino que también aportan al fortalecimiento del conocimiento sobre los recursos forestales nacionales, permitiendo identificar áreas clave para la conservación y el manejo sostenible de los bosques. Además, proporcionan datos esenciales para monitorear la biodiversidad, estimar el almacenamiento de carbono en los diferentes ecosistemas del país, y evaluar los servicios ecosistémicos que proveen los bosques, especialmente en regiones críticas como la Amazonía ecuatoriana, que alberga una de las mayores concentraciones de biodiversidad del planeta.

Entre las principales actividades realizadas en estas evaluaciones, se encuentran la recopilación de datos biofísicos de los bosques, la obtención de información ambiental y socioeconómica y considerar la medición de todas las coberturas de la tierra, haciendo posible que en el futuro se tenga un registro de los cambios de uso y de la biomasa arbórea en cada una de ellas. De esta

forma se integró el concepto de árboles fuera del bosque y por primera vez se cuantificó este recurso a nivel nacional.

Sin embargo, la información relacionada con los recursos forestales en el Ecuador, así como en muchos países de los trópicos, ha demostrado problemas de confiabilidad, especialmente por la incongruencia de los datos, pero sobre todo por el uso de metodologías diferentes. La experiencia en inventarios forestales nacionales del Ecuador ha sido focalizada en ciertas regiones del país, especialmente en inventarios relacionados para conocer la composición florística y monitoreo de la diversidad vegetal.

Hasta el año 2022, la cobertura forestal del Ecuador continental se ha reducido al 48,2% del territorio nacional, según los datos estadísticos obtenidos de las evaluaciones nacionales forestales (ENF), publicados por (Torres et al., 2025). Estas evaluaciones han sido fundamentales para proporcionar información confiable sobre la distribución y el estado de los bosques, los mismos autores han identificado que el 76% del bosque remanente en Ecuador se encuentra en la región Amazónica, el 13% en la región Andina y el 10,6% en la región Costa. Estos datos no solo evidencian la distribución desigual de los recursos forestales, sino que también destacan la importancia de diseñar políticas de manejo y aprovechamiento forestal sostenible que consideren las características específicas de cada región.

En este contexto, resulta necesario profundizar en el conocimiento sobre el estado de conservación y los patrones de muestreo geográfico de las especies maderables aprovechadas en los bosques de la Amazonía ecuatoriana, región que concentra la mayor proporción de bosque remanente del país. Analizar estas dinámicas a través de una tesis doctoral permite no solo identificar los impactos de la explotación maderera en las especies prioritarias, sino también aportar al diseño de estrategias de manejo forestal sostenible que equilibren las necesidades económicas de las comunidades locales con la conservación de la biodiversidad. Además, esta investigación contribuye al debate sobre el manejo de los bosques primarios, abordando vacíos de información científica clave para garantizar la sostenibilidad de los ecosistemas amazónicos y su capacidad para proveer servicios ambientales esenciales.

1.1. Problemática de la deforestación

La deforestación en Ecuador ha sido una problemática histórica que ha impactado de manera significativa los ecosistemas del país, particularmente en la RAE, donde se concentra la mayor parte de los bosques remanentes. A pesar de los esfuerzos por reducir su ritmo, esta pérdida de cobertura forestal continúa afectando la biodiversidad y los servicios ecosistémicos esenciales, así como el bienestar de las comunidades dependientes de los recursos forestales.

Las tasas de deforestación bruta en el periodo 1990-2018 se muestran en la Tabla 1, reflejando una tendencia decreciente tanto en términos absolutos como porcentuales. El promedio anual de deforestación pasó de 129.943 ha/año (1990-2000) a 82.529 ha/año (2016-2018), con una disminución progresiva en la tasa anual de deforestación bruta, que se redujo del -0,93% al -0,66% en los mismos periodos (MAATE, 2022).

Tabla 1. Deforestación bruta del Ecuador continental reportada

Periodo	Deforestación bruta anual promedio (ha/año)	Tasa anual de deforestación bruta (%)
1990 - 2000	129943	-0.93
2000 - 2008	108666	-0.82
2008 - 2014	97918	-0.77
2014 - 2016	94353	-0.74
2016 - 2018	82529	-0.66

Fuente: Mapa interactivo (MAATE, 2022). Obtenido de <http://ide.ambiente.gob.ec/mapainteractivo/>

Estos resultados sugieren una mejora en la gestión forestal y posibles avances en la implementación de medidas de conservación durante las últimas décadas. Para lo cual es importante analizar en detalle cada periodo de análisis del mapa de deforestación histórico:

1.1.1. Periodo 1990-2000: Punto crítico inicial

En este periodo, la deforestación bruta anual promedio alcanzó su nivel más alto, con 129.943 hectáreas deforestadas por año y una tasa anual de -0,93% (MAATE, 2022a). Esto refleja un periodo de intensa presión sobre los bosques, impulsado principalmente por la expansión agrícola, el crecimiento poblacional y actividades extractivas como la ganadería extensiva y la tala ilegal. Durante esta década, el control sobre el cambio de uso del suelo y el aprovechamiento forestal era limitado, y las políticas de conservación eran insuficientes para contrarrestar estas tendencias.

1.1.2. Periodo 2000-2008: Primer descenso significativo

La deforestación disminuyó a 108.666 hectáreas por año, y la tasa anual se redujo a -0,82% (MAATE, 2022a), lo que sugiere los primeros efectos de programas de conservación más estructurados y una mayor conciencia sobre la problemática ambiental. Sin embargo, factores como la expansión de monocultivos comerciales (e.g., palma africana) y la construcción de infraestructura continuaron ejerciendo presión sobre los bosques, particularmente en las regiones Costa y Amazonía.

1.1.3. Periodo 2008-2014: Descenso sostenido

La deforestación bruta anual promedio bajó a 97.918 hectáreas por año, con una tasa anual de -0,77% (MAATE, 2022a). Este periodo coincide con la implementación de programas internacionales como REDD+ y un mayor fortalecimiento de la normativa ambiental en Ecuador. A pesar de la reducción, la pérdida de bosques seguía siendo significativa, especialmente en áreas de alta biodiversidad, debido al avance de actividades extractivas como la minería y la extracción de petróleo.

1.1.4. Periodo 2014-2016: Estancamiento relativo

Aunque la deforestación continuó disminuyendo a 94.353 hectáreas por año, el ritmo de reducción fue menor, con una tasa anual de -0,74% (MAATE, 2022a). Esto podría reflejar una combinación de esfuerzos de conservación más efectivos y un incremento en la fiscalización, pero también la persistencia de actividades ilegales y la falta de alternativas económicas sostenibles para las comunidades rurales dependientes de los bosques.

1.1.5. Periodo 2016-2018: Avances importantes pero insuficientes

En el periodo más reciente, la deforestación se redujo a su nivel más bajo, con 82.529 hectáreas deforestadas por año y una tasa anual de -0,66% (MAATE, 2022a). Esto representa un avance significativo en la reducción del ritmo de deforestación, pero la cifra sigue siendo alarmante, considerando el impacto acumulativo en la biodiversidad y los servicios ecosistémicos, especialmente en la Amazonía ecuatoriana, que alberga la mayor proporción de bosques remanentes del país.

Estos datos reflejan que Ecuador ha experimentado décadas de pérdida de bosques que han afectado profundamente su biodiversidad, su capacidad de almacenamiento de carbono y la provisión de servicios ecosistémicos esenciales, como la regulación hídrica y la mitigación del cambio climático. Esta situación ha sido impulsada principalmente por actividades humanas

como la agricultura, la ganadería (Sierra, 2013), la expansión urbana, la tala ilegal y la minería, que han ejercido una presión constante sobre los ecosistemas forestales. Estas actividades, combinadas con una débil aplicación de políticas forestales en algunas regiones, han contribuido significativamente a la pérdida de cobertura forestal, especialmente en áreas de alta biodiversidad y vulnerabilidad ambiental.

A pesar de la tendencia hacia una disminución en las tasas de deforestación en los últimos años, Ecuador enfrenta importantes desafíos para consolidar estrategias de manejo sostenible de los bosques, particularmente en la región Amazónica, que alberga la mayor proporción de los bosques remanentes del país. Es fundamental investigar con mayor profundidad los problemas relacionados con el aprovechamiento maderero. Esto permite no solo garantizar la sostenibilidad de los ecosistemas forestales, sino también contribuir al bienestar de las comunidades locales y al cumplimiento de los compromisos globales de Ecuador en materia de cambio climático y conservación de la biodiversidad.

1.2. Aprovechamiento forestal maderero en el Ecuador

Ecuador, a pesar de ser un país que posee una rica biodiversidad y extensos bosques tropicales, ha experimentado un significativo aprovechamiento de sus recursos forestales, particularmente para la extracción de madera. El aprovechamiento forestal maderero ha jugado un papel importante en la economía nacional, generando empleos y contribuyendo al desarrollo local (MAATE & (SINIAs), 2023). Sin embargo, esta actividad también ha generado consecuencias ambientales y sociales, como la deforestación, la degradación forestal y la pérdida de biodiversidad (MAATE & (SINIAs), 2023).

El Ministerio del Ambiente, Agua y Transición Ecológica MAATE a través de la Dirección de Bosques, es la institución encargada de regular el manejo y aprovechamiento de los bosques naturales. El aprovechamiento forestal es autorizado en las 23 Direcciones Provinciales que a su vez cuentan con una o varias Oficinas Técnicas para la gestión forestal. Estas cuentan con la suficiente infraestructura y capacidad técnica para atender las necesidades y solicitudes del sector y para la aprobación eficiente de los programas de aprovechamiento forestal en todo el país.

1.2.1. Regulación del aprovechamiento forestal maderero en Ecuador

La normativa que rige los bosques nativos en Ecuador ha experimentado varios cambios a lo largo del tiempo. En 1981 se promulgó la Ley Forestal y de Conservación de Áreas Naturales y Vida Silvestre, la cual fue ligeramente modificada en 2004 bajo el nombre de "Codificación de la Ley Forestal y de Conservación de Áreas Naturales y Vida Silvestre". Esta última versión permaneció vigente hasta 2017, cuando por parte de la Autoridad Ambiental ecuatoriana se publicó el Código Orgánico del Ambiente (CODA). Este CODA, se mantuvo en espera hasta que en el año 2019 se aprobó el Reglamento al Código Orgánico del Ambiente (ReCODA), complementando el marco legal vigente.

Durante estos años, se crearon distintas Normativas de apoyo al régimen forestal que buscaron regular el aprovechamiento sostenible del bosque nativo. En el marco legal ecuatoriano, la Autoridad Ambiental ecuatoriana publicó el Acuerdo Ministerial N° 053 *Instructivo de cubicación de madera para controles forestales en vías terrestres*, emitido por el Ministerio del Ambiente el 3 de mayo de 2001, así como las *Normas del sistema de Regencia Forestal* en el año 2004, las *Normas de procedimientos administrativos para autorizar el aprovechamiento y corta de madera*, la *Normativa para el manejo forestal sustentable para aprovechamiento de la madera proveniente de bosque húmedo*, emitido mediante el Acuerdo Ministerial número 039 del 4 de junio de 2004. Estas normas regían para todos los actores que se dedicarán a actividades de aprovechamiento forestal en el Ecuador.

Con el pasar del tiempo y el cambio de gobiernos, se han hecho actualizaciones de estas Normativas. Sin embargo, en la actualidad encontramos vigentes el Acuerdo Ministerial N.º 125, que trata sobre las *Normas para el manejo forestal sostenible de los bosques húmedos*, vigente desde el 23 de febrero de 2015; esta Normativa Revoca al Acuerdo Ministerial 039 que estuvo vigente hasta esa fecha. A esta lista de acuerdos se suman el Acuerdo N° 187 que consiste en un *Manual Operativo para el Incentivo al Manejo Forestal Sostenible de bosques nativos Socio Manejo*, emitido por el Ministerio del Ambiente el 1 de julio de 2014. El Acuerdo N° 139 *Procedimientos para Autorizar el Aprovechamiento y Corta de Madera*, emitido por el Ministerio del Ambiente el 5 abril 2010, el Acuerdo N° 049 *Procedimientos, Verificación y destino final de productos forestales*, emitido por el Ministerio del Ambiente el 06 mayo 2014 y el Decreto Ejecutivo 3516 *Texto Unificado de Legislación Secundaria de Medio Ambiente* emitido el 31 marzo 2003 con una modificación del 23 noviembre de 2018.

A pesar de esta normatividad, una proporción desconocida del aprovechamiento forestal se realiza de manera ilegal, por lo tanto, no aparece en las estadísticas oficiales. Distintos autores describen a esta industria como una estructura tipo “mafia” muy difícil de monitorear. Se estima que el uso de madera ilegal está entre el 50% y el 70% de las ventas totales. Con base en estos informes, se puede suponer que las estimaciones oficiales de la autoridad ambiental solo describen el 30-50% del panorama real (Schlotzhauer & Torres, 2017). Sin embargo, es necesario remarcar que actualmente, la mayor parte de la madera industrial proviene de plantaciones forestales de zonas costeras y montañosas, así como también de los sistemas agroforestales, seguidas de las especies pioneras y los bosques nativos (Otero-Durán & Piniero, 2019).

1.2.2. La industria de la madera en Ecuador

La industria maderera y forestal en el país es uno de los sectores con mayor índice de crecimiento en los últimos años y que impacta positivamente en la balanza comercial por la producción local existente, lo que disminuye la importación de materia prima de otras naciones. Solo en 2021, el sector forestal generó 629.000.000 de dólares en exportaciones, según cifras del Banco Central del Ecuador (BCE). Acerca de la industria maderera en el país se conoce que inició hace más de seis décadas con la incursión de la firma “Plywood ecuatoriana” en el año 1962, que poco a poco fue creciendo hasta hoy en día en que hay en Ecuador grandes industrias dedicadas no solo a la extracción de la madera, sino a su procesamiento y a la elaboración de diferentes productos como puertas, muebles, tableros alistonados, tableros de partículas, tableros contrachapados y, en lo que se refiere a madera de plantaciones, tenemos exportaciones de bloques encolados, paneles rígidos, paneles flexibles, láminas, palitos, aeromodelismo, tableros contrachapados de balsa y demás productos derivados de la madera considerando también las exportaciones de madera aserrada.

Las provincias en las que se encuentran mayormente localizadas las industrias de madera son Cotopaxi, Esmeraldas, Pichincha, Los Ríos y Pastaza; se calcula que la industria forestal proporciona aproximadamente 235.000 empleos directos e indirectos, lo que equivale a más del 8% de la población económicamente activa del país (Dávila Delgado, 2020).

En Ecuador se cultivan diversas especies forestales introducidas como la *Tectona grandis* (teca), *Ochroma pyramidale* (balsa), *Eucaliptus* sp. (eucalipto), *Pinus* sp. (pino), entre otras, productos clave para la elaboración de insumos derivados con su respectivo valor agregado. De

estas variedades, el pino y el eucalipto son árboles que tienen un amplio campo de acción al transformarse en tableros de aglomerados, MDF, molduras y madera sólida para diversos usos, mientras que la teca y la balsa son exportadas en su mayoría. El aprovechamiento de madera se define como el conjunto de actividades relacionadas con la extracción y el uso de los productos forestales, principalmente la madera, con fines económicos, sociales o ambientales. Este proceso involucra diversas etapas, desde la planificación y selección de los árboles a talar, hasta la extracción, transporte y procesamiento de la madera. Es importante destacar que el aprovechamiento forestal debe realizarse de manera sostenible, garantizando la conservación de los ecosistemas forestales y la biodiversidad, y consiste en la preparación de trozas en un bosque o plantación de acuerdo con las necesidades que se han establecido en función del usuario y la entrega final hasta el consumidor (Quinchuela Guamán, 2015).

En este sentido, la extracción de madera es el paso más importante en el proceso de deforestación y, por lo tanto, a menudo se la considera la causa principal de dicho proceso, especialmente por parte de la gente común. Debido a esto, la industria maderera tiene mala reputación, aunque se sabe poco al respecto; Schlotzhauer & Torres (2017) señalan que la información relacionada con el sector forestal es escasa e incompleta y la falta de información confiable es especialmente evidente en las regiones de tierras bajas tropicales.

La comercialización de los productos de la industria maderera en el Ecuador orienta sus esfuerzos principalmente al mercado interno, exceptuando la industria de los tableros y astillas, en las que gran parte de su producción tiene como destino los mercados internacionales. Los principales canales de distribución son los siguientes: depósitos de madera, cadena distribuidores, almacenes distribuidores de muebles, exportadores. Estos canales de comercialización desarrollan actividades como el control de calidad, embalaje, transporte; y además, en la exportación, todo lo relacionado con la tramitología aduanera para exportar los productos de madera (Holguín & Delgado, 2018).

Los tableros fueron el principal producto de exportación de la industria forestal en 2021. Se superaron los USD 275 millones, lo cual implica un 42% de crecimiento frente a 2020 de acuerdo con estadísticas del BCE. Empresas como Aglomerados Cotopaxi han apostado por la diversificación y son parte importante del crecimiento sostenido de este sector. Ecuador ha sido un productor de primer nivel de tableros de aglomerados desde hace 50 años ya que cuenta con una industria madura y con la tecnología necesaria para armar materiales de calidad con enfoque sostenible. El tablero nacional es reconocido en la región por su calidad. Ecuador es el mayor

exportador de aglomerados de Sudamérica según información proporcionada por voceros de Aglomerados Cotopaxi.

El sector forestal genera alrededor de 300.000 plazas de trabajo directas e indirectas de acuerdo con la Asociación Ecuatoriana de Industriales de la Madera AIMA (De Camino et al., 2023). Las fábricas y sus plantaciones están por lo general en zonas rurales; de modo que se emplea en la mayoría de los casos a personal de sectores aledaños, con índices altos de trabajo informal. A su vez, esto beneficia a los carpinteros y artesanos que utilizan la materia prima para diversos fines como la elaboración de muebles. Así se completa una cadena productiva de valor con miras a crecer y seguir siendo fuente de trabajo para miles de ciudadanos.

La producción de tableros de maderas potencia la industria de la madera en Ecuador. Son siete empresas las que se dedican a su fabricación. Este tipo de industria se ha preocupado de generar su propio patrimonio forestal (bosque nativo y plantado) y ha incluido departamentos forestales, ambientales, de carácter social y de vinculación a la comunidad en su estructura empresarial.

En el país, se han clasificado las industrias de la madera en base a sus características y fines. El criterio más usado para esta clasificación es el grado de transformación de la madera, generando dos categorías: Industria primaria y secundaria.

El sector industrial de tableros, que encaja en la primera categoría, inicia en Ecuador en la década de los sesenta y está conformado por los siguientes segmentos:

- chapas, tableros contrachapados y alistados
- tableros aglomerados
- tableros de fibras MDF.

El tablero contrachapado está compuesto por chapas de madera de bosque nativo extraídas de las trozas por corte rotativo en tornos. Este material es ampliamente utilizado en la industria de la construcción, el diseño de mobiliario y diversas aplicaciones estructurales debido a su alta resistencia y versatilidad. Las empresas fabricantes de este tipo de tablero en Ecuador incluyen Plywood, Endesa, Botrosa, Codesa y Arboriente S.A., que se destacan por su capacidad de procesamiento y participación en los mercados nacionales e internacionales. El uso de madera de bosque nativo en la producción de contrachapados subraya la necesidad de promover prácticas de manejo forestal sostenible para garantizar la conservación de los ecosistemas y el abastecimiento continuo de materia prima.

1.3. Estado de conservación de las especies forestales aprovechadas en Ecuador

Durante los últimos 50 años los seres humanos hemos alterado los ecosistemas del mundo más que en cualquier otro período en la historia (MAATE, 2023d). Veinte a setenta por ciento del área de 11 de los 13 biomas terrestres analizados por la Evaluación Ecosistémica del Milenio han sido convertidos a usos humanos. Aunque la implementación de políticas informadas y efectivas podría reducir la velocidad de esta conversión, no existe un marco conceptual consistente y ampliamente aceptado para dar seguimiento al estatus de los ecosistemas de la Tierra e identificar aquellos con alta probabilidad de pérdida o degradación (Buglass, 2021).

La primera acción de Ecuador a favor de la protección de la biodiversidad fue en 1936, con la declaración de Parque Nacional de las Islas Galápagos. Pero no fue hasta después de Río-92 cuando Ecuador asumió compromisos internacionales, al ratificar, en 1993, el Convenio de Diversidad Biológica (CDB). Sin embargo, la primera Estrategia Nacional de Biodiversidad (ENB) fue desarrollada en el año 2000 (Carrasco, 2019; MAE, 2012a; Rodríguez et al., 2011)

La firma del CDB desencadenó la toma de medidas en pro de la conservación de la biodiversidad y cuidado del ambiente: se determinó el establecimiento de la Comisión Asesora Ambiental de la Presidencia de la República (1993); se adoptaron las Políticas Básicas Ambientales del Ecuador, por ejemplo, mediante el Decreto Ejecutivo N.º 1802 (1994); se creó el Ministerio de Medio Ambiente (1996); se introdujo la protección jurídica-constitucional del ambiente mediante la incorporación de la Sección VI en la Constitución titulada “Del Medio Ambiente” (1996), y la defensa del medio natural [...] y protección del medio ambiente dentro de los deberes primordiales del Estado (1998); se declararon, mediante Decretos Ejecutivos N.º 551 y N.º 552, dos zonas intangibles en la Amazonía de Ecuador: Cuyabenos - Imuya y Yasuní (1999) y se declaró la ENB como política de Estado mediante Decreto Ejecutivo N.º 2232 (2007).

En el ámbito del cambio climático, la primera actuación fue, tras firmar el Protocolo de Kyoto en 1999, la creación del Comité Nacional del Clima, que tenía competencias para definir políticas dentro del Convenio Marco de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático (Aulló Maestro, 2014); No obstante, según la UICN, los cambios más determinantes en lo que al medio ambiente se refiere se dieron con la promulgación de la, actualmente en vigor, Constitución de la República en 2008 (Gobierno ecuatoriano, 2021), en la que se incorporan tres pilares fundamentales íntimamente relacionados con la naturaleza: a) la diversidad cultural y los

derechos vinculados a ella (denominada como el buen vivir, *sumak kawsay* en Kichwa), b) el reconocimiento de derechos de la naturaleza y, c) el carácter plurinacional del Estado ecuatoriano. Esta renovada constitución también recoge la necesidad de establecer medidas de mitigación y adaptación al cambio climático, de conservación y protección de bosques (Art. 414) y de la creación del Sistema Nacional de Áreas Protegidas (SNAP) (Art. 405), conformado por cuatro subsistemas: el Patrimonio de Áreas Naturales del Estado (PANE), los Gobiernos Autónomos Descentralizados (GAD's), el Subsistema de Áreas Protegidas Comunitarias y el Subsistema de Áreas Protegidas Privadas. Así mismo, establece la creación de un Plan Nacional de Desarrollo, actualmente denominado Plan Nacional del Buen Vivir (el último es el referente al periodo 2013-2017), donde la conservación y uso sostenible de los recursos genéticos es una prioridad (Concejo Nacional de Planificación, 2013).

En 2009 se declaró Política de Estado la adaptación y mitigación del cambio climático, encargada al Ministerio del Ambiente (Decreto Ejecutivo 1815). En el mismo año, las competencias del Comité Nacional del Clima se transfirieron al Ministerio del Ambiente, conformándose más tarde el Comité Interinstitucional de Cambio Climático (CICC), que tiene como objetivo coordinar las políticas nacionales en la materia.

El punto clave de las actuaciones respecto al cambio climático se da con la presentación en 2012 de la Estrategia Nacional de Cambio Climático 2012-2025, que tiene como finalidad reducir la vulnerabilidad social, económica y ambiental frente a los cambios climáticos (MAE, 2012a).

Todas estas políticas y ratificaciones se han visto reflejadas en las estadísticas de superficie forestal de Ecuador, que pese a estar gravemente afectada por la deforestación, ha advertido un aumento continuo en la superficie protegida en los últimos años. Esto no significa que esté bien conservada puesto que, como se afirma en el Cuarto Informe Nacional para Convenio sobre la Diversidad Biológica (2010), la información sobre los ecosistemas del Ecuador, su distribución y la condición de conservación de estos, no existe por el momento.

1.3.1. Iniciativas Nacionales

Ecuador forma parte del programa Mundial **REDD+** desde Octubre de 2009, mediante el que se premia económicamente, por el valor ambiental que supone, la conservación del bosque mediante compra de carbono y demás mecanismos internacionales. Con la intensificación de la

producción, al implantar sistemas silvopastoriles se dejarían de explotar terrenos actualmente ocupados por bosque primario, terrenos que serían susceptibles de formar parte del programa.

En septiembre de 2008, nace el Programa Socio-Bosque (PSB), que busca complementar políticas para conciliar la protección de los bosques con el desarrollo dando incentivos económicos a campesinos y comunidades indígenas que se comprometan a la conservación de sus bosques y páramos (De Koning et al., 2011). Son susceptibles de entrar al programa los bosques nativos y páramos en riesgo de deforestación, los bosques nativos que estén menos representados en el Sistema Nacional de Áreas Protegidas (SNAP) que tengan importancia biológica y de biomasa, y los bosques nativos con alta incidencia de pobreza. Los incentivos que se otorgarían, considerando los criterios de selección y el número de hectáreas que los propietarios decidan conservar, serían de hasta 30 dólares por ha y año.

En este sentido, cabe mencionar el aporte que mediante la publicación de estudios e investigaciones de toda índole, el Instituto Nacional Autónomo de Investigaciones Agropecuarias (INIAP) está haciendo al conocimiento de las amenazas de la biodiversidad y manejo sostenido de los recursos. El Departamento de Forestería del Instituto Nacional Autónomo de Investigaciones Agropecuarias (INIAP), con actuaciones en diversas provincias del Ecuador (Pichincha, Chimborazo, Napo entre otras), es un organismo con alta reputación en investigaciones forestales y agronómicas que dispone de iniciativas como la evaluación de opciones de gestión forestal sostenible en bosques de comunidades kichwas de la Amazonía, la identificación y valoración de recursos genéticos forestales para la protección e microcuencas alto-andinas, la evaluación en bosque seco de las especies maderables en peligro de extinción.

La aplicación de distintos protocolos para evaluar el estado de los ecosistemas ofrece una base conceptual para la formulación de un estándar global (Nicholson et al., 2009). Para alcanzar esta visión, se deben resolver varios retos científicos, empezando por la definición de la unidad ecosistémica básica a ser evaluada. Definiciones clásicas de ecosistema (Buglass, 2021; Buglass et al., 2021; Whittaker, 1970) y aquellas empleadas en el Convenio sobre la Diversidad Biológica incluyen componentes bióticos y abióticos que interactúan como una “unidad funcional” (Sarandón, 2010). Bajo esta definición, los ecosistemas ocupan un área geográfica definida y pueden estar anidados dentro de otros ecosistemas más grandes, siendo la biosfera el mayor de todos los ecosistemas. Siguiendo una primera división de la biosfera de acuerdo con factores abióticos (terrestre, dulceacuícola, marino), la mayor parte de las autoridades sobre el

tema por ejemplo, reconocen 15 biomas terrestres entre ellos las tundra, bosques boreales, pastizales templados (Assessment Millennium Ecosystem, 2005).

1.4. Aprovechamiento forestal maderero en la Amazonía ecuatoriana

En la RAE, las provincias de Sucumbíos y Orellana abastecen de madera a Pichincha y en menor medida Orellana abastece de madera al mercado de Guayas, especialmente para exportación, principalmente de especies como el *Cedrelinga cateniformis* (chuncho) para puertas (Mejía & Pacheco, 2013). Las demás provincias de la región (Napo, Pastaza, Morona Santiago y Zamora Chinchipe) abastecen mercados menores como Ambato, Cuenca y Loja. La madera enviada a estos mercados se utiliza principalmente en las industrias del mueble y la construcción. En el caso específico de la provincia de Morona Santiago, se conoce que solo abastece en gran medida a la provincia de Azuay (Mejía et al., 2013).

Los trabajos más relevantes sobre temas vinculados están dedicados a describir los usos internos y flujos comerciales de la madera (Wunder & Sayer, 2000) debido a la importancia de conocer los precios en el mercado de la madera mediante el aprovechamiento forestal legal.

La RAE proporciona alrededor del 12% de la producción total de madera en Ecuador, y la mayor parte de madera amazónica proveniente de bosques nativos se extrae con motosierras en pequeñas fincas o en tierras de comunidades indígenas (Mejía et al., 2013). Sin embargo, podemos decir que hay un problema de aprovechamiento ilegal de madera en la RAE, lo que se conoce como un proceso de lavado de madera. Se conocen dos tipos: la primera “más formal”, se desarrolla en torno a zonas donde se autoriza la minería legal sin planes de aprovechamiento, lo que ocurre cuando los intermediarios compran madera de otras parcelas que cuentan con autorizaciones formales (Mejía & Pacheco, 2013). El segundo es cuando comúnmente encontramos madera obtenida informalmente, "junto al camino" o "junto al río". La madera es transportada a través de una extensa red de pequeños almacenes y aserraderos instalados en barrios amazónicos o en la periferia de las ciudades. Por lo general, la madera es transportada por pequeños intermediarios de transporte y vendida a almacenes, aserraderos o talleres de carpintería que procesan la madera en productos intermedios o finales para la construcción, como muebles y cajas de frutas (Mejía et al., 2015; Mejía & Pacheco, 2013, 2014).

El aprovechamiento ilegal de madera tiene diferentes consecuencias como la deforestación excesiva y los perjuicios económicos para los pequeños productores de madera debido a la forma en que operan los mercados de la madera y los beneficios a menudo se perciben como injustos, especialmente para los productores que no pueden vender directamente en el mercado debido a diversas limitaciones como información sobre precios, costos operativos o infraestructura vial deficiente (Mejía et al., 2015).

1.5. Especies maderables objeto de aprovechamiento en el Ecuador

A nivel nacional se registran al menos 336 especies forestales (incluyendo nativas y exóticas), que están siendo aprovechadas para la obtención de productos maderables (MAE, 2010). Las especies nativas que registran mayor volumen autorizado para aprovechamiento son: *Ochroma pyramidale* (balsa), *Cordia alliodora* (laurel), *Piptocoma discolor* (pigüe), *Brosimum* sp. (sande), y *Otoba* sp. (sangre de gallina), representando el 32,40% del volumen total autorizado, aunque las tres primeras especies reportadas (*Ochroma pyramidale*, *Cordia alliodora*, *Piptocoma discolor*) provienen principalmente de áreas de regeneración natural y formaciones pioneras. El resto de las especies que están representadas principalmente por especies nativas provenientes de bosques naturales ocupan el 21,51% (MAE, 2012b).

Ochroma pyramidale (balsa), ocupa el primer puesto a nivel nacional con un volumen total de 794.447,19 metros cúbicos de volumen total autorizado; proviniendo principalmente de plantaciones forestales y formaciones pioneras localizadas en provincias de Los Ríos, Cotopaxi, Santo Domingo de los Tsáchilas, Manabí, Esmeraldas, Bolívar y Guayas, reportándose también un reducido porcentaje (8,51% del total) de la región amazónica, principalmente de las provincias de Sucumbíos y Napo (MAE - ITTO, 2011). *Eucaliptus* sp. (eucalipto) representó la segunda especie con mayor aprobación a nivel nacional, con un volumen aprovechado de 619.243,35 metros cúbicos, a través de la aprobación de 1.301 programas, en 13 provincias de la sierra y costa ecuatoriana. El 76,55% de este volumen se autorizó mediante la aprobación de programas de corta de plantaciones forestales en 12 provincias de la región sierra y costa, principalmente Pichincha, Cotopaxi, Imbabura, Chimborazo, Loja, Esmeraldas y Carchi. El volumen restante se autorizó a través de programas de Corta de Árboles Plantados, en 10 provincias principalmente en Chimborazo, Pichincha, Tungurahua, Carchi, Esmeraldas, Bolívar e Imbabura (MAE - ITTO, 2011). El Pino es la tercera especie que más se autorizó a nivel nacional, con 470.493,80 metros cúbicos localizados en 11 provincias de la costa y sierra, mediante la aprobación de 442 programas. El 81,93% se autorizó

mediante la aprobación de programas de corta de plantaciones en 10 provincias, haciendo hincapié en Cotopaxi, Chimborazo, Loja, Pichincha, Azuay y Bolívar; y el volumen restante se autorizó mediante Programas de Corta de Árboles Plantados en 7 provincias, principalmente en Bolívar, Chimborazo, Tungurahua y Pichincha (MAE - ITTO, 2011). El Laurel es la cuarta especie forestal autorizada para aprovechamiento a nivel nacional, con 284.644,57 metros cúbicos de madera que corresponde a la autorización de 1.827 programas en 16 provincias. El 91,96% del volumen total se registra a través de Programas de Corta de Árboles de Regeneración Natural en Cultivos (PCARNC), aprobado en 13 provincias, principalmente Esmeraldas, Sucumbíos, Francisco de Orellana y Los Ríos. Mediante programas de corta para árboles plantados se registra el aprovechamiento de 13.768,94 metros cúbicos de plantaciones localizadas en las provincias de Santo Domingo de los Tsáchilas, Manabí, Esmeraldas, Pichincha y Bolívar. Si consideramos esta especie y su aprovechamiento en bosques naturales se registra el aprovechamiento de 2.875,26 metros cúbicos, principalmente en las provincias Francisco de Orellana, Sucumbíos, Napo y Zamora Chinchipe, a través de Programas de Manejo Forestal Simplificado (PMFSi), Programas de Manejo Forestal Sustentable (PMFSu) y Programas de Corta en Árboles Relictos (PCAR); (MAE - ITTO, 2011).

El *Piptocoma discolor* (pigüe) es una especie pionera que se regenera en suelos abandonados de cultivos agrícolas y pastos, y representa el 3,97% del total autorizado para el aprovechamiento. En los últimos años ha tenido un crecimiento significativo del 77%, principalmente en las provincias de Pastaza, Napo y Morona Santiago y es utilizada para la elaboración de tablillas para cajas para el transporte de frutas (MAE - ITTO, 2011).

Otras especies que reportan niveles relativamente bajos de aprovechamiento para el 2009, pero que son muy importantes desde la perspectiva socioeconómica local y del manejo del bosque nativo, y que a su vez tienen alta demanda de aprovechamiento local, son *el Trattinnickia glaziovii* (copal) con 37.213 m³ (Morona Santiago), *Cedrelinga cateniformis* (chuncho) con 29.329 m³ (importante en todas las provincias Amazónicas), y *Humiriastrum procerum* (chanul) proveniente de Esmeraldas con 29.329 m³ autorizados. Estas especies son utilizadas en la industria nacional para la fabricación de muebles, puertas y pisos. El *Cedrela odorata* (cedro) y *Swietenia macrophylla* (caoba), que son las especies más valiosas del bosque nativo amazónico actualmente están con prohibiciones para el aprovechamiento forestal, por lo que no registran datos de autorización para aprovechamiento (MAE - ITTO, 2011).

1.6. Estado de conservación de especies aprovechadas

La comprensión de los patrones de colecta botánica de especies maderables aprovechadas y su relación con las iniciativas de conservación es de vital importancia para la gestión efectiva de los recursos naturales en la RAE. Estos patrones nos brindan información valiosa sobre la distribución geográfica y la abundancia relativa de las especies de interés comercial, lo que a su vez nos permite evaluar la efectividad de las actuales medidas de conservación *in situ* implementadas en un país megadiverso como Ecuador; tales como el Sistema Nacional de Áreas Protegidas (SNAP), los Bosques y Vegetación Protectores (BVP), Programa Socio Bosque (PSB) y el Patrimonio Forestal del Estado (PFE).

En este marco, un reciente estudio reveló que el 72% de las plantas vasculares endémicas amenazadas en Ecuador (4.437 especies) se encuentran fuera de los límites de protección del Sistema Nacional de Áreas Protegidas (Cuesta et al., 2017). El SNAP se caracteriza por ser considerada como la estrategia de conservación *in situ* de mayor efectividad actualmente para salvaguardar la biodiversidad existente en Ecuador (Mestanza-Ramón et al., 2023). Sin embargo, es necesario conocer la relación de estas categorías de conservación con los patrones de colecta de especies forestales maderables de alto interés comercial; así como también examinar la categoría de conservación asignada por IUCN a estas especies para tener una visión actualizada de su estado de amenaza y poder orientar estrategias de conservación más adecuadas.

1.7. Importancia comercial de las especies maderables aprovechadas en el Ecuador

Del total de superficie terrestre aproximada de Ecuador Continental 25.6 millones de hectáreas, se estima que 14.4 millones de hectáreas (130.002 km²) de tierra son de uso preferentemente o de vocación forestal, es decir, un poco más del 50% del territorio nacional. De los cuales, solo 164.000 ha que representan el 1,14% de la superficie forestal del país corresponden a plantaciones forestales (Merizalde-Véliz et al., 2023).

En relación al bosque nativo, Ecuador posee 12,5 millones de hectáreas de bosque que representan la mitad del territorio ecuatoriano, de las cuales 8,9 millones se encuentran bajo alguna categoría de conservación; 4,9 millones dentro del Sistema Nacional de Áreas Protegidas; 2,4 millones en bosques y vegetación protectora y 1,6 millones en los predios con convenios de conservación (MAATE, 2023c, 2023a, 2023b; MAATE & (SINIAS), 2023).

Los flujos de la madera en el Ecuador son relativamente complejos porque la madera que se origina en las zonas de producción de la Costa, Sierra y Amazonia se moviliza hacia diferentes mercados locales, regionales o fuera del país. Las regiones de la Sierra y Costa son las principales receptoras de madera movilizada, representando el 43% y 42% respectivamente, y la mayoría de la producción de la Amazonía se comercializa fuera de esta región (Mejía et al., 2015; Mejía & Pacheco, 2013; Schlotzhauer & Torres, 2017). No obstante, los bosques nativos de la RAE son también importantes oferentes de madera para los mercados de muebles de la región y, aunque los flujos de madera al interior de cada una de las regiones son importantes, también existe un significativo flujo de madera entre las diferentes regiones. Entre los principales flujos de madera identificados en la RAE se detalla que las provincias de Sucumbíos y Orellana abastecen de madera a Pichincha y, en menor grado, Orellana abastece los mercados de Guayas. Las otras provincias de esta región (Napo, Pastaza, Morona Santiago, Zamora-Chinchipe) abastecen mercados más pequeños como los de Ambato, Cuenca y Loja. La madera destinada a estos mercados se usa principalmente en la industria del mueble y la construcción (Mejía et al., 2015; Mejía & Pacheco, 2013; Schlotzhauer & Torres, 2017).

En lo relacionado a la contribución al Producto Interno Bruto (PIB), la silvicultura, la extracción de la madera y actividades relacionadas (madera), aportaron en el año 2013 y 2014 con el 7,3 y 3,4 % respectivamente a la generación del PIB, y es fundamental dentro de la economía ecuatoriana (Merizalde-Véliz et al., 2023).

Las seis provincias de la RAE proveen el 12% de la madera que es ofertada en el mercado nacional. Toda esta madera proviene de bosques nativos, la proporción de la madera que se consume localmente en la Amazonía es relativamente pequeña (8% de lo producido en la RAE o 19.000 metros cúbicos en el año 2011), lo que significa que el 92% restante se consume en los mercados de la Costa y Sierra (Mejía & Pacheco, 2013). De acuerdo con los datos registrados de hace aproximadamente una década, la provincia de Sucumbíos es la que aporta la mayor parte de la madera con el 38%, seguida de Orellana con el 30% y las restantes 4 provincias aportan un 32% del total.

Se estima que una importante proporción de la madera consumida localmente en la RAE es de procedencia informal. Por ejemplo, en un estudio rápido se reportó que en la provincia de Napo la madera comercializada localmente es mayor que la declarada legalmente, sugiriendo que aproximadamente el 80% de la madera comercializada en solo en el cantón Tena ubicado en la provincia de Napo tiene un origen informal (Palacios, 2008). Por su parte, Sierra (2001) sugiere

que los mercados locales son muy importantes en la comercialización de madera para los pequeños productores, y que una buena parte de la oferta provendría del mercado informal. La única industria forestal que se localiza en la RAE es Arboriente S.A., ubicada en la provincia de Pastaza, esta compañía se abastece mayormente de madera rolliza para su planta de contrachapados (MAE, 2011). Es por esto que la mayoría de la madera que se origina en la RAE se transporta a otras regiones donde se encuentran concentradas las industrias madereras, como es el caso de la provincia de Pichincha; de igual manera, como ya se mencionó la industria del mueble que se concentra en las provincias de Azuay y Pichincha se abastecen de madera proveniente de la región amazónica (Congo Espinosa Germán; et al., 2022; Gatter & Romero, 2005; Mejía et al., 2015; Mejía & Pacheco, 2013; Reyes Morán et al., 2019; Vasco et al., 2017).

Las provincias receptoras de madera de la Amazonía con volúmenes superiores a 10.000 m³ / año son las provincias de Pichincha, Tungurahua, Imbabura, El Oro y Azuay; La provincia de Tungurahua recibe madera de la provincia de Napo (85%), esto es debido a la cercanía y facilidad de transportar la madera por la vía principal, además en esta provincia se está potenciando la fabricación de muebles a gran escala (Congo Espinosa, 2016; Congo Espinosa Germán; et al., 2022). La provincia del Oro recibe madera de Sucumbíos y Orellana, esta movilización se realiza a pesar de la lejanía debido a que existe una demanda y precios diferenciados por madera aserrada en el cantón Huaquillas, La provincia del Azuay es la única que recibe un volumen importante de madera de la provincia de Morona Santiago.

Económicamente, la silvicultura se ubica entre los sectores primarios de la clasificación del conjunto de las actividades económicas, compartiendo con la minería, la agricultura, ganadería y pesca, actividades de extracción directa y sin transformación de los bienes de la naturaleza. El aprovechamiento, comercialización e industrialización de productos forestales maderables genera miles de puestos de trabajo para pequeños productores que habitan las áreas boscosas y hacen de la extracción y comercio de la madera una de sus principales fuentes de ingresos económicos para el sustento familiar. Igual situación ocurre con las familias que trabajan en el procesamiento y transformación de materias primas tanto en la pequeña, mediana y gran industria del sector de la madera en el país (Romero et al., 2011)

En cuanto al empleo, según la ficha sectorial presentada por la (Corporación Financiera Nacional, 2023, 2024) en el año 2021 existieron 2.227 empresas que se dedicaron a la silvicultura y extracción de madera, de las cuales el 55% se encuentra situada en la provincia de Guayas. Las empresas del sector proveían 2.034 plazas de empleo, de las cuales el 76%

correspondió a *Mipymes*. Con respecto a las exportaciones una tendencia creciente durante el periodo 2018 – 2020, sin embargo, para el año 2021 y 2022, se evidencia una caída del 60% y 9% respecto del año inmediatamente anterior, mientras que para el año 2022, las importaciones fueron de \$5.13 MM FOB, 3% más en relación con el año 2021 y, con la balanza del sector fue positiva desde el año 2018, denotándose que el sector satisface la demanda interna y provee de recursos hacia el exterior. Para el año 2022 su balanza es de \$160.23 MM (Corporación Financiera Nacional, 2024).

A pesar del incremento en la producción de la actividad de la Silvicultura, extracción de madera y actividades relacionadas, se evidencia su poca representatividad dentro del PIB del Ecuador. En el periodo de 2007 – 2021, dicha actividad a precios del año 2007, en promedio, apenas representó el 1,03% del PIB, siendo el año 2014 el de mayor representatividad al llegar al 1,12%; En términos constantes el PIB del sector de Agricultura, ganadería, silvicultura y pesca en relación con el PIB total registró una participación promedio del 9,25% en el periodo de 2007 – 2021, alcanzando un máximo nivel de 10,47% en el año 2020 y el más bajo en 2010 con 8,8% cómo se detalla en Tabla 2.

Tabla 2. Estructura porcentual de la Silvicultura, extracción de madera y actividades relacionadas con respecto al PIB, 2007 – 2021.

Estructura porcentual															
Años	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
PIB	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
Agricultura, Silvicultura y Pesca	9,36	8,94	9,05	8,80	8,81	8,40	8,54	8,85	9,10	9,29	9,58	9,47	9,62	10,47	10,39
Silvicultura, extracción de madera y actividades relacionadas	0,99	0,97	0,99	1,00	1,05	1,02	1,04	1,12	1,09	1,07	1,07	1,07	1,05	0,99	1,00

Fuente: (Merizalde-Véliz et al., 2023)

La Figura 1, muestra el crecimiento económico del sector silvicultura, extracción de madera y actividades relacionadas, en ella se refleja que durante los primeros años específicamente entre 2007-2010 ha tenido tasas de crecimiento insipientes, dado a que este sector ha sido objeto de diversas leyes que incentivan a la reducción de tasas de deforestación y protección de bosques nativos (Corporación Financiera Nacional, 2023). Pese a ello, en el año 2011 logró una mayor tasa de crecimiento del 12,86%, a pesar de ello no se pudo mantener y en el siguiente año registró una tasa de crecimiento del 2,60%, posteriormente volvió a tener tasas de crecimiento positivas, llegando al 7,30% y 11,15% en el año 2013 y año 2014 respectivamente, sin embargo,

en los años 2015 - 2020 se presentan tasas de variaciones tanto positivas como negativas. No obstante, en el año 2021 el sector tuvo una tasa de variación positiva del 5,19% en comparación a la cifra reflejada en el año 2020 (Corporación Financiera Nacional, 2023).

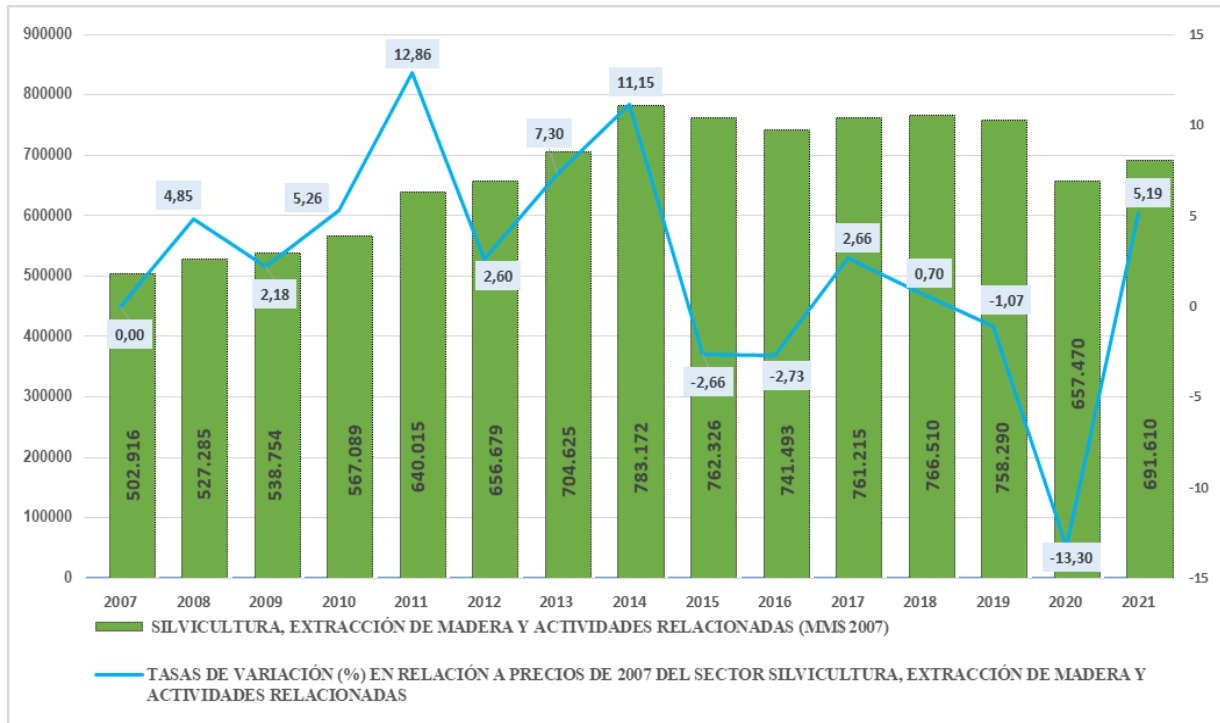


Figura 1. Evolución del sector de la silvicultura, extracción de madera y actividades relacionadas durante el periodo 2007-2021 (Miles de dólares de 2007, tasas de variación en tanto por ciento).

Fuente: (Corporación Financiera Nacional, 2024).

El sector silvicultura, extracción de madera y actividades relacionadas en el 2011 registró la mayor tasa de variación positiva de 12,86% (\$72 millones de dólares más) respecto al 2010, superando a la mayor tasa de variación positiva que obtuvo en PIB en el año 2011, la cual fue de 7,87% (\$4.444 millones de dólares más) respecto al 2010; mientras que en el año 2012 en medio de la crisis se dio exactamente lo contrario, el sector silvicultura, extracción de madera y actividades relacionadas presentó una tasa de variación del 2,60% y posteriormente en los años 2015, 2016, 2019 y 2020 presentó tasas de variaciones negativas, siendo en el año 2020 en el que se registró la tasa de variación negativa más alta en el periodo analizado llegando al 13,30% (Figura 1), es decir \$100 millones dólares menos que el 2019. El PIB también registró la tasa de variación negativa más alta en ese mismo año, la cual fue de 7,79%, es decir \$5.597 millones dólares menos que el 2019, a consecuencia de la crisis sanitaria que provocó y desencadenó una crisis económica en los diferentes sectores industriales, de servicios y

comerciales. Entonces; se corrobora que el sector ha tenido un comportamiento similar al PIB, es decir, creciendo a una tasa superior a la del PIB en unos años y creciendo a una tasa inferior en otros. Cabe indicar que el comportamiento del PIB ecuatoriano es sumamente volátil, tanto shocks exógenos como endógenos impactan directamente en su crecimiento. La volatilidad del PIB sumada a la característica estructural primario exportadora de la economía ecuatoriana ha hecho que, históricamente, el Ecuador atraviese picos y caídas abruptas de la actividad económica (Merizalde-Véliz et al., 2023).

Por otra parte, en el año 2014 el sector silvicultura, extracción de madera y actividades relacionadas aportó \$783.172 millones de dólares que equivale al 1,12% con respecto al PIB, lo cual representa su mayor crecimiento dentro del periodo analizado. Mientras que en el año 2021 sumó \$691.610 millones de dólares, equivalente a una participación sobre el PIB del 1,0%. Con respecto al crecimiento del PIB pasó de USD 51.007 millones en 2007 a más de USD 69.089 millones para el año 2021, presentando una tasa de variación positiva del 35,45%, mientras que el sector silvicultura, extracción de madera y actividades relacionadas pasó de USD 502 millones en 2007 a más de USD 691 millones en el año 2021, logrando una tasa de variación positiva del 37,52% detallado en la Figura 2.

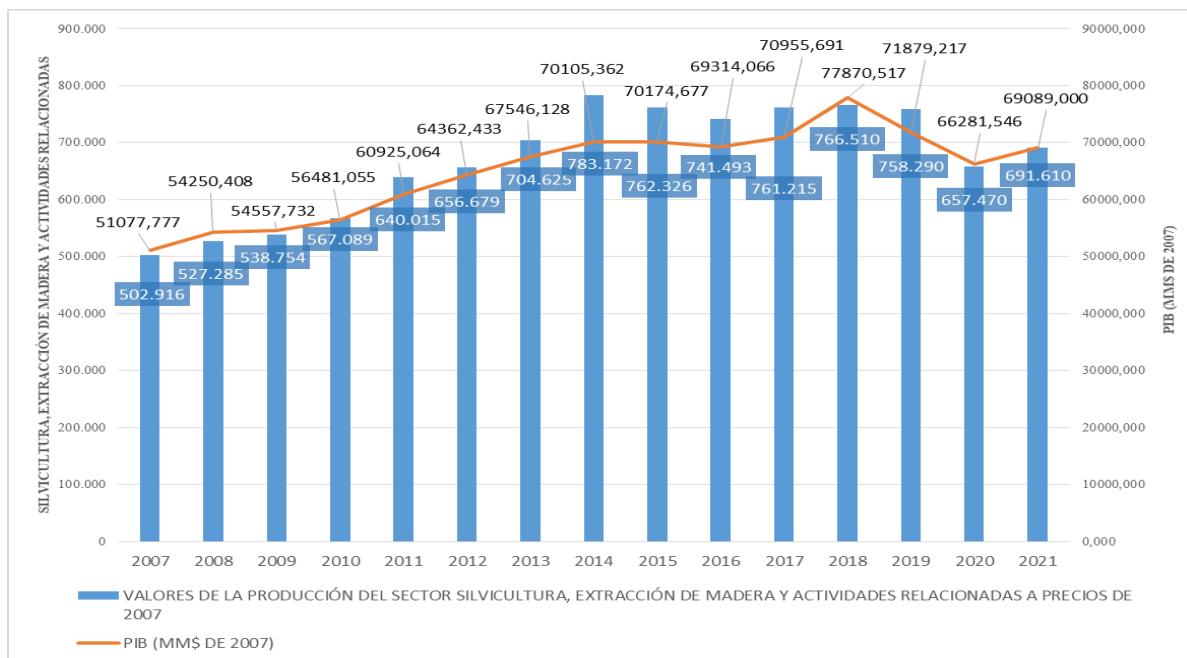


Figura 2. Evolución del sector de la silvicultura, extracción de madera y actividades relacionadas durante el periodo 2007-2021 (Miles de dólares de 2007) y evolución del PIB ecuatoriano durante el mismo periodo (Millones de dólares de 2007).

Fuente: (Corporación Financiera Nacional, 2024).

De acuerdo con el Ranking de Compañías 2023 reportado por la Superintendencia de Compañías, Valores y Seguros, referente a la actividad “*Silvicultura y Extracción de Madera*” existieron 900 empresas dedicadas a las actividades relacionadas al cultivo, extracción, manufactura y comercio, las cuales han generado un total de 14,813 empleos. Las exportaciones del sector “*Silvicultura y Extracción de Madera*” en el año 2023, ascendieron a un valor FOB por USD 578 millones, siendo un 9% inferior al valor registrado en el año 2022, estando dirigido a Colombia (21%), China (20%) y Estados Unidos (18%) (Corporación Financiera Nacional, 2024).

Las ventas del sector “*Silvicultura y extracción de madera*” en el año 2023, sumaron USD 2,575 millones, siendo el 82% de la actividad de manufactura, 15% de la actividad de comercio y 3% de la actividad de cultivo y extracción de madera, además se observó que las ventas y exportaciones relacionadas a las actividades de cultivo del sector “*Silvicultura y extracción de madera*” reportaron un aumento del 7% en comparación al 2022, mientras que, las actividades de manufactura y comercio del sector experimentaron un decrecimiento del 11% y 5% respectivamente (Corporación Financiera Nacional, 2024).

1.8. Interés y estructura de la presente investigación

Esta investigación profundiza en las prácticas de manejo y aprovechamiento de madera en bosques primarios amazónicos del Ecuador, se identifican las especies forestales con mayor índice de aprovechamiento durante el período de estudio, información proporcionada por la autoridad ambiental ecuatoriana, evaluamos el estado de conservación de las especies forestales considerando iniciativas nacionales e internacionales y las estrategias de manejo de estas especies en el período analizado, la relación entre la presencia de estas especies y las prácticas de aprovechamiento forestal.

Un punto muy interesante es el fortalecimiento del debate sobre la sostenibilidad del manejo forestal, para esto se generan insumos sobre la sostenibilidad del aprovechamiento de madera en la Amazonía ecuatoriana y se identifican potenciales vacíos o debilidades en las estrategias actuales de manejo forestal. También se aportan elementos para la discusión sobre la necesidad de implementar prácticas de manejo más sostenibles y se promueve una reflexión sobre el equilibrio entre la conservación ambiental y el aprovechamiento forestal.

Al identificar las especies con alto nivel de aprovechamiento, esta investigación permite conocer cuáles son las especies forestales que están siendo más aprovechadas en la Amazonía

ecuatoriana. Esta información es crucial para la toma de decisiones sobre el manejo forestal, la conservación de la biodiversidad y el posible desarrollo de planes de reforestación y restauración forestal que nos permita enfocar los esfuerzos de investigación y conservación en las especies más amenazadas por el aprovechamiento forestal en la región amazónica ecuatoriana.

1.8.1. Importancia de la investigación

La presente investigación surge del interés por abordar el manejo y conservación de los recursos forestales en los bosques primarios de la Amazonía ecuatoriana, con énfasis en las especies maderables de alto valor comercial. Este trabajo busca generar un conocimiento actualizado y riguroso sobre el estado de conservación y los patrones de aprovechamiento de estas especies, contribuyendo así al diseño de estrategias sostenibles de manejo forestal. Uno de los aspectos centrales de esta investigación es caracterizar el esfuerzo de muestreo botánico de las especies maderables aprovechadas en la Amazonía ecuatoriana, lo cual es fundamental para identificar vacíos en la información científica y mejorar la representatividad de los datos necesarios para la toma de decisiones en gestión forestal y conservación. Este esfuerzo permite visibilizar la magnitud de las brechas de conocimiento actuales y establecer líneas base que sirvan para futuras investigaciones y políticas públicas.

Además, se analizó el aprovechamiento de madera durante la última década (2012-2021) de las especies mayormente explotadas, evaluando su estado de conservación bajo las categorías de la UICN y esfuerzos locales. Este análisis no solo permitió identificar tendencias y patrones en la explotación forestal, sino también vincularlos con los impactos en la biodiversidad y en la sostenibilidad de los ecosistemas amazónicos. Con ello, se busca aportar al debate científico y político en torno a la conservación de especies maderables, considerando las dinámicas del mercado, la gestión comunitaria y los retos del manejo sostenible de los bosques amazónicos en un contexto de creciente presión sobre los recursos naturales.

En el contexto del manejo forestal en la Amazonía ecuatoriana, esta investigación busca contribuir al entendimiento de las dinámicas de mercado y su relación con la sostenibilidad de los recursos maderables. Un componente clave es tipificar las especies forestales maderables según su interés en el mercado y determinar los precios de la madera por categorías en los mercados domésticos. Este análisis es fundamental para comprender cómo las preferencias del mercado influyen en las estrategias de aprovechamiento y en las decisiones de manejo forestal.

Además, proporciona información valiosa para el diseño de incentivos económicos que promuevan un aprovechamiento sostenible, así como para identificar especies subutilizadas con potencial comercial que podrían diversificar las actividades productivas locales.

Por otro lado, se examinan las implicaciones políticas y científicas para el manejo y conservación de estas especies, considerando los resultados obtenidos sobre su explotación y estado de conservación. Este enfoque busca identificar los vacíos en las políticas públicas y proponer directrices que integren criterios científicos en la gestión forestal. También se analiza la relación entre las especies forestales más explotadas y las prácticas de extracción de madera, destacando patrones de distribución, abundancia y vulnerabilidad frente a la actividad forestal. Con esta información, se identifican áreas críticas en términos de riesgo de deforestación y pérdida de biodiversidad, lo que permite orientar acciones prioritarias para la conservación y la restauración ecológica, fortaleciendo el vínculo entre la ciencia, las políticas públicas y la gestión sostenible de los bosques amazónicos.

Esta investigación plantea un conjunto de acciones dirigidas a mejorar las prácticas de manejo y aprovechamiento forestal en la Amazonía ecuatoriana, abordando tanto los retos de sostenibilidad como las oportunidades de conservación. **Entre las propuestas destacan la implementación de planes de manejo forestal que prioricen la sostenibilidad, el fortalecimiento de los sistemas de control y monitoreo, la promoción de la reforestación con especies nativas y la capacitación técnica de los actores clave del sector forestal.** Estas medidas buscan equilibrar las demandas económicas del aprovechamiento maderable con la necesidad de conservar la biodiversidad y los servicios ecosistémicos de esta región crítica.

En términos generales, esta investigación representa una valiosa contribución al conocimiento científico y técnico sobre el manejo forestal en la RAE. Sus resultados no solo aportan insumos relevantes para la formulación de políticas públicas basadas en evidencia, sino que también orientan prácticas de manejo más sostenibles, fomentando una gestión que promueva tanto la conservación de los bosques como el desarrollo socioeconómico de las comunidades que dependen de ellos. Este enfoque integral refuerza la importancia de la Amazonía como un espacio de alta diversidad biológica y cultural, cuyo manejo adecuado es esencial para garantizar su viabilidad a largo plazo.

1.8.2. Estructura de la Tesis Doctoral

El documento se estructura en ocho capítulos que se describen brevemente a continuación:

Tras una breve Introducción (Capítulo I), en el Capítulo II se formulan los Objetivos de la investigación. El documento sigue con una descripción del Contexto de la Investigación (Capítulo III) mediante la revisión de las publicaciones más relevantes sobre el tema objeto de estudio. A continuación, en el Capítulo IV se describen los materiales y métodos aplicados en la investigación. Este capítulo incluye la descripción de los sitios de estudio, la recogida de los datos, el trabajo de campo realizado y el análisis de la información, así como las herramientas empleadas en los cálculos, tareas todas ellas que han permitido presentar una visión de la RAE y la información actual sobre el bosque, así como la caracterización del estado de conservación de estas especies según clasificaciones aceptadas internacionalmente.

Posteriormente, se muestran los Resultados obtenidos en la investigación (Capítulo V), abordando cada tema de acuerdo con los objetivos planteados, tratando de responder paso a paso a las preguntas propuestas: 1) Caracterizar el esfuerzo de muestreo botánico de las especies maderables aprovechadas en la Amazonía Ecuatoriana; 2) Analizar el aprovechamiento de madera (2012-2021) de las especies mayormente aprovechadas y estado de conservación de acuerdo con las categorías de la UICN; 3) Tipificar las especies forestales maderables de acuerdo con el interés del mercado y determinar los precios de la madera por categorías en mercados domésticos de la Amazonia ecuatoriana considerando (4) las implicaciones políticas y científicas para el manejo y conservación de estas especies. En el Capítulo VI se realiza una Discusión sobre los resultados obtenidos en esta investigación, se presenta una síntesis con los hallazgos más significativos y se discuten los resultados obtenidos en los diferentes apartados en el marco del conocimiento actual. En el Capítulo VII se presentan las Conclusiones y Recomendaciones de la investigación, para concluir con el listado de las referencias bibliográficas en el Capítulo VIII.

CAPITULO II

Objetivos de la Investigación

2. Objetivos de la Investigación

2.1. Objetivo General

Contribuir al conocimiento y debate sobre el manejo y aprovechamiento de madera de los bosques primarios de la RAE. Este objetivo busca profundizar en el entendimiento científico y técnico sobre la gestión sostenible de los recursos maderables en la RAE, considerando los desafíos que enfrenta la conservación de sus bosques primarios y de sucesión secundaria. Al explorar los patrones de aprovechamiento, conservación y mercado, se propone generar insumos para el debate entre actores clave, desde comunidades locales hasta gestores de políticas públicas. Este enfoque abarca la identificación de especies maderables, sus dinámicas de explotación, así como los factores económicos y normativos que influyen en el uso de estos recursos, promoviendo un manejo forestal que equilibre el desarrollo económico con la preservación de los ecosistemas.

2.2. Objetivos Específicos

- Caracterizar el esfuerzo de muestreo botánico de las especies maderables aprovechadas en la RAE.

Este objetivo pretende documentar y analizar los esfuerzos de muestreo botánico realizados para las especies maderables en la RAE, con el fin de evaluar la representatividad y adecuación de los inventarios forestales existentes. Mediante un análisis sistemático de los métodos y frecuencia de muestreo en diferentes regiones, se identificó si los datos actuales son suficientes para reflejar de manera precisa la diversidad y abundancia de especies aprovechadas. También se evaluó las áreas de vacíos de información, lo que permitirá mejorar los esfuerzos de monitoreo y establecer bases para una gestión forestal más eficaz y científicamente informada.

- Analizar el aprovechamiento de madera (durante el periodo 2012-2021) y su estado de conservación de acuerdo con las categorías de la UICN y las iniciativas locales.

Este análisis busca entender las dinámicas de extracción de las especies más comercializadas durante el periodo 2012-2021, en relación con su estado de conservación según la UICN y las medidas adoptadas por iniciativas locales. A través de un enfoque cuantitativo y cualitativo, se analizaron datos de aprovechamiento forestal y se confrontaron con indicadores de conservación, permitiendo detectar patrones de sobreexplotación o

sostenibilidad. Al cruzar estos resultados con las iniciativas de conservación local, se generó recomendaciones para mejorar los esquemas de aprovechamiento y protección, asegurando un balance entre uso económico y sostenibilidad ecológica.

- Tipificar/clasificar las especies forestales maderables de acuerdo con el interés del mercado y determinar los precios de la madera por categorías en mercados domésticos de la Amazonía ecuatoriana.

En este objetivo se clasificó las especies maderables según su demanda en los mercados domésticos de la RAE, considerando sus características comerciales y su valor económico. A través de un análisis de las dinámicas del mercado y la estructura de precios, se establecieron categorías que reflejan el valor diferencial de cada especie según los intereses del mercado de la madera y los intereses de manejo y conservación de especies forestales de importancia ecológica. Esta tipificación ayudó a comprender mejor los incentivos económicos detrás del aprovechamiento forestal, permitiendo sugerir el desarrollo de estrategias que fomenten la valorización de especies forestales maderables menos explotadas, diversificando la oferta y reduciendo la presión sobre las especies más vulnerables de acuerdo con las evaluaciones de la UICN.

- Analizar las implicaciones políticas y científicas para el manejo y conservación de estas especies y sugerir líneas de investigación a desarrollar.

Este objetivo busca integrar los hallazgos de los análisis previos para proponer implicaciones políticas y científicas que permitan un mejor manejo y conservación de las especies forestales maderables en la RAE. A través de un análisis de las principales políticas forestales vigentes (Código Orgánico de Ambiente y Acuerdo Ministerial 125 y 139, que regulan el aprovechamiento forestal maderero en Ecuador) y su relación con resultados de investigaciones científicas y prácticas de manejo. Asimismo, se identificó temas prioritarios para futuras investigaciones que aborden las lagunas de conocimiento existentes, fomentando un diálogo continuo entre la ciencia, la política y las comunidades locales para garantizar una gestión forestal sostenible y adaptativa.

CAPITULO III

Contexto de la investigación

3. Contexto de la investigación

3.1. Autoridad Ambiental ecuatoriana

Actualmente, el Ministerio de Ambiente, Agua y Transición Ecológica (MAATE) es la cartera de estado o ministerio encargada de la política ambiental del Ecuador. Es la autoridad ambiental, que ejerce el rol rector de la gestión ambiental, que permita garantizar un ambiente sano y ecológicamente equilibrado con el objetivo de hacer del país una nación que conserva y usa sustentablemente su biodiversidad, mantiene y mejora su calidad ambiental, promoviendo el desarrollo sustentable y la justicia social, y reconociendo al agua, suelo y aire como recursos naturales estratégicos.

La Autoridad Ambiental ecuatoriana ha sufrido varios cambios en su denominación con el pasar de los años. De esta manera, mediante la ley N° 8 de 16 de septiembre de 1992 se crea el Instituto Ecuatoriano Forestal y de Áreas Naturales y de Vida Silvestre (INEFAN) en la presidencia del Dr. Sixto Durán Ballén. Posteriormente, el Ministerio del Medio Ambiente del Ecuador (MMA) fue creado por el presidente Abdalá Bucarán, el 4 de octubre de 1996, mediante Decreto Ejecutivo No. 195 publicado en el Suplemento - Registro Oficial No. 40 del 4 de octubre de 1996. Mediante Decreto Ejecutivo No. 505, de enero 22 de 1999, publicado en el Registro Oficial No. 118 de 28 del mismo mes y año, se fusionan en una sola entidad el Ministerio de Medio Ambiente y el Instituto Ecuatoriano Forestal y de Áreas Naturales y Vida Silvestre- INEFAN, dando como entidad resultante el Ministerio de Medio Ambiente. Con Decreto Ejecutivo No. 3, de enero 23 del 2000, publicado en el Registro Oficial No. 3 de enero 26 de 2000, se reforma el Estatuto del Régimen Jurídico Administrativo de la Función Ejecutiva, estableciéndose que en la organización de dicha función consta el Ministerio de Turismo y Ambiente, entre otros. Mediante Decreto Ejecutivo No. 26 de enero 28 de 2000, publicado en el Registro Oficial No.11 de febrero 7 de 2000, se dispone que bajo la denominación de Ministerio de Turismo y Ambiente se fusionen en una sola entidad la Subsecretaría de Turismo que pertenecía al Ministerio de Comercio Exterior, Industrialización, Pesca y Turismo y el Ministerio del Ambiente. En abril del 2000 con Decreto Ejecutivo N.259 se deroga el Decreto No. 26, separándose así turismo y ambiente, creándose con total independencia jurídica, financiera y administrativa, el Ministerio del Ambiente del Ecuador (MAE).

Durante el mandato del Ec. Rafael Correa, mediante Decreto Ejecutivo N° 1088 del 15 de mayo de 2008, se reorganizó el Consejo Nacional de Recursos Hídricos (CNRH) para crear la Secretaría Nacional del Agua (SENAGUA), como Autoridad Única del Agua del Ecuador.

La SENAGUA fusionó mediante absorción varias instituciones de desarrollo local en materia de recursos hídricos, como la Comisión de Estudios para el Desarrollo de la Cuenca del Río Guayas (CEDEGE), la Corporación Reguladora del Manejo Hídrico de Manabí (CRM), el Centro de Desarrollo del Norte de Manabí (CEDEM) y el Consejo de Gestión de Aguas de la Cuenca del Paute (CG-PAUTE).

El 4 de marzo de 2020, mediante el Decreto Ejecutivo 1007, el presidente Lcdo. Lenin Moreno ordenó nuevamente la fusión del Ministerio del Ambiente del Ecuador y la Secretaría del Agua, creando el Ministerio de Ambiente y Agua (MAAE).

Finalmente, y como estrategia gubernamental para impulsar la Transición Ecológica en Ecuador, el día 5 de junio de 2021 el presidente Sr. Guillermo Lasso emitió el Decreto Ejecutivo N° 59, que denomina a esta cartera de Estado como Ministerio del Ambiente, Agua y Transición Ecológica (MAATE); cuyo objetivo es lograr un desarrollo sostenible respetando los derechos de la naturaleza.

3.2. Iniciativas de conservación en Ecuador

En Ecuador existen diversas iniciativas de conservación *in situ*, la comprensión de los patrones de colecta de especies maderables y su relación con las iniciativas de conservación son de vital importancia para la gestión efectiva de los recursos naturales en la RAE. Estos patrones nos brindan información valiosa sobre la distribución geográfica y la abundancia relativa de las especies botánicas de interés comercial, lo que a su vez nos permite evaluar la efectividad de las actuales medidas de conservación *in situ* implementadas en un país megadiverso como Ecuador, estas iniciativas son, el Sistema Nacional de Áreas Protegidas (SNAP), los Bosques y Vegetación Protectores (BVP), áreas del Patrimonio Forestal del Estado (PFE) y el Programa Socio Bosque (PSB). Un estudio reciente, reveló que el 72% (4437 especies) de plantas vasculares endémicas amenazadas en Ecuador se encuentran fuera de los límites de protección del SNAP (Cuesta et al., 2017).

En el subcapítulo 4.2.3 se describe detalladamente las principales estrategias de conservación bajo estudio, destacando su papel en la protección de las especies forestales en la RAE. Se profundiza en los patrones de colectas botánicas de estas especies en el Sistema Nacional de

Áreas Protegidas (SNAP), en los Bosques y Vegetación Protectores (BVP), las áreas del Patrimonio Forestal del Estado (PFE) y en el Programa Socio Bosque (PSB). Además, este subcapítulo examina las bases de datos asociadas a estas estrategias, proporcionando una visión integral de su implementación y su impacto en la conservación *in situ* de especies maderables. Este análisis es esencial para entender cómo estas iniciativas contribuyen a la gestión sostenible de los recursos forestales y al desarrollo de políticas que aborden las brechas existentes, como la protección insuficiente de especies endémicas fuera de los límites del SNAP.

3.3. Iniciativas de control forestal

Una de las regiones más diversas del país es la RAE donde existen unas 2.000 especies de plantas, de las cuales 1.356 se encuentran por debajo de los 500 msnm (García-Cox et al., 2023). El Ecuador posee una gran diversidad biológica y un alto grado de endemismo, pues la flora del Ecuador comprende, según algunos autores, entre 20.000 y 25.000 especies de plantas vasculares (MAE, 2013).

La RAE forma parte del extenso bosque húmedo tropical más grande del planeta y se encuentra en la subregión andino-amazónica; comprende un área de transición entre los Andes y la Cordillera Real Oriental y define ecosistemas de piedemonte o ceja de montaña, selva alta y la vasta llanura amazónica o selva baja caracterizada por sus áreas y bosques de inundación que contienen una gran riqueza florística y faunística. Además, posee una rica diversidad étnica conformada por diferentes grupos indígenas que habitan en estos territorios desde hace siglos y que actualmente se distribuyen en seis provincias (López-Tobar, 2014; Mittermeier et al., 2012).

La RAE es una de las regiones más ricas en biodiversidad a nivel global, albergando una gran variedad de especies de flora y fauna que forman parte del “punto crítico de biodiversidad” o “*hotspot*” andino amazónico. Dentro de su patrimonio natural, se encuentra una gran variedad de especies forestales maderables que desempeñan un papel fundamental en el desarrollo de las economías rurales (Angelsen et al., 2014; Mejía et al., 2015; Torres et al., 2018). Sin embargo, el aprovechamiento sostenible de estas especies enfrenta grandes desafíos debido al aprovechamiento ilegal de madera, a la creciente presión humana y a los efectos del cambio climático (Vasco et al., 2017).

En la RAE, las áreas naturales han sido afectadas o están amenazadas por la expansión de las actividades petroleras, que producen graves impactos ambientales. De igual modo, la

ampliación de la red vial ha facilitado la colonización indiscriminada y la explotación maderera en zonas frágiles. (MAE, 2013). Esta situación considerada en forma unánime como una amenaza persistente por los diferentes actores del sector forestal ecuatoriano, prevaleció sustancialmente en la formulación de la Estrategia para el Desarrollo Forestal Sustentable del Ecuador, a mediados de 1999 (MAE, 2012b; Mittermeier et al., 2012).

La Estrategia para el Desarrollo Forestal planteó como política de Estado el Manejo Forestal Sustentable de los Bosques como condición principal de Conservación de estos en el tiempo. En atención a esta política, el Ministerio del Ambiente, rector de la política forestal del país, reformuló las políticas a través de normas que regularan el aprovechamiento de los bosques ecuatorianos, por lo que, en diciembre del 2000, mediante Acuerdo Ministerial N.º 131, emitió la *Normativa para el Manejo Forestal Sustentable para el Aprovechamiento de Madera*, documento que en junio del 2004 fue reestructurado mediante nuevos Acuerdos Ministeriales N.º 037, 038, 039 y 040. En los dos años siguientes, 2000 y 2001, se concretó la reforma institucional del Ministerio del Ambiente para estructurar e implementar el Sistema Nacional Tercerizado de Control Forestal SNTCF como instrumento de apoyo a la autoridad forestal, destinadas a promover la participación de la sociedad civil y de la iniciativa privada en la gestión forestal (MAE, 2013; MAE - ITTO, 2011).

Parte del Sistema se creó a la *Vigilancia Verde*, un cuerpo público privado de apoyo al control forestal, con puestos de control fijos y unidades móviles de control en las carreteras del país. La *Regencia Forestal* se creó como un mecanismo de delegación de algunas actividades operativas de supervisión y administración forestal en los lugares de aprovechamiento forestal. La delegación de actividades de administración y verificación forestal se encargó a SGS del Ecuador S.A., una empresa verificadora privada cuya responsabilidad era la de establecer y operar un sistema informático de administración y verificación forestales que genere controles cruzados y estadísticas forestales con base georreferenciada (MAE- ITTO, 2011; MAE, 2012b; Sierra et al., 2021).

Entre junio y noviembre del año 2003 operó el Sistema Nacional Tercerizado de Control Forestal (SNTCF), pero un pronunciamiento del Tribunal Constitucional y la oposición de varios sectores afectados obligaron al Ministerio del Ambiente a retomar las actividades de administración y verificación forestal que había delegado a la empresa verificadora. Desde entonces la administración forestal pública, la Vigilancia Verde y la Regencia Forestal operan sin estar enmarcadas en un sistema integral de administración y verificación forestal eficiente.

En octubre de 2005 el Ministerio del Ambiente anunció la implementación de un Plan Emergente de Control Forestal, con acciones para seis meses; se realizó una convocatoria para la contratación de siete auditores forestales para fortalecer las labores de control forestal del Ministerio del Ambiente, reestablecer seis puestos de control fijo y tres unidades móviles (MAE, 2013).

El 28 de diciembre del 2005 se emitió un Decreto Ejecutivo mediante el cual se “Decreta en estado de emergencia el control y la supervisión del sector forestal ecuatoriano”, pero sin comprometer recursos adicionales a este propósito. A inicios del 2006, la Subsecretaría de Capital Natural del Ministerio del Ambiente, convocó a varios de los actores del sector forestal, para construir un proceso de diálogos a nivel nacional para generar una propuesta consensuada que permita al Ministerio implementar el Sistema Nacional Descentralizado de Control Forestal, el que tuvo como referencia el régimen forestal y el marco legal de descentralización pero que en la actualidad una vez que se aprobó la constitución del año 2008 no se pudo concretar este proceso y el proyecto se ha mantenido como Sistema Nacional de Control Forestal. Desde el 30 de Diciembre del 2009 se encuentra vigente la Normativa forestal 139 que hace referencia a la aprobación de planes y programas de aprovechamiento forestal en bosques nativos con el objetivo de aprovechar sustentablemente la madera proveniente de los diferentes bosques naturales del país y las plantaciones forestales (MAE, 2012b, 2013; Sierra et al., 2021).

Durante el período comprendido entre enero del 2010 y diciembre del 2012, el Ministerio del Ambiente del Ecuador autorizó el aprovechamiento a nivel nacional de 10.545.533,26 m³ de madera en pie, existiendo una tendencia de crecimiento del 21,42%; mediante la aprobación de 21.214 programas, en una superficie aproximada de 329.380,22 hectáreas tal como se detalla a continuación en la Tabla 3.

Tabla 3. Aprovechamiento forestal registrado en el Ecuador en el periodo 2010 - 2012

Periodo de aprovechamiento a nivel nacional	Volumen de madera en pie aprovechados a nivel nacional (m ³)	Número de programas de Manejo Forestal autorizados	Superficie total autorizada para manejo forestal (ha)
2010 - 2012	10.545.533,26	21.214	329.380,22

En términos porcentuales, el crecimiento ha sido de 25,87% en el periodo comprendido entre el año 2007 al 2008, mientras que para el periodo 2008 – 2009 creció en 5,74%. La superficie intervenida también se ha incrementado, pasando de 81.403 hectáreas en el 2007, a 82.144

hectáreas en el 2008 y 85.553 en el 2009. Lo mismo ha sucedido con el número de programas aprobados para aprovechamiento, que se han ampliado de 5.431 en 2007 a 5.841 en 2008 y 6.320 en 2009, se detalla en la Tabla 4.

Tabla 4. Superficie autorizada para manejo forestal en los años 2007 al 2009 registrado en el Ecuador.

Periodo de aprovechamiento a nivel nacional	Número de programas de Manejo Forestal autorizados	Superficie total autorizada para manejo forestal (ha)	Incremento de superficie afectada por el aprovechamiento forestal
2007	5.431	81.403	
2008	5.841	82.144	741
2009	6.320	85.553	3.409

Para el año 2010, el 25,96% de la madera aprovechada a nivel nacional se autorizó entre dos Provincias: Sucumbíos con un aprovechamiento de 17.430,42 m³ y Orellana con 12.052,29 m³ que representan el 15,36% y el 10,60% del total nacional respectivamente (MAE, 2012b). La extracción total de madera en el año 2010 es de 113.662,04 m³. Mientras que para el año 2011, el 28,04% de la madera aprovechada a nivel nacional se autorizó en dos provincias; Sucumbíos con 14.770,76 m³ que representa un 13,08% y Orellana con 16.889,23 m³ que representa el 14,95% del total de aprovechamiento nacional, la extracción total de madera en éste año fue de 112.942,90 m³ (MAE, 2012b). Para año 2012, el 23,14% de la madera aprovechada a nivel nacional se autorizó entre dos Provincias, Sucumbíos tiene un aprovechamiento de 11.021,58 m³ que representa un 10,72% y, Orellana con 12.766,28 m³ que representa el 12,42%, la extracción total de madera en este año fue de 112.775,28 m³ (Mejía & Pacheco, 2013), se describe en la Tabla 5.

Tabla 5. Volumen autorizado para aprovechamiento en las provincias de Sucumbíos y Orellana en los años 2010 al 2012.

Provincias	Año	Metros cúbicos Aprovechados	Porcentaje a nivel nacional
Sucumbíos	2010	17.430,42	15,36%
	2011	14.770,76	13,08%
	2012	11.021,58	10,72%
Orellana	2010	12.052,29	10,60%
	2011	16.889,23	14,95%
	2012	12.766,28	12,42%,

3.4. Avance de la frontera agropecuaria, pérdida de biodiversidad y deforestación

A pesar de la riqueza arbórea de la RAE, donde en áreas relativamente pequeñas se pueden encontrar cifras altas de especies arbóreas, como por ejemplo: en la Estación Biológica Jatun Sacha 250 especies, en Payamino 243 especies, en Cuyabeno 307 especies, en Añangu 228 especies de árboles mayores a 10 cm de diámetro medido a 1,30 m desde la superficie del suelo (Revelo, 2005), los ecosistemas amazónicos desde hace varias décadas vienen sufriendo una constante presión producto de la expansión de la frontera agrícola, la explotación minero-petrolera, la comercialización de la madera y la colonización en general (Vasco et al., 2017). Estos factores producen cada vez mayores impactos negativos sobre estos ecosistemas, lo cual conlleva a una mayor deforestación y con ello una reducción de la diversidad biológica y de los servicios ambientales y culturales propios de la Amazonía, al mismo tiempo que ejercen presión para el abandono de formas tradicionales de gestión territorial (Mena et al., 2011).

El sector agropecuario en general ha desempeñado un rol protagónico en el desarrollo nacional y a futuro su participación podría incrementarse, básicamente ante la segura reducción de los ingresos derivados del petróleo y el crecimiento de los volúmenes de exportación de productos agrícolas tradicionales y no tradicionales. Desafortunadamente, el crecimiento del sector ha sido por incremento en el área cultivada, antes que por el incremento de la productividad. Además, las actividades agropecuarias causan serios impactos en las condiciones ambientales de las cuales ellas mismas irónicamente dependen para su continuación, al igual que dependen también la población y demás organismos en los ecosistemas. Entre los impactos más notorios es posible mencionar la realidad ecuatoriana; el 48% de los suelos sufre erosión activa y potencial, perdiéndose entre 10, 50 y hasta 143 t/ha/año. Adicionalmente, en Ecuador se deforestan en promedio 70.000 ha/año; una alta proporción de éstas para uso en actividades agropecuarias (MAE, 2013). La ocupación sistemática del bosque tropical húmedo y de los flancos andinos incide directamente en la pérdida de especies animales y vegetales, sin que sea posible el aprovechamiento de su potencial científico, ecológico y económico. Las políticas nacionales de colonización fomentan la invasión de las áreas naturales y la conversión de bosques en pastizales y/o plantaciones, la inseguridad en la tenencia de la tierra promueve la deforestación y debilita los regímenes indígenas de propiedad comunal, los cuales tradicionalmente han fomentado la conservación de los bosques naturales y cultivos autóctonos (Sierra et al., 2021).

Como se ha mencionado anteriormente, el Ecuador tiene una tasa de deforestación de más de 70.000 hectáreas al año según el proyecto Evaluación Nacional Forestal del Ministerio del Ambiente (MAE, 2020; Segura et al., 2015). Los índices más altos de deforestación se encuentran en la región amazónica, debido principalmente a las actividades petroleras, la construcción de vías de acceso y la consecuente migración y ampliación de la frontera agrícola, así como en el Noroccidente del Ecuador en la Provincia de Esmeraldas. Se estima que hacia 1990 se habían construido unos 500 kilómetros de caminos para la explotación petrolera, lo cual llevó a la colonización de un millón de hectáreas de bosques tropicales y a la consecuente alteración de ecosistemas y medios de vida de los pueblos indígenas y las comunidades locales (MAE, 2020).

La gestión sobre los bosques nativos de la RAE se sustenta en la aplicación de las políticas nacionales, consideradas en la estrategia para el desarrollo forestal sustentable del Ecuador y en varios de los instrumentos legales que forman el régimen forestal nacional. A nivel provincial las oficinas técnicas del Ministerio del Ambiente MAE son las responsables de aplicar la normativa para promover el manejo del bosque y el aprovechamiento de los recursos forestales; y registran la información de los planes de manejo, programas de aprovechamiento y corta, y de los formularios de movilización (Ministerio de Ambiente & MAE, 2010). Esta información no se ha normalizado adecuadamente para la generación de información estadística e indicadores sobre el aprovechamiento de madera, su comercio y la contribución a las cuentas nacionales. En el periodo 2010 a 2012 la madera que proviene de bosques nativos en promedio representa el 18,08% del volumen total de madera autorizada en el país. Al comparar la dinámica en términos porcentuales con respecto al total nacional se presenta un crecimiento del 8,66% del 2010 al 2012. En términos del rendimiento promedio, se aprovechan 14,67 m³/ha de bosques nativos (MAE, 2012b, 2013, 2020).

3.5. Especies Forestales objeto de aprovechamiento en el Ecuador

3.5.1. Especies Forestales de aprovechamiento condicionado

El aprovechamiento condicionado de especies en la RAE es una estrategia de gestión sostenible que busca regular la extracción de recursos naturales, garantizando su conservación y la continuidad de su uso por parte de las comunidades locales (Mejía & Pacheco, 2013).

En Ecuador, este listado se da en base al Acuerdo Ministerial 125 *Normas para el manejo forestal sostenible de los bosques*, emitido el 13 de mayo de 2014 y publicado en el Registro Oficial el 23 de febrero del 2015 día en el que entró en vigor en todo el territorio ecuatoriano el cual se puede observar en la Tabla 6.

Art. 38.- Clasificación de especies de aprovechamiento condicionado:

Tabla 6. Especies de Aprovechamiento Condicionado según el Acuerdo 125 MAATE

NOMBRE COMUN	NOMBRE CIENTIFICO
Bálsamo, chaquito	<i>Myroxylum balsamum</i>
Bateacaspi	<i>Cabralea canjerana</i>
Caoba de Quevedo, cacadillo	<i>Caryodaphnosis theobromifolia</i>
Ahuano, Caoba	<i>Swietenia macrophylla</i>
Caoba esmeraldeña	<i>Platymiscium pinnatum</i>
Almendro	<i>Platymiscium stipulare</i>
Cedro	<i>Cedrela</i> spp.
Chanul	<i>Humiriastrum procerum</i>
Chanul del Oriente	<i>Humiriastrum</i> spp.
Cucharillo	<i>Talauma</i> spp.
Cuero de Sapo	<i>Ochroma dendron</i>
Guadaripo	<i>Nectandra guararipo</i>
Guayacán	<i>Tabebuia</i> spp.
Guayacán pechiche, huambula	<i>Minuartia guianensis</i>
Moral bobo, pituca	<i>Clarisia racemosa</i>
Moral fino	<i>Manclura tinctoria</i>
Pilche de Oriente	<i>Vantanea</i> spp.
Romerillo, sinsin, olivo	Podocarpaceae (Todas las spp. de la familia)
Salero	<i>Lecythis ampla</i>
Yumbingue, Roble	<i>Terminalia amazonia</i>
Seique, chuncho, seike	<i>Cedrelinga cateniformis</i>

La clasificación de especies de aprovechamiento condicionado se basa en la legislación ambiental y de conservación de cada país o región. En muchos casos, estas clasificaciones se

rigen por leyes y regulaciones específicas que buscan proteger y regular el uso de los recursos naturales. Estas leyes pueden establecer criterios y parámetros para determinar qué especies pueden ser aprovechadas, en qué medida y en qué condiciones. Además, pueden tomar en cuenta factores como el estado de conservación de la especie, su distribución geográfica, su importancia ecológica y su valor económico. Es importante consultar las leyes y regulaciones locales para obtener información precisa sobre la clasificación de especies de aprovechamiento condicionado en una determinada provincia o región (MAE & MATTE, 2017).

3.5.2. Especies forestales de aprovechamiento comercial en el Ecuador

El Ministerio del Ambiente, a nivel nacional durante el periodo de 2010 autorizó el aprovechamiento de 358 especies forestales. De este total, 79 especies se aprovecharon en plantaciones, 321 en sistemas agroforestales, 255 en bosque nativo y 2 en formaciones pioneras. Las especies de mayor aprovechamiento a nivel nacional son: *Ochroma pyramidale* (balsa), *Cordia alliodora* (laurel), *Schizolobium parahyba* (pachaco), *Pollalesta discolor* (pigüe), *Brosimum utile* (sande), *Trichospermum galeottii* (pichango) y *Brosimum* spp. (lechero). Las especies de mayor aprovechamiento en la Amazonía ecuatoriana fueron *Cedrelinga cateniformis* (chuncho), *Otoba* spp. (sangre de gallina), *Erismia uncinatum* (arenillo), *Sterculia* spp. (sapote), *Virola* spp. (coco), *Vochysia* spp. (tamburo), *Ocotea* spp. (canelo), *Dacryodes peruviana* (copal) y *Ceiba pentandra* (ceibo) (MAE - ITTO, 2011).

La RAE es conocida por su excepcional biodiversidad, particularmente en términos de especies de plantas leñosas. A modo de avance de los resultados de la presente investigación, se puede mencionar que en el marco de la presente tesis Doctoral se ha llevado a cabo una extensa investigación botánica en esta región, lo que condujo a una comprensión integral de las comunidades arbóreas y la convirtió en una de las áreas mejor estudiadas para plantas vasculares en el Amazonas (López-Tobar et al., 2023) Respecto a las especies con mayor presencia en la RAE existen un total de 47.486 especímenes recolectados en la RAE y evaluados por López-Tobar et al., (2023). Quien manifiesta que las especies arbóreas más encontradas fueron *Matisia malacocalyx* (0,56%), *Guarea kunthiana* (0,41%) y *Guarea macrophylla* (0,40%), la mayor frecuencia de recolección de estas especies podría atribuirse a diversos factores, como su accesibilidad, notoriedad entre los coleccionistas o el interés científico por características específicas o importancia ecológica.

3.5.3. Principales especies forestales analizadas en esta investigación

3.5.3.1. *Otoba* sp (doncel)

El Doncel perteneciente a la familia Myristicaceae, en Ecuador es una especie que se desarrolla de muy buena manera en la provincia de Napo y es una especie muy apetecida por sus características físicas de crecimiento y diversos usos (López-Tobar et al., 2014).

Considerando su distribución geográfica. la especie recibe nombres como otoba (Colombia), cuangare, sangre de gallina, bella María (Ecuador), aguanillo (Perú), otoba (Venezuela); En Ecuador se encuentra distribuido en las provincias de Carchi, Napo, Pastaza, Sucumbíos, Zamora Chinchipe, desarrollándose desde los 0 a 500 y de los 500 a 1000 msnm (López-Tobar et al., 2014).

Árboles grandes, con corteza parda, suave, desprendible con los dedos, hojas jóvenes con una franja (una línea a cada lado del nervio medio) más clara a lo largo del nervio medio, visible por el envés. Hojas adultas más bien elípticas a oblongas. a menudo parduscas, con pocos nervios secundarios. Inflorescencia un racimo zigzagueante con las flores agrupadas en fascículos. Fruto globoso, con una semilla redonda cubierta por un arilo blanco (Palacios, 2011).

Un género de gran importancia por la abundancia de sus especies. *Otoba glycyarpa* Ducke y *O. parvifolia* (Markgr.) en la RAE y *O. gordonifolia* (A. DC.) A.H. Gentry en el Noroccidente son tres de las especies más comunes en bosques maduros. En el campo se distingue de los otros géneros de la familia por la corteza moderadamente agrietada, suave, con láminas de entre 5-10 cm de largo, desprendible con los dedos, savia o látex rojo oscuro (como sangre) (Palacios, 2011). Cuángare es el nombre común en la costa y sangre de gallina o guapa en la región amazónica ecuatoriana. Usos: La madera de este género se utiliza para chapas y molduras (Samaniego et al., 2011).

El árbol puede tener una altura total de hasta 30 m con una copa proporcionalmente menor que la parte baja del fuste; la ramificación es típicamente subverticilada, con exudación rojiza o amarillenta. Corteza color gris o castaño rojiza, cuando viva es quebradiza, fibrosa-laminar (Dávila Delgado, 2020).

Las hojas son simples, alternas y generalmente dísticas (hojas dispuestas en un solo plano) y algunos casos con apariencia espiralada (hojas que crecen alrededor de la rama en forma ascendente), pelos (indumento de tricomas) de formas variadas, sus flores con ambos sexos

(hermafroditas), los frutos capsulares bivalvas y las semillas parcialmente ariladas. Su distribución se encuentra desde México, Panamá, Guyana, Brasil, Venezuela, Ecuador, Perú hasta Bolivia. En Colombia se halla en la región de Urabá, Chocó, Costa Pacífica, Río Atrato, Río León y sus afluentes y la Amazonía, entre 0 y 500 msnm. La especie existe en cantidades altas en la Amazonía norte y en cantidades medias en la Amazonía sur del Perú (Samaniego et al., 2011). Se usa en la fabricación de astas de escobas, construcción (largueros, tablas), canoas y en usos medicinales (López-Tobar et al., 2014).

3.5.3.2. *Virola* sp (chalviande)

El Chalviande perteneciente a la familia Myristicaceae, crece en bosques de tierra firme de la Amazonia, también en las márgenes pantanosas de ríos y en bosques pantanosos, de baja altitud. En la región amazónica ecuatoriana es una especie típica del bosque primario, y la virola es la más frecuente (Palacios, 2011).

Es el género más grande de la familia, con unas 16 especies en la región amazónica ecuatoriana. En el campo la presencia de gruesas raíces tablares, la corteza morena, finamente agrietada, dura y la savia rojiza acuosa son características distintivas. Las hojas se caracterizan por ser largamente oblongas, con numerosos nervios secundarios que forman un nervio submarginal fuerte (nervación broquidódroma), a menudo con pubescencia pardusca de pelos estrellados; su Inflorescencia es una panícula, de fruto alargado con una semilla cubierta de arilo rojo (Samaniego et al., 2011).

Por lo general son arbustos, plantas arbustivas, hasta árboles grandes, pueden alcanzar alturas que van desde los 20 hasta los 40 metros; corteza a menudo exfoliante, en láminas delgadas o gruesas; principalmente se encuentra en bosques húmedos, de 0 a 3600 msnm, posee hojas simples, alternas y de forma ovalada. Tienen un color verde intenso y un brillo característico en su superficie, sus flores son pequeñas y se agrupan en inflorescencias y suelen ser de color blanco o crema; los frutos son bayas o cápsulas que contienen una o varias semillas en su interior que suelen tener forma redonda u ovalada. Es originaria de las regiones tropicales de América Central y América del Sur. Se encuentra principalmente en bosques húmedos y selvas tropicales (Japón-Charco et al., 2022).

Sus principales usos son en carpintería y astas de escoba, construcción (largueros, tablas), canoas. Algunas especies de *Virola* sp. tienen usos medicinales, ya que se ha descubierto que contienen compuestos con propiedades analgésicas y antiinflamatorias. También se utiliza la

madera de algunos árboles de este género para la fabricación de muebles y artesanías (Cardoso et al., 2017)

3.5.3.3. *Ceiba pentandra* (L.) Gaertn (ceiba)

La *Ceiba pentandra*, también conocida como ceiba, es un árbol de gran tamaño que pertenece a la familia Malvaceae, es uno de los árboles más grandes del mundo, pudiendo alcanzar alturas de hasta 70 metros, su fuste es recto y cilíndrico, con un diámetro que puede superar los 3 metros. Además, presenta grandes contrafuertes (aletas, raíces tablares) en la base que le brindan estabilidad (MAE, 2016).

Por lo general son árboles grandes y se distribuyen en la región costa y amazonía ecuatoriana, presente en bosques húmedos, frecuente en suelos aluviales en altitudes de 0 a 1200 msnm; sus usos generalmente son en elaboración de chapas de tableros contrachapados, cajonería, embalaje, y madera para encofrado (Palacios & Jaramillo, 2016).

Las hojas de la ceiba son compuestas y se agrupan en forma de paraguas en los extremos de las ramas cada hoja está formada por varios folíolos. Las flores de la ceiba son grandes y vistosas, con cinco pétalos de color blanco, crema o rosado. Florecen durante la estación seca y atraen a diversos polinizadores, como murciélagos y aves. Los frutos de la ceiba son cápsulas leñosas que contienen numerosas semillas envueltas en una fibra algodonosa. Estas semillas son dispersadas por el viento (Zambrano et al., 2021).

La *Ceiba pentandra* se encuentra principalmente en las regiones tropicales de América, África y Asia. Es común en bosques húmedos y ribereños, así como en zonas costeras; esta especie forestal tiene un significado cultural importante en diversas comunidades indígenas y tradicionales. Es considerada un árbol sagrado y símbolo de vida, fuerza y conexión con la naturaleza. Además tiene una gran importancia ecológica y cultural en las regiones donde se encuentra, y su estudio continúa revelando nuevos aspectos sobre su biología y ecología (Guevara Andino et al., 2019).

3.5.3.4. *Cedrelinga cateniformes* Ducke (chuncho)

Cedrelinga cateniformis perteneciente a la familia Fabaceae es una especie de árbol nativo de América del Sur, específicamente de los países de Brasil, Colombia, Ecuador y Perú, comúnmente conocido como chuncho, seike o tornillo, es un gran árbol de madera originario

de las selvas tropicales de América del Sur y generalmente se encuentra en bosques de tierras bajas a elevaciones de hasta 750 metros (Palacios, 2011).

Es un árbol de crecimiento lento que puede alcanzar alturas de hasta 40 metros y diámetros de hasta 1 metro, su fuste es recto y cilíndrico con una corteza de color marrón oscuro o marrón rojizo. Las hojas son compuestas, con 4 a 8 pares de folíolos que miden de 5 a 12 centímetros de largo y de 2 a 5 centímetros de ancho. Las flores son pequeñas, blancas y fragantes, y están dispuestas en racimos. Los frutos son vainas que miden entre 10 y 20 centímetros de largo y 2 a 3 centímetros de ancho, su fruto es una vaina que contiene de 1 a 4 semillas (Samaniego et al., 2011).

La madera es valiosa por su durabilidad y resistencia a la putrefacción y a los insectos. Se utiliza para diversos fines, incluidos muebles, construcción y pisos. La corteza del árbol también se utiliza con fines medicinales; es una especie importante en el ecosistema de la selva amazónica. Proporciona alimento y refugio a una variedad de animales y ayuda a regular el clima absorbiendo dióxido de carbono y liberando oxígeno (Palacios & Jaramillo, 2016).

3.5.3.5. *Erismia uncinatum* Warm (arenillo)

Erismia uncinatum es una especie de árbol perteneciente a la familia Vochysiaceae, nativa de la región amazónica de América del Sur. Es una especie de gran tamaño, que puede alcanzar alturas de hasta 40 metros y diámetros de hasta 1.5 metros, su fuste es recto y cilíndrico, con una corteza fina y dura de color pardo rojizo. La copa es amplia y piramidal, con ramas gruesas y tortuosas (Ter Steege et al., 2019).

Las hojas son simples, opuestas, con pecíolo de 2-5 cm de longitud. La lámina foliar es elíptica a obovada, de 6-15 cm de longitud y 3-7 cm de ancho. El ápice es agudo o acuminado, la base es cuneada o truncada, y los márgenes son enteros. Las flores son pequeñas, de color verdeazulado a morado, dispuestas en racimos axilares de hasta 27 cm de longitud. El cáliz es campanulado, con cinco sépalos de 1-2 mm de longitud. La corola es tubular, con cinco pétalos de 3-5 mm de longitud. Los estambres son 10, con filamentos de 2-3 mm de longitud y anteras de 1-2 mm de longitud. El ovario es súpero, con un estilo de 2-3 mm de longitud y un estigma capitado (Ter Steege et al., 2023).

Los frutos son cápsulas coriáceas e indehiscentes, de forma ovoide, de 2-3 cm de longitud y 1.5-2 cm de ancho. Contiene una o dos semillas, las semillas son pequeñas, de color marrón, con un diámetro de 1-2 mm.; Es una especie de sombra, que se desarrolla bien en bosques de tierras

bajas de la amazonía, es una especie pionera, que suele ser la primera en colonizar áreas perturbadas, es polinizado por insectos, y las semillas son dispersadas por el viento (Guevara *et al.*, 2017).

Ecológicamente es una especie importante en el ecosistema amazónico. Proporciona y refugio a una variedad de animales, y ayuda a regular el clima absorbiendo dióxido de carbono y liberando oxígeno. Estas características hacen de esta que sea una especie importante en el ecosistema amazónico. Su gran tamaño y su capacidad para alcanzar alturas superiores al dosel del bosque le permiten recibir más luz solar, lo que le da una ventaja competitiva sobre las demás especies. La madera es de color pardo rojizo, dura y resistente a la putrefacción y a los insectos. Se utiliza en la construcción de viviendas, muebles, embarcaciones y otros objetos. La corteza del árbol también tiene propiedades medicinales (Pitman *et al.*, 2002).

3.5.3.6. *Vochysia* sp (*tamburo*)

Es un género de árboles pertenecientes a la familia Vochysiaceae, nativa de la región neotropical. El género incluye unas 250 especies, de las cuales unas 100 se encuentran en la región amazónica en bosques de tierras bajas y de montaña en la región neotropical con una altura hasta 40 metros y hasta 50 cm de diámetro. De fuste recto con corteza lisa o rugosa, hojas simples opuestas o verticiladas con pecíolo corto y lámina foliar elíptica, ovalada o lanceolada, de 2 a 15 cm de longitud y 1 a 7 cm de ancho (Palacios & Jaramillo, 2016).

Sus flores son pequeñas, de color blanco, amarillo, rosa o rojo, dispuestas en racimos axilares o terminales; sus frutos son cápsulas ovoides o globosas, de 1 a 3 cm de longitud y contienen de 1 a 4 semillas, la madera de esta especie es de color pardo rojizo, dura y resistente a la putrefacción ya los insectos. Se utiliza en la construcción de viviendas, muebles, embarcaciones y otros objetos. La corteza del árbol también tiene propiedades medicinales (Alvarez Gilberto, 2012).

Es una especie pionera y suele ser de las primeras en colonizar áreas perturbadas, algunas especies de *Vochysia* son especies emergentes, que se elevan por encima del dosel del bosque, alcanzando alturas superiores a los 30 metros. Por esto es su importancia en el ecosistema amazónico, además de proporcionar refugio a una variedad de animales y ayudar a regular el clima absorbiendo dióxido de carbono y liberando oxígeno (Mestanza-Ramón *et al.*, 2022).

3.5.3.7. *Ocotea* sp (canelo)

Ocotea es un género de árboles pertenecientes a la familia Lauraceae, nativa de las regiones tropicales y subtropicales de América. El género incluye unas 400 especies, de las cuales unas 100 se encuentran en la región neotropical, habita en bosques húmedos y secos en las regiones tropicales y subtropicales, puede llegar hasta 40 metros de altura con diámetros de hasta 50 cm (Nabe-Nielsen, 2001).

De fuste recto o tortuoso, con corteza lisa o rugosa, hojas simples, opuestas o verticiladas, con pecíolo corto y lámina foliar elíptica, ovalada o lanceolada, de 2 a 15 cm de longitud y 1 a 7 cm de ancho con flores pequeñas de color blanco, amarillo, rosa o rojo, dispuestas en racimos axilares o terminales y frutos de cápsulas ovoides o globosas, de 1 a 3 cm de longitud que contienen de 1 a 4 semillas (MAAE-MAG-PNUD, 2021).

Es una especie pionera, muchas suelen ser las primeras en colonizar áreas perturbadas y otras son emergentes que se elevan por encima del dosel del bosque, alcanzando alturas superiores a los 30 metros (Guevara et al., 2017).

Ocotea es una especie importante en el ecosistema tropical, proporciona y refugio a una variedad de animales, y ayuda a regular el clima absorbiendo dióxido de carbono y liberando oxígeno; su madera es de color pardo rojizo, dura y resistente a la putrefacción y a los insectos. Se utiliza en la construcción de viviendas, muebles, embarcaciones y otros objetos, su corteza también tiene propiedades medicinales, también se caracteriza por su fuerte aroma, el que se debe a la presencia de aceites esenciales en la corteza y las hojas del árbol que tienen propiedades medicinales y antiinflamatorias que pueden ayudar a aliviar el dolor y la inflamación y se utilizan en la elaboración de perfumes, jabones y otros productos (Cardoso et al., 2017).

3.5.3.8. *Sterculia* sp (sapote)

Sterculia es un género de árboles pertenecientes a la familia Sterculiaceae, nativo de las regiones tropicales y subtropicales de todo el mundo. El género incluye unas 150 especies, de las cuales unas 10 se encuentran en la región neotropical; habita en bosques húmedos y secos en las regiones tropicales y subtropicales de hasta 40 metros de altura y diámetro de hasta 50 cm. Fuste recto o tortuoso, con corteza lisa o rugosa (Homeier et al., 2010).

Posee hojas simples, opuestas o verticiladas con pecíolo corto y de lámina foliar elíptica, ovalada o lanceolada, de 2 a 15 cm de longitud y 1 a 7 cm de ancho; posee flores pequeñas de

color blanco, amarillo, rosa o rojo, dispuestas en racimos axilares o terminales con frutos en forma de cápsulas ovoides o globosas, de 1 a 3 cm de longitud los cuales contienen de 1 a 4 semillas (Samaniego et al., 2011).

Es una especie pionera y suelen ser de las primeras en colonizar áreas perturbadas, muy importante en el ecosistema tropical pues proporciona refugio a una variedad de animales y ayuda a regular el clima absorbiendo dióxido de carbono y liberando oxígeno; su madera es de color pardo rojizo, dura y resistente a la putrefacción ya los insectos. Se utiliza en la construcción de viviendas, muebles, embarcaciones y otros objetos. La corteza del árbol también tiene propiedades medicinales (Palacios & Jaramillo, 2016).

3.5.3.9. *Parkia* sp (guarango)

Parkia es un género de árboles tropicales pertenecientes a la familia Fabaceae. Se distribuyen en las regiones tropicales de América, África y Asia. Sus características generales se pueden definir en que son árboles de tamaño mediano a grande, que pueden alcanzar los 30 metros de altura con fuste recto y cilíndrico y de corteza lisa o rugosa (Guevara Andino et al., 2019). Sus hojas son compuestas, con folíolos opuestos o alternos, de flores pequeñas, de color blanco o amarillo agrupadas en racimos o panículas con frutos es forma de vaina leñosa que contiene semillas comestibles (Samaniego et al., 2011).

Es una especie de árbol importante para la biodiversidad pues proporciona alimento y refugio a una variedad de animales, incluyendo aves, insectos y mamíferos. También es una especie importante para la producción de madera, la cual es fuerte y duradera y se utiliza para una variedad de propósitos incluyendo la construcción, fabricación de muebles y para pulpa y papel (Ter Steege et al., 2013).

3.5.3.10. *Guarea* spp (colorado)

Guarea es un género de árboles tropicales pertenecientes a la familia Meliaceae. Se distribuyen en las regiones tropicales de América Central, América del Sur y África. En la Amazonía ecuatoriana, se pueden encontrar algunas especies de *Guarea*, las que presentan como características principales que son árboles de tamaño mediano a grande, que pueden alcanzar los 40 metros de altura con fuste recto y cilíndrico y corteza lisa o rugosa (Neill & Palacios, 1989).

Sus hojas son compuestas, con folíolos opuestos o alternos, de flores pequeñas color blanco o amarillo agrupadas en racimos o panículas. Su fruto es una cápsula leñosa de color verde o marrón, y tienen un tamaño de 10 a 20 centímetros de largo, que contiene semillas de color marrón, y tienen un tamaño de 1 a 2 centímetros de largo (Neill, 2012).

Es una especie de árbol importante para la biodiversidad pues proporciona alimento y refugio a una variedad de animales, incluyendo aves, insectos y mamíferos. También es una especie importante para la producción de madera, la cual es fuerte y duradera, se utiliza para una variedad de propósitos, incluyendo la construcción, la fabricación de muebles y la fabricación de papel (Churchill et al., 2009).

3.6. Manejo forestal Sostenible

Según el Acuerdo Ministerial 125 del MAAE, el manejo forestal sostenible (MFS) es un concepto holístico, que considera el uso múltiple de los bosques y aspectos del paisaje y que está orientado a la obtención de beneficios de variados productos, bienes y servicios, con el fin de mejorar las condiciones y la calidad la vida de las personas (MAATE & (SINIAs), 2023; MAATE, 2023a).

El Manejo Forestal Sostenible es el conjunto de acciones y decisiones sobre los bosques, que tiene por objetivo el obtener beneficios económicos y sociales de estos, sin alterar su función ecológica. Todo esto con el fin de satisfacer las demandas actuales de la sociedad, sin comprometer la satisfacción de las necesidades futuras (COMAFORS, 2024). Las prácticas del Manejo Forestal Sostenible son: a) Inventario, b) Mapeo del bosque, c) Censo comercial, d) Análisis financiero, e) Tala y descope, f) Extracción, g) Transporte, h) Inventario de la masa remanente, i) Tratamientos silviculturales. En el MFS se utilizan los árboles maduros que ya han pasado su fase reproductiva, dejando en el bosque a los individuos jóvenes que aún se pueden reproducir. De cada hectárea, se aprovechan aproximadamente cuatro a ocho árboles, los cuales son extraídos utilizando técnicas de impacto reducido (COMAFORS, 2024).

Con arreglo a la FAO, “el objetivo de la gestión forestal sostenible es asegurar que los bosques proporcionen bienes y servicios para satisfacer las necesidades actuales y futuras, y contribuyan al desarrollo sostenible de las comunidades. La Asamblea General de las Naciones Unidas reconoce que la gestión forestal sostenible es un concepto dinámico y en evolución que procura mantener y mejorar los valores económicos, sociales y ambientales de todos los tipos de bosques en beneficio de las generaciones presentes y futuras, con los siguientes siete

elementos temáticos como marco de referencia: 1) dimensión de los recursos forestales; 2) biodiversidad forestal; 3) salud y vitalidad de los bosques; 4) funciones productivas de los recursos forestales; 5) funciones protectoras de los recursos forestales; 6) funciones socioeconómicas de los bosques y 7) marco jurídico, normativo e institucional” (FAO, 2024).

“En su sentido más amplio, la gestión forestal sostenible abarca los aspectos administrativos, jurídicos, técnicos, económicos, sociales y ambientales del uso y conservación de los bosques, Implica diversos grados de intervención humana, que van desde acciones destinadas a salvaguardar y mantener los ecosistemas forestales y sus funciones hasta medidas que favorecen a determinadas especies o grupos de especies de valor social o económico para mejorar la producción de bienes y servicios” (FAO, 2024).

El manejo forestal sostenible implica la planificación cuidadosa y la implementación de prácticas de gestión forestal que tengan en cuenta la conservación de la biodiversidad, la protección del suelo y del agua, la mitigación del cambio climático, la seguridad de los trabajadores forestales y la mejora de la calidad de vida de las comunidades locales. Además, se busca promover la participación de estas comunidades en la toma de decisiones y la gestión de los recursos forestales. En resumen, el manejo forestal sostenible es una estrategia integral que busca equilibrar los aspectos ambientales, sociales y económicos del uso de los bosques, con el objetivo de asegurar su conservación y aprovechamiento de manera sostenible a largo plazo (SERFOR, 2020).

El compromiso del Ecuador con el manejo forestal sostenible se traduce en el desarrollo y la aplicación de la normativa forestal vigente.

3.6.1. Tipos de formaciones forestales

La Normativa Forestal vigente establece las siguientes formaciones vegetales, con normas técnicas específicas para cada formación vegetal:

3.6.1.1. Bosque Nativo

Ecosistema arbóreo, primario o secundario, regenerado por sucesión natural, que se caracteriza por la presencia de árboles de diferentes especies nativas, edades y alturas variadas, con uno o más estratos (Ministerio de Ambiente & MAE, 2010).

3.6.1.2. Árboles de Regeneración Natural en Cultivos

Árboles provenientes del manejo y fomento de la regeneración natural en huertos, potreros, plantaciones forestales y sistemas agroforestales, que no constituyen árboles relictos y que, por su tamaño, apariencia, especie y madurez fisiológica, los clasifica como tales (Ministerio de Ambiente & MAE, 2010).

3.6.1.3. Árboles Relictos

Son aquellos que permanecen en rastrojos, huertos, potreros y sistemas agroforestales como relictos individuales del bosque nativo original (Ministerio de Ambiente & MAE, 2010).

3.6.2. Programas de aprovechamiento forestal vigentes en el Ecuador

Desde el año 2015 el Ministerio de Ambiente del Ecuador, mediante Acuerdo Ministerial # 125 (Ministerio del Ambiente de Ecuador & MAE, 2015), establece las Normas para el Manejo Forestal Sostenible de los Bosques; aquí se exponen los tipos de Programas de Manejo Forestal que se aplican de acuerdo con el tipo de formación boscosa, teniendo entonces: *Programa de Manejo Forestal Sustentable (PMFSu)*, *Programa de Manejo Forestal Simplificado (PMFSi)*, *Programa de Corta para Zona de Conversión Legal (PCZCL)*; mientras que en el Acuerdo Ministerial # 139 (Ministerio de Ambiente & MAE, 2010) se expiden las Normas de Procedimientos para autorizar el Aprovechamiento y Corta de madera *Programa de Corta para Árboles Relictos (PCAR)*, *Programa de Corta para Árboles Plantados de Especies de Aprovechamiento Condicionado (PCAPEAC)* y *Programa de Corta de Árboles de Regeneración Natural en Cultivos (PCRNC)*), exceptuándose en los casos de árboles de especies pioneras. Una vez realizado el plan y programa a expedir incluida la planificación previa y evaluación posterior se obtiene el certificado legal para el aprovechamiento forestal (MAE, 2017).

3.6.2.1. Programa de Manejo Forestal Sustentable PMFSu

Es el área sujeta a manejo forestal en cualquier tamaño de superficie donde se ubican los árboles para el aprovechamiento estimado de madera y extraer la misma mediante arrastre mecanizado, con tractores en el caso de madera rolliza o troza (Ministerio del Ambiente de Ecuador & MAE, 2015). La intensidad del aprovechamiento e intensidad de intervención depende de la abundancia (número de individuos/hectárea) en el área del bosque a ser aprovechado, esta

modalidad se determina en base a un Censo e inventario Forestal, considerando un error de muestreo del 20% (MAE, 2017).

3.6.2.2. Programa de Manejo Forestal Simplificado PMFSi

Se caracterizan porque se realizan en áreas reducidas del bosque, generalmente con el uso de motosierra y no se utiliza arrastre mecanizado, el aprovechamiento se ejecuta en base a un listado de árboles seleccionados previo su estimación del volumen de madera (Ministerio del Ambiente de Ecuador & MAE, 2015).

3.6.2.3. Programas de Corta en Zonas de Conversión Legal PCZCL

Consiste en la remoción de la cobertura vegetal, para implementar cultivos de ciclo corto y/o pastoreo con fines comerciales y de subsistencia. El porcentaje de conversión depende de la superficie de hectáreas de la propiedad que va desde el 2 al 30% del área total (Ministerio del Ambiente de Ecuador & MAE, 2015).

3.6.2.4. Programa de Corta en Árboles Relictos PCAR

Este tipo de programas se caracterizan por el aprovechamiento de madera de árboles relictos en rastrojos, huertos, potreros, sistemas agroforestales y cultivos en general, provenientes del bosque nativo primario. En este programa no se considera un Diámetro Mínimo de Corta (DMC) a excepción de especies de aprovechamiento condicionado (Ministerio de Ambiente & MAE, 2010).

3.6.2.5. Programa de Corta de Árboles de Regeneración Natural en Cultivos PCARNC

Se caracterizan por el tipo de especies de árboles de rápido crecimiento presentes en huertos, potreros, sistemas agroforestales y cultivos. Para el aprovechamiento de madera no existe un Diámetro Mínimo de Corta DMC (Ministerio del Ambiente de Ecuador & MAE, 2015).

3.6.3. Gobernanza Forestal

En la gobernanza forestal se identifican tres actores claves para el uso y conservación de los recursos naturales, representadas en una gestión por jerarquía (administración pública y de empresa privada), gestión por mecanismos del mercado (sector productivo) y la gestión participativa (aplicación de experiencias para el desarrollo sostenible), enmarcados en la normativa forestal vigente, con sentido de equidad ambiental, social y económica (Torres et al.,

2014). El Banco Mundial define la gobernanza como “las tradiciones e instituciones mediante las cuales se ejerce la autoridad en un país”; la legalidad, legitimidad y participación son atributos fundamentales de las normas y procesos asociados a la gobernanza (Petkova et al., 2011).

En este contexto, el presente estudio se enfocó en realizar un análisis exhaustivo del aprovechamiento de especies forestales maderables en la Amazonia ecuatoriana durante un periodo de 10 años, desde 2012 hasta 2021; Evaluar la situación actual de estas especies en términos de su estado de amenaza según la clasificación de la IUCN, y comprender la relación entre el aprovechamiento y la conservación de la biodiversidad en la región. Para lograr este objetivo, se recopilaron y analizaron datos provenientes de bases de datos oficiales, en este caso del Ministerio del Ambiente, Agua y Transición Ecológica (MAATE), que incluyen registros de aprovechamiento forestal en metros cúbicos para las especies aprovechadas en las seis provincias amazónicas del Ecuador. Además, se discuten estos datos con otros estudios científicos, informes gubernamentales y datos de monitoreo forestal. El documento también analiza los patrones y tendencias en el aprovechamiento de especies forestales maderables, así como también el grado de amenaza de estas especies según los criterios de la IUCN.

Los resultados de este estudio proporcionan información valiosa para la toma de decisiones en la gestión forestal y la conservación de la Amazonia ecuatoriana. Además, se espera que los hallazgos contribuyan al desarrollo de estrategias y políticas más efectivas para garantizar la sostenibilidad de los recursos forestales y la protección de la biodiversidad en la región.

CAPITULO IV

Material y métodos

4. Material y métodos

4.1. Ubicación geográfica del área de estudio

El estudio se llevó a cabo en la Región Amazónica Ecuatoriana (RAE), una región reconocida a nivel mundial por su extraordinaria biodiversidad y elevada importancia ecológica. Según el científico conservacionista Norman Myers, esta área forma parte de los sitios candentes de biodiversidad (*biodiversity hotspots*), caracterizados por una alta concentración de especies, elevados niveles de endemismo y rápidas tasas de destrucción (Myers, 1988). Dentro de este contexto, la RAE alberga aproximadamente 4.857 especies de plantas vasculares, de las cuales 522 son endémicas, consolidándola como un reservorio único de vida silvestre (Jørgensen & León-Yáñez, 1999; León-Yáñez, S., et al., 2011).

Además, investigaciones etnobotánicas han identificado entre 1.300 y 1.500 especies de plantas útiles en la Amazonía ecuatoriana, lo que evidencia no solo la biodiversidad del bosque, sino también su relevancia cultural y económica para las comunidades locales que dependen de estos recursos y preservan conocimientos ancestrales sobre su uso (Ríos, Borgtof, et al., 2007; Ríos, Koziol, et al., 2007; Torres et al., 2014). Sin embargo, este *hotspot* enfrenta amenazas crecientes, como la extracción de madera ilegal y la transformación del paisaje, que comprometen tanto su integridad ecológica como los servicios ecosistémicos que brinda (Torres et al., 2017). Por ello, investigar y conservar esta región es una tarea prioritaria para garantizar la sostenibilidad ecológica y cultural de la RAE.

En lo referente al tema forestal, estos ecosistemas se han visto severamente alterados, especialmente por actividades como el cambio de uso del suelo o la extracción selectiva de madera (López-Tobar et al., 2018). Lo cual ha provocado altas tasas de deforestación (Sierra, 2013). En este proceso de deforestación se pierden muchas especies de alto valor ecológico y comercial como *Myroxylon balsamum* (L.) Harms (Balsamo), *Minquartia guianensis* Aubl. (Guayacán negro) y *Otoba parvifolia* (Markgr.) A.H. Gentry (Doncel) entre otras (López-Tobar et al., 2018).

La RAE, que constituye el 46,85% del Ecuador continental, ocupa 116.687 km². Esta región está conformada por seis provincias: Napo (10,7% del territorio amazónico), Sucumbíos (15,5%), Orellana (18,6%), Pastaza (25,4%), Morona Santiago (20,6%) y Zamora Chinchipe (9,1%) (Figura 3). Se caracteriza por una precipitación media anual que fluctúa entre 2.000 y

5.000 mm y una temperatura media anual de 24 °C, lo que la vuelve una región con un clima cálido-húmedo (Fick & Hijmans, 2017).

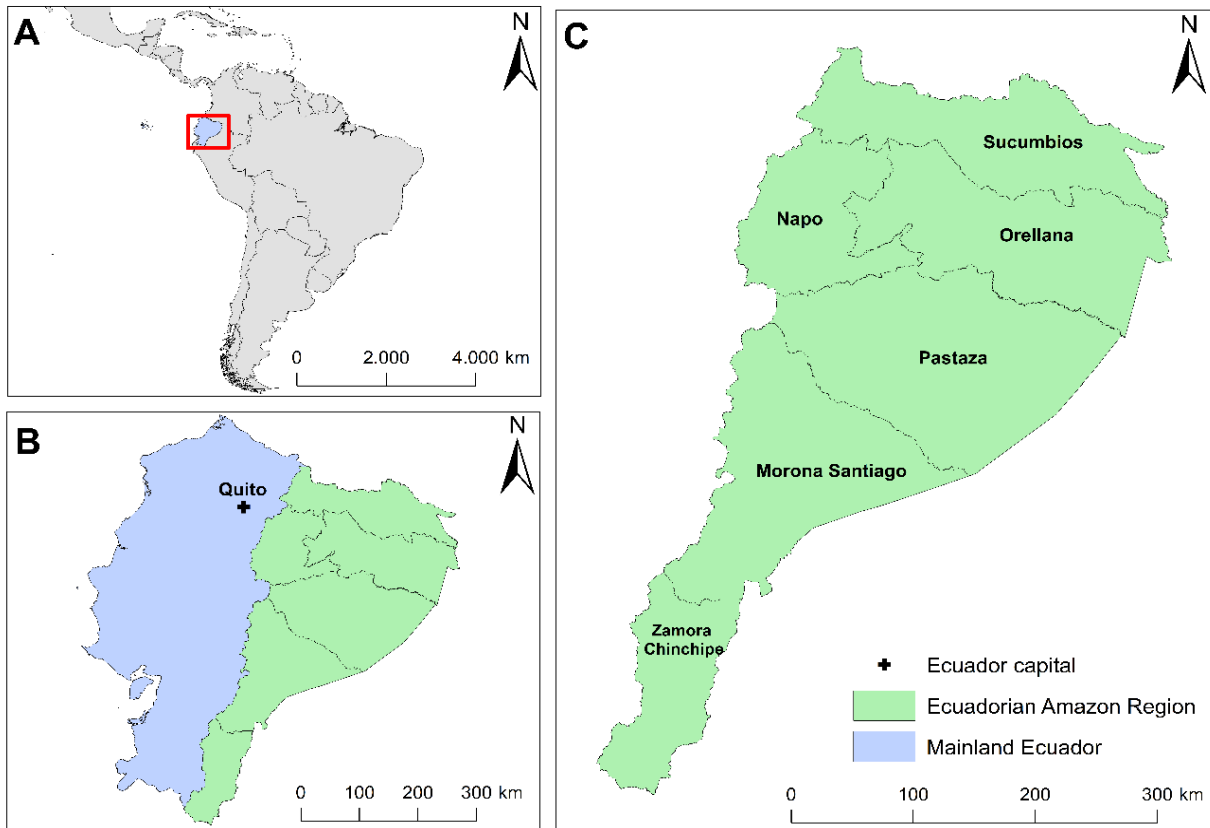


Figura 3. Área de estudio: (A) Ubicación geográfica de Ecuador; (B) Región Amazónica ecuatoriana (RAE); (C) Provincias pertenecientes a la RAE. Fuente: (López-Tobar et al., 2023).

4.2. Metodología general: Procesos y flujo de datos

La presente investigación utilizó un diagrama de flujo que representa los procesos clave del trabajo, incluyendo los objetivos de la investigación, las metodologías aplicadas en el manejo de bases de datos, los resultados obtenidos y la discusión realizada. Resumido en la Figura 4, este diagrama proporciona una visión estructurada y clara de cada etapa del análisis y su contribución a los hallazgos finales, facilitando la comprensión y comunicación del enfoque empleado.

El diagrama de flujo destaca como una herramienta fundamental para garantizar la coherencia, trazabilidad y transparencia del proceso analítico. Al sintetizar procesos complejos y conectar las preguntas de investigación con las conclusiones, permite identificar interrelaciones clave y

posibles líneas de investigación futuras. Su diseño refuerza la utilidad del análisis en la toma de decisiones informadas y en la propuesta de políticas basadas en evidencia.

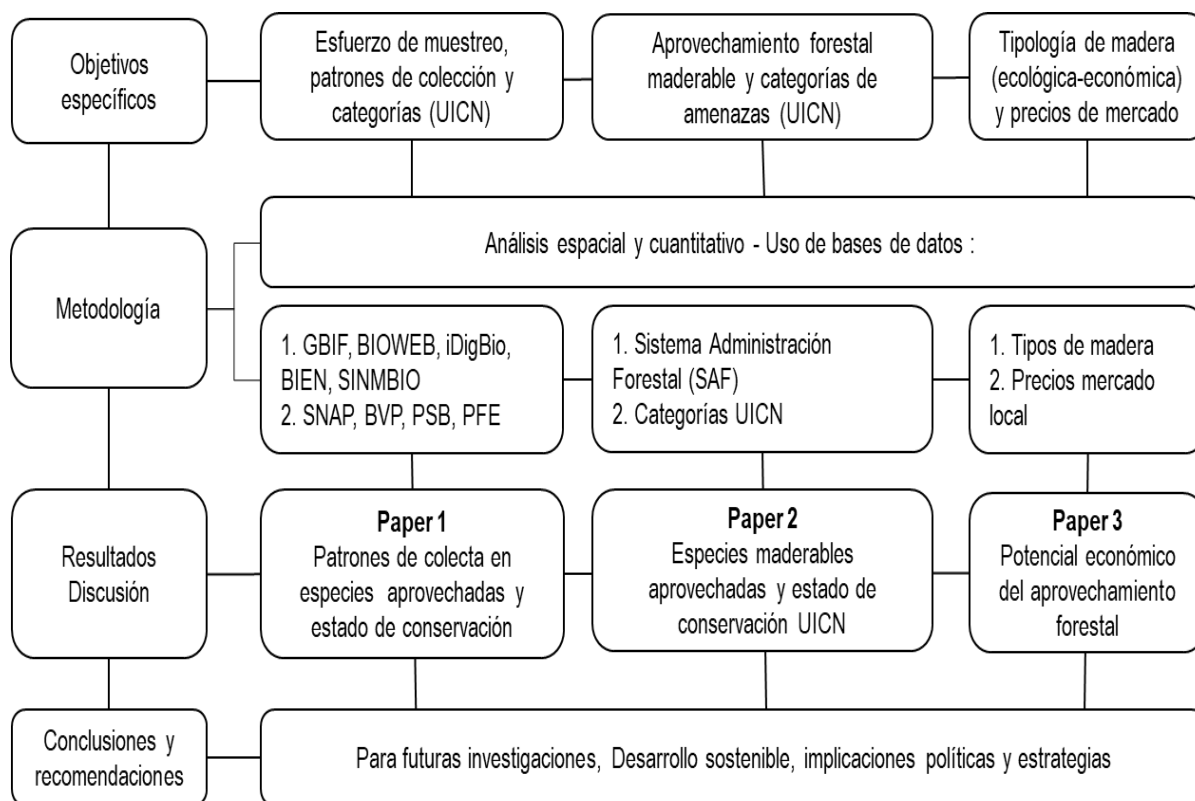


Figura 4. Diagrama de flujo de la metodología aplicada en la investigación

4.3. Metodología para análisis de esfuerzo de muestreo y patrones de colecciones botánicas

A continuación, se describen los distintos tipos metodologías de análisis de datos empleados en el presente trabajo.

4.3.1. Bases de datos analizadas

Con el fin de abordar el objetivo relacionado con los patrones geográficos de recolección de especies maderables en la RAE, se llevó a cabo una exhaustiva búsqueda de registros de presencia en diversas bases de datos de biodiversidad a nivel global.

Las bases de datos utilizadas son las siguientes: Global Biodiversity Information Facility (GBIF), la Integrated Digitized Biocollections (iDigBio), SpeciesLink (un sistema distribuido de información que integra datos primarios de colecciones científicas) y el Botanical Information and Ecology Network (BIEN). Además, para garantizar un análisis exhaustivo, también se realizaron búsquedas en bases de datos específicas de Ecuador, como BLOWEB y

el Programa Nacional de Monitoreo de la Biodiversidad de Ecuador (SINMBIO). Finalmente, también se incluyeron los registros reportados en la base de datos de árboles de la Amazonía de tierras bajas de Ecuador según lo informado por (Guevara Andino et al., 2019). A continuación, se describen cada una de las bases de datos y el número de registros utilizados.

4.3.1.1. Base de datos GBIF

Se usó la base de datos del Global Biodiversity Information Facility (GBIF) porque ofrece un recurso invaluable para investigar los patrones de muestreo de especies forestales maderables a nivel global y en regiones específicas como la Amazonía ecuatoriana (<https://www.gbif.org/es/>). GBIF proporciona acceso a millones de registros de biodiversidad obtenidos de diversas fuentes, incluyendo colecciones científicas, observaciones de campo y datos de inventarios forestales, lo que permite analizar la distribución geográfica y temporal de las especies maderables. Al integrar estos datos con enfoques geoespaciales, fue posible identificar áreas de alta representatividad de muestreo y, por el contrario, zonas de vacíos de información crítica, lo cual es fundamental para mejorar la planificación del manejo forestal y la conservación. Además, la capacidad de cruzar datos de ocurrencias con variables ambientales y económicas (ver capítulo 5) facilitó la detección de patrones de explotación y conservación, brindando una base sólida para el análisis de tendencias a largo plazo y el diseño de estrategias de manejo adaptativo para especies bajo presión. De esta base de datos se usaron 11.303 especies que había disponibles hasta junio del 2022.

4.3.1.2. Base de datos iDigBio

También se usó la base de datos denominada Integrated Digitized Biocollections (iDigBio), porque constituye una plataforma crucial para la investigación de patrones de muestreo de especies forestales maderables, al centralizar millones de registros digitalizados provenientes de colecciones biológicas de instituciones científicas en todo el mundo. Esta base de datos ofrece acceso a información detallada sobre la distribución, morfología y ecología de especies maderables, facilitando el análisis de sus patrones de presencia en distintas regiones geográficas y en diferentes periodos temporales. A través de la integración de datos espaciales y temporales con herramientas de análisis ecológico y de biodiversidad, iDigBio permitió identificar tanto áreas bien muestreadas como regiones con vacíos de información, lo que es esencial para una gestión forestal eficiente y sostenible. Asimismo, su enfoque en la digitalización de colecciones históricas brindó una perspectiva única sobre cómo ha cambiado la distribución de especies

debido a factores como la explotación forestal, el cambio climático y la intervención humana, proporcionando insumos valiosos para la planificación de estrategias de conservación y manejo adaptativo en la Amazonía ecuatoriana. De esta base de datos se usaron 1689 especies que había disponibles hasta junio del 2022.

4.3.1.3. Base de datos BIEN

La Botanical Information and Ecology Network (BIEN) es una base de datos de referencia fundamental para el estudio de patrones de muestreo y distribución de especies forestales maderables, que integra información ecológica, taxonómica y de distribución geográfica a escala continental. BIEN compila datos provenientes de inventarios forestales, colecciones botánicas y estudios de campo, lo que contribuyó a mejorar los análisis integrales de la diversidad de especies maderables y su relación con variables ambientales como el clima, el suelo y el uso del suelo. Esta base de datos es especialmente valiosa para identificar patrones de riqueza y abundancia de especies, así como para detectar áreas submuestreadas o con presión por actividades extractivas. Su enfoque en la ecología de comunidades vegetales y en la distribución espacial de especies proporcionó herramientas poderosas para evaluar la sostenibilidad del aprovechamiento de los recursos maderables en la Amazonía ecuatoriana, aportando datos críticos para el manejo forestal y la conservación basada en evidencia científica. Además, BIEN facilita la comparación de datos regionales con escalas más amplias, permitiendo contextualizar los resultados dentro de un marco global de conservación y manejo de la biodiversidad. Esta base de datos al estar unida con la de GBIF, nos sirvió como una referencia para corroborar las especies disponibles en la región.

4.3.1.4. Base de datos BOWEB

Para mejorar el análisis, se usó la base de datos BOWEB debido a su condición de ser el mayor repositorio de información sobre la biodiversidad ecuatoriana, lo que mejoró el estudio de especies forestales maderables en la Amazonía. De esta base se usaron 9000 fichas de especies digitalizados de especies maderables, BOWEB también proporcionó la distribución geográfica y características ecológicas de las especies de interés, para el análisis de los patrones de muestreo botánico y el estado de conservación de las especies maderables en la RAE. Esta base de datos no solo facilitó una comprensión profunda de la biodiversidad forestal ecuatoriana, sino que también contribuyó al fortalecimiento del análisis sobre el manejo sostenible de los

recursos forestales, brindando información esencial para la toma de decisiones en conservación y manejo adaptativo en la región amazónica.

4.3.1.5. Base de datos SINMBIO Programa Nacional de Monitoreo

También se usó la base de datos del Programa Nacional de Monitoreo de la Biodiversidad de Ecuador (SINMBIO), gestionado por el INABIO, ya que esta base de datos constituye una herramienta clave para el monitoreo sistemático y la evaluación continua de la biodiversidad en Ecuador. SINMBIO proporcionó información actualizada y detallada sobre la distribución, estado de conservación y dinámicas poblacionales de 1800 especies, lo que contribuyó al análisis de las tendencias en el aprovechamiento de especies maderables en la Amazonía ecuatoriana. Esta base de datos, con su enfoque en la generación de datos de alta calidad y comparables a lo largo del tiempo, ofreció una base sólida para el análisis de patrones de muestreo botánico, la identificación de áreas prioritarias para la conservación y el desarrollo de estrategias de manejo adaptativo. La integración de los datos de SINMBIO en esta investigación permitió una evaluación rigurosa y científicamente fundamentada sobre el estado de las especies forestales maderables, contribuyendo de manera significativa al conocimiento y debate sobre su manejo sostenible en la Región Amazónica.

En todo el proceso de obtención de datos, solamente se incluyeron registros georreferenciados reportados en pliegos botánicos, ya que son de crucial importancia para esclarecer la taxonomía de plantas y sus principales hábitats (Carmona-Higueta et al., 2023; Zizka, Antonelli, et al., 2021). Por otra parte, este tipo de datos poseen actualmente un gran potencial para la conservación de especies amenazadas (Albani Rocchetti et al., 2021; Lang et al., 2019; Nic Lughadha et al., 2019).

4.3.2. Bases de datos de las estrategias de conservación

Para analizar los patrones de colecta botánica (Capítulo 5.1) en la RAE, se utilizaron las bases de datos de las cuatro principales estrategias de conservación forestal de Ecuador: el Sistema Nacional de Áreas Protegidas (SNAP), el sistema nacional de Bosques y Vegetación Protectores (BVP), las áreas del Patrimonio Forestal del Estado (PFE) y las Áreas del Programa Socio Bosque (PSB). Estas estrategias abarcan tanto áreas protegidas estrictas como zonas de manejo sostenible, lo que permite evaluar si las colectas botánicas se han realizado dentro de áreas bajo algún régimen de conservación o en zonas no protegidas. El cruce de estos datos con

los registros de colecta nos permite identificar las áreas con mayor representatividad de especies maderables y evaluar los vacíos de muestreo en regiones clave para la biodiversidad.

El SNAP se caracteriza por ser la estrategia de conservación *in situ* de mayor efectividad actualmente para salvaguardar la biodiversidad existente en Ecuador (Mestanza-Ramón et al., 2020, 2023), sin embargo, es necesario conocer la relación de estas categorías de conservación con los patrones de colecta de especies forestales maderables de alto interés comercial, así como también examinar las categorías de conservación asignadas por la UICN a estas especies, para tener una visión actualizada de su estado de amenaza y poder orientar estrategias de conservación más adecuadas.

Por otro lado, para el análisis del aprovechamiento forestal en la RAE, se contrastaron los datos de las licencias de aprovechamiento forestal (permisos de aprovechamiento legal) con las bases de las mismas estrategias de conservación (SNAP, BVP, PFE, PSB). Esto permitió determinar si las licencias se otorgaron dentro o fuera de las áreas protegidas o bajo manejo sostenible. Este cruce de información es necesario para entender cómo las políticas de conservación están influyendo en el uso de los recursos maderables y si el aprovechamiento está ocurriendo dentro de los límites establecidos por las estrategias de conservación forestal del Ecuador. A continuación, se detallan cada una de las estrategias de conservación.

4.3.2.1. Sistema Nacional de Áreas Protegidas (SNAP)

El Sistema Nacional de Áreas Protegidas del Ecuador (SNAP) es una red que actualmente comprende 78 áreas protegidas y cubre un 19,43% del territorio ecuatoriano (MAATE, 2024b). Su objetivo es conservar la biodiversidad, proteger ecosistemas críticos y promover el uso sostenible de los recursos naturales. Incluye parques nacionales, reservas biológicas, reservas ecológicas y áreas de uso sostenible, garantizando la protección de ecosistemas terrestres y marinos. El SNAP juega un papel fundamental en la mitigación del cambio climático y la preservación de la riqueza natural del país.

4.3.2.2. Sistema nacional de Bosques y Vegetación Protectores (BVP)

Los Bosques y Vegetación Protectores cumplen un papel muy importante en la conservación de la biodiversidad, es así que el Ministerio del Ambiente realizó el análisis de estas zonas para determinar cuáles podrían subir de categoría de conservación para asegurar la protección de los ecosistemas naturales existentes; actualmente se encuentran registrados en el país 200 bosques y Vegetación Protectores que corresponden al 9,80% del territorio nacional (MAATE, 2018)

4.3.2.3. Áreas del Patrimonio Forestal del Estado (PFE)

Constituyen patrimonio forestal del Estado, las tierras forestales que de conformidad con la Ley son de su propiedad, los bosques naturales que existan en ellas, los cultivados por su cuenta y la flora y fauna silvestres; los bosques que se hubieren plantado o se plantaren en terrenos del Estado, exceptuándose los que se hubieren formado por colonos y comuneros en tierras en posesión. Los derechos por las inversiones efectuadas en los bosques establecidos mediante contratos de consorcios forestales, de participación especial, de forestación y pago de la inversión para la utilización del Fondo Nacional de Forestación, celebrado con personas naturales o jurídicas, otras inversiones similares, que por efecto de la presente Ley son transferidos al Ministerio (MAATE, 2018).

Las tierras del Estado, marginales para el aprovechamiento agrícola o ganadero, todas las tierras que se encuentren en estado natural y que por su valor científico y por su influencia en el medio ambiente, para efectos de conservación del ecosistema y especies de flora y fauna, deban mantenerse en estado silvestre. Formarán también dicho patrimonio, las tierras forestales y los bosques que en el futuro ingresen a su dominio, a cualquier título, incluyendo aquellas que legalmente reviertan al Estado. Los manglares, aun aquellos existentes en propiedades particulares, se consideran bienes del Estado y están fuera del comercio, no son susceptibles de posesión o cualquier otro medio de apropiación y solamente podrán ser explotados mediante concesión otorgada (MAE & MATTE, 2017).

4.3.2.4. Áreas del Programa Socio Bosque (PSB)

El Programa Nacional de Incentivos Socio Bosque es una iniciativa gubernamental creada en el año 2008 que permite ejercer y salvaguardar los derechos de la naturaleza. Es un mecanismo de pago directo donde un propietario individual o colectivo de la tierra destina voluntariamente a la conservación un área o predio de su propiedad que está cubierta por vegetación nativa, a cambio de un incentivo que reconoce sus esfuerzos por la conservación, comprende un total de 1,6 millones de hectáreas conservadas lo que equivale a la conservación del 6,54% del territorio continental (Granda & Yáñez, 2017; Mantilla Chávez, 2020).

El PSB es un esquema administrado por el actual MAATE, este programa recibió la priorización de la Secretaria Nacional de Planificación y Desarrollo (SENPLADES) el 2 de julio del 2008. Desde sus inicios el PSB tenía la visión de conservar una cobertura de 3.600.000 hectáreas de bosques. Su localización está en función de que quienes voluntariamente, a nivel

nacional (excluyendo a la región Insular), quieran acceder al programa, suscribiendo convenios de conservación de sus bosques, páramos y otras formaciones vegetales nativas. En el programa pueden participar propietarios individuales o de comunidades indígenas y campesinas del Ecuador que mantengan la posesión de tierras con cobertura boscosa nativa y en áreas prioritarias para la conservación a nivel nacional. Estas áreas prioritarias se enmarcan en los siguientes criterios: áreas con alta amenaza de deforestación, áreas relevantes para la generación y conservación de servicios ambientales y áreas con altos niveles de pobreza (Acosta Cevallos & Rodríguez Guerrero, 2015; Granda & Yáñez, 2017; Yanez & Granda, 2016).

Todas las bases de datos de todas las estrategias de conservación son manejadas por el Ministerio del Ambiente, Agua y Transición Ecológica del Ecuador (MAATE). En este trabajo se utilizaron la versión más reciente de las coberturas vectoriales correspondientes a las cuatro iniciativas de conservación “*in situ*” vigentes en Ecuador, para asegurar que la información empleada en la investigación estuviera actualizada y fuera relevante.

4.4. Metodología para el análisis del aprovechamiento forestal y categorías UICN

4.4.1. Base de datos del Sistema de Administración Forestal (SAF)

Esta información corresponde a los datos históricos existentes en el Sistema de Administración Forestal (SAF) del Ministerio del Ambiente, Agua y Transición Ecológica (MAATE) y recoge, para cada año y cada provincia, las coordenadas geográficas de las localizaciones donde se realizó algún aprovechamiento forestal autorizado por la autoridad forestal. El MAATE, como autoridad ambiental reguladora, controla y administra el aprovechamiento forestal maderero, a través del desarrollo y uso de herramientas tecnológicas y recurso humano capacitado. En el momento actual, estos procesos se evidencian en el manejo de un sistema informático, cuya aplicabilidad es a largo plazo. Esta herramienta tecnológica permite la Administración e Información de los recursos forestales a nivel nacional y, además, realiza un seguimiento de cada uno de los procedimientos a lo largo de la cadena de valor forestal, es decir, desde el aprovechamiento en el bosque hasta la comercialización de productos terminados en el mercado nacional e internacional (MAATE, 2023c, 2023a; MAATE & (SINIAs), 2023).

El SAF viene trabajando desde hace varios años, su sustento se encuentra en un nuevo marco legal, simple y transparente que establece mecanismos de fomento como incentivos, pago por servicios ambientales o exención de impuestos, entre otros. Es así que el SAF se convierte en

una herramienta fundamental para el desarrollo forestal, la conservación de los bosques, el fomento de la inversión extranjera o el fomento de mercados e incentivos por parte del gobierno a la economía forestal del país, acciones todas ellas que se fundamentan en un nuevo paradigma de vida y trabajo del MAATE (MAATE, 2023a).

El SAF cuenta con un mecanismo para la gestión y participación coordinada de instituciones involucradas; se proyecta, además, un alcance que incluya un gran número de variables que se desprenden de la administración de los recursos forestales al sistema de cuentas nacionales del Banco Central, mecanismo que contribuye al desarrollo nacional y al Producto Interno Bruto del país, es decir, que las instituciones y empresas de producción forestal estarán provistas de información correcta acerca de su participación en la economía nacional. Actualmente esta herramienta está integrada y enlazada a un sistema de información geográfica, fortaleciendo el proceso de gestión y seguimiento. Aplicación que permite la validación de coordenadas de los predios y lugares de aprovechamiento, y lo más importante, evidencia de manera física las actividades de aprovechamiento en el bosque (MAATE, 2023a; MAATE & (SINIAS), 2023).

La importancia del SAF radica en su capacidad para consolidar la información forestal como un pilar clave del desarrollo sostenible del país. Este sistema no solo facilita una gestión transparente y eficiente de los recursos forestales, sino que también asegura la planificación estratégica basada en datos georreferenciados y actualizados. Al conectar la actividad forestal con la economía nacional, promueve la toma de decisiones informadas y contribuye a visibilizar la importancia del sector forestal en el crecimiento económico y la sostenibilidad ambiental, consolidándose como una herramienta indispensable para el manejo integral de los bosques; La estructura y funcionamiento del Sistema de Administración Forestal (SAF) se representa en forma de diagrama en la figura 5.

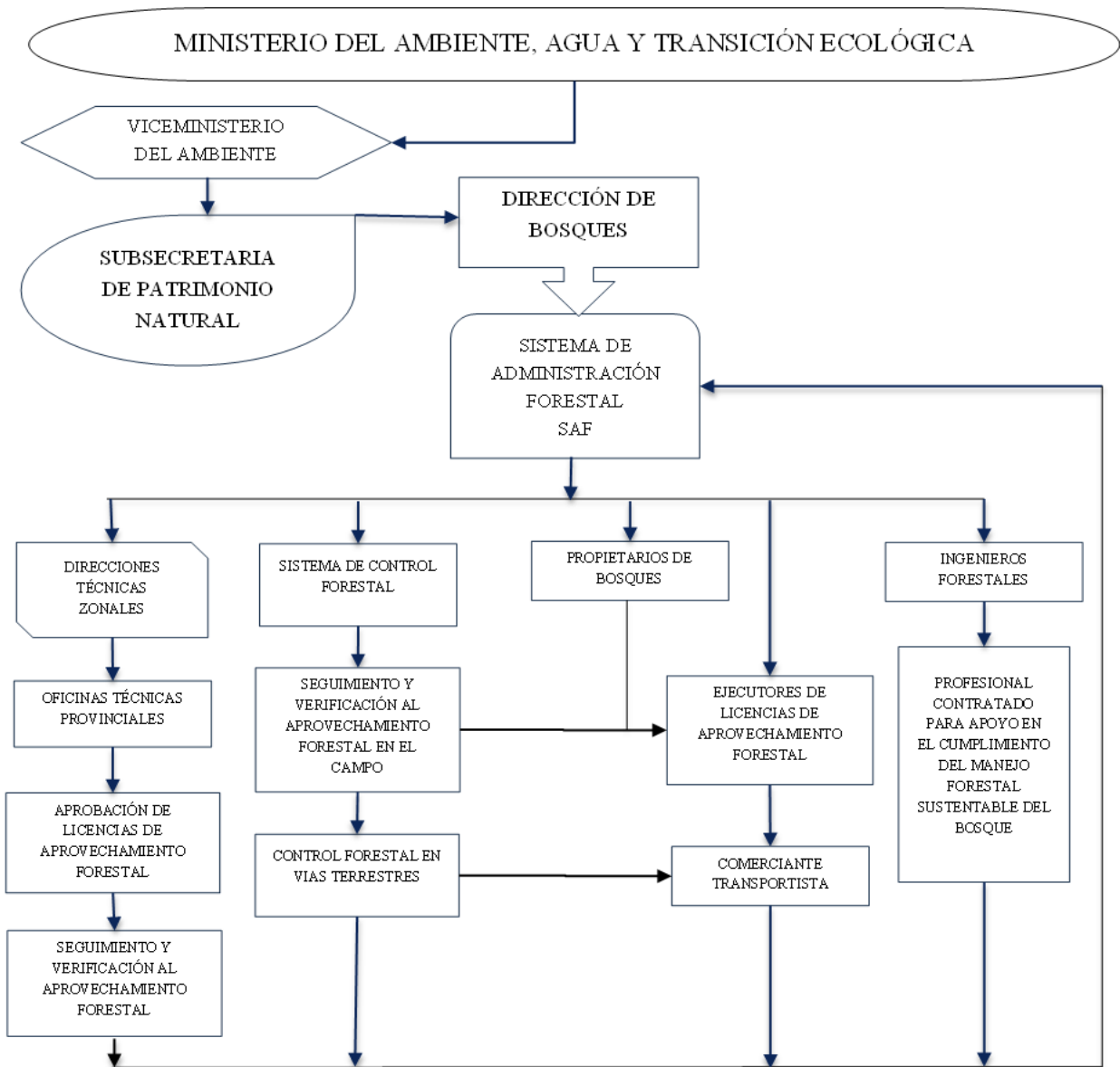


Figura 5. Diagrama del Sistema de Administración Forestal SAF.

Para acceder a esta información generada por el SAF, se solicitó a la Dirección de Bosques del MAATE información del aprovechamiento forestal maderero reportado por el Sistema de Administración Forestal (SAF) durante los años (2012-2021). Se usó los datos estadísticos de este periodo sobre el uso y el comercio de las especies forestales aprovechadas oficialmente y registradas en el SAF del MAATE (MAATE & (SINIAs), 2023). A partir de esta base de datos, se realizó un filtrado de las 6 provincias de la RAE y considerando todas las especies maderables reportadas como comercializadas en los últimos 10 años. De este modo, se seleccionaron un total de 214 especies maderables.

Los datos correspondientes al periodo mencionado fueron filtrados considerando únicamente las seis provincias de la RAE y todas las especies reportadas para el periodo analizado. Como resultado se identificó un total de 214 especies forestales maderables que son las que se analizaron en el curso de la investigación. A continuación, en las figuras 6 y 7 se representa la interfaz de usuario del acceso y menú principal del sistema SAF.



Figura 6. Pantalla principal del Sistema de Administración Forestal SAF accediendo al sitio web: <https://saf.ambiente.gob.ec/saf2/>



Figura 7. Pantalla principal del Sistema de Administración Forestal SAF accediendo al sitio web: <https://saf.ambiente.gob.ec/saf2/> como usuario registrado

4.4.2. Metodología para analizar el estado de conservación de los recursos forestales, categorías de la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (UICN)

El bosque es uno de los recursos naturales más importantes con que cuenta el Ecuador para su desarrollo; constituye una unidad ecosistémica formada por árboles, arbustos y demás especies vegetales y animales resultados de un proceso ecológico espontáneo que interrelaciona otros recursos como el agua, la biodiversidad, el suelo, el aire, el paisaje, entre otros servicios ambientales (Miranda Beltrán, 2018).

Dentro de la metodología del presente trabajo, y con el fin de analizar el estado de conservación de las especies forestales estudiadas, se van a encuadrar dichas especies dentro de las categorías definidas por la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (UICN).

Las Categorías y Criterios de la Lista Roja de la UICN tienen la intención de ser un sistema de fácil comprensión para clasificar especies en alto riesgo de extinción global. El fin general del sistema es brindar una estructura objetiva y explícita para la clasificación de la gama más amplia de especies según su riesgo de extinción. Sin embargo, mientras que la Lista Roja puede enfocar la atención sobre aquellos taxones en mayor riesgo, no es el único medio de establecer prioridades para su conservación y desarrollo (UICN, 2001) (Izko & Burneo, 2003). Esta institución alinea los esfuerzos de conservación en torno a tres sólidas líneas de trabajo: valorar y conservar la diversidad de la naturaleza, promover y apoyar una gobernanza efectiva y equitativa del uso de la naturaleza e implementar soluciones basadas en la naturaleza para los retos climáticos, alimentarios y del desarrollo (UICN, 2001).

La Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza es una red medioambiental creada en 1948 que agrupa más de 80 estados, 111 agencias gubernamentales, 784 ONG nacionales, 34 agencias afiliadas, 89 ONG internacionales y a unos 1.000 científicos y expertos de 160 países (Rodríguez et al., 2011).

En los últimos años, la preocupación por la conservación de los recursos naturales ha llevado a un enfoque más riguroso en la evaluación del estado de las especies forestales maderables y su categorización de amenaza según los criterios establecidos por la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (UICN, 2001). Esta organización internacional ha desarrollado una metodología ampliamente reconocida para evaluar el riesgo de extinción de las especies, proporcionando una base científica sólida para la toma de decisiones en la gestión y conservación de la biodiversidad.

4.4.2.1. Categorías

a) Extinto (EX)

Un taxón se considera Extinto cuando no queda ninguna duda razonable de que el último individuo ha muerto. Se asume que un taxón está Extinto cuando, tras realizar prospecciones exhaustivas en sus hábitats conocidos y esperados en los momentos adecuados (diarios, estacionales, anuales) y a lo largo de su área de distribución histórica, no se ha detectado ningún individuo. Estas prospecciones deben llevarse a cabo en periodos apropiados para el ciclo de vida y las formas de vida del taxón (Mendoza-Cifuentes, 2021).

b) Extinto en Estado Silvestre (EW)

Un taxón se clasifica como Extinto en Estado Silvestre cuando solo sobrevive en cultivo, en cautiverio o como poblaciones naturalizadas fuera de su área de distribución original. Se presume que un taxón está Extinto en Estado Silvestre cuando las prospecciones exhaustivas de sus hábitats conocidos y esperados, realizadas en los momentos adecuados y en su área de distribución histórica, no han logrado detectar ningún individuo. Las prospecciones deben adaptarse al ciclo de vida y formas de vida del taxón (Serrano-Villavicencio et al., 2018).

c) En Peligro Crítico (CR)

Un taxón se considera En Peligro Crítico cuando la mejor evidencia disponible indica que cumple con cualquiera de los criterios “A” a “E” para esta categoría, lo que sugiere que enfrenta un riesgo extremadamente alto de extinción en estado silvestre (Mendoza-Cifuentes, 2021).

d) En Peligro (EN)

Un taxón está clasificado como En Peligro cuando la mejor evidencia disponible muestra que cumple con cualquiera de los criterios “A” a “E” para esta categoría, indicando que enfrenta un riesgo muy alto de extinción en estado silvestre (Serrano-Villavicencio et al., 2018).

e) Vulnerable (VU)

Un taxón se considera Vulnerable cuando la mejor evidencia disponible indica que cumple con cualquiera de los criterios “A” a “E” para esta categoría, lo que sugiere que enfrenta un riesgo alto de extinción en estado silvestre (Sievers et al., 2020).

f) Casi Amenazado (NT)

Un taxón está Casi Amenazado cuando ha sido evaluado según los criterios y no cumple actualmente con los criterios para estar En Peligro Crítico, En Peligro o Vulnerable, pero está cerca de cumplirlos o podría cumplirlos en un futuro próximo (Karam-Gemael et al., 2020).

g) Preocupación Menor (LC)

Un taxón se clasifica como de Preocupación Menor cuando, tras ser evaluado, no cumple con los criterios para estar En Peligro Crítico, En Peligro, Vulnerable o Casi Amenazado. Esta categoría incluye taxones que son abundantes y tienen una amplia distribución (Sievers et al., 2020).

h) Datos Insuficientes (DD)

Un taxón se clasifica como Datos Insuficientes cuando no hay suficiente información disponible para hacer una evaluación directa o indirecta de su riesgo de extinción basada en su distribución y/o condición de la población. Un taxón en esta categoría puede estar bien estudiado y su biología ser conocida, pero carecer de datos adecuados sobre su abundancia y/o distribución (Karam et al., 2020).

i) No Evaluado (NE)

Un taxón se clasifica como No Evaluado cuando aún no ha sido examinado en relación con estos criterios (Karam et al., 2020).

4.5. Metodología para determinar tipología de maderas y su potencial económico

Para analizar el potencial económico del aprovechamiento forestal maderero en la RAE (Capítulo 5.3), primero se determinó la tipología de madera, luego se realizó el levantamiento de información en depósitos y aserraderos existentes en las seis provincias que la conforman, consistió en la elaboración de encuestas a los propietarios de establecimientos que realizan su trabajo con productos maderables, a profesionales forestales, comerciantes y productores; esta incluía precios de compra venta, tipos de productos, especies forestales mayormente comercializados y sitios de destino, como se detalla en los siguientes acápite.

4.5.1. Metodología para determinar la tipología de maderas

La metodología para determinar la tipología de maderas en el marco de esta investigación siguió un enfoque estructurado basado en la evaluación de indicadores agrupados en dimensiones clave, utilizando herramientas metodológicas robustas y adaptadas al contexto amazónico. Este proceso integró el conocimiento de expertos en manejo forestal y la revisión bibliográfica sobre criterios de clasificación de maderas.

4.5.2. Selección y evaluación de indicadores

Los indicadores relevantes para la tipología de maderas fueron seleccionados a partir de una revisión exhaustiva de la bibliografía y luego evaluados mediante el método Delphi. Este método incluyó la participación de un panel de 15 expertos forestales con experiencia en proyectos de manejo forestal en contextos similares. Durante las rondas Delphi, se utilizó un cuestionario que fue previamente adaptado al contexto amazónico para garantizar su relevancia local. Cada experto evaluó la pertinencia de los indicadores utilizando una escala del 1 al 5 usando la escala de Liker (Rivas et al., 2019; Torres et al., 2024); donde 1 representaba baja relevancia y 5 alta relevancia. Como criterio de selección, se mantuvieron únicamente los indicadores que obtuvieron una puntuación de cinco por al menos nueve expertos, mientras que aquellos que recibieron una puntuación de uno por el mismo número de expertos fueron descartados.

4.5.3. Método Delphi

El método Delphi es una técnica de comunicación desarrollada originalmente como un método de prospección sistemático e interactivo basado en la selección de un grupo de expertos a los que se les pregunta su opinión sobre cuestiones referidas a acontecimientos; las estimaciones de los expertos se realizan en sucesivas rondas al objeto de tratar de conseguir consenso, pero con la máxima autonomía por parte de los participantes. Por lo tanto, la capacidad de predicción de Delphi se basa en la utilización sistemática de un juicio intuitivo emitido por un grupo de expertos (Almenara & Moro, 2014; Reguant Álvarez & Torrado Fonseca, 2016).

Este método concreto permite que los distintos expertos se escuchen mutuamente durante el proceso de trabajo, ya que se les plantean determinadas preguntas y luego comparten sus comentarios al respecto para ampliar el alcance de los debates y los ajustes. La técnica se basó en un panel de 15 expertos en un tema complejo a discutir, con el fin de obtener información y opiniones cualitativas, pero relativamente precisas acerca del tema de productos forestales, su

funcionalidad es reducir al máximo las diferentes posibilidades predictivas o pronósticos, es decir, que simplifica el resultado de un trabajo complejo, gracias a la opinión grupal de expertos (Reguant Álvarez & Torrado Fonseca, 2016).

Para realizar el análisis mediante el método Delphi, se procedió de la siguiente manera.

Tabla 7. Preguntas realizadas método Delphi sobre tipología de maderas en la RAE.

Tipologías de maderas en la Región Amazonica ecuatoriana			
Objetivo: Identificar y clasificar las principales tipologías de maderas en la Amazonía ecuatoriana, considerando sus características, usos, estado de conservación y dimensiones de productos aprovechados.			
Participantes: 15 expertos forestales con experiencia en la Amazonía ecuatoriana			
Primera ronda de preguntas:	Generación de Tipologías, Características y Dimensiones		
Pregunta 1	Pregunta 2	Pregunta 3	Pregunta 4
Según su experiencia, ¿cuáles son las principales especies o grupos de especies maderables que considera representativos de la Amazonía ecuatoriana? Por favor, enumere y describa brevemente sus características distintivas (color, densidad, textura, etc.)	¿Cuáles son los usos tradicionales y actuales de estas maderas en la región? ¿Existen diferencias en su aprovechamiento, considerando los diferentes tipos de productos (tablas, tablones, piezas, etc.)?	¿Qué dimensiones (espesor, ancho, largo) son las más comunes para los productos derivados de cada tipología de madera? ¿Existen variaciones de medidas?	¿Cuáles son los principales factores que influyen en la disponibilidad de la madera y de los productos, las dimensiones de los productos de estas especies maderables?
Segunda ronda de preguntas:	Evaluación y Priorización de Tipologías y Dimensiones <i>(Se presentó a los expertos un resumen de las tipologías, características y dimensiones identificadas en la primera ronda)</i>		
Pregunta 1	Pregunta 2	Pregunta 3	(En todas las preguntas se aplica la Escala de Likert)
En una escala del 1 al 5 (1 = Muy poco representativa, 5 = Muy representativa), ¿qué tan representativa considera cada una de las siguientes tipologías de maderas para la Amazonía ecuatoriana?" (Se proporcionó la lista de la tipología identificada en la primera ronda).	En una escala del 1 al 5 (1 = Muy baja, 5 = Muy alta), ¿qué tan alta considera la importancia económica de cada tipología?	Para cada tipología de madera, ¿qué tan adecuadas considera las dimensiones de productos identificadas en la primera ronda para su aprovechamiento sostenible?	
Tercera ronda de preguntas:	Consenso y Refinamiento <i>(Se presentan los resultados estadísticos obtenidos en la segunda ronda para cada tipología y dimensión)</i>		
Pregunta 1	Pregunta 2		
A la luz de los resultados de la segunda ronda, ¿desea mantener o modificar su evaluación de la representatividad, importancia de dimensiones de cada tipología?"	"¿Qué recomendaciones adicionales propondría para la gestión sostenible y estas tipologías de maderas, considerando las dimensiones de los productos aprovechados en la Amazonía ecuatoriana?"		

4.5.4. Agrupación en Dimensiones

El taller participativo con los 15 expertos fue crucial para definir las dimensiones de análisis, se inició con una lluvia de ideas, donde cada experto propuso indicadores clave basados en su experiencia en la Amazonía ecuatoriana, los indicadores seleccionados se agruparon en dimensiones con el objetivo de profundizar en las relaciones entre ellos y analizar su incidencia en la variabilidad de los resultados. Durante el taller, se discutieron las interrelaciones entre los indicadores, su adecuación al contexto amazónico, tipología y la capacidad de las dimensiones propuestas para representar de manera integral la diversidad de las maderas. Finalmente, se validó la estructura dimensional mediante consenso, asegurando que cada dimensión estuviera ajustada a la realidad del mercado amazónico.

4.5.5. Determinación del grado de acuerdo entre expertos

Para determinar el grado de acuerdo entre los expertos, se aplicó el índice de Ishikawa, que mide el nivel de consenso entre los participantes, tal y como se ha descrito en estudios anteriores realizados por (Rivas et al., 2019; Torres et al., 2024). Este índice compara las respuestas dadas por cada experto a cada pregunta relacionada con la tipología de madera, evaluando así el nivel de concordancia. El cálculo de la proporción de expertos que estaban de acuerdo en cada respuesta resultó en un valor de concordancia para cada pregunta. Se seleccionaron aquellas preguntas con un nivel de concordancia superior al 60% y una puntuación media superior a 3,5. Este umbral se estableció para garantizar que las preguntas seleccionadas reflejaran un alto nivel de acuerdo entre los expertos, sirviendo además como un indicador adicional de la calidad de las tipologías seleccionadas.

4.5.6. Definición de Tipologías

Como resultado del análisis y la evaluación de los indicadores, se definieron siete tipologías iniciales de madera, que fueron posteriormente depuradas y clasificadas en cuatro categorías principales: “Muy fina”, “Fina”, “Corriente” y “Ordinaria”. Estas tipologías reflejan las características físicas, mecánicas y comerciales de las maderas estudiadas y están orientadas a facilitar la evaluación de precios y su relación con las propiedades de las maderas en los mercados domésticos de la Amazonía ecuatoriana. Posterior al análisis exhaustivo de las respuestas obtenidas producto de la encuesta, se organizaron los formularios por provincia y tipo de madera; se consideró la siguiente clasificación detallada en la Tabla 8:

Tabla 8. Categorización de las especies maderables para la RAE.

Categoría	Descripción del uso comercial / formas de comercialización
1. Muy fina	Especies incluidas en el listado de especies de aprovechamiento condicionado según (Acuerdo Ministerial 125) (Ministerio del Ambiente de Ecuador & MAE, 2015), que implica restricciones específicas en su aprovechamiento debido a su valor ecológico y comercial. La madera de estas especies es de alta calidad y se utiliza comúnmente en la fabricación de productos de alto valor añadido como duelas, vigas, puertas, ventanales, y pisos. El alto precio tanto de compra y venta en refleja su demanda y reconocimiento de su calidad. Se comercializa principalmente en forma de tabloncillos simples y tabloncillos dobles
2. Fina	Las especies clasificadas como "Finas" también se utilizan en aplicaciones de alta calidad. Estas incluyen la fabricación de muebles y acabados interiores, donde la estética y la durabilidad son importantes. Aunque su precio es menor en comparación con las especies muy finas, siguen siendo valoradas en el mercado por su versatilidad y la calidad que ofrecen en diversos usos constructivos y decorativos. Se comercializa principalmente en forma de tabloncillos simples y tabloncillos dobles
3. Corriente	Esta categoría abarca especies maderables valorada en ebanistería y carpintería por sus cualidades funcionales y estéticas adecuadas para diversos trabajos de construcción y decoración. Esta madera es ideal para la fabricación de estructuras básicas, marcos de puertas y ventanas, así como mobiliario y accesorios de uso diario que no requieren un acabado de alta gama, pero sí durabilidad y resistencia. Se comercializa principalmente en forma de tablas, tabloncillos simples y tabloncillos dobles
4. Ordinaria	Esta categoría incluye especies de madera blanda que son esenciales para aplicaciones específicas en la construcción. Comúnmente utilizada en encofrados debido a su costo relativamente bajo, esta madera ofrece una solución eficaz para estructuras temporales necesarias en el proceso de fundición de concreto. Se comercializa principalmente en forma de tabloncillos simples y tablas

4.5.7. Diseño de formularios aplicados en la toma de datos en establecimientos y comercios de madera en la Amazonía

La información sobre los precios de las especies maderables se obtuvo mediante entrevistas realizadas usando un formulario que se detalla en la tabla 9, se visitó un total de 24 depósitos y aserraderos en las seis provincias de la Amazonía ecuatoriana, realizadas entre los meses de enero y junio de 2024 (Tabla 9).

Tabla 9. Formulario para determinar los precios promedios de compra y venta (USD/m³) de especies maderables por categoría, en depósitos y aserraderos de la Amazonía ecuatoriana.

Provincias*	Categoría de madera*	Precios (USD/m ³)		Precios (USD/m ³)	
		Compra	Venta	Compra	Venta
	Muy fina				
	Fina				
	Corriente				
	Ordinaria				

*Se levantaron al menos 4 depósitos y aserraderos en cada una de las seis provincias amazónicas. Fuente: Autor

Este levantamiento permitió recopilar datos actualizados y detallados sobre las dinámicas de mercado y la variación de precios según la especie, proporcionando una visión integral de la comercialización de madera en la región durante ese período, para esto, se aplicó el formulario siguiente a los propietarios de establecimientos que trabajan con productos forestales (Tabla 10).

Tabla 10. Modelo de formulario aplicado en las encuestas realizados a establecimientos que trabajan con productos forestales en la RAE

Fecha:

Nº	categoría	Nombre vulgar	Nombre científico	Precio compra			Procedencia	Precio venta		Destino
				Tablón doble	Tablón	Tabla		Tablón doble	Tablón	
1	A	cedro	<i>Cedrela odorata</i>							
2	A	moral bobo, pituca	<i>Clarisia racemosa</i>							
1	B	amarillo	<i>Persea rigens</i>							
2	B	guarango, yonrunta	<i>Acacia glomerosa</i>							
1	C	peine de mono	<i>Apeiba aspera</i>							
2	C	peine de mono, achiotillo	<i>Apeiba membranacea</i>							
1	D	chisparo	<i>Calliandra angustifolia</i>							
2	D	zapote de perro	<i>Capparis scabrida</i>							

4.5.8. Selección de establecimientos y demás involucrados a ser encuestados

Para este análisis se realizaron visitas a establecimientos dedicados a la compraventa de productos madereros en las seis provincias que conforman la RAE, se realizaron entrevistas a los comerciantes y demás involucrados en el comercio de madera proveniente de bosque nativo. En total se realizaron cuatro entrevistas a propietarios de establecimientos ubicados en cada provincia; (cuatro en cada provincia, Sucumbíos, Orellana, Napo, Pastaza, Morona Santiago y

Zamora Chinchipe, totalizan 24), se realizaron entre los meses de enero y junio de 2024 y en base a estos datos se analizaron los precios de los productos madereros. Se consideró que los precios en cada provincia se mantienen de manera prácticamente homogénea con variaciones en el caso de los tipos de madera existentes y comercializadas.

Se consideró para esta actividad a los propietarios de las unidades de manejo, comerciantes de madera, Ingenieros Forestales y propietarios de establecimientos en los que se realiza la elaboración de Planes y Programas de aprovechamiento forestal que realizan estas actividades en las seis provincias de la amazonia ecuatoriana y comercializan sus productos en las principales ciudades del Ecuador. Se realizó un acercamiento preliminar para informarles lo que se deseaba conocer en esta investigación. Muchos al inicio se comportaron recelosos de proporcionar la información, pero, posterior a informarles detalladamente en qué consistía, nos ayudaron con la información solicitada, el detalle total de las encuestas realizadas no se muestra por la solicitud de confidencialidad que ellos realizaron.

4.5.9. Levantamiento de datos

Esta recogida de datos se realizó considerando los establecimientos que laboran con madera para procesarla y comercializarla. Se recorrieron las seis provincias de la Amazonia para ubicar los que se encontraban funcionales y a las personas que trabajan con maderas en las seis provincias amazónicas, considerando comerciantes (ejecutores) y productores (propietarios del bosque); se realizaron preguntas aplicando los formularios, respecto al comercio de la madera, precios de ventas de los productos madereros en el campo, que tipo de producto es el más comercializado a nivel de la amazonia y de los destinos nacionales, además los precios de compra de estos productos por parte de los comerciantes para llevar a su venta definitiva en su destino final. Se pudo encontrar un total de cuatro establecimientos por provincia, los cuales fueron entrevistados y nos colaboraron con la información necesaria.

Se consideraron los productos comercializados, estos son las formas en las que el propietario del producto transforma la madera de acuerdo con las necesidades del mercado identificando de acuerdo con las dimensiones como los más comunes a las siguientes:

- **Tabla:** 2,40 metros de longitud x 0,25 metros de ancho x 0,025 metros de espesor.
- **Tablón:** 2,40 metros de longitud x 0,25 metros de ancho x 0,05 metros de espesor.
- **Pieza:** 2,40 metros de longitud x 0,25 metros de ancho x 0,10 metros de espesor.

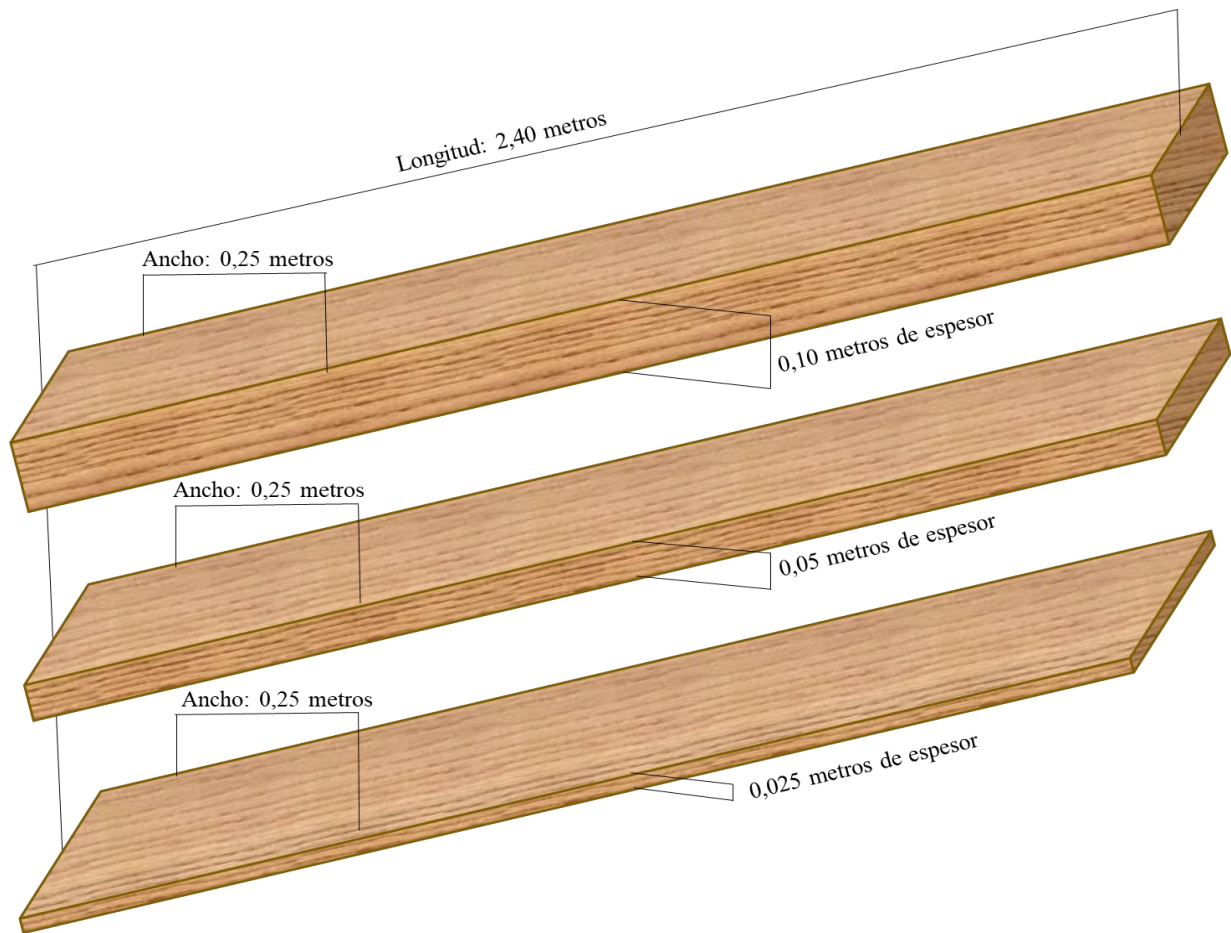


Figura 8. Diagrama de producto maderero Pieza, Tablón y Tabla

Cabe destacar que existen otros productos comercializados a nivel local según las necesidades del consumidor. Estos productos, generalmente obtenidos a partir de los tres tipos mencionados anteriormente, presentan medidas variables y reciben diversos nombres coloquiales en el mercado maderero; entre ellos encontramos:

- **Batientes:** 2,40 metros de longitud x 0,15 metros de ancho x 0,05 metros de espesor.
- **Vigas:** Medidas variables en longitud y espesor, según pedido del mercado. Dimensiones comunes: 5 metros de longitud x 0,18 metros de espesor x 0,18 metros de ancho.
- **Duelas:** 2,40 metros de largo x 0,10 metros de ancho x 0,02 metros de espesor.

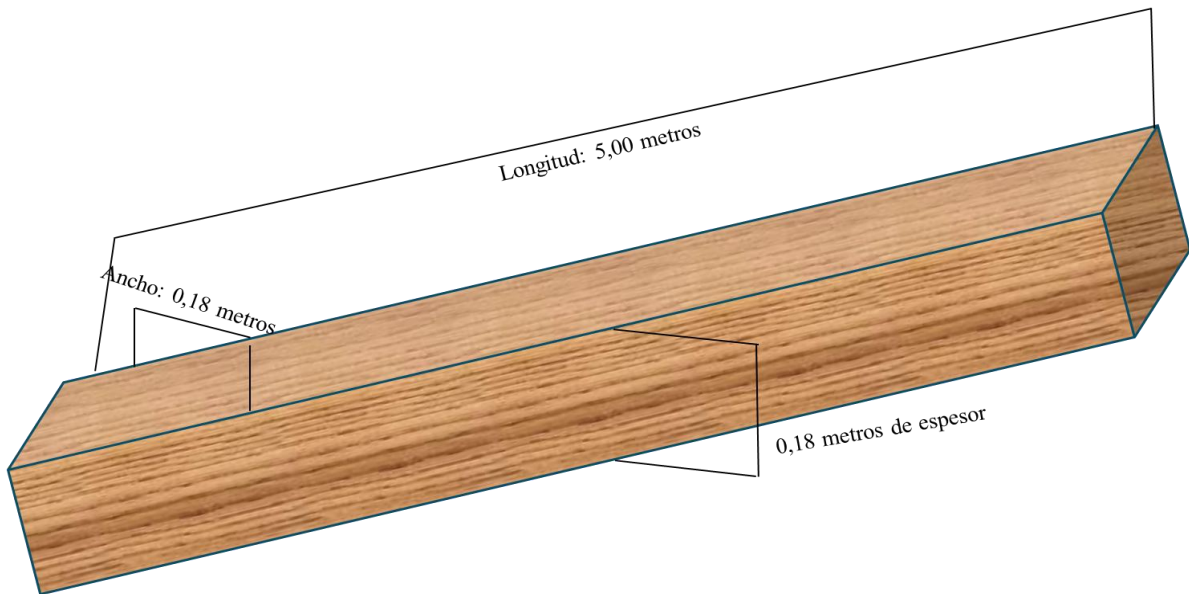


Figura 9. Diagrama de producto maderero Viga

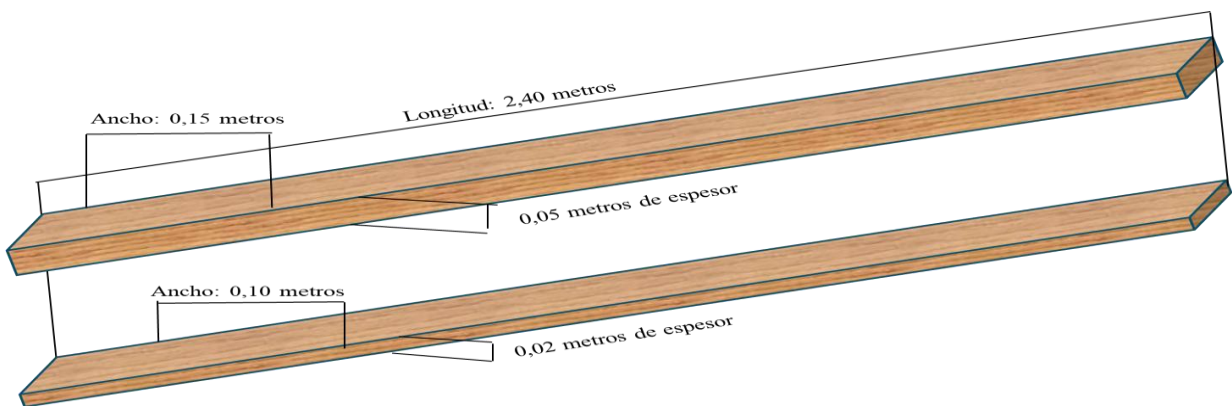


Figura 10. Diagrama de producto maderero Batiente y Duela

Una vez analizada la información obtenida sobre las especies forestales y las dimensiones del tipo de producto, se pudo conocer las especies y las dimensiones, con esta información se permitió identificar las especies y dimensiones más solicitadas por el mercado, así como la provincia de donde se obtienen.

4.5.10. Revisión y Validación Final

La tipología resultante fue revisada y validada por los expertos durante el taller final, asegurando su aplicabilidad al contexto amazónico y su utilidad práctica para estudios posteriores sobre precios y manejo forestal. Esta metodología no solo garantizó la rigurosidad

técnica, sino también la relevancia contextual, aportando un marco robusto para el análisis de precios por tipología de madera en el ámbito de la investigación.

4.6. Herramientas de proceso aplicadas en las metodologías

4.6.1. Microsoft Excel

Ha sido una herramienta fundamental en el proceso de depuración y filtrado de las bases de datos de aprovechamientos forestales del Sistema de Administración Forestal del Ministerio del Ambiente, Agua y Transición Ecológica. Su versatilidad y amplia gama de funciones han permitido realizar un análisis preciso de los datos, facilitando la extracción de información relevante para la investigación. Se empleó para identificar y corregir errores en los datos, como valores atípicos, duplicados o inconsistencias en los formatos. Además, se han aplicado funciones para estandarizar los datos y garantizar su coherencia, lo cual es esencial para un análisis confiable. Las herramientas de filtrado de Excel han permitido seleccionar y aislar subconjuntos de datos específicos, como los correspondientes a determinadas especies forestales, regiones geográficas o períodos de tiempo. Esta capacidad ha sido crucial para realizar análisis detallados y comparativos; ha sido empleado para limpieza de datos, crear gráficos y tablas dinámicas que facilitan la comprensión y comunicación de los resultados. Estos elementos visuales han sido de gran utilidad para identificar patrones, tendencias y relaciones entre las variables analizadas.

4.6.2. R (versión 4.1.2)

R, es un lenguaje de programación y entorno de software libre para cómputo estadístico y gráficos, ha sido fundamental en el proceso de depuración y filtrado de las bases de datos de aprovechamientos forestales del Sistema de Administración Forestal SAF. Su versatilidad y potencia de cálculo han permitido realizar un análisis exhaustivo y preciso de los datos, facilitando la extracción de información relevante para la investigación. R ha sido empleado para importar datos desde diversos formatos (CSV, Excel, bases de datos) y realizar una limpieza inicial, identificando y corrigiendo valores atípicos, duplicados o inconsistencias, ha permitido seleccionar subconjuntos de datos específicos, como los correspondientes a determinadas especies forestales, ha sido una herramienta indispensable en el análisis de los datos, permitiendo obtener resultados precisos, fiables y visualmente atractivos. Su capacidad

para manejar grandes volúmenes de datos y realizar análisis complejos lo convierte en una herramienta valiosa para la investigación realizada.

4.6.3. Paquete Taxize (Taxonomic Search and Retrieval in R)

Se trata de un software desarrollado en R el cual ha sido fundamental en la estandarización y enriquecimiento de los datos taxonómicos empleados en esta investigación. Este paquete ofrece una interfaz sencilla y eficiente para acceder a una amplia variedad de bases de datos taxonómicas en línea, entre las funciones clave de Taxize utilizadas están la resolución de nombres científicos, nos ha permitido verificar y corregir la ortografía de los nombres científicos, así como identificar sinónimos y homónimos garantizando la consistencia y precisión de los datos taxonómicos utilizados en el análisis, facilita la obtención de información detallada sobre cada taxón, incluyendo su clasificación superior, distribución geográfica y estado de conservación. Esta información ha sido crucial para contextualizar los resultados y realizar análisis más profundos asegura la coherencia y comparabilidad de los datos taxonómicos.

4.6.4. TERRA para R

Es un paquete informático desarrollado sobre R que sirve para manejar eficientemente datos geográficos en formato vectorial. Se ha utilizado en las superposiciones de las capas vectoriales, ha sido fundamental para el análisis espacial de los datos de aprovechamientos forestales. Esta herramienta ha permitido realizar una manipulación eficiente de imágenes raster, que representan variables ambientales y de uso del suelo, y su integración con los datos vectoriales de los aprovechamientos, ha sido una herramienta esencial para integrar los datos raster con los datos vectoriales de los aprovechamientos forestales, permitiendo realizar análisis espaciales detallados y obtener una mejor comprensión de los factores que influyen en la distribución y magnitud de los aprovechamientos. Su capacidad para manejar grandes conjuntos de datos y realizar operaciones complejas lo convierte en una herramienta indispensable para la investigación en el campo de la gestión forestal.

4.6.5. DIVA-GIS para Windows

DIVA-GIS ha sido una herramienta esencial en el análisis espacial de los datos de aprovechamientos forestales. Este software de información geográfica (SIG) especializado en

biodiversidad ha permitido realizar una serie de análisis geográficos y ecológicos cruciales para la investigación, tales como el mapeado de datos de distribución; ha sido empleado para visualizar la distribución geográfica de los aprovechamientos forestales, superponiéndola con variables ambientales y socioeconómicas relevantes, ha permitido identificar áreas con alta concentración de aprovechamientos forestales, lo que ha sido útil para priorizar acciones de conservación y manejo. Su Interfaz amigable es gráfica e intuitiva, lo que facilita su uso, incluso para usuarios sin experiencia en SIG, incluye una amplia base de datos de variables ambientales y socioeconómicas a nivel global, lo que facilita la integración de datos en los análisis, ha sido una herramienta fundamental para entender la distribución espacial de los aprovechamientos forestales y su relación con el entorno. Su capacidad para integrar datos de diferentes fuentes y realizar análisis complejos lo convierte en un software valioso para la investigación en el campo de la gestión forestal.

4.6.6. ArcGIS

ArcGIS como herramienta para el análisis espacial de la distribución y el estado de conservación de especies maderables permitió crear mapas detallados de las provincias de la Amazonía ecuatoriana, visualizando la ubicación de las especies y sus patrones de muestreo. Se pudieron superponer capas de información, como datos de las áreas que se encuentran dentro de las estrategias de protección. Además, ArcGIS nos facilita la creación de mapas para la visualización de resultados, facilitando la comunicación de hallazgos complejos.

4.7. Análisis y tratamiento de los datos

4.7.1. Limpieza y filtrado de datos

Para asegurar una calidad aceptable de los registros de presencia, se aplicó un protocolo de limpieza de datos basado en lo sugerido por (Cobos et al., 2018). Inicialmente, considerando que las colecciones botánicas recopilan muestras duplicadas del mismo individuo que reposan en diferentes instituciones, se eliminaron registros que presentaron iguales coordenadas geográficas. Luego, se eliminaron registros con menos de dos decimales con el fin de mejorar la precisión espacial de los datos. Finalmente, la base de datos para la RAE incluyó 12.992 registros de presencia; en la tabla 11, se detalla algunos de los datos que se utilizaron de la base de datos general, como es el código de la Licencia de Aprovechamiento Forestal aprobado por la autoridad forestal ecuatoriana, tipo de programa de aprovechamiento aplicado, nombres

científico y vulgar de las especies, volumen autorizado de estas, la provincia donde se realizó el aprovechamiento y las coordenadas UTM del sitio.

Tabla 11. Modelo de base de datos de registros de datos del aprovechamiento forestal en la RAE

Código Licencia de Aprovechamiento	Tipo de Programa de Manejo Forestal	Especie Nombre científico	Especie Nombre vulgar	Volumen Autorizado	Provincia	Coordenadas UTM del sitio de aprovechamiento	
72069T65167	PMFSi	<i>Guarea</i> spp	Bella María	22,33	Sucumbíos	1.009.112	9.988.524
71791T65332	PCAR	<i>Otoba</i> spp	Doncel	15,77	Sucumbíos	1.005.259	9.987.800
71648T64416	PMFSi	<i>Parkia multijuga</i>	Cutanga	39,93	Napo	843.694	9.875.932
71758T66161	PMFSi	<i>Otoba</i> spp	Doncel	99,82	Zamora Chinchipe	732.780	9.554.338
72207T65462	PCAR	<i>Virola</i> spp	Chalviande	97,11	Sucumbíos	944.669	10.012.129

4.7.2. Análisis de los datos procedentes de las colecciones botánicas y de las bases de datos de biodiversidad

Para abordar los diferentes análisis, se filtraron las bases de datos consultadas ya antes mencionadas, con respecto a los patrones geográficos de colectas se realizó una intersección espacial entre los registros de presencia y una capa vectorial de los límites administrativos de la RAE. Para llevar a cabo este proceso, se obtuvo el archivo vectorial de la RAE del conjunto de datos geográficos disponible en DIVAGIS (Hijmans et al., 2004). Por otra parte, el proceso de intersección espacial fue ejecutado por medio de la función INTERSECT del paquete TERRA desarrollado para R con el objetivo de manipular datos geográficos vectoriales (Hijmans et al., 2022).

Producto de este análisis obtenemos la información sobre la presencia y ocurrencia de las especies forestales en las diferentes unidades de muestreo existentes en cada provincia de la RAE.

4.7.3. Análisis de los datos de las bases de datos oficiales del Ministerio del Ambiente Agua y Transición Ecológica MAATE

La base de datos del aprovechamiento forestal del Sistema de Administración Forestal SAF compartida por el MAATE fue analizada con tablas dinámicas en el programa Microsoft Office Excel con el fin de obtener el volumen total declarado por especies forestales, especies

autorizadas en el bosque nativo para su aprovechamiento para cada sitio, parroquia y coordenadas geográficas en las seis provincias de la RAE, información que se analizó en cada uno de los años objeto de esta investigación.

Posteriormente, realizando el filtrado y depuración de la información obtenida de las bases de datos del MAATE, se identificaron las diez especies con mayor volumen aprovechado en las seis provincias en el periodo evaluado, con esta información se procedió a comparar cual fue la que se repitió en cada una de las provincias y en cada año, esto nos permite conocer los metros cúbicos aprovechados, superficie intervenida por cantón y sitio.

Posteriormente, se analizó el estado de conservación actual de las especies comercializadas en la RAE según la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza UICN, utilizando la función "iucn_summary" del paquete taxize (Chamberlain & Szöcs, 2013). Cabe señalar que todos los análisis se realizaron utilizando la versión 4.1.2 del programa R, esta información es muy interesante ya que conocemos como esta categorizada cada una de las especies que se identificaron como de mayor aprovechamiento por año y provincia.

Considerando las funciones que se obtienen en el SAF, se utilizó en esta investigación la información referente a las seis provincias amazónicas y se obtuvo datos referentes a coordenadas geográficas, volumen por especie forestal, por provincia, sitio, parroquia y por tipo de formación ecológica; con esto, se calcularon los aprovechamientos por especies en cada año del periodo analizado. Con respecto a los patrones geográficos de colectas se realizó una intersección espacial entre los registros de presencia y una capa vectorial de los límites administrativos de la RAE, esto aplicando el programa ArcGis para procesar esta base de datos.

4.7.4. Determinación de especies objeto de aprovechamiento

Las especies que se comercializan en las seis provincias de la amazonia ecuatoriana son las consideradas comerciales por el mercado en esta investigación, estas se aprovechan de acuerdo con las necesidades existentes por parte del consumidor final; entonces, la selección de estas fue producto de la encuesta realizada en las seis provincias amazónicas a las personas que trabajan con productos madereros; sin embargo, en la investigación realizada a nivel de especies que se aprovechan en el Ecuador de acuerdo a datos encontrados en las bases de datos analizadas se identificaron un total de 344 especies forestales aprovechadas en el periodo en

análisis, de las cuales del SFA del MAATE nos identifica las que de estas se comercializan en las seis provincias un total de 210 especies forestales, que representan el 61%.

4.7.5. Evaluación del estado de conservación

Con el objetivo de evaluar la situación actual de las especies forestales en la Amazonía ecuatoriana, se llevó a cabo una recopilación y análisis exhaustivo de datos provenientes del SAF que es una de las bases de datos oficiales del Ministerio del Ambiente, Agua y Transición Ecológica (MAATE). Al analizar estas las bases de datos y revisarlas con las bases de datos de la UICN, se pudo comprobar el grado de conservación existente para estas especies forestales aprovechadas; Esta información incluía registros de aprovechamiento forestal en metros cúbicos, tomando en consideración los criterios de conservación establecidos por la autoridad ambiental ecuatoriana, el grado de amenaza y el estado de conservación según la clasificación de la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (UICN).

4.7.6. Valoración económica

El análisis de valoración económica se llevó a cabo tomando en consideración los precios y los tipos de productos madereros que se comercializan en las diferentes provincias amazónicas y de otras regiones, esta información se obtuvo de las encuestas realizadas a los involucrados en el negocio maderero en las cuales se incluía preguntas sobre precios, dimensiones y mercado de los productos, una vez tabulada y procesada la información se pudo obtener resultados de este.

CAPITULO V

Resultados

5. Resultados

Los principales resultados de este trabajo se muestran agrupados en cuatro secciones que se corresponden con los objetivos establecidos para la presente investigación.

5.1. Caracterización del esfuerzo de muestreo botánico de las especies maderables aprovechadas en la Amazonía Ecuatoriana

5.1.1. Patrones de colecta de especies maderables aprovechadas en la RAE

Tal como se ha descrito en la metodología, con el fin de caracterizar el esfuerzo de muestreo botánico, se llevó a cabo una exhaustiva búsqueda de registros de presencia en diversas bases de datos de biodiversidad a nivel global, y también se incluyeron los registros reportados en la base de datos de árboles de la Amazonía de tierras bajas de Ecuador. En todo el proceso de obtención de datos, solamente se incluyeron registros georreferenciados reportados en pliegos botánicos, ya que son de crucial importancia para esclarecer la taxonomía de plantas y sus principales hábitats.

En términos generales, se obtuvieron 12.992 registros georreferenciados para 214 taxones analizados. De este total, las 10 especies con mayor número observaciones fueron: *Guarea kunthiana* (481), *Grias neuberthii* (329), *Mayna odorata* (322), *Guarea macrophylla* (296), *Tapirira guianensis* (287), *Dacryodes peruviana* (220), *Matisia malacocalyx* (206), *Minuartia guianensis* (192), *Alchornea glandulosa* (175), *Apeiba membranacea* (174). Por otra parte, al analizar el número de registros georreferenciados disponibles para cada taxón, se evidenció que para 47 especies (22,0%) únicamente se encontraron menos de 5 registros de presencia, mientras que para 64 especies (29,9%) menos de 10 registros.

En la Tabla 12 y Figura 11, se muestra la distribución espacial de los registros recopilados para los 214 taxones. En este sentido, los resultados mostraron que el 33% (4286) de los individuos reportados para la Amazonía ecuatoriana se encontraría en la Provincia de Orellana, mientras que en segundo lugar la Provincia de Sucumbíos con 1864 (14,3%) y en tercero Napo con 1800 (13,9%). Sin embargo, a nivel de especies, nuestro análisis indicó que el mayor número de estas se encontraría en la Provincia de Morona Santiago con 199 especies, seguido de Sucumbíos y Orellana con 146 especies reportadas por provincia.

Tabla 12. Número de individuos y especies en las provincias de la RAE.

Provincia	Individuos	Especies
Sucumbíos	1864	146
Orellana	4286	146
Napo	1800	144
Pastaza	1791	141
Morona Santiago	1709	199
Zamora Chinchipe	1542	138
Total	12 992	214

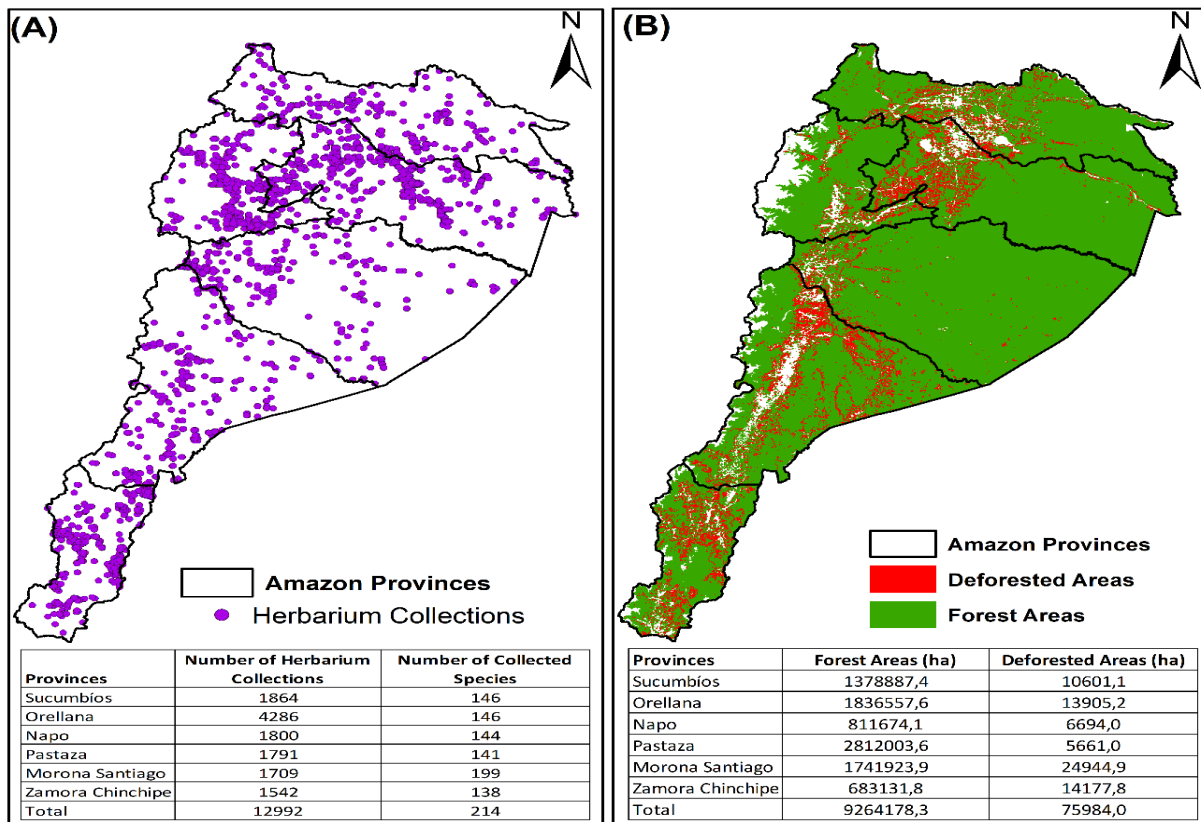


Figura 11. Patrones de colecta de especies de alto interés comercial procedentes de RAE. (A) Número de colecciones botánicas depositadas en herbario. (B) Mapa de deforestación y cobertura de bosque nativo en la RAE.

5.1.2. Cobertura de protección dentro de las iniciativas de conservación vigentes en Ecuador

El gobierno ecuatoriano con el fin de preservar la biodiversidad existente en este país ha venido implementado múltiples iniciativas de protección por medio del establecimiento de áreas geográficas de conservación entre estas destacan el Sistema Nacional de Áreas Protegidas del

Ecuador (SNAP) cubre el 19,41% del territorio de Ecuador, incluyendo áreas continentales, insulares y marinas. Dentro del SNAP, la Región Amazónica cuenta con 26 áreas protegidas que cubren el 12,3% del SNAP nacional y el 27,9% de la RAE. Además, existen 169 Bosques de Vegetación Protectora (BVP) georreferenciados en Ecuador, que representan el 9% del territorio continental, y 41 de ellos están en la RAE, cubriendo el 7% de la superficie total de la región. El Patrimonio Forestal ecuatoriano (PFE) en Ecuador consta de 28 áreas que abarcan el 3% del territorio nacional, incluyendo 10 áreas en la RAE que representan el 5,7% de la superficie total de la Amazonía ecuatoriana. El Programa Socio Bosque brinda incentivos económicos a campesinos y comunidades indígenas para proteger y conservar sus bosques nativos, páramos y vegetación nativa. En Ecuador, existen 2723 polígonos bajo conservación dentro del PSB, con 1069 de ellos ubicados en la RAE, que abarcan el 11,8% de la superficie total de la región (MAATE, 2023c).

Con el fin de determinar la cobertura de protección para todas las especies analizadas, considerando las cuatro iniciativas de conservación en vigencia en Ecuador, en primer lugar se descargaron las capas vectoriales correspondientes a estas iniciativas desde la infraestructura de datos especiales del Ministerio del Ambiente, Agua y Transición Ecológica (MAATE & (SINIAS), 2023). En la Tabla 13, se proporcionan las características de los datos utilizados, es necesario señalar que se empleó la versión más reciente disponible para todos los conjuntos de datos.

Tabla 13. Información geográfica en formato vectorial de las iniciativas de conservación vigentes en Ecuador.

Datos	Formato	Fuente
Áreas protegidas	Vectorial (Polígonos)	(MAATE, 2022b)
Bosques y vegetación protectora	Vectorial (Polígonos)	(MAATE, 2022b)
Patrimonio Forestal del Estado	Vectorial (Polígonos)	(MAATE, 2022b)
Programa Socio Bosque	Vectorial (Polígonos)	(MAATE, 2022b)

Como segundo paso, se procedió a realizar una intersección entre los datos de presencia de las especies estudiadas y las cuatro iniciativas de conservación vigentes en el país. Esto nos permitió determinar el número de especies y la cantidad de observaciones correspondientes que se encuentran dentro de cada iniciativa de conservación. Además, se llevó a cabo el mismo

conteo para las áreas de la RAE que actualmente no están cubiertas por ninguna de las iniciativas, con el fin de identificar el porcentaje de especies que podrían estar potencialmente amenazadas.

En la Figura 12 se muestra el análisis llevado a cabo en relación con la cobertura de protección actual. En este sentido, se evidenció que la mayor cobertura de protección se registra en el Sistema Nacional de Áreas Protegidas (SNAP), el cual resguarda actualmente al 24,5% (167 especies) de la población considerada. Asimismo, se pudo determinar que los Bosques y Vegetación Protectora (BVP) ofrecen cobertura a un 10,2% (151 especies) de los individuos analizados, mientras que los predios adscritos a la categoría de Patrimonio Forestal del Estado (PFE) contribuyen a la protección del 9% (120 especies), seguidos del Programa Socio Bosque (PSB) con un 9% (138 especies). No obstante, es importante destacar que un porcentaje considerable de la población evaluada, específicamente el 48,3% (209 spp.), se encuentra actualmente fuera de las cuatro categorías de protección establecidas.

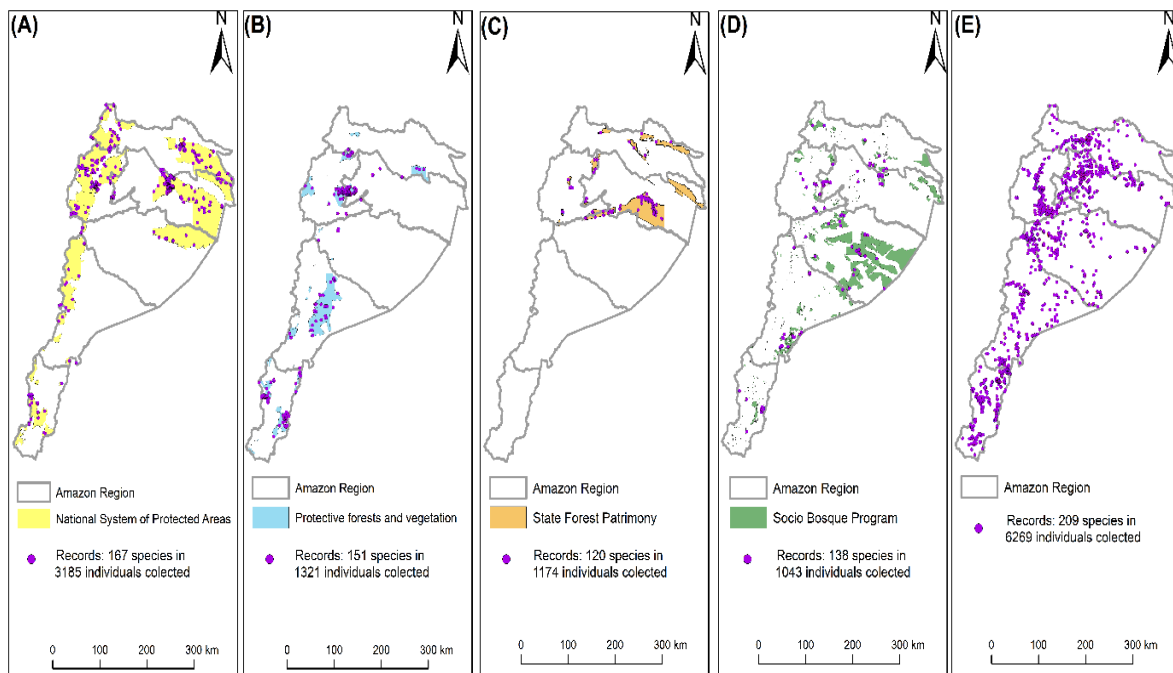


Figura 12. Patrones de colecta de especies maderables de alto valor comercial de la amazonia ecuatoriana: (A) Sistema Nacional de Áreas Protegidas; (B) Bosques y Vegetación Protectora; (C) Patrimonio Forestal del Estado; (D) Programa Socio Bosque; (E) Fuera de Categoría de protección.

5.1.3. Categorías de conservación de la UICN para las especies maderables analizadas

En la Figura 13 se presentan las categorías actuales establecidas por la UICN para los 214 taxones analizados en la RAE. En términos generales, los resultados sugieren que 142 especies (66,4%). Se encontrarían catalogadas como Preocupación Menor (LC). Por otro lado, el análisis sugiere que 7 especies (3,3%) se encuentran en la categoría Vulnerable (VU): *Cedrela odorata*, *Prumnopitys montana*, *Aniba perutilis*, *Humiriastrum procerum*, *Guarea cartaguenya*, *Jacaranda mimosifolia*, *Nectandra guaripito*, También se encontraron 2 especies (0,9%) En Peligro (EN): *Cedrela odorata* y *Cedrela fisilis*. Por otra parte, se reportó una sola especie (0,5%) catalogada como en Peligro Crítico (CR): *Centrolobium ochroxylum*. Además, se evidenció 2 especies (0,9%) clasificadas como Datos Insuficientes (DD): *Pachira rupícola* y *Pseudobombax millei*. Finalmente, es importante señalar que 60 especies (28,0%) actualmente no están consideradas dentro de la base de datos de la UICN y por ende no se encontrarían catalogadas dentro de ninguna de las categorías de conservación vigente.

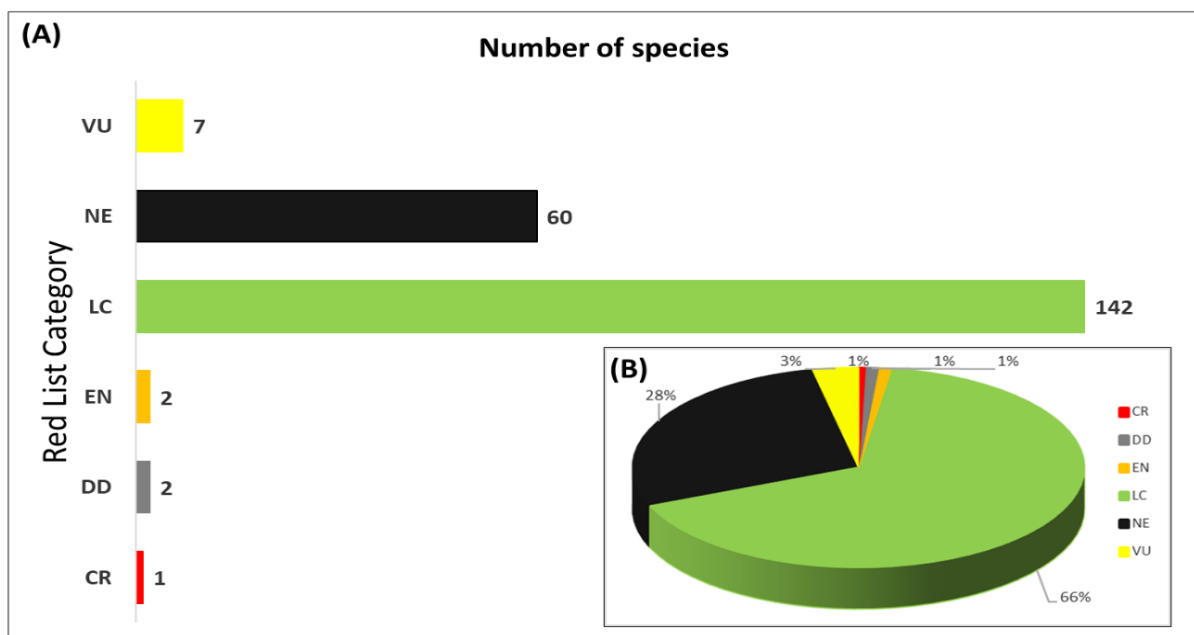


Figura 13. A) Número de especies; B) Porcentaje para cada una de las categorías de conservación de la UICN. Categorías: CR = Peligro Crítico. EN = Peligro. VU = Vulnerable, NT = Casi Amenazada, LC = Preocupación Menor, DD = Datos Insuficientes, NE = No Evaluado.

La distribución de las especies analizadas que se muestra en la Figura 14, representan la cantidad de especies que se encuentran dentro de cada una de las categorías de protección en Ecuador y la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (UICN). En general,

se observó que las especies en todas las categorías de conservación de la UICN se encuentran protegidas en el Sistema Nacional de Áreas Protegidas del Ecuador (SNAP), con 127 especies de Preocupación Menor (LC), 36 en la categoría No Evaluado (NE), 3 en situación Vulnerable (VU) y 1 especie En peligro de extinción (EN). Sin embargo, también se constató que en las zonas que no se encuadran en ninguna de las cuatro categorías de protección vigentes en Ecuador se detecta la presencia de una gran cantidad de especies. En concreto, de las 214 especies objeto de estudio, hay 209 especies que aparecen en esta zona. Esto incluye a 141 especies de Preocupación Menor (LC), 57 No Evaluado (NE), 7 Vulnerables (VU): *Cedrela odorata*, *Prumnopitys montana*, *Aniba perutilis*, *Humiriastrum procerum*, *Guarea cartaguenya*, *Jacaranda mimosifolia* y *Nectandra guaripito*. También se encuentran dos especies En peligro de extinción (EN): *Matisia coloradorum* y *Swartzia littlei*. Además, hay una especie con Datos Insuficientes (DD): *Pseudobombax millei* y una especie En Peligro Crítico (CR): *Centrolobium ochroxylum*”.

“En consecuencia, los esfuerzos de conservación no se deben limitar a las cuatro categorías de protección (SNAP, BVP, PFE y PSB) sino que, al menos en el caso de las especies con mayor grado de amenaza, se deben extender a todo el territorio”.

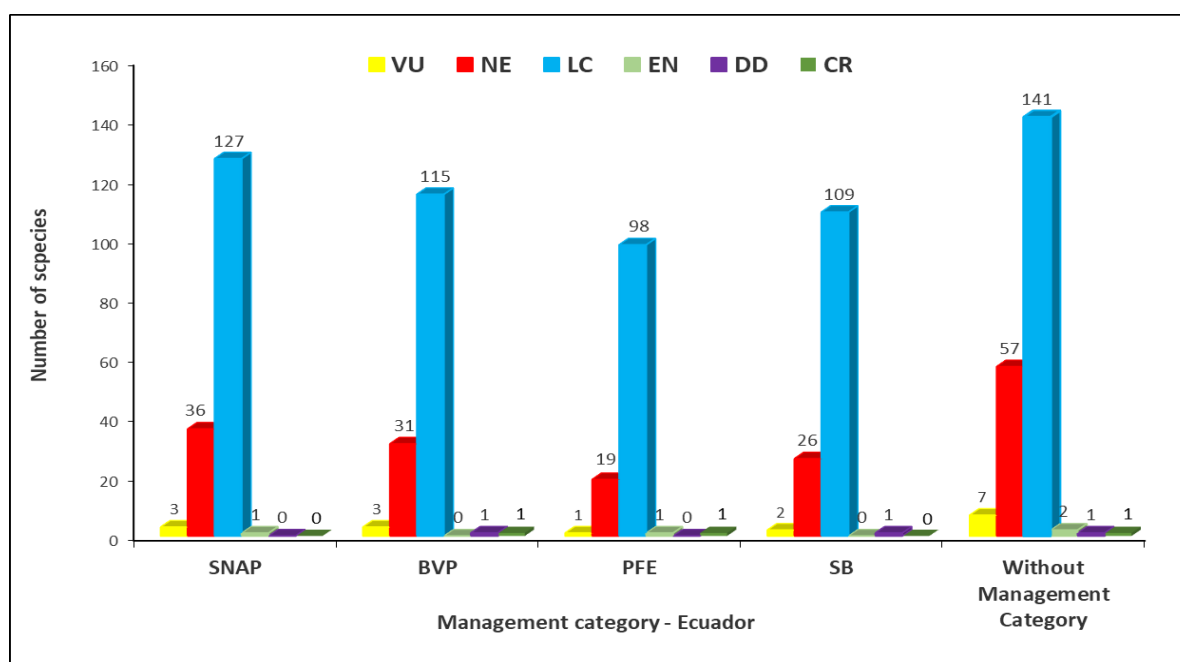


Figura 14. Número de especies dentro de las categorías de manejo vigentes para Ecuador y categorías de conservación de la UICN. Categorías: CR = Peligro Crítico. EN = En peligro de extinción. VU = Vulnerable. LC = Preocupación Menor. DD = Datos Insuficientes. NE = No Evaluado.

5.2. Aprovechamiento forestal maderable (2012-2021) y su estado de conservación de acuerdo con las categorías de la UICN

5.2.1. Caracterización del aprovechamiento forestal maderero a nivel provincial en la RAE

Dentro del RAE, se autorizó oficialmente la tala de un total de 2.627.659,17 m³ de madera. Sin embargo, el volumen real aprovechado en el periodo comprendido entre 2012 y 2021 fue de 2.296.238,08 m³, constituyendo el 87,4% del volumen inicialmente autorizado (López-Tobar et al., 2024). Cabe destacar que la madera aprovechada en la RAE constituye una proporción sustancial de los totales nacionales. En concreto, representa el 46,13% del volumen total autorizado para el aprovechamiento a nivel nacional y un aún más considerable 54,17% del volumen total efectivamente aprovechado a nivel nacional. Estas proporciones ponen de manifiesto la notable contribución de la RAE al conjunto de la industria maderera ecuatoriana, destacando el papel fundamental de la región en la satisfacción de la demanda nacional.

En la provincia de Sucumbíos, ubicada en el norte de la Amazonía ecuatoriana, se reporta el mayor volumen de madera autorizada, con un total de 890.193,2 m³, de los cuales el 87,72% fue efectivamente aprovechado. El número de especies autorizadas se mantuvo estable, con 51 especies en 2012 y 102 en 2014, disminuyendo ligeramente a 84 en 2021. Asimismo, en la provincia de Orellana, el segundo mayor volumen de madera autorizada fue de 837.088,6 m³, con un 88,77% aprovechado. Mientras que, en la Amazonía central ecuatoriana, la provincia de Napo reportó un volumen de madera autorizada de 261.345,4 m³, alcanzando una tasa de aprovechamiento del 91,6%. Le sigue la provincia de Pastaza con un volumen autorizado de 355.067,9 m³ y una tasa de aprovechamiento del 89,4%. En el sur de la Amazonía ecuatoriana, la provincia de Morona Santiago reportó 175.669,6 m³ de madera autorizada, con una tasa de aprovechamiento del 74,58%. Mientras tanto, la provincia de Zamora Chinchipe tuvo un volumen autorizado de 117.596,8 m³, con una tasa de aprovechamiento del 84,13% (López-Tobar et al., 2024) (Tabla 14).

Tabla 14. Lista de las especies arbóreas más importantes con su volumen aprobado para el aprovechamiento, porcentaje de volumen aprovechado y tasa media de tala en m³ /ha, provincias Sucumbíos, Orellana y Napo (2012-2021).

Año	Sucumbíos				Orellana				Napo			
	Volumen		Número de especies	Media* (m ³ /ha)	Volumen		Número de especies	Media* (m ³ /ha)	Volumen		Número de especies	Media* (m ³ /ha)
	Aprobado (m ³)	Cosechado (%)			Aprobado (m ³)	Cosechado (%)			Aprobado (m ³)	Cosechado (%)		
2012**	7.905,80	96,5	51	1,4	1.768,40	80,7	30	0,5	566,7	88,7	15	1,4
2013	59.736,70	88,1	111	0,9	67.406,80	90,4	98	0,9	20.711,60	92,2	69	1,8
2014	178.621,30	86,5	102	0,7	175.361,90	87,9	87	0,9	39.365,00	90	66	1,7
2015	86.027,90	83,3	93	0,8	87.511,20	88,9	81	0,8	26.105,50	92,7	59	1,8
2016	81.078,10	88,1	91	0,9	68.833,50	91,5	80	0,9	31.865,50	86,5	59	1,7
2017	91.770,80	91,5	88	1	86.125,40	92,6	85	0,9	33.860,30	91,7	53	1,3
2018	122.057,40	89,9	96	0,9	109.955,30	89,7	88	1,1	39.681,00	95	66	1,6
2019	92.740,60	84,4	98	0,7	81.530,50	90,6	71	1	29.136,10	95,9	47	1,5
2020	70.832,20	90,4	77	0,8	55.240,60	91,8	59	1,1	12.608,30	96,4	44	1,6
2021	99.422,50	78,5	84	0,8	103.355,00	83,7	88	0,9	27.445,40	86,8	65	1,4
Total	890.193,20	87,72		0,9	837.088,60	88,78		0,9	261.345,40	91,59		1,6

Tabla 15. Lista de las especies arbóreas más importantes con su volumen aprobado para el aprovechamiento, porcentaje de volumen aprovechado y tasa media de tala en m³ /ha, provincias Pastaza, Morona Santiago y Zamora Chinchipe (2012-2021 continuación).

Año	Pastaza				Morona Santiago				Zamora Chinchipe			
	Volumen		Número de especies	Media* (m ³ /ha)	Volumen		Número de especies	Media* (m ³ /ha)	Volumen		Número de especies	Media* (m ³ /ha)
	Aprobado (m ³)	Cosechado (%)			Aprobado (m ³)	Cosechado (%)			Aprobado (m ³)	Cosechado (%)		
2012**	3.370,20	96,4	52	2,4	1.028,50	52,6	22	0,8	736,2	95,9	14	1,4
2013	37.892,60	91,3	109	2,1	22.619,30	76,5	103	1,1	9.272,10	87,6	75	1,2
2014	92.628,10	90,1	108	1,6	33.456,80	82,1	101	1,2	22.049,00	84,1	80	1,3
2015	59.178,40	81,6	100	1,4	28.439,50	75,5	98	0,9	17.997,90	85,6	86	1,4
2016	34.808,90	88	92	1,4	14.218,30	69,8	71	1,3	10.172,20	87	53	2,2
2017	29.985,10	91,8	92	1,2	16.316,40	82,9	71	2	16.526,10	82,6	66	1,5
2018	33.444,00	94,3	87	1,2	22.322,80	78,2	72	2,4	14.420,00	80,4	79	1,9
2019	23.299,00	94,3	73	1,1	15.319,50	78	72	1,7	11.141,90	84,7	63	2,1
2020	12.864,70	97,7	65	1,2	6.795,70	80	48	1,4	7.523,30	90,3	54	2,8
2021	27.596,90	68,3	74	0,9	15.152,80	70,3	70	1	7.758,00	63,2	50	1,4
Total	355.067,90	89,38		1,5	175.669,60	74,59		1,4	117.596,80	84,14		1,7

* Volumen medio cosechado; ** Los datos comunicados corresponden a los tres últimos meses de 2012, debido a cuestiones de la administración forestal nacional.

5.2.2. Principales especies forestales aprovechadas en la RAE (2012-2021)

En las tablas 16 y 17 se presentan los valores asociados al aprovechamiento forestal de madera en diferentes provincias, esto revela información importante sobre el número de especies, sus volúmenes extraídos y su estatus de conservación vigente. En la provincia de Sucumbíos, (tabla 16) se identificaron diez especies de diferentes familias, *Erisma uncinatum* de la familia Vochysiaceae fue la especie con el mayor volumen extraído, alcanzando 77.253,50 m³, lo que representó el 2,93% del volumen total aprovechado en esta provincia. Sin embargo, es importante destacar que la especie *Acacia glomerosa* de la familia Fabaceae, aunque presentó un volumen de 46.669,05 m³, se encontraba como especie no evaluada (NE) según la Lista Roja de la UICN.

En la provincia de Orellana, (tabla 16) las especies de las familias Vochysiaceae y Malvaceae fueron las más extraídas, *Erisma uncinatum* de la familia Vochysiaceae lideró el volumen extraído con 61.104,57 m³, representando el 2,32 % del total en la provincia. Por otra parte, *Ceiba pentandra* de la familia Malvaceae también tuvo una contribución significativa con 62.017,31 m³, representando el 2,35 % del total en la provincia. Ambas especies se clasificaron como de preocupación menor (LC) según la UICN.

Por otro lado, en Napo, (tabla 16) *Ceiba pentandra* de la familia Malvaceae fue la especie con el mayor volumen extraído, alcanzando 18.456,39 m³ (0,70% del total), *Cedrelinga cateniformis* de la familia Fabaceae y *Erisma uncinatum* de la familia Vochysiaceae también presentaron volúmenes considerables, con 13.063,57 m³ y 13.215,85 m³, respectivamente. Estas tres especies se clasificaron como de preocupación menor (LC) según la UICN.

Mientras tanto, en Pastaza, (tabla 17) *Cedrelinga cateniformis* de la familia Fabaceae y *Erisma uncinatum* de la familia Vochysiaceae fueron las especies más extraídas, con volúmenes de 26.662,64 m³ y 23.838,38 m³, respectivamente. Ambas se clasificaron como de preocupación menor (LC) según la UICN, al igual que *Guarea kunthiana* de la familia Meliaceae, con 14.274,06 m³.

Por otra parte, en Morona Santiago, (tabla 17) *Trattinnickia glaziovii* de la familia Burseraceae fue la especie dominante en términos de volumen, con 29.769,08 m³, representando el 1,13 % del total en la provincia, *Cedrelinga cateniformis* de la familia Fabaceae también tuvo una contribución significativa, con 23.469,35 m³. Ambas especies se clasificaron como de preocupación menor (LC) según la UICN.

Finalmente, en Zamora Chinchipe, (tabla 17) *Poulsenia armata* de la familia Moraceae fue la especie con el mayor volumen extraído, alcanzando 20.047,43 m³ (0,76 % del total). *Trattinnickia glaziovii* de la familia Burseraceae y *Podocarpus oleifolius* de la familia Podocarpaceae también presentaron volúmenes considerables, con 7.176,95 m³ y 7.711,43 m³, respectivamente. Estas especies se clasificaron como de preocupación menor (LC) según la UICN, mientras que *Prumnopitys montana* de la familia Podocarpaceae se consideró vulnerable (VU).

Tabla 16. Lista de las especies más importantes con volumen aprobado para el aprovechamiento periodo (2012-2021) en valores absolutos y relativos y la categoría de amenaza según la UICN en las seis provincias de la Amazonia ecuatoriana (López-Tobar et al., 2024).

Familia	Especies	Volumen		Categoría UICN
		(m ³)	(%)	
Sucumbíos				
Vochysiaceae	<i>Erisma uncinatum</i>	77.253,50	2,93	LC
Fabaceae	<i>Acacia glomerosa</i>	46.669,05	1,77	NE
Malvaceae	<i>Ceiba pentandra</i>	42.399,91	1,61	LC
Fabaceae	<i>Cedrelinga cateniformis</i>	42.308,65	1,60	LC
Myristicaceae	<i>Osteophloeum platyspermum</i>	36.359,32	1,39	LC
Meliaceae	<i>Guarea kunthiana</i>	24.473,21	0,93	LC
Mimosaceae	<i>Cojoba arborea</i>	19.180,47	0,73	LC
Combretaceae	<i>Terminalia oblonga</i>	16.919,49	0,64	LC
Burseraceae	<i>Trattinnickia glaziovii</i>	14.710,30	0,56	LC
Phyllanthaceae	<i>Hieronyma alchorneoides</i>	13.856,81	0,53	LC
Subtotal		334.430,71	12,68	
Orellana				
Vochysiaceae	<i>Erisma uncinatum</i>	61.104,57	2,32	LC
Malvaceae	<i>Ceiba pentandra</i>	62.017,31	2,35	LC
Fabaceae	<i>Cedrelinga cateniformis</i>	55.426,06	2,10	LC
Burseraceae	<i>Trattinnickia glaziovii</i>	25.690,91	0,97	LC
Fabaceae	<i>Acacia glomerosa</i>	15.216,97	0,58	NE
Myristicaceae	<i>Osteophloeum platyspermum</i>	13.633,33	0,52	LC
Fabaceae	<i>Dussia lehmannii</i>	13.057,52	0,50	LC
Meliaceae	<i>Guarea kunthiana</i>	10.987,31	0,42	LC
Moraceae	<i>Brosimum utile</i>	11.980,07	0,45	LC
Phyllanthaceae	<i>Hieronyma alchorneoides</i>	9.160,37	0,35	LC
Subtotal		278.274,43	10,55	
Napo				
Malvaceae	<i>Ceiba pentandra</i>	18.456,39	0,70	LC
Fabaceae	<i>Cedrelinga cateniformis</i>	13.063,57	0,50	LC
Vochysiaceae	<i>Erisma uncinatum</i>	13.215,85	0,50	LC
Meliaceae	<i>Guarea kunthiana</i>	9.137,42	0,35	LC
Burseraceae	<i>Dacryodes peruviana</i>	9.439,02	0,36	LC
Moraceae	<i>Brosimum utile</i>	6.282,22	0,24	LC
Burseraceae	<i>Trattinnickia glaziovii</i>	4.536,35	0,17	LC
Bignoniaceae	<i>Jacaranda copaia</i>	3.809,15	0,14	LC
Phyllanthaceae	<i>Hieronyma alchorneoides</i>	3.362,30	0,13	LC
Myristicaceae	<i>Otoba gordoniiifolia</i>	2.262,27	0,09	NE
Subtotal		83.564,53	3,17	

Tabla 17. Lista de las especies más importantes con volumen aprobado para el aprovechamiento periodo (2012-2021) en valores absolutos y relativos y la categoría de amenaza según la UICN en las seis provincias de la Amazonia ecuatoriana (continuación).

Pastaza				
Fabaceae	<i>Cedrelinga cateniformis</i>	26.662,64	1,01	LC
Vochysiaceae	<i>Erisma uncinatum</i>	23.838,38	0,90	LC
Meliaceae	<i>Guarea kunthiana</i>	14.274,06	0,54	LC
Malvaceae	<i>Ceiba insignis</i>	13.726,34	0,52	NE
Malvaceae	<i>Ceiba pentandra</i>	9.398,31	0,36	LC
Combretaceae	<i>Terminalia oblonga</i>	6.896,86	0,26	LC
Phyllanthaceae	<i>Hieronyma alchorneoides</i>	6.327,95	0,24	LC
Burseraceae	<i>Trattinnickia glaziovii</i>	5.194,30	0,20	LC
Moraceae	<i>Brosimum utile</i>	4.674,37	0,18	LC
Urticaceae	<i>Pourouma minor</i>	3.232,02	0,12	LC
Subtotal		114.225,23	4,33	
Morona Santiago				
Burseraceae	<i>Trattinnickia glaziovii</i>	29.769,08	1,13	LC
Fabaceae	<i>Cedrelinga cateniformis</i>	23.469,35	0,89	LC
Meliaceae	<i>Guarea kunthiana</i>	4.783,89	0,18	LC
Malvaceae	<i>Ceiba insignis</i>	3.728,88	0,14	NE
Malvaceae	<i>Ceiba pentandra</i>	3.007,39	0,11	LC
Moraceae	<i>Poulsenia armata</i>	2.716,19	0,10	LC
Combretaceae	<i>Terminalia amazonia</i>	2.663,67	0,10	LC
Moraceae	<i>Clarisia racemosa</i>	2.656,73	0,10	LC
Urticaceae	<i>Pourouma minor</i>	2.643,06	0,10	LC
Phyllanthaceae	<i>Hieronyma alchorneoides</i>	1.801,38	0,07	LC
Subtotal		77.239,61	2,93	
Zamora Chinchipe				
Moraceae	<i>Poulsenia armata</i>	20.047,43	0,76	LC
Burseraceae	<i>Trattinnickia glaziovii</i>	7.176,95	0,27	LC
Podocarpaceae	<i>Podocarpus oleifolius</i>	7.711,43	0,29	LC
Podocarpaceae	<i>Prumnopitys montana</i>	6.055,61	0,23	VU
Fabaceae	<i>Cedrelinga cateniformis</i>	4.649,71	0,18	LC
Vochysiaceae	<i>Vochysia bracheliniae</i>	3.264,87	0,12	LC
Burseraceae	<i>Dacryodes peruviana</i>	2.037,10	0,08	LC
Sapotaceae	<i>Pouteria caimito</i>	1.652,82	0,06	LC
Lythraceae	<i>Lafoensia acuminata</i>	1.775,51	0,07	LC
Lauraceae	<i>Endlicheria gracilis</i>	1.341,44	0,05	LC
Subtotal		55.712,87	2,11	

5.2.3. Especies maderables aprovechadas (2012-2021) y categoría de amenazas UICN

En la Figura 15, se muestra el porcentaje y número de especies para cada una de las categorías de conservación de la UICN en cada una de las seis provincias de la RAE, en términos generales, los resultados sugieren que 142 especies (67,6%), están en la categoría LC; 7 especies (3,3%) en la categoría VU y únicamente 2 especies (1%) en la categoría EN. Por otro

lado, se identificó una especie (0,5% de 210) catalogada como CR, siendo esta *Centrolobium ochroxylum*.

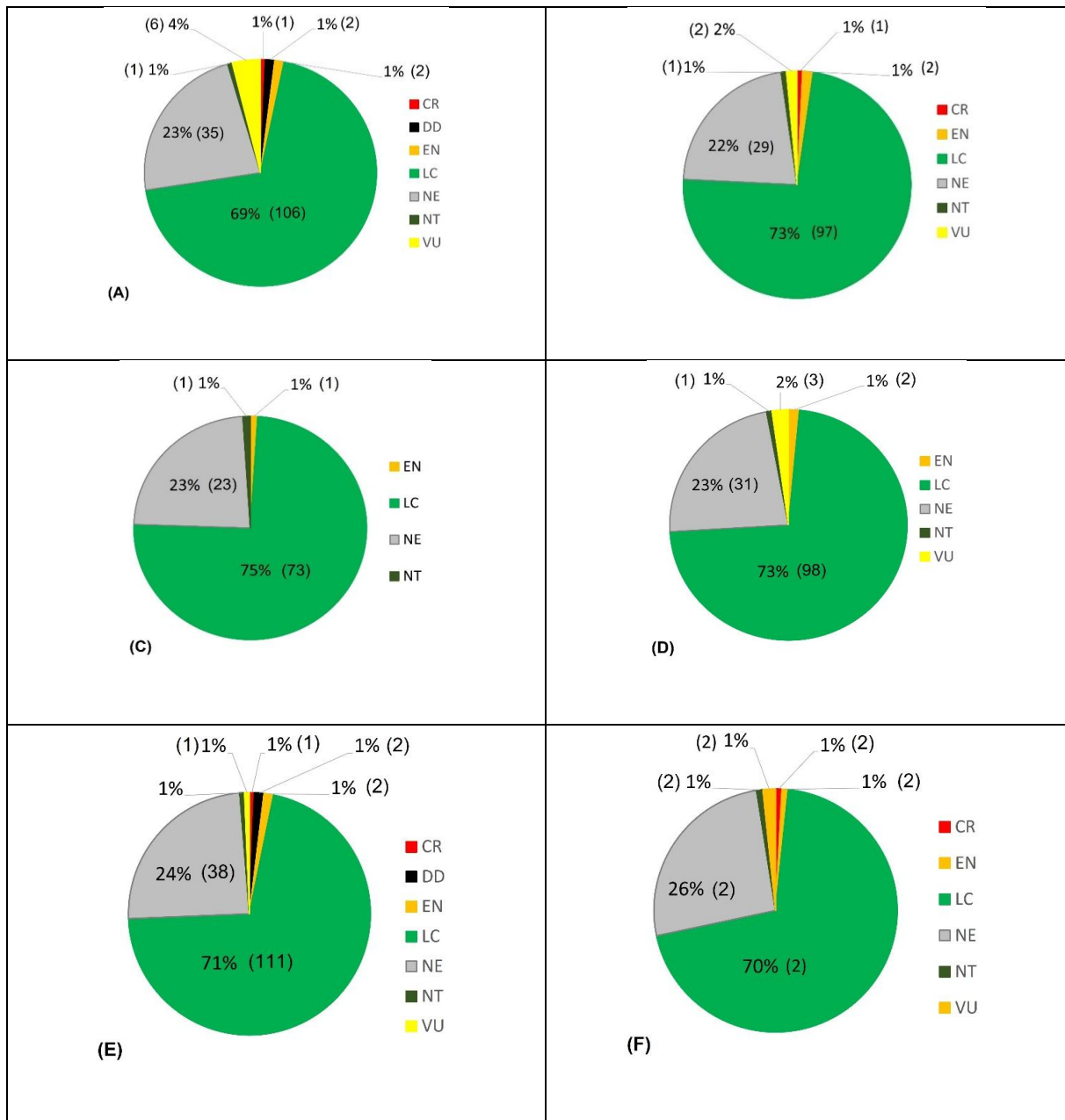


Figura 15. Porcentaje y número de especies para cada una de las categorías de conservación de la UICN: A) Sucumbíos; B) Orellana; C) Napo; D) Pastaza; E) Morona Santiago; F) Zamora Chinchipe, Categorías: CR = En Peligro Crítico, EN = En Peligro, VU = Vulnerable, NT = Casi Amenazada, LC = Preocupación Menor, DD = Datos Insuficientes, NE = No Evaluada (López-Tobar et al., 2024).

5.3. Tipificación de especies maderables según los valores de conservación y mercado

5.3.1. Tipificación de especies maderables, precios y usos en mercado local en la RAE

Los resultados del análisis de precios de mercado de las especies maderables se agruparon en cuatro categorías: Muy Finas, Finas, Corrientes, y Ordinarias, reflejando la calidad y demanda de cada tipo de madera en los mercados locales de la Amazonía ecuatoriana (ver tabla 7). Estas categorías se definieron en función de criterios detallados anteriormente. El análisis revela importantes variaciones en los precios entre las diferentes categorías, destacando un mayor valor comercial para las maderas clasificadas como Muy Finas y Finas, mientras que las especies Corrientes y Ordinarias mostraron precios más accesibles, pero con menor demanda en los mercados especializados. Este desglose por categorías proporciona una visión clara de las dinámicas de comercialización y la valorización económica de las especies forestales en la región.

5.3.2. Precios de la madera de acuerdo con sus categorías en la RAE

El análisis de los precios de los productos madereros en la RAE revela un mercado relativamente integrado, con precios homogéneos a nivel provincial a pesar de algunas variaciones; esta integración sugiere una influencia mutua entre la oferta, la demanda y las políticas comerciales en la región, un hallazgo clave es la clara segmentación del mercado basada en la calidad de la madera. Las especies de mayor calidad ("Muy Finas" y "Finas") se destinan a productos de mayor valor agregado, como "Tablones simples" y "Tablones dobles", y se comercializan a precios considerablemente más altos por el destino final y la categoría de los productos que se elaboran con ellos.

Por el contrario, las maderas de menor calidad se emplean en productos de menos calidad, pero son más apetecidos por el mercado. Estos resultados evidencian la importancia de la calidad de la madera como determinante del precio en el mercado maderero de la RAE. Además, subrayan la necesidad de políticas públicas que promuevan la sostenibilidad y el manejo responsable de los recursos forestales, considerando la diferenciación de los productos y la demanda del mercado.

Los resultados obtenidos indican que existe una estrecha relación entre la calidad de la madera y su valor comercial. Las maderas de mayor calidad, caracterizadas por sus propiedades físicas y estéticas superiores, son demandadas por sectores industriales que requieren productos de alta calidad y, por lo tanto, están dispuestas a pagar precios más elevados. Esta diferenciación de precios refleja la heterogeneidad del mercado de la madera en la RAE y subraya la importancia de la clasificación de la madera en función de su calidad para determinar su valor económico. Podemos apreciar los precios de compra y venta por unidad y por metro cubico de producto maderable comercializado en toda la RAE; aquí se refleja el hecho de que en las categorías Muy fina y Fina, no se comercializa en productos “Tablas”, únicamente este producto se comercializa en la categoría Corriente y Ordinaria mientras que al comercializar producto “Tablón simple” si considera las cuatro categorías de comercialización el mercado, no así al comercializar “Tablón doble” el mercado no considera comercial el producto de madera Ordinaria, esto se evidencia en la tabla 18.

5.3.3. Precios del metro cúbico de la madera de acuerdo con sus categorías en la RAE

La encuesta realizada a propietarios de establecimientos que trabajan con productos maderables en la Amazonía ecuatoriana reveló una variación significativa en los precios de los productos maderables según su categoría. Los tablonetes dobles presentaron los mayores márgenes de ganancia, especialmente en las categorías Muy fina y Fina. Los tablonetes simples, por su parte, se comercializan en todas las categorías, siendo la Muy fina la más valorada en el mercado. En cuanto a las tablas, se observó que las Corrientes y las Ordinarias presentan precios de compra y venta similares, mientras que las Finas tienen un valor intermedio. Es importante destacar que las Ordinarias se comercializan únicamente en productos tablas y tablonetes simples, mientras que las demás categorías se encuentran disponibles en una mayor variedad de productos, esta información se detalla en la tabla 18, donde se describe el precio de los productos maderables (tabla, tablón simple y tablón doble) por categoría (Muy fina, Fina, Ordinaria y Corriente), tanto en unidades como por metro cubico aserrado para la compra y para la venta.

Tabla 18. Precios promedios de compra y venta madera aserrada por unidad y por metro cubico (USD) de especies maderables por categoría, en mercados domésticos de las provincias que conforman la RAE.

No	Categoría de madera	Precios (USD/unidad) *						Precios (USD/m ³) *					
		Compra			Venta			Tabla*		Tablón simple*		Tablón doble*	
		Tabla	Tablón simple	Tablón doble	Tabla	Tablón simple	Tablón doble	Compra	Venta	Compra	Venta	Compra	Venta
1	Muy fina		6,29	12,58		11,00	21,75			208,00	352,00	208,00	696,00
2	Fina		5,00	10,00		8,50	16,50			176,00	272,00	184,00	528,00
3	Corriente		4,00			8,00	16,00	176,00	256,00	184,00	256,00	176,00	256,00
4	Ordinaria	2,33			3,92	8,00		144,00	256,00	144,00	256,00		

* **Tabla:** 2,40m x 0,25m x 0,025m; **Tablón simple:** 2,40m x 0,25m x 0,05m; **Tablón doble:** 2,40m x 0,25m x 0,10m

5.3.4. Potencial económico del aprovechamiento de madera en la RAE

5.3.4.1. Potencial económico de madera categoría “Muy finas”

Los datos presentados en la tabla 19 revelan una situación alarmante respecto a la especie *Cedrelinga cateniformes*, la cual domina abrumadoramente el mercado de las maderas clasificadas como "muy finas", representando el 74,46% del total de la comercialización dentro de esta categoría. Esta especie, junto con otras once incluidas en este grupo, se encuentra sujeta a restricciones de aprovechamiento condicional según el Acuerdo Ministerial 139 del MAATE. Estas restricciones indican que el aprovechamiento de estas especies está permitido únicamente bajo condiciones específicas y rigurosas, las cuales, hasta el momento, no han sido completamente cumplidas.

A pesar de que la mayoría de estas especies se encuentran catalogadas como de "Preocupación menor" (LC) por la UICN, la especie *Cedrela odorata* se encuentra en una situación más crítica, clasificada como "Vulnerable" (VU). Esta clasificación subraya la fragilidad de las poblaciones de esta especie y la urgencia de implementar medidas de conservación efectivas.

La densidad de estas maderas, que oscila entre 0,45 y 0,80 g/cm³, las convierte en un recurso altamente codiciado en el mercado nacional. Sin embargo, su valor comercial, combinado con las restricciones de aprovechamiento, las podría convertir en un blanco atractivo para la tala ilegal. La extracción ilegal no solo amenaza la supervivencia de estas especies, sino que también debilita la capacidad de los bosques para proporcionar servicios ecosistémicos fundamentales como la regulación del clima y la conservación de la biodiversidad.

Tabla 19. Listado y cantidad de madera aserrada (m³) de las 12 principales especies arbóreas maderables (Muy Finas) comercializadas en la RAE (2012-2021) de acuerdo con el volumen de aprovechamiento, Categorías de conservación de la UICN, Densidad de la especie y potencial económico en compra y venta.

Nombre común	Especies	Categorías UICN	Densidad g/cm ³	Volumen (m ³)		Potencial económico (USD)	
				Aserrado	(%)	Compra	Venta
chuncho	<i>Cedrelinga cateniformis</i>	LC	0,470	81.470,79	74,46	\$16.402.786,32	\$28.134.580,52
guayabillo	<i>Terminalia oblonga</i>	LC	0,750	17.172,72	15,69	\$3.457.439,95	\$5.930.310,91
moral bobo	<i>Clarisia racemosa</i>	LC	0,725	3.935,34	3,60	\$792.316,03	\$1.359.005,63
roble	<i>Terminalia amazonia</i>	LC	0,690	2.575,63	2,35	\$518.559,17	\$889.449,17
manzano	<i>Calophyllum brasiliense</i>	LC	0,700	2.032,54	1,86	\$409.217,05	\$701.902,09
batea caspi	<i>Cabralea canjerana</i>	LC	0,690	805,35	0,74	\$162.143,80	\$278.114,20
guayacán	<i>Minquartia guianensis</i>	LC	0,800	761,44	0,70	\$153.303,76	\$262.951,48
bálsamo	<i>Myroxylon balsamum</i>	LC	0,770	299,59	0,27	\$60.317,45	\$103.458,41
moral fino	<i>Maclura tinctoria</i>	LC	0,971	253,24	0,23	\$50.985,65	\$87.452,21
moral	<i>Chlorophora tinctoria</i>	LC	0,700	91,77	0,08	\$18.475,35	\$31.689,51
caoba	<i>Platymiscium pinnatum</i>	LC	0,770	21,15	0,02	\$4.258,20	\$7.303,80
cedro	<i>Cedrela odorata</i>	VU	0,450	1,00	0,00	\$201,33	\$345,33
Subtotal				109.420,55	100	\$22.030.004,07	\$37.786.563,27

Categorías: **LC** = Preocupación Menor, **VU** = Vulnerable.

El análisis económico realizado revela un potencial económico de \$22.030.004,07 para la compra y \$37.786.563,27 para la venta de estas maderas Muy finas en la Amazonía ecuatoriana. Si bien este valor económico es significativo, es fundamental recordar que la conservación de estos recursos naturales es un imperativo para asegurar la sostenibilidad a largo plazo del sector forestal y el bienestar de las comunidades locales.

En conclusión, los datos presentados en la tabla anterior evidencian la necesidad urgente de fortalecer los mecanismos de control y vigilancia para combatir la tala ilegal y garantizar el cumplimiento de las restricciones de aprovechamiento establecidas para las maderas "Muy finas". Asimismo, es indispensable invertir en investigación científica para mejorar el

conocimiento sobre la biología y ecología de estas especies, así como en programas de restauración y reforestación que contribuyan a la recuperación de los bosques degradados.

Este análisis resalta la importancia de adoptar un enfoque integral que combine la conservación de la biodiversidad con el desarrollo económico sostenible. Es necesario promover prácticas forestales responsables que permitan aprovechar los beneficios económicos de los recursos madereros sin comprometer la salud de los ecosistemas forestales.

5.3.4.2. Potencial económico de madera categoría “Finas”

Tabla 20. Listado y cantidad de madera aserrada (m³) de las 15 principales especies arbóreas maderables (Finas) comercializadas en la RAE (2012-2021) de acuerdo con el volumen de aprovechamiento, Categorías de conservación de la UICN, Densidad de la especie y potencial económico en compra y venta.

Nombre común	Especies	Categorías UICN	Densidad g/cm ³	Volumen (m ³)		Potencial económico (USD)	
				Aserrado	(%)	Compra	Venta
arenillo	<i>Erisma uncinatum</i>	LC	0,750	87390,94	25,03	\$13.982.550,40	\$25.168.590,72
canelo	<i>Nectandra acuminata</i>	LC	0,57	34975,59	10,02	\$5.596.093,92	\$10.072.969,06
jigua	<i>Ocotea amazonica</i>	NE	0,443	32797,38	9,39	\$5.247.581,07	\$9.445.645,93
colorado	<i>Guarea kunthiana</i>	LC	0,600	32467,39	9,30	\$5.194.782,73	\$9.350.608,91
lotería	<i>Osteophloeum platyspermum</i>	LC	0,460	26469,12	7,58	\$4.235.059,84	\$7.623.107,71
abio	<i>Micropholis chrysophyllum</i>	NE	0,63	20848,32	5,97	\$3.335.730,80	\$6.004.315,44
mascarey	<i>Hieronima alchorneoides</i>	NE	0,707	17389,22	4,98	\$2.782.274,56	\$5.008.094,21
caimito	<i>Pouteria sp</i>	NE	0,603	15477,66	4,43	\$2.476.425,52	\$4.457.565,94
dormilón	<i>Cojoba arborea</i>	LC	0,65	10728,75	3,07	\$1.716.600,00	\$3.089.880,00
intachi	<i>Chimarrhis glabriflora</i>	LC	0,65	7879,09	2,26	\$1.260.654,32	\$2.269.177,78
chontacaspi	<i>Mouriri oligantha</i>	NE	0,65	6479,98	1,86	\$1.036.796,48	\$1.866.233,66
colorado	<i>Guarea macrophylla</i>	LC	0,77	5833,98	1,67	\$933.437,36	\$1.680.187,25
cuero de sapo	<i>Ochromadendron sp</i>	NE	0,27	4099,24	1,17	\$655.877,92	\$1.180.580,26
aguacatillo	<i>Nectandra membranacea</i>	LC	0,800	3927,51	1,12	\$628.401,36	\$1.131.122,45
podocarpus	<i>Podocarpus oleifolius</i>	LC	0,460	3743,98	1,07	\$599.036,80	\$1.078.266,24
	Otras especies (69)			38.678,44	11,08	\$6.188.550,40	\$11.139.390,72
Subtotal				349.186,58	100	\$55.869.853,48	\$100.565.736,26

Categorías: LC = Preocupación Menor, NE = No Evaluada.

El análisis de la tabla 20 revela que la especie *Erisma uncinatum* domina el mercado de las maderas consideradas "Finas", representando el 25,03% del total de la comercialización dentro de esta categoría. A pesar de su alto valor comercial y su amplio nivel de aprovechamiento, *Erisma uncinatum* y otras especies de este grupo se encuentran catalogadas como de "Preocupación menor" (LC) o "No Evaluada" (NE) por la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (UICN) en Ecuador. Esta clasificación sugiere una falta de estudios exhaustivos sobre el estado de conservación de estas especies, a pesar de su importancia económica.

La densidad de estas maderas, que oscila entre 0,27 y 0,80 g/cm³, influye directamente en su valor comercial y en los usos finales a los que se destinan. Además, el análisis económico arroja cifras significativas: un potencial de compra de \$55.869.853,48 y un potencial de venta de \$100.565.736,26; lo cual subraya la importancia económica de estas especies en el sector maderero.

En conclusión, los resultados obtenidos en la tabla 20 evidencian la necesidad de profundizar en los estudios sobre la biología y ecología de la especie *Erisma uncinatum* y otras maderas clasificadas como "Finas". La combinación de su alto valor comercial y la incertidumbre sobre su estado de conservación exige la implementación de estrategias de manejo forestal sostenible que garanticen su conservación a largo plazo y la viabilidad económica del sector.

5.3.4.3.Potencial económico de madera categoría “Corrientes”

El análisis de los datos presentados en la tabla 21 revela un patrón de aprovechamiento significativo en las maderas clasificadas como "Corrientes". Entre las quince especies más aprovechadas de esta categoría, la *Otoba parvifolia* destaca como la más comercializada, representando el 18,79% del total.

A pesar de su alta demanda, la evaluación de la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (UICN) clasifica a estas especies en Ecuador como de "Preocupación menor" (LC) y "No Evaluada" (NE). Esta aparente contradicción entre su valor comercial y la falta de estudios exhaustivos plantea una alerta sobre la sostenibilidad y sobrevivencia a largo plazo.

Es importante resaltar que estas especies presentan una densidad que oscila entre 0,32 y 0,59 g/cm³, lo cual influye en su valor comercial y en los usos finales a los que se destinan. Además, el análisis económico revela un potencial económico considerable, con un valor de compra de \$81.562.368,38 y un valor de venta de \$164.755.984,12 lo que subraya la importancia

económica de estas especies en el sector maderero. En conclusión, los datos de esta tabla evidencian la necesidad de realizar investigaciones más profundas sobre la biología y ecología de las especies de madera catalogadas como "Corrientes", especialmente aquellas con mayor demanda comercial como la *Otoba parvifolia*. La combinación de su valor económico y la incertidumbre sobre su estado de conservación exige la implementación de estrategias de manejo forestal sostenible que garanticen su conservación a largo plazo y la viabilidad económica del sector.

Tabla 21. Listado y cantidad de madera aserrada (m³) de las 15 principales especies arbóreas maderables (Corrientes) comercializadas en la RAE (2012-2021) de acuerdo con el volumen de aprovechamiento, Categorías de conservación de la UICN, Densidad de la especie y potencial económico en compra y venta.

Nombre común	Especies	Categorías UICN	Densidad g/cm ³	Volumen (m ³)		Potencial económico (USD)	
				Aserrado	(%)	Compra	Venta
cuángare	<i>Otoba parvifolia</i>	LC	0,430	119719,25	18,79	\$15.324.063,87	\$30.954.609,02
sapote	<i>Sterculia</i> sp.	NE	0,530	73993,36	11,61	\$9.471.149,76	\$19.131.722,52
chalviande	<i>Virola</i> sp.	LC	0,570	72010,01	11,30	\$9.217.281,28	\$18.618.908,19
tamburo	<i>Vochysia</i> sp.	LC	0,450	67761,36	10,63	\$8.673.454,45	\$17.520.377,99
guarango	<i>Parkia</i> sp.	NE	0,440	45567,38	7,15	\$5.832.624,96	\$11.781.902,42
copal	<i>Trattinnickia glaziovii</i>	LC	0,591	43396,09	6,81	\$5.554.699,84	\$11.220.493,68
guarango	<i>Acacia glomerosa</i>	NE	0,47	33563,98	5,27	\$4.296.188,87	\$8.678.301,52
sande	<i>Brosimum</i> sp.	LC	0,480	24648,95	3,87	\$3.155.065,41	\$6.373.232,12
sandi	<i>Brosimum utile</i>	LC	0,590	15173,79	2,38	\$1.942.244,99	\$3.923.334,88
fono	<i>Eschweilera</i> sp.	NE	0,690	15101,58	2,37	\$1.933.001,98	\$3.904.664,01
majagua	<i>Poulsenia armata</i>	LC	0,320	11422,32	1,79	\$1.462.057,28	\$2.953.355,71
arabisco	<i>Jacaranda copaia</i>	LC	0,370	11386,86	1,79	\$1.457.517,95	\$2.944.186,26
guion	<i>Dussia lehmannii</i>	LC	0,590	8463,23	1,33	\$1.083.293,50	\$2.188.252,88
copal	<i>Dacryodes peruviana</i>	LC	0,530	8201,55	1,29	\$1.049.798,40	\$2.120.592,77
laurel	<i>Cordia alliodora</i>	LC	0,490	8072,28	1,27	\$1.033.252,16	\$2.087.169,36
	Otras especies (122)			78.724,01	12,35	\$14.076.673,66	\$20.354.880,80
Subtotal				637.206,00	100	\$81.562.368,38	\$164.755.984,12

Categorías: LC = Preocupación Menor, NE = No Evaluada.

5.3.4.4. Potencial económico de madera categoría “Ordinarias”

El análisis exhaustivo de las maderas clasificadas como "Ordinarias" en la Tabla 22 revela un patrón de aprovechamiento desproporcionado en ciertas especies. Destaca de manera particular la *Ceiba pentandra*, la cual representa el 31,28% del total de la comercialización dentro de esta categoría. A pesar de su alta demanda, las evaluaciones de la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (UICN) clasifican a estas especies en Ecuador como de "Preocupación menor" (LC) y "No Evaluada" (NE). Esta aparente contradicción entre su valor comercial y la falta de estudios profundos sobre su estado de conservación plantea una interrogante sobre la sostenibilidad de su explotación a largo plazo.

Tabla 22. Listado y cantidad de madera aserrada (m³) de las 15 principales especies arbóreas maderables (Ordinarias) comercializadas en la RAE (2012-2021) de acuerdo con el volumen de aprovechamiento, Categorías de conservación de la UICN, Densidad de la especie y potencial económico en compra y venta.

Nombre común	Especies	Categorías UICN	Densidad g/cm ³	Volumen (m ³)		Potencial económico (USD)	
				Aserrado	(%)	Compra	Venta
ceiba	<i>Ceiba pentandra</i>	LC	0,332	67432,99	31,28	\$10.069.993,47	\$16.903.203,33
guabo	<i>Inga</i> sp.	NE	0,530	38583,01	17,90	\$5.761.728,75	\$9.671.473,25
matapalo	<i>Ficus</i> sp.	NE	0,380	30211,38	14,01	\$4.511.565,71	\$7.572.985,29
ceibo	<i>Ceiba insignis</i>	NE	0,270	15090,09	7,00	\$2.253.453,66	\$3.782.582,94
cedazo	<i>Licania glauca</i>	LC	0,560	7928,49	3,68	\$1.183.987,09	\$1.987.406,91
uva de monte	<i>Pourouma minor</i>	LC	0,455	6973,61	3,23	\$1.041.392,13	\$1.748.051,07
tachuelo	<i>Zanthoxylum</i> sp.	NE	0,500	4728,81	2,19	\$706.169,11	\$1.185.355,29
peine de mono	<i>Apeiba membranacea</i>	LC	0,230	4406,61	2,04	\$658.053,01	\$1.104.588,99
corcho	<i>Apeiba aspera</i>	NE	0,270	3887,76	1,80	\$580.572,23	\$974.531,97
anona	<i>Annona</i> sp.	NE	0,320	3489,26	1,62	\$521.062,60	\$874.640,80
anona	<i>Rollinia</i> sp.	NE	0,320	3395,89	1,58	\$507.118,83	\$851.235,17
guarumo	<i>Cecropia sciadophylla</i>	LC	0,310	2632,44	1,22	\$393.110,37	\$659.863,83
malva	<i>Matisia</i> sp.	NE	0,410	1566,57	0,73	\$233.941,12	\$392.686,88
caucho	<i>Castilla elastica</i>	LC	0,315	1548,10	0,72	\$231.183,16	\$388.057,44
barbasco	<i>Sapium</i> sp.	NE	0,420	1381,16	0,64	\$206.252,48	\$346.209,52
	Otras especies (88)			22.349,06	10,37	\$3.337.459,03	\$5.602.163,37
Subtotal				215.605,20	100	\$32.197.042,75	\$54.045.036,05

Categorías: LC = Preocupación Menor, NE = No Evaluada.

Es crucial enfatizar que la densidad de estas maderas, que oscila entre 0,23 y 0,56 g/cm³, influye directamente en su valor comercial y en los usos finales a los que se destinan. Además, el análisis económico arroja cifras significativas: un potencial de compra de \$32.197.042,75 y un potencial de venta de \$54.045.036,05; lo cual subraya la importancia económica de estas especies en el sector maderero. En conclusión, los resultados obtenidos en la tabla 19 evidencian la necesidad de profundizar en los estudios sobre la biología y ecología de las especies de madera "Ordinarias", especialmente aquellas con mayor demanda comercial como la *Ceiba pentandra*. La combinación de su valor económico y la incertidumbre sobre su estado de conservación exige la implementación de estrategias de manejo forestal sostenible que garanticen su conservación a largo plazo y la viabilidad económica del sector.

CAPITULO VI

Discusión

6. Discusión

El capítulo Discusión se estructura en cuatro secciones que se corresponden con los objetivos establecidos en la investigación.

6.1. Caracterización del esfuerzo de muestreo botánico de las especies maderables aprovechadas en la Amazonía Ecuatoriana

En cuanto a los patrones de recolección de especies maderables en las seis provincias de la RAE, nuestro análisis reveló una notable concentración de registros en determinadas zonas. En concreto una porción significativa de los individuos colectados se encontró en las provincias de Orellana (33%), Sucumbíos (14,3%) y Napo (13,9%). Estos patrones pueden atribuirse, en parte a las históricas expediciones botánicas de investigadores suecos, daneses y estadounidenses en las décadas de 1970 y 1980, que se centraron principalmente en estas provincias (Neill & Palacios, 1989). Sin embargo, es importante tener en cuenta que estos patrones de recolección pueden no representar totalmente la distribución real de las especies maderables en la RAE. Para comprender mejor la distribución de las especies maderables en la región, es necesario seguir investigando y recopilando datos de muestreo y mejorar el conocimiento geográfico en todas las provincias de la Amazonia ecuatoriana.

En cuanto a las especies con mayor número de observaciones en nuestro estudio, observamos resultados similares a los reportados por (Guevara Andino et al., 2019), quienes analizaron 47,486 especímenes recolectados en la RAE. Ellos también encontraron que las especies arbóreas más colectadas fueron *Matisia malacocalyx* (0,56%), *Guarea kunthiana* (0,41%) y *Guarea macrophylla* (0,40%). La mayor frecuencia de recolección de estas especies podría atribuirse a diversos factores, como su accesibilidad, la notoriedad entre los recolectores o el interés científico por sus características específicas o su importancia ecológica.

En nuestro estudio, nos encontramos con una preocupante falta de registros georreferenciados para una parte significativa de las especies analizadas. En concreto, encontramos que el 22,0% de las especies analizadas tenían menos de cinco registros de presencia, mientras que el 29,9% tenían menos de diez registros.

Estas cifras coinciden con los datos comunicados a escala mundial por (Enquist et al., 2019), que estimaron que aproximadamente el 36% de las plantas carecían de información adecuada sobre su distribución en los herbarios de todo el mundo, y entre el 11,2% y el 36,5% de estas

especies tenían menos de cinco observaciones. De forma similar, un estudio centrado en especies de plantas ecuatorianas realizado por (Engemann et al., 2015), que utilizó 205.735 especímenes de 15.788 especies de plantas. La base de datos de presencia de árboles reportada por (Guevara Andino et al., 2019), observamos que alrededor del 71,8% de los árboles de la lista tenían menos de cinco observaciones sin duplicados geográficos.

Estos resultados sugieren que la presencia de algunas especies en la región podría haber sido subestimada o desconocida debido a la escasez de datos disponibles. La escasa disponibilidad de registros georreferenciados estaba ligada fundamentalmente a problemas de accesibilidad. Las zonas de muestreo más accesibles, como las situadas cerca de carreteras o ríos, solían ser más visitadas y muestreadas. Por el contrario, las zonas remotas o de difícil acceso pueden estar infrarrepresentadas en las colecciones botánicas, lo que conduce a una comprensión incompleta de la distribución de las especies vegetales en estas regiones.

Actualmente, Ecuador mantiene cuatro iniciativas de conservación, Sistema Nacional de Áreas Protegidas (SNAP), Bosques y Vegetación Protectores (BVP), Patrimonio Forestal Ecuatoriano (PFE) y Socio Bosque (SB), permitiendo una cobertura de protección del 52,4% del territorio en la RAE (MAATE & (SINIAS), 2023). Por lo tanto, debido a la importancia de estas iniciativas para la conservación de la biodiversidad y los recursos forestales, este estudio determinó la cobertura de conservación de las especies forestales más comercializadas dentro de estas iniciativas.

En cuanto al SNAP, nuestros hallazgos arrojaron que esta iniciativa permitió el resguardo del 24,5% de las especies analizadas. Estos patrones de recolección dentro del SNAP ya han sido reportados previamente ya que gran parte de los esfuerzos de recolección botánica realizados históricamente en la RAE se han realizado en el Parque Nacional y Reserva de la Biosfera Yasuní con el mismo nombre (Nabe-Nielsen, 2001; Valencia et al., 2004; Villarroel & Alexander, 2022), ubicado principalmente en la Provincia de Orellana (Guevara Andino et al., 2019), se estima que la Reserva Faunística Cuyabeno ubicada en esta provincia es la segunda área que reporta el mayor número de colecciones botánicas en la REA (Guevara et al., 2017; Valencia & Balslev, 1994). En relación a la Provincia de Napo, en esta región se ubican la Reserva de la Biosfera Sumaco y seis áreas protegidas del SNAP (Parque Nacional Cayambe Coca, Parque Nacional Sumaco Napo-Galeras, Parque Nacional Llanganates, parte del Parque Nacional Cotopaxi, Reserva Ecológica Antisana y Reserva Biológica Colonso Chalupas), en

donde se han reportado diversas investigaciones enfocadas en caracterizar la biodiversidad florística presente en la zona (Homeier et al., 2010; Lozano et al., 2020; Torres et al., 2020).

No obstante, en lo que corresponde al número de especies, se evidenció que la Provincia de Morona Santiago alberga el mayor número. Este esfuerzo de muestreo puede estar relacionado a que en esta zona existen dos sitios de gran interés para la conservación como son el Kutukú, el Bosque Protector Cordillera Shaimi y la Cordillera del Cóndor. Ambos sitios han sido ampliamente estudiados por su riqueza biológica (Ballesteros et al., 2016; Benítez, 2003; Churchill et al., 2009; Espinosa, 2019) y son considerados áreas prioritarias para la conservación (Cuesta et al., 2017).

En general, nuestros hallazgos destacan el papel fundamental que desempeñan las áreas protegidas en la contribución a los patrones de recolección y la cobertura de conservación de las especies maderables en la RAE. Estas iniciativas desempeñan un papel fundamental en la protección de la biodiversidad y la promoción de prácticas de gestión sostenibles en la región. Mejorar la protección y la gestión de estas áreas será esencial para garantizar la supervivencia a largo plazo de especies maderables valiosas y mantener la integridad ecológica de la Amazonía ecuatoriana.

Mientras tanto, respecto a la iniciativa BVP, nuestros resultados indican que esta iniciativa ofrece un porcentaje de cobertura de 10,2% a las especies analizadas. Los patrones de recolección identificados demostraron un mayor esfuerzo de recolección al interior de siete BVP. Por ejemplo, en la provincia de Sucumbíos destaca el Bosque Protector Pañacocha (De Jorgenson, 2003), seguido del Bosque Protector Cerro Sumaco ubicado dentro de las Provincias de Orellana y Napo (Cañadas Álvaro et al., 2012; Valarezo et al., 2001), mientras que en la Provincia de Pastaza destacan los Bosques Protectores Pablo López del Oglán y La Moravia (Acevedo et al., 2016; M. Zambrano et al., 2019). Por otro lado, para la provincia de Morona Santiago, se observó una mayor recolección al interior de los bosques protectores Cordilleras Kutukú, Shaimi y Tinajillas (Jumbo Salazar et al., 2018; Rivadeneira Torres, 2012). Finalmente, se evidenció un mayor número de colecciones botánicas en el Bosque Protector Cuenca Alta del Río Nangaritza perteneciente a la Provincia de Zamora Chinchipe (Jadán & Aguirre, 2011).

En cuanto al PFE, nuestros datos revelaron que esta iniciativa contribuyó con el 9% de la cobertura de protección a nivel de RAE. En este sentido, fue posible demostrar que los patrones de recolección se registraron en las Provincias de Sucumbíos, Orellana y Napo. Estos patrones

pueden estar asociados en primer lugar a la alta diversidad reportada en estas áreas y a la presencia de estrategias globales de conservación y desarrollo sostenible, como las Reservas de la Biosfera Yasuní en Orellana, la Reserva de la Biosfera Sumaco en Sucumbíos, Napo y parte de Orellana, donde históricamente se han realizado múltiples inventarios florísticos (Bass et al., 2010; Cañadas Álvaro et al., 2012; Guevara Andino et al., 2019; Guevara et al., 2017; Lozano et al., 2020).

De igual forma, en lo que corresponde al programa SB, se pudo determinar que esta iniciativa al igual que el PFE, permitiría que las especies maderables analizadas tengan una cobertura de protección del 9% dentro de los límites administrativos de la RAE. Por lo tanto, se pudo constatar la presencia de predios incluidos dentro de la iniciativa SB en las seis provincias de la RAE (MAATE, 2024a). Sin embargo, la mayor parte de estos predios y el esfuerzo de recolección se concentran en la Provincia de Pastaza (M. Zambrano et al., 2019). Esto puede estar asociado a que la provincia de Pastaza destaca por ser la más extensa y aún mantener el 94,1% de bosque nativo (2.805.232,17%) (MAATE & (SINIAS), 2023), donde se ubican el 35% del territorio del Parque Nacional Yasuní y 7 de las 14 nacionalidades indígenas del Ecuador (GADPAZ, 2021; Stickler et al., 2018). Esto ha provocado que la mayor cantidad de territorio del PSB se encuentre en esta provincia, lo que constituye un ejemplo positivo de pagos por servicios ambientales (PSA) para la conservación de los bosques y donde se pueden generar mayores esfuerzos de muestreo.

Al analizar el SNAP como una iniciativa de conservación, los resultados indican que esta categoría de conservación es susceptible de conservar actualmente el 24,5% de las especies estudiadas, mientras que el 75,5% restante estaría fuera de cualquier área de conservación. Estos valores de cobertura de conservación son similares a los reportados por (Cuesta et al., 2017) en un estudio realizado para Ecuador continental, sugiriendo que el 72% (4437 especies) de las plantas vasculares endémicas amenazadas de Ecuador están fuera de los límites de protección del SNAP. Esta información es alarmante, ya que las especies no protegidas serían vulnerables a la tala ilegal, otras amenazas antropogénicas e incluso a los efectos del cambio climático (Bonilla-Bedoya et al., 2017; Mestanza-Ramón et al., 2023; Torres et al., 2015). Sin embargo, al analizar la cobertura de las cuatro iniciativas de conservación (SNAP, BVP, PSB y PFE), nuestros resultados muestran una reducción de hasta el 48,3% (209 especies) de las especies analizadas que actualmente se encuentran desprotegidas dentro de estas categorías en Ecuador. En este contexto, los resultados obtenidos resaltaron la importancia de promover e implementar otras opciones de conservación adicionales al SNAP para la conservación de los recursos

forestales, como el PSB, BVP y PFE. Esta falta de protección brinda una oportunidad única para promover la conservación de las especies maderables analizadas a través de la cooperación con las comunidades locales (Fa et al., 2020; Reed, 2011).

6.2. Aprovechamiento forestal maderable y su estado de conservación

Dentro de las RAE, nuestra investigación sobre las categorías de conservación de la UICN arroja luz sobre una distribución matizada. Un sustancial 67,6% (142 especies) de las especies forestales examinadas están en la categoría LC (Preocupación Menor); 3,3% (7 especies) como VU (Vulnerable) y 1% (2 especies) como EN (En Peligro). Estos hallazgos se alinean con la base de datos de (Guevara Andino et al., 2019) de árboles de tierras bajas en la RAE, donde se encontraron 106 especies en LC, 78 especies en estado VU y 16 especies en peligro EN y a los datos encontrados por (Maillard et al., 2018) que en sus resultados encontró especies en ecosistemas que en su mayoría se encontraban en LC evidenciando una falta de investigaciones referentes a la temática.

Un interesante paralelismo surge al considerar los patrones globales (Brummitt et al., 2015), proponen que aproximadamente el 65% de las especies de plantas de todo el mundo pueden encontrarse en la categoría LC (Preocupación Menor), una tendencia de la que se hace eco la RAE. Por otro lado, se identificó una especie, *Centrolobium ochroxylum* (0,5% de 210) catalogada como CR (En Peligro Crítico). Esto concuerda con los hallazgos previos, donde se reportó una sola especie en esta categoría de árboles de tierras bajas en la Amazonía (Guevara Andino et al., 2019; Ter Steege et al., 2019). Además, el 1,0% de las especies de nuestro estudio se clasificaron como DD (Datos Insuficientes), lo que sugiere que la información disponible es insuficiente para determinar su nivel de amenaza. Esto se alinea con los patrones globales, donde el 8,1% de las especies vegetales evaluadas a nivel mundial (66.468 especies) se encuentran en la categoría DD (Datos Insuficientes) debido a la falta de información necesaria. En el caso de Ecuador, el 6,7% de las especies (5.512) se encuentran en esta categoría (Callaghan, 2022; Schmidt et al., 2023). A nivel de la RAE, (Guevara Andino et al., 2019) reportaron nueve especies arbóreas como DD (Datos Insuficientes).

Además, en un contexto global, quedan por evaluar un total de 390.287 especies de plantas (Bachman et al., 2019). Mientras tanto, la evaluación global más reciente del estado de amenaza de las plantas (Brummitt et al., 2015) sugiere que nada menos que 115.291 especies de plantas

están clasificadas actualmente como NE (No Evaluada). En este sentido, un hallazgo significativo de nuestra investigación es que el 26,2% (55 spp.) de las especies forestales analizadas no cuentan con una evaluación de la UICN. A nivel de RAE, esta falta de evaluaciones también fue observada por Guevara-Andino et al. (2019), quienes reportaron que el 89% de las especies arbóreas de tierras bajas en RAE no han sido evaluadas por la UICN.

En cuanto a las especies NE (No Evaluada), es importante destacar que, además de conocer su categoría UICN actual, es necesario clasificar si estas especies son comunes o raras. Referente a este estudio, hallazgos recientes reportados por (Enquist et al., 2019) sugieren que alrededor del 36,5% (especies con menos o igual a cinco observaciones) de las aproximadamente 435.000 especies de plantas en la Tierra son extremadamente raras, y existe muy poca información geográfica sobre los patrones de recolección botánica de cada especie. Bajo esta consideración, teniendo en cuenta el número de observaciones propuesto por el mismo autor y considerando la base de datos geográfica previamente reportada por (López-Tobar et al., 2023) en una reciente investigación centrada en el análisis de los patrones de recolección botánica de las especies más comercializadas en la RAE, se podría determinar que el 49,1% (27 spp) de las especies de categoría NE (No Evaluada) serían consideradas actualmente como raras debido a su limitado número de observaciones reportadas (menor o igual a 5 observaciones).

La vulnerabilidad inherente de las especies clasificadas como raras acentúa su susceptibilidad a la disminución de la población y a un mayor riesgo de extinción (Engemann et al., 2015; Enquist et al., 2019).

La necesidad de evaluar el riesgo de extinción de las especies vegetales tanto a escala mundial como local ha sido ampliamente destacada en diversos estudios (Betts et al., 2020; Guevara Andino et al., 2019). Sin embargo, la Lista Roja de la UICN se enfrenta a retos sustanciales en su intento de mantener las evaluaciones actualizadas y disminuir la proporción de especies con datos insuficientes (Cazalis et al., 2023). Dentro de esta perspectiva, las evaluaciones automatizadas basadas en registros geográficos de ocurrencia disponibles en formato digital podrían adquirir una importancia vital, ya que permitirían detectar especies o grupos que se enfrentan a un mayor riesgo de extinción. Esto permitiría orientar los esfuerzos de evaluación manual hacia aquellas especies que tienen una mayor necesidad de cuidados (Zizka, Silvestro, et al., 2021).

6.3. Tipificación de las especies forestales maderables y potencial económico en la RAE

Los resultados obtenidos en la categorización de especies maderables según su calidad, valor económico y usos en el mercado, con énfasis en el contexto de la Región Amazónica ecuatoriana no solo evidencia la segmentación del mercado maderero, sino que también subraya la importancia de implementar estrategias integrales para garantizar la sostenibilidad del sector.

El análisis muestra una clara diferenciación de precios entre las categorías de madera (Muy fina, Fina, Corriente y Ordinaria) basada en propiedades de preferencia de los depósitos y aserraderos y preferencias del consumidor final. Las maderas Muy finas y Finas dominan los mercados de productos de mayor valor agregado, mientras que las Corrientes y Ordinarias son preferidas en mercados más amplios, pero de usos diferentes como por ejemplo construcciones civiles, datos que fueron similares a los encontrados por (Mejía et al., 2015) en un estudio sobre aprovechamiento forestal en la amazonia peruana, donde encontró que las maderas consideradas “Duras” que en nuestra investigación consideramos Muy finas y Finas, son las que más rentabilidad según tipo de madera y sus productos fueron predominantes en los mercados de madera analizados, de igual manera con la misma autora (Mejía & Pacheco, 2013) en un estudio realizado en la amazonia ecuatoriana.

Estas diferencias reflejan la heterogeneidad del mercado maderero y su dependencia en la calidad de los productos. Sin embargo, este escenario plantea retos significativos en cuanto a la sostenibilidad del negocio maderero. Por ejemplo, especies como *Cedrelinga cateniformis* (Chuncho), dominante en la categoría Muy fina, presentan un riesgo de mayor aprovechamiento debido a su alta demanda en el mercado maderero y esto se refleja con su inclusión en el listado de especies de aprovechamiento condicionado por parte del MAATE (Ministerio del Ambiente de Ecuador, 2015), información que concuerda con las investigaciones realizadas por (Congo Espinosa & Congo, 2016; Congo Espinosa Germán; et al., 2022; Mejía & Pacheco, 2013) quienes detallan que las especies consideradas duras las cuales nosotros clasificamos como muy finas y finas son las que mayor aprovechamiento presentan.

La incorporación de herramientas para el manejo forestal sostenible tales como sistemas de información geográfica y la aplicación de bases de datos integradas pueden fortalecer la trazabilidad y la gestión de las actividades de aprovechamiento forestal, sumado a la toma de conciencia por parte de los involucrados es crucial para garantizar la sostenibilidad ecológica, especialmente en el caso de especies con alto aprovechamiento forestal por la presión

comercial, recomendación que fue considerada por (WWF - Ecuador, 2022) en investigaciones realizadas sobre temas similares de aprovechamiento forestal en zonas de frontera ecuatoriana. Asimismo, los datos económicos reflejan un potencial significativo en términos de ingresos, particularmente en las categorías de mayor calidad. Por ejemplo, el potencial de venta de la madera Muy fina supera los \$37 millones, lo que resalta la contribución del sector al Producto Interno Bruto del país y la necesidad de políticas públicas orientadas a equilibrar el desarrollo económico con la conservación de los recursos forestales, contribuyendo con el sector silvicultura, extracción de madera y actividades relacionadas que a nivel nacional aportó con más de USD 691 millones en el año 2021 en la economía del Ecuador según información proporcionada por (Merizalde-Véliz et al., 2023).

Por otro lado, las especies de madera Fina, como *Erisma uncinatum* (Arenillo), aunque menos restringida (no está en listado de aprovechamiento forestal condicionado), también requieren mayor atención. Su amplio uso y alto valor económico (\$100 millones en ventas potenciales) indican la necesidad de estudios más profundos sobre su biología y ecología para evitar situaciones de aprovechamiento insostenible, coincidiendo con (Congo Espinosa Germán; et al., 2022; Mejía et al., 2015; Mejía & Pacheco, 2014) quienes ya en sus investigaciones referían a esta y otras especies como de mayor aprovechamiento y recomiendan se analice el aprovechamiento de estas especies. Igualmente, las categorías Corriente y Ordinaria, aunque económicamente relevantes, se ven limitadas por su bajo valor comercial relativo, lo que podría motivar a los productores a priorizar especies de mayor calidad, incrementando la presión sobre estas últimas.

En este contexto, surgen dos preguntas clave: ¿Cómo pueden los mercados ser incentivados para valorar de forma más equitativa las maderas consideradas de menor calidad, para de esta manera promover su aprovechamiento sostenible? Esta pregunta invita a reflexionar sobre estrategias de diversificación de productos y políticas comerciales que fortalezcan el aprovechamiento y uso de especies Corrientes y Ordinarias, reduciendo la presión sobre las consideradas de mayor calidad.

Otra pregunta importante es: ¿Qué mecanismos de gobernanza y financiamiento sostenible pueden implementarse para asegurar el cumplimiento de las restricciones de aprovechamiento y combatir la tala ilegal? Este enfoque implica fortalecer la cooperación entre actores locales, instituciones públicas y comunidades para garantizar que el manejo forestal no solo sea sostenible, sino también inclusivo y adaptado a las necesidades locales. Estas interrogantes

abren la puerta a futuras líneas de investigación y acciones estratégicas que puedan consolidar un manejo integral de los recursos forestales en la RAE, asegurando su viabilidad a largo plazo tanto desde una perspectiva económica como ecológica.

El estudio sugiere realizar nuevas investigaciones sobre las propiedades físicas y químicas de las maderas pertenecientes a las categorías menos utilizadas, orientados a determinar su potencial para diversificar el uso maderero en un país con una alta diversidad de especies como Ecuador, ya la autoridad forestal ecuatoriana ha realizado investigaciones de este tipo en todo el país considerando varias especies del SAF (MAE ; FAO, 2014) así como otros investigadores (Cartuche, 2022) en especies forestales existentes en el sur del Ecuador y (Moya et al., 2010) en especies de plantaciones forestales. Estas investigaciones sumadas a las existentes permitirían identificar características específicas que podrían hacerlas más competitivas en el mercado, tales como resistencia mecánica, durabilidad natural, trabajabilidad y resistencia a condiciones ambientales adversas. Además, el análisis químico podría revelar propiedades valiosas para aplicaciones alternativas, como la fabricación de compuestos derivados de la madera, bioenergía o incluso usos en la industria farmacéutica.

Adicionalmente, los resultados reflejan la necesidad de realizar investigaciones puntuales y por regiones detalladas sobre los precios y mercados de madera en la RAE, considerando las propiedades y particularidades de las distintas categorías, lo cual es fundamental para fomentar un aprovechamiento forestal diversificado y sostenible. Actualmente, las maderas de alta calidad, como las clasificadas como "Muy Finas" y "Finas," dominan los mercados de productos de mayor valor agregado, mientras que las categorías "Corrientes" y "Ordinarias" son menos demandadas y relegadas a usos más básicos; estos resultados concuerdan con (Reyes Morán et al., 2019) quienes encontraron que entre las 10 especies con mayor demanda en la provincia de Napo las especies *Cedrelinga cateniformis*, *Vochysia* sp, *Guarea* sp, *Ocotea* sp, *Nectandra* sp, *Otoba* sp, *Virola* sp, *Erismia uncinatum*; tal como (Mejía & Pacheco, 2013) que encontraron que en Napo y Orellana existe un fuerte comercio de maderas catalogadas como finas en el mercado local.

Estudios enfocados en las propiedades específicas de estas categorías menos utilizadas podrían identificar nuevos usos comerciales y abrir mercados alternativos, aumentando su valor y contribuyendo a la reducción de presión sobre las especies más aprovechadas. Este enfoque no solo beneficiaría económicamente al sector forestal, sino que también promovería una gestión más equitativa de los recursos, diversificando la oferta en mercados locales e internacionales y

fortaleciendo la sostenibilidad a largo plazo del sector maderero en la RAE, esto concuerda con el análisis realizado por (Jadán et al., 2015) sobre el uso de especies menos conocidas para bajar la presión por el aprovechamiento de especies más comerciales del bosque nativo.

6.4. Implicaciones políticas

6.4.1. Esfuerzo de muestreo botánico: implicaciones para las evaluaciones nacionales forestales (ENF) y la gestión sostenible del bosque

Para fortalecer el marco normativo del monitoreo y la conservación forestal en Ecuador, es fundamental abordar los vacíos de información identificados en el muestreo botánico. Esto subraya la necesidad de que la autoridad forestal ecuatoriana establezca políticas nacionales que obliguen a realizar inventarios forestales actualizados, sistemáticos y representativos, con un enfoque prioritario en áreas de alta biodiversidad. Dicho marco normativo debería incorporar estándares claros y específicos para la frecuencia, los métodos y la cobertura geográfica de los muestreos, garantizando que se generen datos consistentes y de alta calidad, corroborándose esta situación con las iniciativas existentes en el Ecuador al estar realizando ya la segunda evaluación forestal (FAO, 2004; MAATE & FAO, 2013; MAE, 2020; Segura et al., 2015).

En este contexto, la implementación de la segunda Evaluación Nacional Forestal (2024-2025), tras la primera realizada en 2013 (MAATE & FAO, 2013) representa una oportunidad clave para consolidar este marco. La integración de resultados actualizados permitirá no solo reducir las brechas de información, sino también desarrollar estrategias más efectivas para la conservación y manejo sostenible de los recursos forestales en la RAE, alineando los esfuerzos locales con los compromisos internacionales en materia de biodiversidad y cambio climático.

En este sentido, los resultados obtenidos en el capítulo 5.1 de esta investigación tienen importantes implicaciones políticas en el contexto de las Evaluaciones Nacionales Forestales (ENF). La información generada evidencia desigualdades en los esfuerzos de muestreo y en el conocimiento sobre la distribución y aprovechamiento de especies maderables clave. Esto resalta la necesidad de fortalecer las políticas públicas relacionadas con la gestión forestal sostenible, particularmente en áreas no protegidas donde la información es limitada y los recursos están más expuestos a la sobreexplotación. Una primera implicación es la necesidad de garantizar que los datos recopilados en la segunda ENF (2024-2025) o en las subsiguientes incluyan un enfoque diferenciado para estas áreas, priorizando estrategias de monitoreo que reduzcan las brechas de información y permitan diseñar políticas más inclusivas y efectivas para la conservación y uso sostenible de los recursos forestales.

Una segunda implicación política está relacionada con el fortalecimiento de la gobernanza forestal en Ecuador. Los resultados del esfuerzo de muestreo botánico, combinados con las

ENF, pueden servir como base para establecer mecanismos de planificación territorial más robustos, especialmente en zonas de alta presión maderera fuera de áreas protegidas. Esto incluye la implementación de políticas que promuevan la participación activa de las comunidades locales en el monitoreo y manejo forestal, integrando sus conocimientos tradicionales con los datos científicos generados. Además, los resultados subrayan la importancia de alinear las políticas nacionales de conservación y aprovechamiento forestal con los compromisos internacionales, como los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) y las metas del Decenio de la Restauración de la ONU, el desafío de Bonn para recuperar 350 millones de hectáreas de bosques y tierras hasta el 2030 (UICN, 2020), asegurando que las decisiones políticas estén respaldadas por información científica de alta calidad y representatividad nacional.

Una tercera implicación política es clave es la descentralización del esfuerzo de muestreo botánico mediante el fortalecimiento de capacidades locales y comunitarias. Dado que el esfuerzo de muestreo varía entre las regiones naturales del Ecuador, es fundamental que la Autoridad Forestal diseñe políticas que transfieran capacidades técnicas y recursos a los gobiernos locales y comunidades indígenas, quienes tienen un contacto directo y constante con los bosques. Esta descentralización no solo garantizará un monitoreo más continuo y representativo de los ecosistemas forestales, sino que también empoderará a los actores locales, promoviendo una gestión forestal participativa y sostenible.

Además, el análisis de los patrones de muestreo resalta la necesidad de fomentar investigaciones científicas continuas en las áreas de bosque nativo. Para lograrlo, se recomienda establecer fondos nacionales que incentiven proyectos académicos y comunitarios orientados al monitoreo de especies maderables de todo tipo, incluyendo las menos estudiadas o de menor uso comercial. Estos incentivos no solo asegurarían la sostenibilidad económica de los esfuerzos de monitoreo e investigación, sino que también fortalecerían la base de conocimiento para tomar decisiones informadas en el manejo forestal, alineando los esfuerzos locales con las metas nacionales e internacionales de conservación.

6.4.2. Aprovechamiento maderable: implicaciones políticas para potenciar el manejo forestal sostenible

Las implicaciones políticas derivadas de los resultados del capítulo 5.2 de esta investigación subrayan la necesidad de ajustar y fortalecer las políticas nacionales para garantizar un manejo forestal sostenible en la RAE. Estas políticas deben enfocarse en integrar el conocimiento científico sobre el estado de conservación de las especies maderables, optimizar los programas existentes de conservación y manejo, e incentivar prácticas de extracción responsables que promuevan la regeneración natural. En este contexto, se destacan tres acciones prioritarias que

buscan equilibrar la conservación de la biodiversidad forestal con el desarrollo económico regional, garantizando así la sostenibilidad a largo plazo del sector forestal en Ecuador.

Integración de criterios de conservación en la regulación forestal. - Se debe incorporar el estado de conservación de las especies, según las categorías de la UICN, en las normativas nacionales que regulan el aprovechamiento forestal. Esto implica establecer restricciones específicas o mayores requisitos de manejo para las especies categorizadas como "En Peligro" o "Vulnerables", tales como planes de manejo más rigurosos, cuotas de aprovechamiento limitadas y la obligatoriedad de implementar programas de restauración. Además, sería necesario crear incentivos fiscales o económicos para los actores del sector forestal que adopten prácticas de manejo sostenible que protejan estas especies clave.

Revisión de programas de conservación existentes. - Es necesario reajustar las estrategias de programas como Socio Bosque y el SNAP para garantizar que las áreas bajo conservación reflejen una representación adecuada de las especies maderables más amenazadas o de mayor aprovechamiento reportadas en áreas no protegidas. Esto puede lograrse a través de la designación de nuevas áreas de conservación, especialmente en zonas con altos niveles de biodiversidad y presión maderera, y promoviendo colaboraciones público-privadas que amplíen el alcance de estas iniciativas. Asimismo, se deben incorporar monitoreos más efectivos y transparentes para evaluar el impacto de estas políticas en la preservación de las especies forestales.

Promoción de políticas de bajo impacto y regeneración natural. - Se debe implementar políticas que incentiven prácticas de extracción de bajo impacto ecológico (UICN, 2020) y sistemas de manejo que prioricen la regeneración natural de especies forestales explotadas (UICN, 2020). Estas políticas podrían incluir subsidios para la adopción de tecnologías de baja intensidad, la capacitación técnica para comunidades locales y empresas forestales, y programas de monitoreo que aseguren la recuperación de los bosques. Adicionalmente, se deben establecer mecanismos de financiamiento sostenible, como pagos por servicios ambientales o acceso preferencial a mercados internacionales de madera certificada (UICN, 2020), que incentiven a los productores a comprometerse con prácticas forestales responsables.

6.4.3. Tipificación de las especies forestales maderables: implicaciones para la diversificación de mercados y el manejo sostenible de especies maderables en la RAE

Considerando que la gestión sostenible del sector forestal en la RAE enfrenta desafíos significativos debido a la dependencia del mercado en especies maderables de alta calidad, mientras que las categorías de menor calidad permanecen subutilizadas. Este desequilibrio genera una presión excesiva sobre un grupo limitado de especies, comprometiendo su

sostenibilidad a largo plazo (Valenzuela et al., 2022). En este contexto, es fundamental desarrollar políticas públicas orientadas a diversificar los mercados, incentivar la certificación de origen sostenible y promover la investigación aplicada sobre las propiedades de las maderas menos valoradas. Estas acciones no solo contribuirán a equilibrar el aprovechamiento forestal, sino que también fomentarán la inclusión de especies subutilizadas en mercados especializados, generando un impacto positivo en las economías locales y en la conservación de los recursos naturales. Las siguientes tres implicaciones políticas identificadas en este estudio buscan abordar estos retos y sentar las bases para un manejo forestal más equitativo y sostenible:

Fomento de la diversificación de mercados para maderas de menor calidad. - Es crucial implementar políticas públicas que incentiven la investigación y promoción de usos alternativos para las maderas clasificadas como "Corrientes" y "Ordinarias". Esto puede incluir subsidios o financiamiento para proyectos que desarrollen tecnologías o procesos que resalten las propiedades físicas y químicas de estas categorías, permitiendo su inserción en mercados especializados (Mejía et al., 2014). Además, la diversificación del mercado reduciría la presión sobre especies de alta calidad, promoviendo un equilibrio en el aprovechamiento forestal.

Incentivos para la certificación y comercialización sostenible. - Se recomienda establecer programas de incentivos económicos y fiscales para productores y empresas que certifiquen el origen sostenible de su madera y comercialicen productos derivados de todas las categorías. Esto podría incluir acceso preferencial a mercados internacionales o beneficios fiscales, estimulando un manejo forestal más responsable que valore las categorías menos utilizadas.

Desarrollo de estrategias de mercado basadas en la investigación. - El diseño de estrategias de mercado debe basarse en datos sólidos sobre las propiedades y potencial de cada categoría de madera. Las políticas estatales deben apoyar la creación de bases de datos nacionales que vinculen las propiedades específicas de las especies maderables con posibles aplicaciones comerciales. Esto facilitaría la generación de valor agregado en mercados locales e internacionales y fortalecería la competitividad del sector forestal ecuatoriano en el marco de una economía sostenible

CAPITULO VII

Conclusiones y Recomendaciones

7. Conclusiones y Recomendaciones

Fruto de esta investigación, se han elaborado once conclusiones, cada una acompañada de una recomendación práctica que aborda los desafíos identificados en el manejo forestal de la RAE. Estos hallazgos ofrecen insumos clave para el diseño de la Estrategia Nacional Forestal (ENF), actualmente en desarrollo en Ecuador mediante un proceso participativo liderado por la autoridad forestal el Ministerio del Ambiente, Agua y Transición Ecológica (MAATE). Los resultados obtenidos, junto con los artículos científicos generados a partir de esta investigación, constituyen una base sólida para informar y fortalecer las políticas públicas, priorizando la conservación, el manejo sostenible y el desarrollo socioeconómico basado en los recursos forestales. Este capítulo sintetiza dichas conclusiones y recomendaciones, resaltando su relevancia para garantizar un manejo forestal alineado con los objetivos nacionales de sostenibilidad y las necesidades locales.

- 1) Los resultados evidencian la necesidad de uniformidad en el muestreo botánico de especies forestales. Históricamente las colecciones botánicas en la RAE han sido realizadas principalmente por investigadores nacionales e internacionales, a menudo con financiamiento externo, lo que ha generado una falta de uniformidad en los métodos, frecuencia y objetivos del muestreo. Esta diversidad metodológica ha resultado en datos fragmentados y no siempre comparables, dificultando un análisis integral de la diversidad arbórea.

Considerando la actualidad forestal, se recomienda establecer protocolos estandarizados a nivel nacional que permitan garantizar la representatividad y comparabilidad de los datos botánicos entre las diferentes regiones naturales del Ecuador. Estos protocolos deben estar orientados a identificar y priorizar zonas con vacíos de información, asegurando que los esfuerzos de muestreo se concentren en áreas críticas para la conservación y el manejo forestal sostenible. Este enfoque fortalecería la capacidad del país para generar información científica robusta y guiar estrategias de conservación efectivas en el contexto de los desafíos globales como el cambio climático y la pérdida de biodiversidad.

- 2) Presión sobre especies de alto valor comercial. El análisis del aprovechamiento forestal en la RAE evidencia una intensa presión sobre especies clasificadas en las categorías de Muy Fina y Fina, las cuales dominan el mercado debido a su alta demanda y elevado valor económico. Especies como *Cedrelinga cateniformis* (USD 201 compra y 345 venta el m³),

Erisma uncinatum (USD 160 compra y 288 venta el m³), dominan las categorías comerciales Muy Fina, Fina respectivamente, posicionándolas como las más explotadas en el mercado maderero. Esta presión excesiva no solo compromete la sostenibilidad de estas especies, sino que también genera un impacto negativo en la biodiversidad de los bosques amazónicos.

Por esa razón, para las maderas clasificadas en las categorías Corriente y Ordinaria, *Otoba parvifolia* (USD 128 compra y 258 venta el m³) y *Ceiba pentandra* (USD 149 compra y 250 venta el m³), que están subutilizadas en el mercado a pesar de su potencial para diversificar la economía forestal, se sugiere promover investigaciones sobre sus propiedades y fomentar su uso en aplicaciones industriales y comerciales. El incremento de su uso podría contribuir a aliviar la presión sobre las especies de mayor valor, equilibrar la extracción forestal y fortalecer un manejo forestal más inclusivo y sostenible.

- 3) Los resultados muestran que, en los últimos diez años, solo se han reportado oficialmente 2 m³ de aprovechamiento de cedro (*Cedrela odorata*) en la Amazonía ecuatoriana, lo cual refleja la prohibición de su explotación debido a su inclusión en el Apéndice II de CITES y su categorización como "Vulnerable" por la UICN, atribuida a su similitud con *Swietenia macrophylla*. Sin embargo, este bajo registro contrasta con el conocimiento de su alto potencial de regeneración natural y con la evidencia de que se aprovecha informalmente en cantidades significativas, utilizando permisos otorgados a otras especies con características físicas similares.

Se recomienda realizar investigaciones exhaustivas sobre *Cedrela odorata* para evaluar con mayor precisión su estado de conservación y la pertinencia de su inclusión en el Apéndice II de CITES. Estas investigaciones deben centrarse en su capacidad de regeneración natural, su dinámica poblacional y su potencial para plantaciones forestales sostenibles. Dado que esta especie tiene un alto potencial de regeneración y es altamente valorada en el mercado maderero, su aprovechamiento regulado podría representar una fuente importante de ingresos para las comunidades locales y contribuir al desarrollo económico de las familias en la región.

Además, es esencial fortalecer los sistemas de trazabilidad y monitoreo para diferenciar el manejo legal del informal, evitando prácticas que comprometan la sostenibilidad de los bosques. Finalmente, el diseño de programas piloto de plantaciones forestales con *Cedrela*

odorata podría ser una solución viable para satisfacer las demandas del mercado, garantizar la conservación de los bosques nativos y mejorar las economías locales. Estas acciones permitirían un enfoque más equilibrado entre la conservación y el aprovechamiento responsable de esta especie emblemática.

- 4) Desconexión entre conservación y dinámicas de mercado. Los resultados de esta investigación evidencian una desconexión significativa entre los indicadores de conservación y las dinámicas económicas del mercado maderero en Ecuador, lo que dificulta la implementación de políticas que equilibren las necesidades económicas con los objetivos ecológicos. Esta desconexión se refleja en la priorización de especies de alto valor comercial sin un enfoque integral que considere su sostenibilidad, mientras que las categorías de madera menos valoradas permanecen subutilizadas, limitando las oportunidades para diversificar el mercado.

Para cerrar esta brecha, se recomienda fortalecer no solo el mercado formal de madera, sino también promover políticas que incentiven las compras responsables de productos provenientes de bosques manejados de manera sostenible. Esto incluye campañas de sensibilización para consumidores, certificaciones obligatorias de origen sostenible, y el diseño de incentivos fiscales y económicos que fomenten el comercio de madera legal y responsable. Estas acciones permitirían vincular las estrategias de conservación con las dinámicas de mercado, asegurando una economía forestal más equilibrada y compatible con los objetivos de sostenibilidad ambiental.

- 5) Necesidad de fortalecer la gobernanza forestal. Aunque esta investigación no abordó directamente la gobernanza forestal, los resultados sobre el aprovechamiento maderero y el escaso monitoreo en áreas de conservación y no protegidas resaltan su importancia como un tema crítico para el manejo sostenible de los bosques. La falta de patrones de muestreo consistentes y representativos en estrategias de conservación clave, como el Sistema Nacional de Áreas Protegidas (SNAP), el Programa Socio Bosque (PSB), los Bosques Protectores y el Patrimonio Forestal del Estado (PFE), pone en evidencia la necesidad de fortalecer los mecanismos de gobernanza para garantizar una gestión más efectiva de los recursos forestales. En particular, las áreas fuera de protección, que son aptas para manejo forestal, presentan un desafío adicional, ya que suelen carecer de monitoreo adecuado, lo que incrementa la presión sobre los recursos.

Los resultados obtenidos resaltan la urgencia de implementar políticas de gobernanza más robustas que integren el monitoreo participativo, involucrando a las comunidades locales y actores clave en la gestión de los recursos. Este enfoque no solo mejoraría la sostenibilidad del aprovechamiento forestal, sino que también fortalecería las estrategias de conservación existentes, asegurando un manejo integral que responda a las necesidades ecológicas, económicas y sociales de la región.

- 6) Mecanismos de control y trazabilidad. Los resultados de esta investigación destacan la importancia de fortalecer los mecanismos de control y trazabilidad en el comercio maderero de la RAE. Aunque no se analizó específicamente la tala ilegal, los datos obtenidos revelan un aprovechamiento intensivo de especies de alta demanda, como *Cedrelinga cateniformis* y *Erisma uncinatum*, que podría estar exacerbado por dinámicas del mercado informal. Estas prácticas dificultan la gestión sostenible de los recursos forestales y generan distorsiones en la economía formal, afectando tanto los ingresos fiscales como los esfuerzos de conservación.

Bajo este contexto, los resultados sugieren la necesidad de priorizar el monitoreo efectivo de los flujos de madera y la implementación de sistemas de trazabilidad robustos, que garanticen el origen legal y sostenible de los productos forestales. Además, es crucial fomentar investigaciones futuras que analicen de manera directa las dinámicas del mercado informal, a fin de desarrollar políticas más efectivas para mitigar su impacto y fortalecer la gobernanza forestal en la región

- 7) Los resultados obtenidos resaltan la relevancia de las Evaluaciones Nacionales Forestales (ENF) como herramientas fundamentales para generar datos sólidos y representativos sobre el estado de los bosques. Estas evaluaciones no solo proporcionan una base de conocimiento robusta para monitorear la dinámica forestal, sino que también permiten identificar tendencias, áreas críticas y especies prioritarias, lo que resulta esencial para la planificación estratégica.

Se recomienda que los datos generados por las ENF sean de acceso para académicos e investigadores que propendan a respaldar análisis e investigaciones que contribuyan al desarrollo e implementación de prácticas de Manejo Forestal Sostenible (MFS). Dado que estos datos son claves para evaluar la efectividad de las políticas existentes, identificar vacíos de información y orientar acciones específicas que promuevan el equilibrio entre el

aprovechamiento económico y la conservación ecológica. En este sentido, las ENF se consolidan como un pilar central para diseñar estrategias basadas en evidencia que respondan a los desafíos actuales y futuros del sector forestal en Ecuador.

- 8) El capítulo 5.3 evidencia la clasificación de maderas en categorías basadas en sus propiedades y precios, destacando que las especies menos conocidas, generalmente clasificadas en las categorías "Corrientes" y "Ordinarias," están subutilizadas, pese a su significativo potencial económico. Estas especies, a menudo relegadas a usos secundarios, podrían diversificar la economía forestal si se fomentara su valorización mediante la investigación de sus propiedades físicas, químicas y mecánicas.

Se recomienda promover estas especies como alternativas viables en los mercados podría aliviar la presión sobre las especies de alta demanda, que dominan las categorías "Muy Fina" y "Fina" (ver capítulo 5.3). Al mismo tiempo, este enfoque contribuiría a expandir el mercado forestal hacia aplicaciones industriales, artesanales o innovadoras, integrando un mayor número de actores en la cadena de valor y favoreciendo un manejo forestal más sostenible y equilibrado.

- 9) El manejo forestal sostenible en la RAE debe reconocer e integrar las dinámicas sociales y económicas locales, ya que una parte significativa del aprovechamiento maderero ocurre en territorios habitados por comunidades indígenas y rurales. Estas comunidades dependen directamente de los recursos forestales para su sustento, lo que las convierte en actores clave en la implementación de estrategias de conservación.

Se recomienda diseñar e implementar políticas públicas que promuevan la participación activa de las comunidades indígenas y rurales en el manejo forestal sostenible. Esto incluye el desarrollo de programas de capacitación técnica adaptados a sus necesidades, la creación de incentivos económicos para prácticas de aprovechamiento responsable y la integración de sus conocimientos tradicionales en los planes de manejo. Además, es fundamental fortalecer su acceso a mercados formales mediante esquemas de comercio justo y certificación de productos forestales sostenibles. Estas acciones no solo contribuirán a la conservación de los bosques, sino que también garantizarán beneficios económicos y sociales directos para las comunidades, fortaleciendo su rol como guardianes del patrimonio forestal.

- 10) La explotación intensiva de especies maderables como *Cedrelinga cateniformis* (Chuncho) y *Erismia uncinatum* (Arenillo), destacada en el capítulo 5.2, ponen en riesgo la sostenibilidad de los bosques en la RAE. Estas especies, altamente valoradas en el mercado por sus características físicas y mecánicas, enfrentan una presión creciente debido a la extracción no regulada y la falta de prácticas de manejo adecuadas.

Ante este panorama, se recomienda complementar las prácticas de extracción actuales con políticas e incentivos que promuevan la regeneración natural de estas especies severamente aprovechadas. Esto podría incluir programas de reforestación y sistemas de manejo forestal sostenible, y esquemas de pago por servicios ambientales que involucren a comunidades locales en la restauración y monitoreo de los bosques. Este enfoque garantizaría no solo la sostenibilidad ecológica a largo plazo, sino también la viabilidad económica del sector forestal y la conservación de la biodiversidad en la región

- 11) Es fundamental promover investigaciones científicas continuas que aborden patrones de muestreo, dinámicas de mercado y técnicas de manejo forestal, especialmente en el contexto de los retos emergentes como el cambio climático y la pérdida de biodiversidad. Estos esfuerzos son esenciales para generar conocimiento actualizado que permita desarrollar estrategias efectivas de conservación y uso sostenible de los recursos forestales en la RAE.

Para alcanzar este objetivo, se recomienda considerar a las universidades, institutos técnicos superiores, ONGs, firmas consultoras forestales, etc., quienes deben desempeñar un papel central como promotores y ejecutores de estas investigaciones. Es necesario que estas instituciones fortalezcan sus capacidades en formación e investigación aplicada, desarrollen programas específicos sobre manejo forestal sostenible, y establezcan alianzas estratégicas con comunidades locales, autoridades forestales y organismos internacionales. Asimismo, deberían impulsar la creación de fondos competitivos para financiar proyectos académicos y comunitarios, promoviendo la participación de estudiantes y docentes en la generación de soluciones innovadoras que respondan a los desafíos actuales y futuros del sector forestal

CAPITULO VIII

Referencias

8. Referencias

- Acevedo, V. L., Ulloa, J., & Osejo, J. A. (2016). *Cartografía histórica de áreas naturales protegidas y territorios indígenas de la Amazonía ecuatoriana*. FLACSO Calle, Guatemala.
- Acosta Cevallos, E. G., & Rodríguez Guerrero, B. B. (2015). *Influencia del programa socio bosque en la dinámica de los servicios ambientales de los bosques secos deciduos del Ecuador*.
- Albani Rocchetti, G., Armstrong, C. G., Abeli, T., Orsenigo, S., Jasper, C., Joly, S., Bruneau, A., Zytaruk, M., & Vamosi, J. C. (2021). Reversing extinction trends: new uses of (old) herbarium specimens to accelerate conservation action on threatened species. *New Phytologist*, 230(2), 433-450.
- Almenara, J. C., & Moro, A. I. (2014). Empleo del método Delphi y su empleo en la investigación en comunicación y educación. *Eduotec, Revista electrónica de tecnología educativa*, 48, a272-a272.
- Alvarez Gilberto. (2012). Caracterización y potencial de uso de especies frutales nativas de la región sur de la Amazonía ecuatoriana. *CEDAMAZ*, 2(1).
- Angelsen, A., Jagger, P., Babigumira, R., Belcher, B., Hogarth, N. J., Bauch, S., Börner, J., Smith-Hall, C., & Wunder, S. (2014). Environmental income and rural livelihoods: a global-comparative analysis. *World development*, 64, S12-S28.
- Assessment Millennium Ecosystem. (2005). *Ecosystems and human well-being* (Vol. 5). Island Press, Washington, DC.
- Aulló Maestro, I. C. (2014). *Evaluación del estado de conservación de dos especies forestales priorizadas participativamente en la sub-cuenca del río Quijos, provincia de Napo, Ecuador*.
- Bachman, S. P., Field, R., Reader, T., Raimondo, D., Donaldson, J., Schatz, G. E., & Lughadha, E. N. (2019). Progress, challenges and opportunities for Red Listing. *Biological Conservation*, 234, 45-55.
- Ballesteros, J. L., Bracco, F., Cerna, M., Vita Finzi, P., & Vidari, G. (2016). Ethnobotanical research at the Kutukú Scientific Station, Morona-Santiago, Ecuador. *BioMed research international*, 2016.
- Bass, M. S., Finer, M., Jenkins, C. N., Kreft, H., Cisneros-Heredia, D. F., McCracken, S. F., Pitman, N. C. A., English, P. H., Swing, K., & Villa, G. (2010). Global conservation significance of Ecuador's Yasuní National Park. *PloS one*, 5(1), e8767.
- Benítez, S. (2003). The condor bioreserve in Ecuador. *Mountain Research and Development*, 23(3), 212-214.
- Betts, J., Young, R. P., Hilton-Taylor, C., Hoffmann, M., Rodríguez, J. P., Stuart, S. N., & Milner-Gulland, E. J. (2020). A framework for evaluating the impact of the IUCN Red List of threatened species. *Conservation Biology*, 34(3), 632-643.
- Bonilla-Bedoya, S., Estrella-Bastidas, A., Ordoñez, M., Sánchez, A., & Herrera, M. A. (2017). Patterns of timber harvesting and its relationship with sustainable forest management in the western Amazon, Ecuador case. *Journal of Sustainable Forestry*, 36(5), 433-453.

- Brummitt, N. A., Bachman, S. P., Griffiths-Lee, J., Lutz, M., Moat, J. F., Farjon, A., Donaldson, J. S., Hilton-Taylor, C., Meagher, T. R., & Albuquerque, S. (2015). Green plants in the red: A baseline global assessment for the IUCN sampled Red List Index for plants. *PLoS one*, *10*(8), e0135152.
- Buglass, L. J. (2021). *Informe del Comité Regional del Caribe de la IUCN: acciones y logros 2017-2020*. International Union for Conservation of Nature (IUCN)/Comité Regional del Caribe.
- Buglass, L. J., Rodríguez, J. P., Rodríguez-Clark, K. M., Baillie, J. E. M., Ash, N., Benson, J., Boucher, T., BROWN, C., BURGESS, N. D., Collen, B., & JENNINGS, M. (2021). Definición de categorías de UICN para Ecosistemas Amenazados. *Conservation Biology*, *25*, 21-29.
- Callaghan, D. A. (2022). A new IUCN Red List of the bryophytes of Britain, 2023. *Journal of Bryology*, *44*(4), 271-389.
- Cañadas Álvaro, Rivadeneira, T., Andrade, J., & Aguirre, P. (2012). Las áreas protegidas como una contribución al desarrollo sustentable: Caso del bosque protector Sumaco, Ecuador. *Sustentabilidad (es)*, *8*(8).
- Cardoso, D., Sarkinen, T., Alexander, S., Amorim, A. M., Bittrich, V., Celis, M., Daly, D. C., Fiaschi, P., Funk, V. A., Giacomini, L. L., Goldenberg, R., Heiden, G., Iganci, J., Kelloff, C. L., Knapp, S., Cavalcante de Lima, H., Machado, A. F. P., Dos Santos, R. M., Mello-Silva, R., ... Forzza, R. C. (2017). Amazon plant diversity revealed by a taxonomically verified species list. *Proc Natl Acad Sci U S A*, *114*(40), 10695-10700. <https://doi.org/10.1073/pnas.1706756114>
- Carmona-Higueta, M. J., Mendieta-Leiva, G., Gómez-Díaz, J. A., Villalobos, F., Ramos, F. N., Elias, J. P. C., Jiménez-López, D. A., Zuluaga, A., Holst, B., & Kessler, M. (2023). *Conservation status of vascular epiphytes in the Neotropics*.
- Carrasco, A. (2019). *Cuarto Informe Nacional para el convenio sobre la Diversidad Biológica*. Recuperado de: <https://www.cbd.int/doc/world/ec/ec-nr-04-es.pdf>.
- Cartuche, K. M. (2022). *Caracterización de la madera de 95 especies forestales del sur de Ecuador con base a sus propiedades físicas, organolépticas y anatómicas*. 270. https://www.researchgate.net/profile/Darwin-Pucha-Cofrep/publication/358046315_Caracterizacion_de_la_madera_de_95_especies_forestales_del_sur_de_Ecuador_con_base_a_sus_propiedades_fisicas_organolepticas_y_anatomicas/links/61ee49dcdafcdb25fd48bb6e/Caracter
- Cazalis, V., Santini, L., Lucas, P. M., González-Suárez, M., Hoffmann, M., Benítez-López, A., Pacifici, M., Schipper, A. M., Böhm, M., & Zizka, A. (2023). Prioritizing the reassessment of data deficient species on the IUCN Red List. *Conservation Biology*.
- Chamberlain, S. A., & Szöcs, E. (2013). taxize: taxonomic search and retrieval in R. *F1000Research*, *2*.
- Churchill, S. P., Neill, D., Jaramillo, E., & Quizhpe, W. (2009). Bryophytes from the Cordillera del Cóndor, Ecuador. *Tropical Bryology*, *30*, 92-101.
- Cobos, M. E., Jiménez, L., Nuñez-Penichet, C., Romero-Alvarez, D., & Simões, M. (2018). Sample data and training modules for cleaning biodiversity information. *Biodiversity Informatics*, *13*, 49-50.
- COMAFORS. (2024). *Definición de Manejo Forestal Sostenible*. Manejo Forestal Sostenible.

- <https://comafors.org/productos-y-servicios/manejo-forestal-sostenible>
- Concejo Nacional de Planificación. (2013). *SENPLADES. Sostenibilidad, conservación, conocimiento del patrimonio natural y fomento del turismo comunitario, Garantizar los derechos de la naturaleza y promover un ambiente sano y sustentable*. <http://plan.senplades.gob.ec>
- Congo Espinosa, G. W., & Congo, G. (2016). “Evolución Del Aprovechamiento Forestal De Origen Legal En La Provincia De Napo ”. 118.
- Congo Espinosa Germán;, Aguirre-Mejía, P. M., Villota-González, F. H., & Sulbarán-Rangel, B. (2022). *Sustainable forest use of legal origin in the province of Napo Amazonia Ecuador*.
- Corporación Financiera Nacional. (2023). Ficha Sectorial Silvicultura y extracción de madera. *Subgerencia de análisis de productos y servicios*, 1(1), 24. <https://www.cfn.fin.ec/wp-content/uploads/downloads/biblioteca/2023/fichas-sectoriales-1-trimestre/Ficha-Sectorial-Silvicultura-y-extraccion-de-madera.pdf>
- Corporación Financiera Nacional. (2024). *Ficha-Sectorial-Silvicultura*. <https://www.cfn.fin.ec/wp-content/uploads/2024/07/Ficha-Sectorial-Silvicultura.pdf>
- Cuesta, F., Peralvo, M., Merino-Viteri, A., Bustamante, M., Baquero, F., Freile, J. F., Muriel, P., & Torres-Carvajal, O. (2017). Priority areas for biodiversity conservation in mainland Ecuador. *Neotropical Biodiversity*, 3(1), 93-106.
- Dávila Delgado, E. A. (2020). *Especies forestales de mayor demanda en los aserraderos y depósitos de madera del Cantón Sucre-Manabí*. Jipijapa. UNESUM.
- De Camino Velozo, R., Álvarez, L. G., & Juárez, P. G. (2023). *Diagnóstico de la cadena forestal sustentable de Ecuador*.
- De Jorgenson, A. B. (2003). El petróleo:¿ una amenaza o una oportunidad para la conservación y el desarrollo sostenible en Ecuador? *Petróleo y desarrollo sostenible en Ecuador 1. Las reglas de juego*, 181.
- De Koning, F., Aguiñaga, M., Bravo, M., Chiu, M., Lascano, M., Lozada, T., & Suarez, L. (2011). Bridging the gap between forest conservation and poverty alleviation: the Ecuadorian Socio Bosque program. *Environmental Science & Policy*, 14(5), 531-542.
- Engemann, K., Enquist, B. J., Sandel, B., Boyle, B., Jørgensen, P. M., Morueta-Holme, N., Peet, R. K., Violle, C., & Svenning, J. (2015). Limited sampling hampers “big data” estimation of species richness in a tropical biodiversity hotspot. *Ecology and Evolution*, 5(3), 807-820.
- Enquist, B. J., Feng, X., Boyle, B., Maitner, B., Newman, E. A., Jørgensen, P. M., Roehrdanz, P. R., Thiers, B. M., Burger, J. R., & Corlett, R. T. (2019). The commonness of rarity: Global and future distribution of rarity across land plants. *Science advances*, 5(11), eaaz0414.
- Espinosa, F. R. (2019). Economic valuation of environmental goods and services of the Protector Forest Kutukú–Shaimi, SE Ecuador. *International Journal of Energy, Environment and Economics*, 27(2), 117-132.
- Fa, J. E., Watson, J. E. M., Leiper, I., Potapov, P., Evans, T. D., Burgess, N. D., Molnár, Z., Fernández-Llamazares, Á., Duncan, T., & Wang, S. (2020). Importance of Indigenous Peoples’ lands for the conservation of Intact Forest Landscapes. *Frontiers in Ecology and*

- the Environment*, 18(3), 135-140.
- FAO. (2004). Inventario forestal nacional manual de campo. En *El Programa de Evaluación de los Recursos Forestales* (pp. 1-5). Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura.
- FAO. (2024). *Gestión Forestal Sostenible*. <https://www.fao.org/sustainable-forests-management/es/>.
- 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.
- GADPAZ. (2021). *Plan Provincial de Educación Ambiental Para El Desarrollo Sostenible 2021–2025 Para La Provincia de Pastaza*. 2021.
- García-Cox, W., López-Tobar, R., Herrera-Feijoo, R. J., Tapia, A., Heredia-R, M., Toulkeridis, T., & Torres, B. (2023). Floristic Composition, Structure, and Aboveground Biomass of the Moraceae Family in an Evergreen Andean Amazon Forest, Ecuador. *Forests*, 14(7). <https://doi.org/10.3390/f14071406>
- Gatter, S., & Romero, M. (2005). Análisis económico de la cadena de aprovechamiento, transformación y comercialización de madera aserrada provenientes de bosques nativos en la región centro-sur de la amazonía ecuatoriana. *Informe Servicio Forestal Amazónico*, 1-29.
- Gobierno ecuatoriano. (2021). *Constitución de la República del Ecuador*. LEXIS FINDER.
- Granda, M. J., & Yánez, P. (2017). Estudio sobre la percepción de los beneficios del programa socio bosque en la región amazónica ecuatoriana. *LA GRANJA. Revista de Ciencias de la Vida*, 26(2), 28-37.
- Guevara Andino, J. E., Pitman, N. C. A., Ulloa Ulloa, C., Romoleroux, K., Fernández-Fernández, D., Ceron, C., Palacios, W., Neill, D. A., Oleas, N., & Altamirano, P. (2019). *Trees of Amazonian Ecuador: a taxonomically verified species list with data on abundance and distribution*. Wiley Online Library.
- Guevara, J. E., Mogollón, H., Pitman, N. C. A., Cerón, C., Palacios, W. A., & Neill, D. A. (2017). A Floristic Assessment of Ecuador's Amazon Tree Flora. *Forest structure, function and dynamics in Western Amazonia*, 27-52.
- Hijmans, R. J., Bivand, R., van Etten, J., Forner, K., Ooms, J., & Pebesma, E. (2022). *Package 'terra': spatial data analysis.–R package*.
- Hijmans, R. J., Guarino, L., Bussink, C., Mathur, P., Cruz, M., Barrentes, I., & Rojas, E. (2004). *Diva-gis*. Vsn.
- Holguín, B., & Delgado, D. (2018). Estudio económico del comportamiento de la madera en el Ecuador en los últimos años. 2009-2017. *Revista OIDLES*, 25, 1-14. <https://www.eumed.net/rev/oidles/25/madera-ecuador.html%0Ahttp://hdl.handle.net/20.500.11763/oidles25madera-ecuador%0ARESUMEN>
- Homeier, J., Breckle, S., Günter, S., Rollenbeck, R. T., & Leuschner, C. (2010). Tree diversity, forest structure and productivity along altitudinal and topographical gradients in a species-rich Ecuadorian montane rain forest. *Biotropica*, 42(2), 140-148.
- Izko, X., & Burneo, D. (2003). *Herramientas para la valoración y manejo forestal sostenible de los bosques sudamericanos*. Oficina Regional para América del Sur de la UICN.

- Jadán, O., & Aguirre, Z. (2011). Flora de los Tepuyes de la Cuenca Alta del río Nangaritzza, cordillera del Cóndor. *Evaluación Ecológica Rápida de la biodiversidad de los Tepuyes de la Cuenca Alta del Río Nangaritzza, Cordillera del Cóndor, Ecuador*. Quito: Conservación Internacional, 41-48.
- Jadán, O., Günter, S., Torres, B., & Selesi, D. (2015). Riqueza y potencial maderable en sistemas agroforestales tradicionales como alternativa al uso del bosque nativo, Amazonia del Ecuador. *Revista Forestal Mesoamericana Kurú*, 12(28), 13-22.
- Japón-Charco, E. J., Llugsha-Quisphe, J. J., Andrade-Santamaría, D. R., & Carrera-Palacios, J. O. (2022). Impacto de la deforestación en la Amazonía de Ecuador. *CIENCIAMATRIA*, 8(4). <https://doi.org/10.35381/cm.v8i4.976>
- Jørgensen, Pm.-Y., & León-Yáñez, S. (1999). *Catalogue of the vascular plants of Ecuador= Catologo de las plantas vasculares del Ecuador*. Missouri Botanical Garden Press St. Louis, Mo.
- Jumbo Salazar, C. A., Arévalo Delgado, C. D., & Ramirez-Cando, L. J. (2018). Medición de carbono del estrato arbóreo del bosque natural Tinajillas-Limón Indanza, Ecuador. *LA GRANJA. Revista de Ciencias de la Vida*, 27(1), 51-63.
- Karam-Gemael, M., Decker, P., Stoev, P., Marques, M. I., & Chagas Jr, A. (2020). Conservation of terrestrial invertebrates: a review of IUCN and regional Red Lists for Myriapoda. *ZooKeys*, 930, 221.
- Lang, P. L. M., Willems, F. M., Scheepens, J. F., Burbano, H. A., & Bosssdorf, O. (2019). Using herbaria to study global environmental change. *New phytologist*, 221(1), 110-122.
- León-Yáñez, S.; Valencia, R.; Pitman, N.; Endara, L.; Ulloa, C. & Navarrete, H. (2011). *Libro rojo de las plantas endémicas de Ecuador* (Publicaciones del herbario QCA. Pontificia Universidad Católica del Ecuador. (ed.); 2ª Edición).
- López-Tobar, R. (2014). *Tasas de Crecimiento de Especies Forestales y su Incidencia en la Dinámica del Mercado de Madera del Cantón Tena. Período 2007-2012. Propuesta De Aprovechamiento Sostenible*. Tesis de Magister Scientiae en Manejo y Aprovechamiento Forestal. Ecuador.
- López-Tobar, R., Baque, R., Solano, E., Belezaca, C., Neill, D., & Torres, B. (2018). Ecuaciones alométricas para estimar tasas de crecimiento de *Myroxylon balsamum*, *Minquartia guianensis* y *Otoba parvifolia* en la Amazonía ecuatoriana. *Ciencia y Tecnología*, 11(1), 11-18.
- López-Tobar, R., Herrera-Feijoo, R. J., García-Robredo, F., Mateo, R. G., & Torres, B. (2024). Timber harvesting and conservation status of forest species in the Ecuadorian Amazon. *Frontiers in Forests and Global Change*, 7, 1389852.
- López-Tobar, R., Herrera-Feijoo, R. J., Mateo, R. G., García-Robredo, F., & Torres, B. (2023). Botanical Collection Patterns and Conservation Categories of the Most Traded Timber Species from the Ecuadorian Amazon: The Role of Protected Areas. *Plants*, 12(18), 3327.
- López-Tobar, R., Neill, D., Torres, B., & Guerra, D. (2014). *El Doncel (Otoba parvifolia) en Napo Napumanta wapa yura (Otoba parvifolia)*.
- Lozano, P., Cabrera, O., Peyre, G., Cleef, A., & Toulkeridis, T. (2020). Plant diversity and composition changes along an altitudinal gradient in the isolated volcano sumaco in the ecuadorian amazon. *Diversity*, 12(6), 229.

- MAAE-MAG-PNUD. (2021). *Guía para la identificación dendrológica y anatómica de 29 especies maderables*. https://www.proamazonia.org/wp-content/uploads/2021/05/GUIA-DENDROLOGIA-Y-ANATOMIA-DE-LA-MADERA-V4-WEB-1_compressed.pdf
- MAATE. (2018). Áreas de Patrimonio Natural del Ecuador. *Folleto informativo*, 2.
- MAATE. (2022a). Ecuador alberga 12.5 millones de hectáreas de bosques. En *Ministerio del Ambiente, Agua y Transición Ecológica* (p. 2).
- MAATE. (2022b). *Interactive Map of MAATE*.
- MAATE. (2023a). *Información del Sistema de Administración Forestal SAF*. Sistema de Administración Forestal (SAF).
- MAATE. (2023b). *Sistema de administración forestal (SAF)*. SAF.
- MAATE. (2023c). *Sistema Único de Información Ambiental (SUIA)*. Sistema Único de Información Ambiental.
- MAATE. (2023d). Superficie conservada a través del Sistema Nacional de Áreas Protegidas. *Sistema Nacional de Indicadores Ambientales y Sostenibilidad*, 2022. <https://sinias.ambiente.gob.ec/proyecto-sinias-web/informacionIndicadores.jsf?menuid=17&menu=01&faces-redirect=true>
- MAATE. (2024a). *Estadísticas del Sistema Nacional de Areas Protegidas SNAP*. 2024. <https://sinias.ambiente.gob.ec/proyecto-sinias-web/informacionIndicadores.jsf?menuid=17&menu=01&faces-redirect=true>
- MAATE. (2024b). *MANAGEMENT OF PROTECTED AREAS IN ECUADOR : STRATEGIES AND*. 160-169.
- MAATE, & (SINIAS). (2023). *Sistema Nacional de Indicadores Ambientales y Sostenibilidad (SINIAS)*. consultado el 5 de julio de 2023.
- MAATE, & FAO. (2013). *Evaluación Nacional Forestal*. Ministerio del Ambiente, Agua y Tranccción Ecologica (MAATE).
- MAE ; FAO. (2014). *Propiedades anatómicas físicas y mecánicas de 93 especies forestales*.
- MAE. (2010). *Aprovechamiento de los Recursos Forestales 2007-2009*. Quito Ecuador.
- MAE. (2011). *Descripción de las Cadenas Productivas de Madera en el Ecuador*.
- MAE. (2012a). *Estrategia Nacional de Cambio Climático del Ecuador*. Obtenido de <file:///C:/Users/Usuario/Downloads/LEXTN-MAE-140518-PUBCOM>.
- MAE. (2012b). *Linea Base de Deforestacion del Ecuador Continental, Quito-Ecuador*. (p. 32). Ministerio del Ambiente Quito.
- MAE. (2013). *Proyecto Sistema Nacional de Control Forestal SNCF*. <https://www.ambiente.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2015/07/CONTROL-FORESTAL.pdf>
- MAE. (2016). *Bosques para el Buen Vivir-Plan de Acción REDD+ Ecuador,(2016-2025)*.
- MAE. (2020). *Inventario Nacional Forestal*.
- MAE - ITTO. (2011). *Aprovechamiento de Recursos Forestales en el Ecuador*.
- MAE, & MATTE. (2017). *Codigo Organico del Ambiente. Quito: MAE*.
- Maillard, O., Anívarro, R., Vides-almonacid, R., & Torres, W. (2018). *State of conservation of*

- the Chiquitanian hills ' ecosystems : a case study of the Red List of IUCN Ecosystems in Bolivia.* 53(2), 128-149.
- Mantilla Chávez, J. M. (2020). *Análisis de la política de conservación ambiental del Programa Socio Bosque desarrollado en Ecuador en el 2008 y 2018.* Quito: Universidad de las Américas, 2020.
- Mejía, Elena.; Pacheco, Pablo.; Carrasco, Alfredo; Muzo, A. T. B. (2014). *Opciones de política para mejorar la inclusión en el uso del bosque por parte de pequeños productores en la Amazonia ecuatoriana* (Vol. 95). CIFOR.
- Mejía, E. ., W., C., W., de J., P., P., S., T., & J., M. (2015). Actores, aprovechamiento de madera y mercados en la Amazonia peruana. En *Actores, aprovechamiento de madera y mercados en la Amazonia peruana.* <https://doi.org/10.17528/cifor/005863>
- Mejía, E., & Pacheco, P. (2013). *Aprovechamiento forestal y mercados de la madera en la Amazonía Ecuatoriana* (Vol. 97). CIFOR.
- Mejía, E., & Pacheco, P. (2014). *Forest use and timber markets in the Ecuadorian Amazon* (Vol. 111). CIFOR.
- Mejía, E., Pacheco, P., & Morocho, J. (2013). Actores, intermediación y control forestal en la Amazonía. En *Aprovechamiento forestal y mercados de la madera en la Amazonía Ecuatoriana.*
- Mejía, E., Pacheco, P., Muzo, A., & Torres, B. (2015). Smallholders and timber extraction in the Ecuadorian Amazon: amidst market opportunities and regulatory constraints. *International Forestry Review*, 17(1), 38-50.
- Mena, C. F., Walsh, S. J., Frizzelle, B. G., Xiaozheng, Y., & Malanson, G. P. (2011). Land use change on household farms in the Ecuadorian Amazon: Design and implementation of an agent-based model. *Applied Geography*, 31(1), 210-222.
- Mendoza-Cifuentes, H. (2021). Revisión taxonómica del género *Meriania* (Melastomataceae) en Colombia. *Acta botánica mexicana*, 128.
- Merizalde-Véliz, D., Vera-Valdivieso, N., Cobo-Litardo, E., Maldonado-Castro, Á., & Mata-Anchundia, D. (2023). La silvicultura y su aporte al crecimiento económico del Ecuador en el periodo 2007-2021. *Polo del Conocimiento*, 8(6), 147-169. <https://doi.org/10.23857/pc.v8i6>
- Mestanza-Ramón, C., Cuenca-Cumbicus, J., D'Orio, G., Flores-Toala, J., Segovia-Cáceres, S., Bonilla-Bonilla, A., & Straface, S. (2022). Gold mining in the Amazon Region of Ecuador: History and a review of its socio-environmental impacts. *Land*, 11(2), 221.
- Mestanza-Ramón, C., Henkanathgedara, S. M., Vásquez Duchicela, P., Vargas Tierras, Y., Sánchez Capa, M., Constante Mejía, D., Jimenez Gutierrez, M., Charco Guamán, M., & Mestanza Ramón, P. (2020). In-situ and ex-situ biodiversity conservation in Ecuador: A review of policies, actions and challenges. *Diversity*, 12(8), 315.
- Mestanza-Ramón, C., Monar-Nuñez, J., Guala-Alulema, P., Montenegro-Zambrano, Y., Herrera-Chávez, R., Milanes, C. B., Arguello-Guadalupe, C., Buñay-Guisñan, P., & Toledo-Villacís, M. (2023). A Review to Update the Protected Areas in Ecuador and an Analysis of Their Main Impacts and Conservation Strategies. *Environments*, 10(5), 79.
- Ministerio de Ambiente, & MAE. (2010). Procedimientos para autorizar el aprovechamiento y

- corta de madera. *Registro Oficial Suplemento # 164, 037, 33.*
- Ministerio del Ambiente de Ecuador. (2015). Las Normas para el Manejo Forestal Sostenible de los Bosques. *Registro Oficial del Ecuador*, 40. <http://extwprlegs1.fao.org/docs/pdf/ecu162523.pdf>
- Ministerio del Ambiente de Ecuador, & MAE. (2015). *NORMAS PARA EL MANEJO FORESTAL SOSTENIBLE DE LOS BOSQUES*. Registro Oficial del Ecuador. <http://extwprlegs1.fao.org/docs/pdf/ecu162523.pdf>
- Miranda Beltrán, M. de los Á. (2018). *Determinación de un banco de semillas en el bosque Tambo, sector Palictahua, cantón Penipe, provincia de Chimborazo*. Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.
- Mittermeier, A., Robles, G., Kormos, P., Cyril, Mittermeier, C. G., & Sandwith, T. (2012). Línea base de deforestación del Ecuador continental. *Forest Policy and Economics*, 11(1), 103-110.
- Moya, R., Muñoz, F., Salas, C., Berrocal, A., Leandro, L., & Segura, E. (2010). Tecnología de madera de plantaciones forestales: Fichas técnicas. *Revista Forestal Mesoamericana Kurú*, 7(18-19).
- Myers, N. (1988). Threatened biotas: «Hot spots» in tropical forests. *The Environmentalist*, 8(3), 187-208. <https://doi.org/10.1007/BF02240252>
- Nabe-Nielsen, J. (2001). Diversity and distribution of lianas in a neotropical rain forest, Yasuní National Park, Ecuador. *Journal of Tropical Ecology*, 17(1), 1-19.
- Neill, D. A. (2012). ¿ Cuantas especies nativas de plantas vasculares hay en Ecuador? *UEA/ Revista Amazónica Ciencia y Tecnología*, 1(1), 70-83.
- Neill, D. A., & Palacios, W. A. (1989). *Árboles de la amazonía Ecuatoriana*.
- Nic Lughadha, E., Walker, B. E., Canteiro, C., Chadburn, H., Davis, A. P., Hargreaves, S., Lucas, E. J., Schuiteman, A., Williams, E., & Bachman, S. P. (2019). The use and misuse of herbarium specimens in evaluating plant extinction risks. *Philosophical transactions of the Royal Society B*, 374(1763), 20170402.
- Nicholson, E., Keith, D. A., & Wilcove, D. S. (2009). Assessing the threat status of ecological communities. *Conservation Biology*, 23(2), 259-274.
- Otero-Durán, I., & Piniero, M. (2019). Avances y retos en el accionar del Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible para controlar la deforestación en la Amazonía Colombiana. *Espacio y Desarrollo*, 33. <https://doi.org/10.18800/espaciodydesarrollo.201901.005>
- Palacios, W. (2008). Análisis de la situación de la gobernabilidad y del cumplimiento de la legislación en el sector forestal en el Ecuador. *Iniciativa para la aplicación de la legislación forestal en la Amazonía–ALFA*, Quito.
- Palacios, W. (2011). *Árboles del Ecuador-Ministerio del Ambiente del Gobierno Nacional de la República del Ecuador*. Grupo Comunicacional Efigie. Quito.
- Palacios, W., & Jaramillo, N. (2016). Árboles amenazados del Chocó ecuatoriano. *ACI Avances en Ciencias e Ingenierías*, 8(1).
- Petkova, E., Larson, A., & Pacheco, P. (2011). *Gobernanza forestal y REDD+: Desafíos para las políticas y mercados en América Latina*. Cifor.

- Pitman, N. C. A., Terborgh, J. W., Silman, M. R., Núñez V, P., Neill, D. A., Cerón, C. E., Palacios, W. A., & Aulestia, M. (2002). A comparison of tree species diversity in two upper Amazonian forests. *Ecology*, 83(11), 3210-3224.
- Quinchuela Guamán, D. J. (2015). *Aprovechamiento forestal semi-mecanizado de madera de Pinus radiata D. Don (Pino) en plantaciones de la empresa Novopan del Ecuador sa en la parroquia Cebadas, cantón Guamote provincia de Chimborazo*. Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.
- Reed, P. (2011). REDD+ and the indigenous question: a case study from Ecuador. *Forests*, 2(2), 525-549.
- Reguant Álvarez, M., & Torrado Fonseca, M. (2016). El método delphi. *REIRE. Revista d'Innovació i Recerca en Educació*, 2016, vol. 9, num. 2, p. 87-102.
- Revelo, N. (2005). *Avances silviculturales en la amazonía ecuatoriana : ensayos en la Estación Biológica Jatun Sacha*. Fundación Jatun Sacha.
- Reyes Morán, H. F., Zambrano, E., Villacrés, D., Luna Murillo, M. V., & Torres Navarrete, S. B. (2019). Trazabilidad de la madera y destino final: lecciones aprendidas de un proceso de gobernanza forestal en la Amazonía Ecuatoriana. *Revista Amazónica. Ciencia y Tecnología*, 8(2 SE-Artículos de Investigación), 114-125. <https://doi.org/10.59410/RACYT-v08n02ep03-0112>
- Ríos, M., Borgtof, H., Koisol, M., & Granda, G. (2007). Ríos, M., Borgtof, H., Koisol, M., & Granda, G. (2007). La colección etnobotánica del herbario QCA. Plantas útiles del Ecuador: aplicaciones, retos y perspectivas, Quito, Ecuador: Abya-Yala, 247. La colección etnobotánica del herbario QCA. *Plantas útiles del Ecuador: aplicaciones, retos y perspectivas, Quito, Ecuador: Abya-Yala*, 247.
- Ríos, M., Koziol, M. J., Pedersen, H. B., & Granda, G. (2007). Plantas útiles del Ecuador: aplicaciones, retos y perspectivas/Useful plants of Ecuador: Applications, challenges, and perspectives. *Quito: Ediciones Abya-Yala*.
- Rivadeneira Torres, N. H. (2012). *Plan de Ordenamiento Forestal del Bosque Protector Kutukú-Shaimi*. Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.
- Rivas, J., Perea, J. M., De-Pablos-Heredero, C., Angon, E., Barba, C., & García, A. (2019). Canonical correlation of technological innovation and performance in sheep's dairy farms: Selection of a set of indicators. *Agricultural Systems*, 176, 102665.
- Rodríguez, J. P., Rodríguez-Clark, K. M., Baillie, J. E. M., Ash, N., Benson, J., Boucher, T., BROWN, C., BURGESS, N. D., Collen, B., & JENNINGS, M. (2011). Definición de categorías de UICN para Ecosistemas Amenazados. *Conservation Biology*, 25, 21-29.
- Romero, M., Velasteguí, D., & Robles, M. (2011). Informe técnico descripción de las cadenas productivas de madera en el Ecuador. *Ministerio del Ambiente: Quito, Ecuador*.
- Samaniego, C., Prado, L., Ordoñez, L., Díaz, M., Zambrano, L., & Papa, R. (2011). Árboles Nativos de Orellana, Amazonia del Ecuador: Guía Técnica para la identificación, fenología, usos y características de árboles y maderas. *SI*, 150p.
- Sarandón, S. J. (2010). Biodiversidad, agrobiodiversidad y agricultura sustentable. Análisis del Convenio sobre Diversidad Biológica. *León Sicard, TE y Altieri, M., Vertientes del pensamiento agroecológico: fundamentos y aplicaciones, edit. Instituto de Estudios Ambientales, Universidad Nacional de Colombia Sede Bogotá, Sociedad Científica Latinoamericana de Agroecología (SOCLA), Medellín*, 105-129.

- Schlotzhauer, P., & Torres, B. (2017). Análisis de la cadena de producción y comercialización de madera en pequeños productores de la Amazonía Ecuatoriana. *Revista research gate*, 160.
- Schmidt, C., Hoban, S., Hunter, M., Paz-Vinas, I., & Garroway, C. J. (2023). Genetic diversity and IUCN Red List status. *Conservation Biology*, 37(4), e14064.
- Segura, D., Jiménez, D., Chinchero, M., Iglesias, J., & Sola, A. (2015). Evaluación nacional forestal del Ecuador, un proceso en construcción hacia el monitoreo de los bosques y la biodiversidad. *XIV congreso forestal mundial*.
- SERFOR. (2020). Manejo Forestal Sostenible (MFS). En *Ministerio de agricultura y Riego*. [https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/1252016/Manejo Forestal Sostenible.pdf?v=1597960373](https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/1252016/Manejo_Forestal_Sostenible.pdf?v=1597960373)
- Serrano-Villavicencio, J. E., Zegarra Mori, O., Ruelas, D., Flores-Quispe, M., Amanzo, J., Noblecilla, M., & Pacheco, V. (2018). Guía de identificación de fauna silvestre, para las autoridades ambientales de Amazonas, San Martín, Loreto y Ucayali. Revisión y comentarios sobre su importancia. *Revista peruana de biología*, 25(3), 349-354.
- Sierra, R. (2001). The role of domestic timber markets in tropical deforestation and forest degradation in Ecuador: Implications for conservation planning and policy. *Ecological Economics*, 36(2), 327-340.
- Sierra, R. (2013). Patrones y factores de deforestación en el Ecuador continental, 1990-2010. *Y un acercamiento a los próximos*, 10, 57.
- Sierra, R., Calva, O., & Guevara, A. (2021). La deforestación en el Ecuador, 1990-2018. *Factores promotores y tendencias recientes*.
- Sievers, M., Chowdhury, M. R., Adame, M. F., Bhadury, P., Bhargava, R., Buelow, C., Friess, D. A., Ghosh, A., Hayes, M. A., & McClure, E. C. (2020). Indian Sundarbans mangrove forest considered endangered under Red List of Ecosystems, but there is cause for optimism. *Biological conservation*, 251, 108751.
- Stickler, C. M., Duchelle, A. E., Ardila, J. P., Nepstad, D. C., David, O. R., Chan, C., Rojas, J. G., Vargas, R., Bezerra, T. P., & Pritchard, L. (2018). The state of jurisdictional sustainability. *San Francisco, CA: Earth Innovation Institute/Bogor, Indonesia: Center for International Forestry Research/Boulder, USA: Governors' Climate & Forests Task Force Secretariat*. Available online at: <https://earthinnovation.org/stateof-jurisdictional-sustaina>.
- Ter Steege, H., Mota de Oliveira, S., Pitman, N. C. A., Sabatier, D., Antonelli, A., Guevara Andino, J. E., Aymard, G. A., & Salomão, R. P. (2019). Towards a dynamic list of Amazonian tree species. *Scientific reports*, 9(1), 3501.
- Ter Steege, H., Pitman, N. C. A., Do Amaral, I. L., de Souza Coelho, L., de Almeida Matos, F. D., de Andrade Lima Filho, D., Salomão, R. P., Wittmann, F., Castilho, C. V., & Guevara, J. E. (2023). Mapping density, diversity and species-richness of the Amazon tree flora. *Communications Biology*, 6(1), 1130.
- Ter Steege, H., Pitman, N. C. A., Sabatier, D., Baraloto, C., Salomão, R. P., Guevara, J. E., Phillips, O. L., Castilho, C. V., Magnusson, W. E., & Molino, J.-F. (2013). Hyperdominance in the Amazonian tree flora. *Science*, 342(6156), 1243092.
- Torres, B., Vargas, J.C., Arteaga, Y., Torres, A., y Lozano, P. (2017). El rol del bosque sobre la biodiversidad y las poblaciones rurales. *Gente, Bosque y Biodiversidad: El rol del*

- bosque sobre la biodiversidad y las poblaciones rurales*, ISBN: 978-9942-932-19-8, 253 pp.
- Torres, B., Günter, S., Acevedo-Cabra, R., & Knoke, T. (2018). Livelihood strategies, ethnicity and rural income: The case of migrant settlers and indigenous populations in the Ecuadorian Amazon. *Forest Policy and Economics*, 86, 22-34.
- Torres, B., Günter, S., & Fischer R.; Estefanía Arias; Paúl Eguiguren; Tatiana Ojeda; Luna Fabián Tamayo Alfredo Lajones Fernando Gordillo Rubén Ferrer. (2025). Recomendaciones políticas para enfrentar la deforestación y degradación forestal en Ecuador: conclusiones del proyecto LaForeT. *Universidad Estatal Amazónica, Programa Economía de Recursos Naturales y Desarrollo Empresarial. Instituto Johann Heinrich von*, 113 pp.
- Torres, B., Luna, M., Tipán-Torres, C., Ramírez, P., Muñoz, J. C., & García, A. (2024). A Simplified Integrative Approach to Assessing Productive Sustainability and Livelihoods in the “Amazonian Chakra” in Ecuador. *Land*, 13(12), 1-23.
- Torres, B., Maza, O. J., Aguirre, P., Hinojosa, L., & Günter, S. (2015). The contribution of traditional agroforestry to climate change adaptation in the Ecuadorian Amazon: The chakra system. En *Handbook of Climate Change Adaptation*. https://doi.org/10.1007/978-3-642-38670-1_90
- Torres, B., Starnfeld, F., Vargas, J. C., Ramm, G., Chapalbay, R., Rios, M., Gómez, A., Torricelli, Y., Jurrius, I., & Tapia, A. (2014). *Gobernanza participativa en la Amazonía del Ecuador: recursos naturales y desarrollo sostenible*. Universidad Estatal Amazónica Quito, Ecuador.
- Torres, B., Vasseur, L., López, R., Lozano, P., García, Y., Arteaga, Y., Bravo, C., Barba, C., & García, A. (2020). Structure and above ground biomass along an elevation small-scale gradient: case study in an Evergreen Andean Amazon forest, Ecuador. *Agroforestry Systems*, 94, 1235-1245.
- UICN. (2001). *Categorías y criterios de la Lista Roja de la UICN, versión 3.1*. IUCN.
- UICN. (2020). *Recuperar nuestro futuro- El desafío de Bonn: Impacto y potencial de la restauración de paisajes forestales*. 1-40. <https://www.bonnchallenge.org/resources/bonnchallenge-2020-report>
- Valarezo, V., Gómez, J., Mejía, L., & Célleri, Y. (2001). Plan de Manejo de la Reserva de Biosfera Sumaco. *Tena, Ecuador*.
- Valencia, R., & Balslev, H. (1994). High tree alpha-diversity in Amazonian Ecuador. *Biodiversity & Conservation*, 3(1), 21-28.
- Valencia, R., Condit, R., Foster, R. B., Romoleroux, K., Villa Munoz, G., Svenning, J.-C., Magard, E., Bass, M., Losos, E. C., & Balslev, H. (2004). Yasuni forest dynamics plot, Ecuador. *Tropical forest diversity and dynamism: findings from a large-scale plot network*, 609, 620.
- Valenzuela, X. G. V., Rodríguez, H. O. P., Mier, M. M. R., Andrade, V. M. P., & Duque, E. S. Y. (2022). Variabilidad del aprovechamiento forestal en la provincia Imbabura, periodo 2015-2019. *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar*, 6(4), 2863-2981.
- Vasco, C., Torres, B., Pacheco, P., & Griess, V. (2017). The socioeconomic determinants of legal and illegal smallholder logging: Evidence from the Ecuadorian Amazon. *Forest Policy and Economics*, 78, 133-140.

- Villarroel, C., & Alexander, F. (2022). *Spatial relations between lianas and trees in Yasuni National Park*. Universidad de Investigación de Tecnología Experimental Yachay.
- Whittaker, R. H. (1970). Communities and ecosystems. *Communities and ecosystems*.
- Wunder, S., & Sayer, J. (2000). The economics of deforestation. *The example of Ecuador*.
- WWF - Ecuador. (2022). *Mediación y Edición del Informe “Análisis Situacional y Propuestas de Estrategias para Enfrentar la Tala y el Comercio Ilegal de Madera en Ecuador, con énfasis en Zonas de Frontera”*. <https://wwflac.awsassets.panda.org/downloads/producto5.pdf>
- Yanez, P., & Granda, M. J. (2016). Factores socio-ambientales y de conservación en predios amazónicos de Ecuador vinculados o no al Programa Socio Bosque Socio Bosque. *INNOVA Research Journal*, 1(11), 17-29.
- Zambrano, E., Torres, B., Ochoa-Moreno, S., Reyes, H., Torres, A., Velasco, C., & Heredia, M. (2021). Determinantes socioeconómicas del uso forestal maderable en la zona de amortiguamiento del Parque Nacional Sumaco Napo Galeras, Amazonía Ecuatoriana. *Ecosistemas*, 30(3), 2216.
- Zambrano, M., Robles, M., Izurieta, S., Torres, B., Bravo, C., & Martínez, C. (2019). Atlas geográfico de la Provincia de Pastaza. *Gobierno Provincial de Pastaza, The Nature Conservancy, Universidad Estatal Amazónica y Conservación Internacional Ecuador. Puyo, Ecuador*, 53.
- Zizka, A., Antonelli, A., & Silvestro, D. (2021). Sampbias, a method for quantifying geographic sampling biases in species distribution data. *Ecography*, 44(1), 25-32.
- Zizka, A., Silvestro, D., Vitt, P., & Knight, T. M. (2021). Automated conservation assessment of the orchid family with deep learning. *Conservation Biology*, 35(3), 897-908.

CAPITULO IX

Anexos

9. Anexos

a) Artículo publicado en Plants:



Article

Botanical Collection Patterns and Conservation Categories of the Most Traded Timber Species from the Ecuadorian Amazon: The Role of Protected Areas

Rolando López-Tobar, Robinson J. Herrera-Fajoo, Rubén G. Mateo, Fernando García-Robredo and Bolier Torres



<https://doi.org/10.3390/plants12183327>

b) Artículo publicado en Forest



Article

Analysis of timber forest species harvesting and its category of threat according to IUCN - A study of the last decade (2012-2021) in the Ecuadorian Amazon

Rolando López-Tobar ^{1,2,3}, Robinson J. Herrera-Feijoo ^{1,3,4,5} *, Fernando García-Robredo ⁷, Theofilos Toulkeridis ⁸ and Bolier Torres ^{9,10}

- ¹ Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales, Universidad Técnica Estatal de Quevedo (UTEQ), Quevedo Av. Quito km, 1 1/2 Vía a Santo Domingo de los Tsáchilas, Quevedo 120550, Ecuador; rlopez@uteq.edu.ec (R.L.-T.); rherrera2@uteq.edu.ec (R.J.H.-F.)
- ² Escuela Técnica Superior de Ingeniería de Montes, Forestal y del Medio Natural, Universidad Politécnica de Madrid, 28040 Madrid, Spain; riopez@uteq.edu.ec (R.L.-T.)
- ³ Unidad de Posgrado, Universidad Técnica Estatal de Quevedo (UTEQ), Quevedo Av. Quito km, 1 1/2 Vía a Santo Domingo de los Tsáchilas, Quevedo 120550, Ecuador; rlopez@uteq.edu.ec (R.L.-T.); therre-mf2@uteq.edu.ec (R.J.H.-F.)
- ⁴ Escuela de Doctorado, Centro de Estudios de Posgrado, Universidad Autónoma de Madrid, C/Francisco Tomás y Valiente, nº 2, 28049 Madrid, Spain; rherrera2@uteq.edu.ec (R.J.H.-F.)
- ⁵ Departamento de Biología, Facultad de Ciencias, Universidad Autónoma de Madrid, Ciudad Universitaria de Cantoblanco, 28049 Madrid, Spain; rherrera2@uteq.edu.ec (R.J.H.-F.)
- ⁷ Departamento de Ingeniería y Gestión Forestal y Ambiental, Escuela Técnica Superior de Ingeniería de Montes, Forestal y del Medio Natural, Universidad Politécnica de Madrid, C/ José Antonio Novais 10, 28040 Madrid, Spain; fernando.garcia.robredo@upm.es (F.G.-R.)
- ⁸ Departamento de Ciencias de la Tierra y Construcción, Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, Sangolquí 171103, Ecuador; ttoulkeridis@espe.edu.ec (T.T.)
- ⁹ Facultad de Ciencia de la Vida, Universidad Estatal Amazónica (UEA), Pastaza 160101, Ecuador; bt@res@uea.edu.ec (B.T.)
- ¹⁰ Ochroma Consulting & Services S.A. B.L.C. Puerto Napo, Tena 150150, Ecuador; bolier.torres@gmail.com (B.T.)
- * Correspondence: rherrera2@uteq.edu.ec; Tel.: +5930980563032

Abstract: The Ecuadorian Amazon, known for its biodiversity and its role in the conservation of native forests, has faced the negative influence of human activities, especially forestry extraction. In response, this research focused on understanding the magnitude of removal in terms of volume and species, along with assessing conservation status. A detailed methodological approach has been used, covering the collection and analysis of harvest data, species diversity and their conservation. The results revealed notable fluctuations in timber extraction in the last decade, identifying key species such as *Erisma uncinatum* and *Cobelinia catesiformis* with high extraction volume. Significant variations were also observed in harvest averages, ranging from 0.60 m³/ha in Orellana to 3.06 m³/ha in Morona Santiago. Approximately 67.6% of the species studied were categorized as Least Concern (LC), 3.3% as Vulnerable (VU) and 1% as Endangered (EN), while 26.2% lacked evaluation (NE). Regarding future research, it is recommended to further investigate the relationships between species selection and socioeconomic and ecological factors, evaluating the economic and social impact of extraction on local communities to promote sustainable development, and addressing the lack of conservation assessments and the insufficient information on some species. These actions are essential for effective forest management and the preservation of biodiversity in the Ecuadorian Amazon.

Keywords: Tree species; Conservation status; Forest Extraction; forest resources; Forest Trade.

Citation: To be added by editorial staff during production.

Academic Editor: Firstname Last-name

Received: date

Revised: date

Accepted: date

Published: date



Copyright © 2023 by the authors. Submitted for possible open access publication under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY) license (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>).

- c) Representación gráfica de la información sobre la distribución de especies forestales en la página de GBIF (<https://www.gbif.org/es/species/3190511>).



- d) Toma de datos en campo



e) Toma de datos en campo



f) Árbol de *Cedrelinga cateniformes*



g) Bosque nativo amazónico



h) Establecimiento comercialización de productos a base de madera



i) Establecimiento comercialización de productos a base de madera



j) Secado natural de madera



k) Secado natural de madera



l) Patio de almacenamiento de madera



m) Establecimiento de trabajabilidad de madera



n) Transporte de madera en vías ecuatorianas



o) Almacenamiento de madera en establecimiento



p) Almacenamiento de madera en establecimiento



q) Almacenamiento de madera en establecimiento

