



Manual para la restauración de bosques nubosos de Guatemala

Mesa Nacional de Restauración del Paisaje Forestal de Guatemala



Manual para la Restauración de Bosques Nubosos de Guatemala

**MESA NACIONAL DE RESTAURACIÓN DEL
PAISAJE FORESTAL DE GUATEMALA**

El presente documento ha sido generado gracias al apoyo del Instituto Global para el Crecimiento Verde (GGGI) en el marco del Proyecto de Cooperación Triangular entre Corea-México-Tres Países Centroamericanos para el Fortalecimiento de Capacidades para la Restauración del Paisaje Forestal en Respuesta al Cambio Climático, financiado por la Agencia de Cooperación Internacional de Corea (KOICA), en coordinación técnica con el Departamento de Restauración Forestal del Instituto de Bosques (INAB), Guatemala.



Consultor: M.Sc. Marcelo Serrano

Con la asesoría técnica de Ing. Jorge Arturo Javier de Paz García, Jefe de Restauración Forestal -INAB-, Ing. José David Mérida de la Roca, Encargado de Restauración Forestal -INAB-; Ing. Álvaro Samayoa Tercero, Coordinador para Guatemala del Proyecto de Restauración -GGGI-.

Mediador: Ing. Agr. Jonathan Daniel Caxún Sontay.

Diagramadora: Lcda. Sandy Eugenia Revolorio Coloma.

Citar este documento como:

MESA NACIONAL DE RESTAURACIÓN DEL PAISAJE FORESTAL DE GUATEMALA. (2025). Manual para la restauración de bosques nubosos de Guatemala. 96 p.

Contenido

GLOSARIO DE TÉRMINOS	X
GLOSARIO DE SIGLAS	XI
PRESENTACIÓN	13
1. LOS BOSQUES NUBOSOS	14
2. AMENAZAS DEL BOSQUE NUBOSO	15
3. ESTADO ACTUAL DE LOS BOSQUES NUBOSOS EN GUATEMALA.....	16
CAPÍTULO 1. EVALUACIÓN DE LA DEGRADACIÓN DEL COMPONENTE ARBÓREO Y SUELOS EN LOS BOSQUES NUBOSOS.....	17
1. PRINCIPIOS DE DEGRADACIÓN ECOLÓGICA	17
2. COMPONENTE FORESTAL.....	18
2.1. CAMBIO DE USO DE SUELO	19
2.2. ÁREA BASAL	19
2.3. RIQUEZA DE LAS ESPECIES FORESTALES.....	19
2.4. ESTRATIFICACIÓN FORESTAL	19
2.5. EXTRACCIÓN DE ESPECIES COMERCIALES	20
3. BIODIVERSIDAD Y VIDA SILVESTRE	21
3.1. FAUNA INDICADORA DE BOSQUE NUBOSO	21
3.2. ESPECIES EN EL LISTADO DE ESPECIES AMENAZADAS.....	22
3.3. ESPECIES INVASORAS.....	22
3.4. ESPECIES IMPORTANTES ECOLÓGICAMENTE (NO GENERALISTAS)	22
3.5. PRESENCIA DE HELECHOS Y EPIFITAS	22
4. COMPONENTE DE SUELOS.....	23
4.1. EROSIÓN.....	23
4.2. COMPACTACIÓN DEL SUELO.....	24
4.3. PEDREGOSIDAD.....	24
5. DELIMITACIÓN DE PARCELAS DE MUESTREO.....	24
6. FORMATO DE VALORACIÓN PARA EVALUAR LA DEGRADACIÓN DE UN BOSQUE NUBOSO.....	25
CAPÍTULO 2: ACTIVIDADES Y TÉCNICAS DE RESTAURACIÓN EN BOSQUES NUBOSOS.....	31
1. PRINCIPIOS DE RESTAURACIÓN	31
1.1. DIVERSIDAD BIOLÓGICA LOCAL.....	31
1.2. CONOCIMIENTOS TRADICIONALES Y CIENTÍFICOS.....	31
1.3. ÁREAS CRÍTICAS PARA LA CONECTIVIDAD ECOLÓGICA.....	31

1.4.	ADAPTACIÓN AL CAMBIO CLIMÁTICO.....	32
1.5.	PARTICIPACIÓN COMUNITARIA Y SOSTENIBILIDAD	32
2.	FACTORES POR TOMAR EN CUENTA	32
2.1.	NIVEL DE DEGRADACIÓN FORESTAL Y DE SUELOS.....	32
2.2.	OBJETIVO DEL PROYECTO	33
2.3.	DISPONIBILIDAD DEL GERMOPLASMA	33
2.4.	ACCESIBILIDAD Y TOPOGRAFÍA	35
3.	TÉCNICAS DE RESTAURACIÓN FORESTAL	35
3.1.	RESTAURACIÓN PASIVA.....	36
3.2.	RESTAURACIÓN ACTIVA.....	37
3.2.1.	PLANTACIÓN O REFORESTACIÓN.....	37
3.2.2.	ENRIQUECIMIENTO Y COMPLETACIÓN DE BOSQUES.....	39
3.2.3.	MANEJO DE REGENERACIÓN NATURAL.....	40
3.2.4.	NUCLEACIÓN.....	41
3.2.5.	RESTAURACIÓN DE PRECISIÓN.....	43
3.3.	MANEJO DEL SUELO EN PROYECTOS DE RESTAURACIÓN.....	44
3.3.1.	TRANSPOSICIÓN DE SUELOS.....	44
3.3.2.	ENMIENDAS AL SUELO	45
3.3.3.	FORMACIÓN DE MICROSITIOS	45
3.3.4.	REDUCCIÓN DE COMPACTACIÓN	46
3.3.5.	PERCHAS Y MADRIGUERAS ARTIFICIALES	46
3.4.	TIPOS DE MATERIAL DE ESTABLECIMIENTO.....	47
3.5.	ESTRATEGIA DE MONITOREO Y CONTROL.....	48
3.6.	TÉCNICAS DE RESTAURACIÓN DE ACUERDO CON EL GRADO DE DEGRADACIÓN IDENTIFICADO Y OBJETIVOS DEL PROYECTO A RESTAURAR.....	49
3.7.	INTEGRACIÓN CON LA MODALIDAD DE RESTAURACIÓN EN PROBOSQUE	50
	CAPÍTULO 3. ESPECIES PRIORITARIAS PARA LA RESTAURACIÓN EN BOSQUES NUBOSOS.....	51
1.	METODOLOGÍA DE SELECCIÓN DE ESPECIES FORESTALES PARA RESTAURACIÓN.....	51
1.1.	IDENTIFICACIÓN DE ESPECIES FORESTALES	51
1.2.	IMPORTANCIA ECOLÓGICA.....	51
1.3.	IMPORTANCIA CULTURAL Y ECONÓMICA.....	51
1.4.	SISTEMA DE PONDERACIÓN Y SELECCIÓN DE ESPECIES	52
2.	ESPECIES CONSIDERADAS IMPORTANTES PARA RESTAURACIÓN DEL BOSQUE NUBOSO.....	53
	REFERENCIAS	89

Figuras

FIGURA 1.	VISTA DE UN BOSQUE NUBOSO EN ALTA VERAPAZ Y SU ALTA ABUNDANCIA DE HELECHOS Y EPIFITAS.....	14
FIGURA 2.	EJEMPLO DE UN ÁREA DE BOSQUE NUBOSO DEFORESTADA PARA LA PLANTACIÓN DE MAÍZ.....	15
FIGURA 3.	COBERTURA FORESTAL DENTRO DEL ÁREA POTENCIAL PARA LA PRESENCIA DE BOSQUES NUBOSOS.....	16
FIGURA 4.	RESULTADOS DE LOS PROCESOS DE DEGRADACIÓN Y DEFORESTACIÓN.....	18
FIGURA 5.	EJEMPLO DE INDICIOS DE EXTRACCIÓN DE ESPECIES COMERCIALES.....	20
FIGURA 6.	FAUNA INDICADORA: ARAÑAZOS EN LOS ÁRBOLES (A.), PASÁLIDOS PROCULUS MNISZECHI (B), AVES PHAROMACHRUS MOCINNO (C), SALAMANDRAS CRYPTOTRITON VERAEPACIS (D) HUELLAS Y HECES (E.).....	21
FIGURA 7.	EJEMPLOS DE ESPECIES EPIFITAS (ORQUÍDEAS Y BROMELIAS) INDICADORAS DE UN BOSQUE NUBOSO SALUDABLE. ESTE ECOSISTEMA SE CARACTERIZA POR TENER UNA ALTA ABUNDANCIA DE HELECHOS ARBORESCENTES.....	23
FIGURA 8.	REPRESENTACIÓN DE UNA PARCELA DE MUESTREO.....	25
FIGURA 9.	SEMIILLAS DE COJ (MAGNOLIA POQOMCHI) Y AGUACATILLO (OCOTEA VAERAPACEANCIS) EN UN BOSQUE NUBOSO DE ALTA VERAPAZ. EJEMPLO DE UNA TRAMPA DE SEMILLAS.....	34
FIGURA 10.	ESQUEMA DE TIPOS DE RESTAURACIÓN FORESTAL APLICADOS AL BOSQUE NUBOSO.....	35
FIGURA 11.	EJEMPLO DE UN BOSQUE NUBOSO CON RESTAURACIÓN PASIVA A DISTINTOS TIEMPOS DE HABER INICIADO CON LOS MÉTODOS DE EXCLUSIÓN.....	36
FIGURA 12.	DISTRIBUCIÓN Y DENSIDAD DE ESPECIES FORESTALES CON DIFERENTES FINES.....	38
FIGURA 13.	COMPARACIÓN ENTRE LOS RESULTADOS DE HOMOGENEIDAD Y VELOCIDAD EN ACCIONES DE RESTAURACIÓN PASIVA, NUCLEACIÓN Y PLANTACIÓN.....	42
FIGURA 14.	DISTRIBUCIÓN DE NÚCLEOS.....	43
FIGURA 15.	SECUENCIA DE PASOS PROPUESTOS POR LOS CONCEPTOS DE RESTAURACIÓN DE PRECISIÓN.....	44
FIGURA 16.	PROCESO DE RESTAURACIÓN DE SUELOS.....	46

Tablas

TABLA 1.	FORMATO DE VALORACIÓN DE DEGRADACIÓN.....	26
TABLA 2.	MATRIZ DE VALORACIÓN POR CRITERIO.....	29
TABLA 3.	MATRIZ DE VALORACIÓN GENERAL DEL ECOSISTEMA.....	30
TABLA 4.	TÉCNICAS DE RESTAURACIÓN.....	49
TABLA 5.	REQUISITOS PARA INGRESAR A PROBOSQUE.....	50

Anexos

ANEXOS	93
ANEXO 1.	MUESTREO EN CAMPO PARA PRUEBA DE BOLETAS DE EVALUACIÓN.	93
ANEXO 2.	BOLETA DE CAMPO PARA ESPECIES FORESTALES.....	94
ANEXO 3.	BOLETA DE CAMPO PARA OTRAS ESPECIES.....	9



Glosario de Términos

Área Basal: Medida de la superficie ocupada por los troncos de los árboles en una parcela, normalmente calculada a 1.30 metros sobre el suelo. Se usa para evaluar la densidad forestal.

Biodiversidad: Variedad de especies de plantas, animales y microorganismos en un ecosistema. Es un indicador de la salud y la riqueza de un ecosistema.

Bosque Nuboso: Tipo de bosque caracterizado por una alta humedad y constante neblina. Se localiza en zonas montañosas y es hábitat de muchas especies endémicas.

Compactación del Suelo: Proceso en el cual el suelo se vuelve denso y pierde su porosidad, lo que limita la infiltración de agua y el crecimiento de raíces.

Deforestación: Proceso de eliminación de cobertura forestal, generalmente para la conversión de la tierra en áreas agrícolas, urbanas o industriales.

Degradación Ecológica: Deterioro de un ecosistema debido a factores como deforestación, cambio de uso de suelo o introducción de especies invasoras.

Erosión Laminar: Pérdida de una capa fina de suelo de forma uniforme causada por la acción del agua o el viento.

Estratificación Forestal: Clasificación de la vegetación en diferentes capas o estratos dentro de un bosque (ej., brinzal, latizal, fustal).

Hojarasca: Capa de hojas y material orgánico en descomposición que cubre el suelo del bosque y proporciona nutrientes al suelo.

Epífita: Tipo de planta que crece sobre un hospedero, sin hacerle daño (ej., bromelias, orquídea, musgos, helechos).

Riqueza de Especies: Número de diferentes especies presentes en un área específica, utilizado para evaluar la diversidad de un ecosistema.



Glosario de Siglas

CECON: Centro de Estudios Conservacionistas

CONAP: Consejo Nacional de Áreas Protegidas

ENRPF: Estrategia Nacional de Restauración del Paisaje Forestal

GGGI: Instituto Global para el Crecimiento Verde

IARNA-URL: Instituto de Investigación y Proyección sobre Ambiente Natural y Sociedad, Universidad Rafael Landívar

INAB: Instituto Nacional de Bosques

IUCN: Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza

LEA: Ley de Especies Amenazadas

PROBOSQUE: Programa de Incentivos Forestales para la Restauración del Paisaje Forestal

SIGAP: Sistema Guatemalteco de Áreas Protegidas

WRI: Instituto de Recursos Mundiales (World Resources Institute)



Presentación

Los bosques nubosos de Guatemala representan ecosistemas estratégicos de alta importancia ecológica, económica y social. Estos bosques, ubicados en una franja altitudinal entre 1,000 y 2,700 metros sobre el nivel del mar, se caracterizan por su alta humedad, presencia de neblina persistente y una gran biodiversidad, incluyendo especies emblemáticas como el quetzal (*Pharomachrus mocinno*), helechos arborescentes y una abundante diversidad de epífitas. Sin embargo, la creciente presión por cambio de uso del suelo, la expansión de la frontera agrícola, la tala selectiva y los efectos del cambio climático han provocado su degradación y fragmentación, amenazando su funcionalidad ecológica y la provisión de servicios ecosistémicos esenciales.

En Guatemala, los bosques nubosos abarcan aproximadamente 537,423 hectáreas, lo que representa un 4.93% de la cobertura forestal del país. Su conservación y restauración son fundamentales para la regulación del agua, la captura de carbono y la preservación de la biodiversidad única que albergan.

Este manual ha sido desarrollado con el propósito de proporcionar herramientas técnicas y metodológicas para evaluar la degradación de estos ecosistemas y orientar la implementación de estrategias de restauración efectivas. Su contenido se fundamenta en estudios científicos, datos de inventarios forestales y la experiencia acumulada en iniciativas de restauración en Guatemala. Está estructurado en tres capítulos principales:

Evaluación de la degradación del bosque nuboso, abordando los principios de degradación ecológica, los factores que influyen en la pérdida de biodiversidad y la metodología para la valoración del estado del ecosistema.

Técnicas de restauración, incluyendo enfoques pasivos y activos adaptados a distintos niveles de degradación, con especial énfasis en la restauración del componente forestal y del suelo.

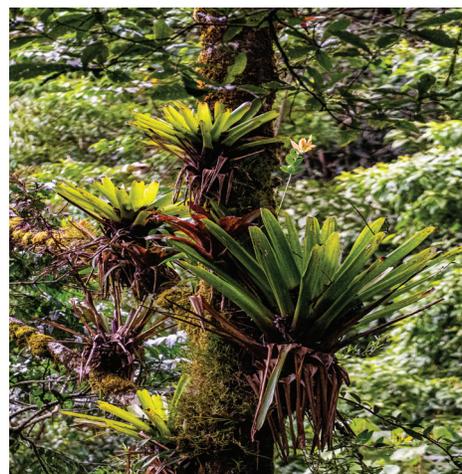
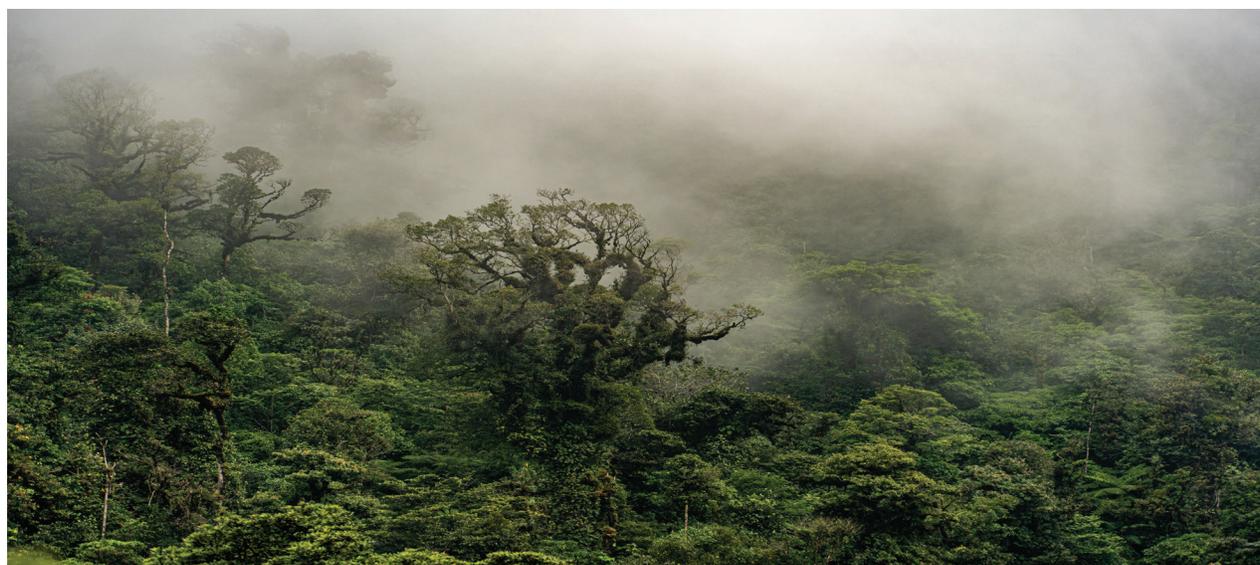
Selección de especies prioritarias para la restauración, proporcionando criterios para la identificación de especies clave en función de su valor ecológico y su papel en la recuperación del ecosistema.

Este documento está dirigido a técnicos forestales, gestores ambientales, investigadores y comunidades locales que participan en la restauración del paisaje forestal en Guatemala. Su aplicación contribuirá a la recuperación de los bosques nubosos, asegurando su conservación y funcionalidad en beneficio de la biodiversidad y las comunidades que dependen de estos ecosistemas.

1. Los bosques nubosos

Los bosques nubosos se encuentran en una franja altitudinal entre 1,000 y 2,700 msnm, caracterizada por una cobertura de nubes persistente o estacional. En estos bosques, la precipitación se incrementa debido a la neblina que es interceptada por la vegetación, un proceso conocido como “lluvia horizontal” (Hamilton, Juvik y Scatena). Este ecosistema cuenta con una alta diversidad forestal, una gran cantidad de epífitas (bromelias, musgos, helechos y orquídeas), una notable abundancia de helechos arborescentes y un sotobosque denso (Brown & Kappelle, 2001). Debido a los procesos geológicos que formaron los bosques nubosos y su ubicación en montañas, estos bosques suelen estar aislados entre sí. Esto ha dado lugar a una gran cantidad de especies de flora y fauna amenazadas, que representan ejemplos importantes de especiación por vicarianza y endemismo, especialmente en animales como anfibios, reptiles e insectos (Ariano-Sánchez, 2010a; Schuster, Cano & Cardona, 2000; Schuster, Cano & Reyes-Castillo, 2003; Wilson & McCranie, 2004; Dahinten, 2020).

Figura 1. Vista de un bosque nuboso en Alta Verapaz y su alta abundancia de helechos y epífitas.



M.J. Serrano, 2024

En un estudio realizado por J. A. Campbell (1983), se menciona que solo en el bosque nuboso de la Sierra de las Minas se encuentran 110 especies de herpetofauna. Este ecosistema también posee una alta diversidad de pequeños mamíferos. Un estudio de la Universidad San Carlos de Guatemala

encontró que en el área comprendida entre el Biotopo del Quetzal y la Sierra de las Minas se capturaron 11 especies del orden Rodentia, 1 especie de Marsupiales y 1 especie de Insectívoro. Entre las especies capturadas se encuentran: *Peromyscus grandis* (endémica), *Nyctomys sumichrasti*, *Heteromys desmarestianus*, *Reithrodontomys mexicanus* y *Marmosa mexicana* (CECON-USAC, 2002a).

En los bosques nubosos también es común observar animales como el cacomiztle (*Bassariscus sumichrasti*) y la ardilla de Deppe (*Sciurus deppei*), y albergan diversas especies de mamíferos grandes, incluyendo el puma (*Puma concolor*), el jaguar (*Panthera onca*) y venados como el venado cola blanca (*Odocoileus virginianus*) y el venado colorado (*Mazama americana*) (Reid, 2009).

Además, los bosques nubosos son hogar de una gran diversidad de aves, incluyendo al ave nacional de Guatemala, el quetzal (*Pharomachrus mocinno*), y al pavo de cacho (*Oreophasis derbianus*). En un estudio realizado entre 1997 y 2001 en el bosque nuboso de Alta Verapaz, se identificaron 142 especies de aves, de las cuales 4 se encuentran en la lista roja de especies en peligro de extinción de la IUCN; 42 son endémicas de Mesoamérica y 14 de Centroamérica (Eisermann & Schulz, 2005).

2. Amenazas del Bosque Nuboso

Los bosques nubosos se encuentran entre los ecosistemas más amenazados de Guatemala. Esto se debe a que uno de los procesos más frecuentes es su conversión a sistemas más simples, que luego son abandonados cuando dejan de ser productivos (Kappelle, 2008). Adicionalmente, entre las principales amenazas para estos ecosistemas incluyen la extracción de madera y leña, la minería, los incendios provocados por prácticas agrícolas inadecuadas, la extracción ilegal de biodiversidad, y la expansión de la frontera agrícola (CECON-USAC, 2002b). A parte de los programas de incentivos forestales como PROBOSQUE, actualmente no existe suficiente información, iniciativas, ni métodos de aprovechamiento sostenible para la mayoría de las especies nativas de los bosques nubosos en Guatemala. Esto suele derivar en la sustitución del bosque por plantaciones de especies maderables comerciales, como el pino, o por terrenos destinados a la agricultura. Además, estos ecosistemas son particularmente vulnerables a los efectos del cambio climático. Se prevé que el aumento de la temperatura desplace estos ecosistemas a altitudes más elevadas, lo que aislará y restringirá aún más su área de distribución. Esto, a su vez, incrementará la vulnerabilidad ante otras amenazas, como los incendios y las sequías.

Figura 2. Ejemplo de un área de bosque nuboso deforestada para la plantación de maíz.



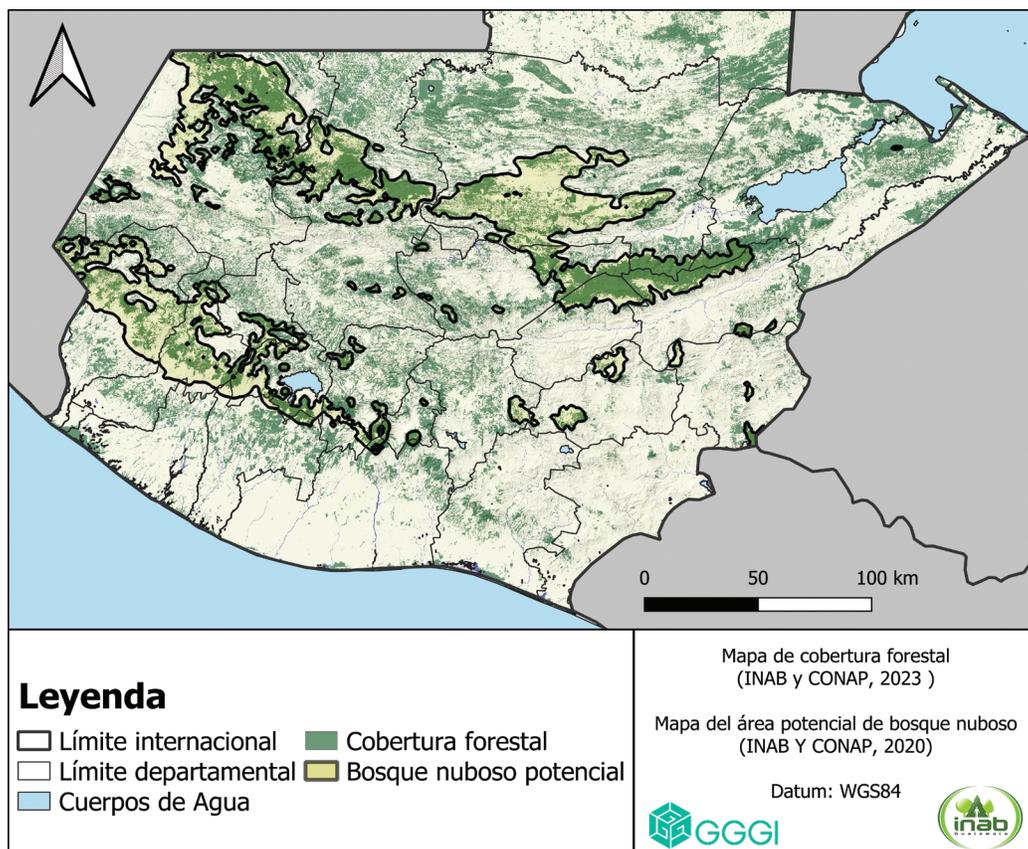
M.J. Serrano, 2024

3. Estado actual de los bosques Nubosos en Guatemala

La principal estrategia de conservación para este ecosistema y su biodiversidad en Guatemala ha sido la creación de áreas protegidas y de algunos corredores biológicos (Jiménez, 2009). Entre las áreas protegidas más importantes se puede mencionar al Biotopo Universitario para la Conservación del Quetzal y la Reserva de Biosfera Sierra de las Minas. Debido a documentación de la migración del Quetzal entre ambas zonas (Paiz, 1996), se creó el Corredor del Bosque nuboso en el 2003 por medio del proyecto Región de Conservación y Desarrollo Sostenible Sarstún-Motagua (RECOSMO, 2004). Este corredor se encuentra en los municipios de Purulhá, Salamá y San Jerónimo, del departamento de Baja Verapaz y en el 2008 contaba con 12 áreas protegidas reconocidas por el SIGAP (Sistema Guatemalteco de Áreas Protegidas) de las cuales la mayoría pertenecen a la categoría de Reserva Natural Privada (CONAP, 2008).

Según el mapa realizado por INAB y CONAP (2020), Guatemala cuenta con 1,083,115.4 ha de territorio dentro del ecosistema del bosque nuboso. Los departamentos con mayor área de este ecosistema son Alta Verapaz, Huehuetenango, San Marcos, Quiché y Quetzaltenango. Esta información fue combinada con el mapa de cobertura nacional más reciente para Guatemala, para producir la Figura 3. En ella, se puede observar que aproximadamente el 50% del territorio apto para la presencia de bosques nubosos, muestra cobertura forestal, teniendo una gran extensión de tierras degradadas y un alto potencial para restauración (Figura 3).

Figura 3. Cobertura forestal dentro del área potencial para la presencia de bosques nubosos.



M.J. Serrano, 2024, Datum: WGS 84

Capítulo 1. Evaluación de la degradación del componente arbóreo y suelos en los Bosques Nubosos

1. Principios de degradación ecológica

Los bosques cubren casi un tercio de la superficie del planeta y son el mayor hábitat para la vida terrestre en el mundo. Sin embargo, para el año 2030, se estima que cerca del 47% de los bosques a nivel mundial estarán amenazados debido a la deforestación y degradación. El cambio en el uso del suelo, incluida la deforestación y degradación, representa entre el 10 y el 12% de las emisiones de gases de efecto invernadero a nivel mundial.

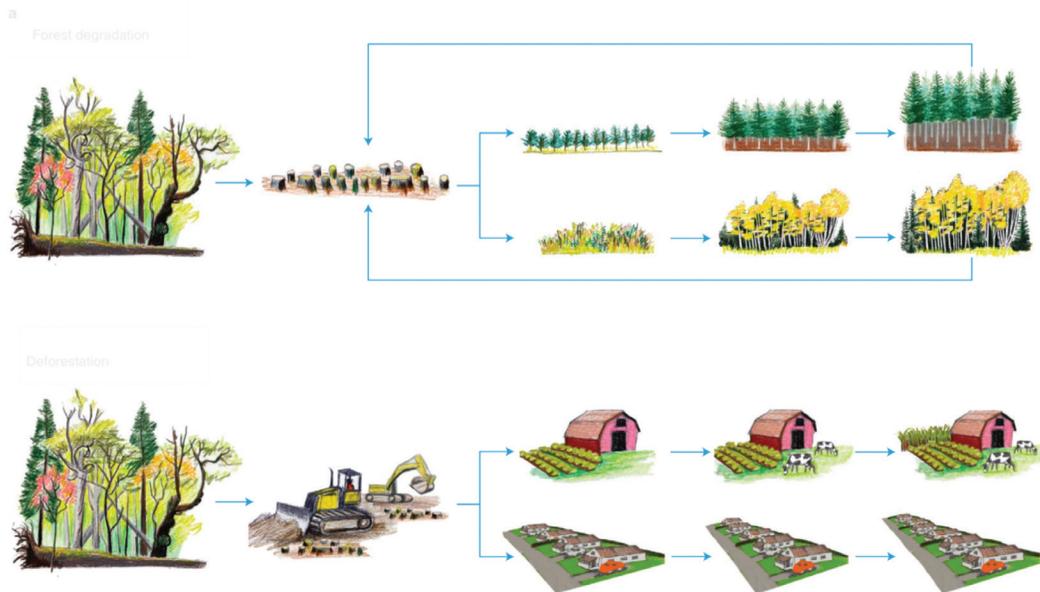
Frecuentemente, las iniciativas de conservación se han enfocado en reducir las tasas de deforestación. Sin embargo, la degradación es un problema aún más grave. Las áreas degradadas son aquellas que originalmente eran bosques, pero que actualmente están dañadas debido a la extracción de productos forestales maderables, prácticas deficientes de manejo, incendios frecuentes, sobrepastoreo y otras causas. Entre los efectos negativos de esta degradación se encuentran la inhibición del desarrollo sucesional debido al deterioro del suelo, plantas invasoras, malezas agresivas y la falta de fuentes de semillas (INAB & FAO, 2016). Como resultado, el ecosistema pierde su funcionalidad, la capacidad de albergar fauna y de proveer servicios ecosistémicos, afectando tanto a la vida silvestre como a la humana.

Las principales causas de la degradación forestal incluyen: 1) Cambio climático: las variaciones extremas de temperatura aumentan el riesgo de incendios forestales, infestaciones de plagas y enfermedades. 2) Tala insostenible e ilegal: la creciente demanda de madera, productos de papel y combustibles baratos. Los bosques bajo gestión forestal, especialmente en la industria maderera, suelen ser menos complejos de dos maneras. Primero, debido a la tala, los bosques gestionados suelen ser más jóvenes que aquellos en un régimen de disturbios naturales, lo cual impacta a las especies que dependen de bosques maduros o antiguos. Segundo, la silvicultura intensiva, como la plantación de árboles y el aclareo, tiende a incrementar la cantidad de madera por área, lo que incentiva a los gestores a convertir bosques nativos en plantaciones.

A diferencia de un bosque natural, las plantaciones están compuestas por una o dos especies de árboles, y se utiliza el aclareo para orientar la composición de especies hacia aquellas de interés comercial, simplificando así la diversidad del bosque. Cuantificar la degradación forestal es de gran importancia para entender la respuesta de la biodiversidad en regiones específicas donde predomina la tala y el rebrote. La detección temprana de la degradación facilita las medidas de recuperación

del ecosistema y puede evitar que los procesos extractivos continúen hasta resultar en el reemplazo completo por urbanización, agricultura u otros usos del suelo.

Figura 4. Resultados de los procesos de degradación y deforestación.



* Extraído de Betts et al, 2022.

La evaluación de las áreas sujetas a restauración debe realizarse utilizando una boleta de evaluación, que deberá ser llenada en base a la información obtenida en parcelas individuales. Esta boleta debe incluir criterios como el área basal, la riqueza de especies, la estructura estratificada y los niveles de compactación y erosión. La información recopilada permitirá hacer un análisis ponderado del estado de conservación del bosque. El estado de conservación del bosque se pondera utilizando criterios de estratificación mencionados anteriormente, evaluando tanto los estratos dominantes como la diversidad de especies y el estado del suelo. La ponderación también incluye el estado de los árboles comerciales y la presencia de especies indicadoras de degradación o regeneración. Esta información se integra para determinar el tipo de intervención necesaria en cada área sujeta a restauración.

2. Componente forestal

Para evaluar el componente forestal se debe de establecer la clasificación del tipo de degradación de bosque. La evaluación de la degradación forestal se puede realizar clasificando los bosques según su grado de intervención humana. Se debe determinar si el bosque ha sufrido pérdida de especies, estructura y funcionalidad, clasificándolos en bosques primarios, secundarios y áreas degradadas.

Para evaluar esta degradación, se recomienda realizar inventarios forestales para registrar las especies presentes, su abundancia y distribución. Estos inventarios permiten identificar áreas con pérdida significativa de biodiversidad o presencia de especies indicadores de degradación. Para este proceso es ideal determinar densidad y estructura del bosque.

Dentro de la evaluación del componente forestal se establecen criterios como:

2.1. Cambio de uso de suelo

Este término se refiere a la transformación de cobertura natural, como bosques o pastizales, en áreas destinadas a actividades humanas, como la agricultura, urbanización o ganadería. Este proceso tiene implicaciones ecológicas, ya que conlleva la fragmentación de los hábitats, la pérdida de biodiversidad y la alteración de los ciclos del agua y nutrientes. Este se interpreta como un fenómeno que está ligado a las demandas socioeconómicas, pero que genera costos ambientales significativos. En Guatemala, el avance de la frontera agrícola ha provocado la conversión de los bosques nubosos en áreas de cultivo, lo que no solo degrada los ecosistemas, sino que también contribuye al cambio climático por la liberación de carbono que está almacenado en los suelos y la vegetación (PROBOSQUE, 2022; Schuster et al, 2003).

2.2. Área basal

El área basal es un indicador clave para evaluar la densidad y estructura de un bosque, y se define como el área ocupada por los troncos de los árboles a la altura del pecho (1.30 m sobre el suelo). Este indicador se utiliza para determinar la productividad forestal y el estado de conservación del bosque. Es importante considerar que este indicador, aunque puede ser muy útil, debe ser analizado en combinación con los demás parámetros para tener una medición representativa del ecosistema. En el marco de la restauración forestal bajo los parámetros de PROBOSQUE, la medición del área basal debe incluir una clasificación basada en rangos que representan distintos grados de densidad y estructura del bosque:

- A (0 a 4 m²/ha): Indica un área basal baja, característico de zonas degradadas o en etapa temprana de recuperación, donde la densidad de árboles es limitada y se requiere intervención urgente.
- B (4 a 15 m²/ha): Un área basal media, donde se observa una estructura forestal en proceso de estabilización. Estos bosques pueden estar en regeneración activa pero aún requieren prácticas de manejo.
- C (Mayor a 15 m²/ha): Un área basal alta, típica de bosques maduros o en buen estado de conservación. La intervención en estas áreas debe enfocarse en la protección y monitoreo.

2.3. Riqueza de las Especies Forestales

La riqueza de especies forestales en los bosques nubosos de Guatemala es uno de los indicadores más importantes para evaluar su biodiversidad y potencial de restauración. Es fundamental considerar que el número de especies debe calcularse a partir de inventarios completos, lo que garantiza que la diversidad total de un área esté correctamente representada. En diversos estudios sobre la composición forestal de bosques nubosos, se ha encontrado que un ecosistema saludable incluye más de 20 especies de árboles, abarcando diversos grupos taxonómicos (González, 2021; Serrano, 2019). En algunos casos, se han registrado más de 40 especies forestales, demostrando la alta diversidad de estos ecosistemas, comparable con la de los bosques tropicales.

2.4. Estratificación forestal

La estratificación es clave para entender la complejidad y funcionalidad de un ecosistema forestal, ya que proporciona información sobre su estado sucesional. La clasificación de la vegetación por estratos, basada en el diámetro a la altura del pecho (DAP) y la altura, es la siguiente:

Plántula: Etapa inicial de árboles jóvenes con menos de 0.30 metros de altura.

Brinzal: Plantas de 0.30 a 1.5 m de altura, regeneración temprana.

Latizal bajo: Árboles jóvenes de más de 1.5 metros de altura y 5 cm de DAP.

Latizal alto: Árboles con DAP entre 5 y 10 cm que comienzan a formar parte del dosel.

Fustal: Árboles con DAP mayor a 10cm, dominantes en el dosel forestal.

Este sistema de estratificación es fundamental para evaluar la estructura y el estado de conservación del bosque, permitiendo una planificación más detallada de las intervenciones de restauración (PROBOSQUE, 2022).

2.5. Extracción de especies comerciales

Para identificar las causas de degradación en el contexto de la restauración, es importante considerar la presencia de especies comerciales. Estas especies son valiosas tanto por su rol ecológico como por su potencial económico, y su manejo adecuado en el marco de PROBOSQUE puede contribuir a la conservación y al desarrollo sostenible (PROBOSQUE, 2022). En los sitios donde ha habido extracción selectiva de especies comerciales, generalmente se pueden encontrar indicios como trozas o tablas remanentes, aserrín o tocones.

Figura 5. Ejemplo de indicios de extracción de especies comerciales.



M.J. Serrano, 2024

3. Biodiversidad y vida silvestre

Para realizar un monitoreo de biodiversidad, generalmente se debe llevar a cabo un seguimiento constante mediante censos o listados de flora y fauna. Para la fauna se utilizan métodos de captura-recaptura, mientras que para la flora se emplean transectos y parcelas de muestreo. Sin embargo, para facilitar el análisis de biodiversidad, se propone el levantamiento de datos durante el muestreo de inventario mediante avistamiento directo de grupos importantes de fauna y flora, así como entrevistas a actores locales, como guardabosques, guías, agricultores y pobladores. De ser posible, se recomienda realizar una visita nocturna para el avistamiento de especies claves como salamandras y otros anfibios.

Entre los parámetros importantes a evaluar en este criterio se encuentran:

3.1. Fauna indicadora de Bosque Nuboso

Es importante la identificación de especies clave, ya que la pérdida de estas es un indicador directo de degradación ecológica. Especies indicadoras, como las salamandras y ciertas aves especialistas, pueden usarse para monitorear la calidad del hábitat. La presencia o ausencia de estas especies proporciona indicios del grado de alteración del ecosistema.

Figura 6. Fauna indicadora: arañazos en los árboles (A.), pasálidos *Proculus mniszечи* (B), aves *Pharomachus mocinno* (C), Salamandras *Cryptotriton veraepacis* (D) huellas y heces (E.).



M.J. Serrano, 2024

3.2. Especies en el Listado de Especies Amenazadas

Generalmente, los bosques nubosos albergan una gran cantidad de especies endémicas con distribuciones restringidas. Esta característica los hace más vulnerables y aumenta la cantidad de especies amenazadas que contienen. Para hacer más práctico el proceso de evaluación de degradación, el análisis de especies amenazadas se enfocará únicamente en el componente de flora. Para ello, se deberá consultar listados importantes como CITES, la Lista Roja de la IUCN y la LEA, a fin de verificar si alguna de las especies de flora encontradas se encuentra en alguna categoría de amenaza. Esta información puede utilizarse posteriormente para la toma de decisiones en cuanto a las especies a incluir en medidas de restauración.

3.3. Especies invasoras

Una especie invasora se define como aquella que ha sido introducida fuera de su área de distribución natural y que, una vez se establece, desplaza a especies nativas, también altera los ecosistemas y afecta la biodiversidad. Para que una especie se considere como invasora requiere de un cumplimiento de ciertos criterios como: capacidad de propagación rápida, adaptación a diferentes condiciones ambientales, ausencia de depredadores naturales en el nuevo hábitat, y el impacto negativo que genera sobre especies locales, que pueden ser por competencia directa o indirecta como hibridación o modificación del entorno. Las especies invasoras suelen ser facilitadas por actividades humanas, como la globalización y el comercio, lo que incrementa su dispersión y establecimiento.

3.4. Especies importantes ecológicamente (No generalistas)

Los árboles que desempeñan un rol crucial en la preservación de la biodiversidad suelen ser especies especializadas que no están ampliamente distribuidas fuera de sus hábitats específicos. Entre ellos, destaca *Quercus* spp. (encino), que es clave en los bosques nubosos por su interacción con la fauna local, actuando como fuente de alimento y hábitat. Otros ejemplos importantes son los árboles de las familias Lauraceae, Rosaceae y Moraceae. Estas especies no solo sostienen complejas relaciones ecológicas, sino que también tienen un alto valor cultural y económico, lo que las hace esenciales para las estrategias de conservación y restauración (Serrano, 2019). Además, estas familias son ecológicamente relevantes al servir como fuentes de alimento para la fauna, promoviendo la dispersión y regeneración de otras especies forestales.

3.5. Presencia de helechos y epifitas

Entre las características clave de los bosques nubosos se encuentra una alta abundancia de epifitas (orquídeas, bromelias y musgos) y de helechos arborescentes. Debido a que ambos grupos son altamente sensibles a la degradación, su presencia puede ser un indicador útil del estado actual del ecosistema.

Figura 7. Ejemplos de especies epifitas (orquídeas y bromelias) indicadoras de un bosque nuboso saludable. Este ecosistema se caracteriza por tener una alta abundancia de helechos arborescentes.



M.J. Serrano, 2024

4. Componente de suelos

El análisis del estado del suelo es un paso importante para la planificación de medidas de restauración, ya que de él dependen muchos procesos, como el establecimiento de nuevas plántulas y el adecuado desarrollo de la vegetación. Entre los criterios propuestos para evaluar la degradación en los suelos se encuentran:

4.1. Erosión

Debido a su distribución en ecosistemas montañosos y con altas pendientes, la erosión afecta significativamente la estabilidad de los bosques nubosos. En estos bosques, se consideran tres formas comunes de erosión para su evaluación: la erosión laminar, que ocurre cuando una fina capa de suelo es removida por la acción del agua, afectando principalmente las áreas inclinadas y expuestas; y la erosión en surcos, que se da cuando el agua de escorrentía crea canales o surcos en el suelo, intensificando la pérdida de suelo y nutrientes. Por último, el caso más extremo es la formación de cárcavas, una forma de erosión particularmente peligrosa en áreas deforestadas o con escasa cobertura vegetal (CECON-USAC, 2022; CONAP, 2008).

4.2. Compactación del suelo

Este es un indicador crítico de degradación y se evalúa generalmente al insertar un instrumento en el suelo y observar la resistencia que presenta. Cuando el suelo está muy compacto, esto indica una reducción en la porosidad y la capacidad de infiltración de agua, lo que afecta la regeneración natural y la salud del ecosistema. Esta medición es esencial en las áreas degradadas, donde se planean intervenciones para reducir la compactación mediante prácticas como la escarificación.

4.3. Pedregosidad

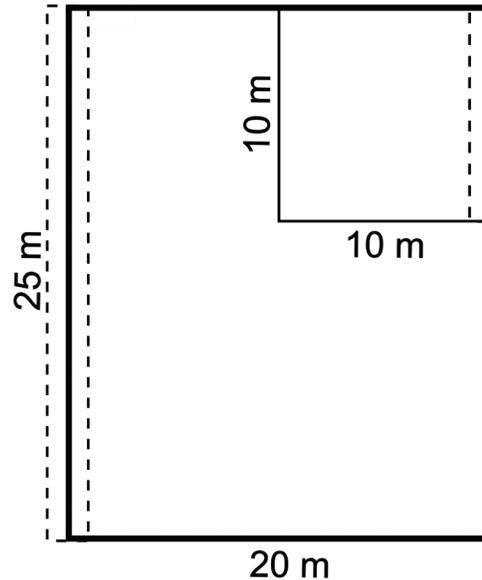
Este parámetro proporciona información clave sobre la reciente acumulación y abundancia de rocas en el suelo. Estos datos tienen importantes implicaciones para la capacidad de establecimiento y crecimiento de las raíces, afectando la retención de humedad y nutrientes en el suelo. A partir de esta información, se pueden orientar las acciones de restauración, seleccionando técnicas que favorezcan la recuperación del suelo y faciliten la adaptación de especies vegetales adecuadas para el entorno. Además, identificar la proporción de rocas en el suelo puede ayudar a evaluar el riesgo de erosión y planificar medidas para mitigar su impacto en la estabilidad del ecosistema.

5. Delimitación de parcelas de muestreo

Antes de realizar el levantamiento de inventario forestal para evaluar la degradación de un sitio, se deberá llevar a cabo un análisis geográfico y una delimitación de áreas en el proyecto. Es importante zonificar según el estado general del ecosistema. Debido a la dificultad del terreno y alta variabilidad de este ecosistema, se recomienda utilizar un muestreo sistemático con un error máximo del 30%. Asimismo, se sugiere realizar una curva de acumulación de especies para verificar si el muestreo ha sido representativo de la biodiversidad presente en el área.

Para el muestreo en campo, se recomienda emplear parcelas rectangulares para la medición e identificación de especies forestales, helechos y epífitas, además de recopilar los datos necesarios para completar el formato de valoración de degradación propuesto. Ensayos en campo han demostrado que esta metodología es de fácil aplicación en topografías quebradas y permite la integración de un muestreo longitudinal para el conteo de epífitas. Se recomienda empezar el muestreo entre las 6 y 8 AM para aumentar la probabilidad de avistamiento de aves. Las dimensiones de cada unidad de muestreo dependerán del estado sucesional y los hábitos de las especies, de la siguiente manera:

Figura 8. Representación de una parcela de muestreo.



M.J. Serrano, 2024

Árboles y fustales: DAP > 10 cm - 20 x 50 m

Latizal: DAP entre 5 y 10 cm – 10 x 10 m

Brinzal y hierbas: DAP < 5 cm – 1 x 10 m

Epífitas: Utilizar uno de los bordes de 25 m para contar el número de especies y abundancia encontradas por grupo taxonómico (Orquídeas, bromelias y helechos)

6. Formato de valoración para evaluar la degradación de un bosque nuboso

A continuación, se presenta una boletade valoración para cuantificar la degradación de un bosque nuboso. Para ello, se deben utilizar los datos obtenidos durante el muestreo de las parcelas, analizados en conjunto para generar un inventario del sitio. Al emplear el formato, se ingresará la ponderación de cada parámetro según los datos recopilados en todo el inventario, completando el cuadro a la derecha. Posteriormente, estos valores deben sumarse y compararse en las matrices de valoración. El análisis puede realizarse por cada criterio de forma independiente o a nivel general. Esto permite diseñar actividades de restauración específicas para el sitio evaluado, dependiendo del estado de cada criterio.

Tabla 1. Formato de valoración de degradación.

Criterio	Parámetro	Ponderación	Calificación
Estructura forestal	Área Basal	0 puntos: > 15 m ² /ha	
		5 puntos: 4-15 m ² /ha	
		10 puntos: < 4 m ² /ha	
	Riqueza de especies forestales	0 puntos: 15 o mas especies de por lo menos 5 familias	
		5 puntos: 7-14 especies de por lo menos 2 familias	
		10 puntos: menos de 7 especies	
	Estratificación	0 puntos: Presencia de fustales y el resto de los estratos	
		5 puntos: Plántulas, latizales y brinzales	
		10 puntos: Plántulas brinzales	
	Evidencia de extracción de madera o leña	0 puntos: Ausencia	
		5 puntos: Presencia	
	Indicios de incendios forestales recientes	0 puntos: Ausencia	
		5 puntos: Presencia	
	Total valoración de estructura forestal		
Biodiversidad	Fauna indicadora de bosque nuboso	0 puntos: Avistamiento o registro de fauna indicadora	
		5 puntos: Presencia de rastros	
		10 puntos: Ausencia de fauna y rastros	
	Plantas epifitas	0 puntos: Presencia de bromelias, orquídeas y musgos	
		5 puntos: de solo 1 o 2 grupos en baja abundancia	
		10 puntos: Ausencia de epifitas	
	Helechos arborescentes	0 puntos: Presencia	
		5 puntos: Ausencia	
	Restos leñosos en descomposición	0 puntos: Presencia	
		5 puntos: Ausencia	
	Presencia arboles importantes para vida silvestre	0 puntos: Presencia	
		5 puntos: Ausencia	
	Presencia de flora amenazada	0 puntos: Presencia	
		5 puntos: Ausencia	
Total valoración de biodiversidad			

Suelos	Erosión	0 puntos: Ausencia	
		2 puntos: Laminar o surcos	
		4 puntos: Presencia de cárcavas o más de una de las anteriores	
	Compactación	0 puntos: No compacta	
		2 puntos: Moderada	
		4 puntos: Muy compacto	
	Profundidad efectiva	0 puntos: > 20 cm	
		2 puntos: 10 - 20 cm	
		4 puntos: < 10 cm	
	Pedregosidad	0 puntos: Sin presencia	
		2 puntos: Rocas dispersas	
		4 puntos: Presencia alta	
Total valoración de suelos			
Total de valoración general			

Criterio	Parámetro	Ponderación
Estructura forestal	Área Basal	La suma de todas las secciones transversales de los árboles existentes en una hectárea, medida a 1,30 metros de altura y expresada en metros cuadrados.
	Riqueza de especies forestales	Cantidad de especies de árboles encontradas en el inventario y sus familias taxonómicas. Ej. Lauraceae, Fagaceae, Juglandaceae, Myrtaceae y Magnoliaceae
	Estratificación	Fustal (DAP > 10 cm), latizal alto (DAP de 5-10 cm), latizal bajo (DAP < 5 cm y altura > 1.5 m), brinzales (Altura entre 0.3 y 1.5 m)
	Evidencia de extracción de madera o leña	Tocones, arboles marcados o algún otro indicio de actividades de extracción
	Indicios de incendios forestales recientes	Presencia de cenizas o marcas en los árboles que indiquen el área ha sido quemada.
Biodiversidad	Fauna indicadora de bosque nuboso	La presencia de fauna nativa puede ser comprobada por avistamientos directos, rastros como huellas, heces, pelos o consultando con actores locales.
	Plantas epifitas	Los bosques nubosos son focos de diversidad para especies de bromelias (Tillandsia spp, Vriesia spp, Catopsis spp.), orquideas, helechos y musgos. Estos grupos, generalmente se encuentran en alta abundancia y diversidad.
	Helechos arborescentes	Los helechos arborescentes también son indicadores del bosque nuboso y se encuentran en alta abundancia y diversidad como los chipes o chut (Alsophila spp., Cyathea spp y Dicksonia spp)
	Restos leñosos en descomposición	Presencia de trocos o ramas caídas en proceso de descomposición que puedan servir como refugio para salamandras, insectos y otros animales
	Presencia arboles importantes para vida silvestre	Presencia árboles no generalistas que sirvan de refugio o fuente de alimento para la fauna como: Aguacatillos (Lauraceae spp), Zapotillo (Zapotaceae spp.), Amates (Ficus spp.) y Encinos (Quercus spp)
	Presencia de flora amenazada	Revisar dentro de las especies encontradas en el inventario si alguna se encuentra incluida ya sea en la LEA, CITES o Lista Roja de IUCN

Suelos	Erosión	Ausente: no se observan muestras de erosión
		Laminar, surcos: erosión superficial de unos centímetros y la formación de surcos en el suelo
		Se observa presencia de cárcavas en el suelo debido a la erosión
		Presencia de más de una de las anteriores
	Compactación	No compacta: estructura y poros muy visible, canales de lombrices y presencia de raíces nuevas y viejas
		Moderada: Se empieza a observar compactación en la parte inferior del suelo. Estructuras con pocos poros, se fractura con facilidad, poca presencia de canales de lombrices y presencia de raíces nuevas y viejas
		Muy compacto: compactación muy desarrollada en la parte inferior del suelo. No se observan macroporos, suelo muy compacto y macizo, no se observan canales de lombrices y presencia de raíces nuevas y viejas
	Pedregosidad	Evalúa la cantidad de rocas o fracciones mayores a las gravas (0.045 metros de diámetro) en el suelo. Incluye afloramientos rocosos, ya sea de materiales de origen o transportados como materiales aluviales.

Tabla 2. Matriz de valoración por criterio.

Estructura forestal		Biodiversidad		Suelos	
Ponderación	Categoría	Ponderación	Categoría	Ponderación	Categoría
< 14	Ligera	< 14	Ligera	< 7	Ligera
14 a 27	Moderada	14 a 27	Moderada	7 a 13	Moderada
28 a 40	Severa	28 a 40	Severa	14 a 20	Severa

* Llenar las filas en blanco al final de cada matriz con los valores obtenidos en el sitio evaluado.

Tabla 3. Matriz de valoración general del ecosistema

Ponderación	Categoría	Descripción
1-15	Sin degradación	Bosque primario con sotobosque denso y diverso. Muestra arboles antiguos y diversas especies como: Quecus spp, Lauraceae spp, Spotaceae spp, Edyosmum mexicanum, Surauia spp. Prunus spp, Magnolia spp, Juglandaceae spp. En la cordillera volcánica es común que diversas especies de amates (Ficus spp) sean componentes dominantes en el bosque. Albergan una gran diversidad de fauna, en especial anfibios y aves. Así como una gran abundancia de epifitas y helechos arborescentes. La vegetación evita la erosión de los suelos.
16-35	Ligera	Se puede observar primeros indicios de extracción selectiva de especies forestales para leña o madera. Aún mantiene una cobertura forestal densa y especies importantes ecológicamente. Baja abundancia de material leñoso en descomposición. No presenta daños por erosión de suelos.
36-60	Moderada	Área con densidad forestal baja o baja diversidad de especies. Área de Guamil que presenta especies de sucesión secundaria como Guarumo (Cecropia spp) y arboles de la familia Asteraceae. En este se encuentra una baja abundancia y diversidad de epifitas y helechos arborescentes debido a la falta de árboles antiguos o por la extracción para uso ornamental. Puede mostrar indicios de degradación leve de los suelos como erosión laminar.
61-80	Severa	Área con plantaciones agrícolas y árboles solitarios remanentes, también puede ser una plantación en monocultivo de coníferas u otras especies de aprovechamiento comercial. El suelo puede estar cubierto de pastos u otras especies asociadas a los claros. El suelo puede mostrar evidencia de erosión o compactación moderada.
81-100	Extrema	Perdida completa del componente arbóreo y arbustivo. Pastos y agricultura limpia. Puede mostrar señales de erosión o compactación severa.

* Llenar las filas en blanco al final de cada matriz con los valores obtenidos en el sitio evaluado.

Capítulo 2: Actividades y técnicas de restauración en bosques nubosos.

1. Principios de restauración

Los principios de restauración son el fundamento para garantizar que las acciones implementadas sean eficaces, sostenibles y adaptadas a las condiciones específicas de cada ecosistema (Brown & Kappelle, 2001). En el contexto de los bosques nubosos, estos principios deben abordar tanto los desafíos ecológicos como las necesidades sociales y culturales de las comunidades involucradas (Mesa Nacional de Restauración del Paisaje Forestal de Guatemala, 2018).

1.1. Diversidad Biológica Local

La restauración debe priorizar el uso de especies nativas, ya que estas están adaptadas a las condiciones locales y desempeñan funciones ecológicas críticas. Por ejemplo, los encinos (*Quercus* spp.) en bosques nubosos actúan como especies clave que proporcionan alimento y refugio para la fauna local. Otras especies como *Podocarpus guatemalensis* contribuyen a la estabilidad del suelo en áreas con pendientes pronunciadas (Mesa de Restauración del Paisaje Forestal de Guatemala, 2018). El uso de especies no nativas o invasoras puede alterar las dinámicas ecológicas y causar más daño que beneficio.

1.2. Conocimientos Tradicionales y Científicos

Los conocimientos tradicionales de las comunidades locales pueden contribuir en el diseño de estrategias de restauración efectivas, especialmente cuando se combinan con la investigación científica para desarrollar soluciones adaptadas a las realidades locales. Por ejemplo, prácticas agrícolas tradicionales como la rotación de cultivos y el uso de abonos orgánicos contribuyen a mejorar la fertilidad del suelo, mientras que el monitoreo participativo permite a los agricultores identificar cambios en la biodiversidad que podrían pasar desapercibidos para los científicos. Además, los conocimientos sobre especies locales de uso medicinal y comestible, como el Coj (*Magnolia* spp.), que proporciona beneficios medicinales y su madera es utilizada culturalmente, pueden ser integrados en proyectos de restauración para mejorar la biodiversidad y generar recursos útiles para las comunidades. De igual forma, los sistemas agroforestales tradicionales, que combinan árboles y cultivos para promover la fertilidad del suelo, el control de plagas y la conservación de la biodiversidad, representan una base sólida para restaurar áreas degradadas (PROBOSQUE, 2022). La integración de estos conocimientos tradicionales con enfoques científicos fomenta la participación comunitaria y garantiza la sostenibilidad a largo plazo de los proyectos de restauración.

1.3. Áreas Críticas para la Conectividad Ecológica

La conectividad ecológica es fundamental para mantener la funcionalidad de los ecosistemas. Los bosques nubosos de Guatemala, como el Biotopo del Quetzal y la Reserva de la Biosfera Sierra de las Minas, son ejemplos de áreas clave que requieren restauración para conectar corredores biológicos.

La restauración de corredores biológicos puede favorecer el movimiento de especies, como el Quetzal (*Pharomachrus mocinno*) (RECOSMO, 2004; CONAP, 2008). Para realizar esto es necesario identificar de puntos de fragmentación prioritarios para mejorar la conectividad.

1.4. Adaptación al Cambio Climático

Debido a su distribución restringida, los bosques nubosos son especialmente vulnerables al cambio climático. Por esto, las estrategias de restauración deben incluir especies resilientes ante cambio de temperatura y en el patrón de lluvias. En este contexto es importante priorizar la restauración de áreas de captación de agua, ya que estos bosques desempeñan un papel crucial en el ciclo hidrológico (INAB y CONAP, 2020). La incorporación de modelos climáticos puede proveer información relevante sobre futuros cambios en la distribución de las especies y puede guiar futuras intervenciones.

1.5. Participación Comunitaria y Sostenibilidad

Diversos estudios han demostrado que la participación de las comunidades locales puede aumentar el éxito a largo plazo de las acciones de restauración de ecosistemas. Para lograrlo, es fundamental que las comunidades reciban beneficios directos, como generación de empleo, acceso a productos forestales no maderables y mejoras en los servicios ecosistémicos que sustentan su calidad de vida. Además, la implementación de talleres y campañas educativas puede fortalecer la comprensión sobre la importancia de los bosques nubosos y el papel crucial que desempeñan en los proyectos de restauración (Mesa Nacional de Restauración del Paisaje Forestal de Guatemala, 2018; PROBOSQUE, 2022). Asimismo, la promoción del ecoturismo se presenta como una herramienta efectiva para generar ingresos económicos al tiempo que incentiva la conservación y protección de las áreas restauradas, asegurando la sostenibilidad del esfuerzo a largo plazo.

2. Factores por tomar en cuenta

La restauración de ecosistemas requiere una evaluación de varios factores que influyen en la elección de técnicas y estrategias. Cada uno de estos factores puede limitar o definir las acciones posibles, afectando la planificación y el éxito del proyecto

2.1. Nivel de degradación forestal y de suelos

Cuando el área carece de árboles, es menos probable que los procesos de regeneración natural sean efectivos, lo que puede obligar a optar por plantaciones directas o nucleación. Si la regeneración está presente, pero es débil, las decisiones pueden orientarse hacia técnicas de enriquecimiento o manejo de regeneración natural, reduciendo costos y maximizando los recursos existentes (Kappelle, 2008; CECON-USAC, 2002b). La presencia de plantas invasoras puede forzar la priorización de su control antes de implementar cualquier acción de restauración, retrasando otros esfuerzos y aumentando los costos.

En suelos erosionados, las técnicas tradicionales de restauración pueden ser inviables, obligando a incorporar estrategias como barreras vivas, terrazas o enmiendas al suelo. La compactación puede limitar el desarrollo de raíces y la infiltración de agua, lo que influye en la elección de herramientas para

airear el suelo antes de proceder con la restauración. Si los suelos carecen de nutrientes, la restauración puede requerir enmiendas orgánicas o químicas, aumentando la complejidad del proyecto (Schuster, Cano & Cardona, 2000; Mesa Nacional de Restauración del Paisaje Forestal de Guatemala, 2018).

2.2. Objetivo del Proyecto

Tanto la restauración ecológica como la restauración productiva comparten el objetivo de recuperar la funcionalidad de áreas degradadas, pero difieren en su enfoque y metas principales (IUCN & WRI, 2014; Mesa Nacional de Restauración del Paisaje Forestal de Guatemala, 2018). La restauración ecológica busca restablecer las funciones naturales, la biodiversidad y los servicios ecosistémicos de un área. En esencia, se busca regresar un ecosistema lo más cercano posible a su estado previo a la degradación (Maginnis & Jackson, 2002). Por otro lado, la restauración productiva se orienta hacia la generación de beneficios económicos y sociales mediante el uso sostenible de los recursos del ecosistema restaurado (PROBOSQUE, 2022). Aunque tienen objetivos diferentes, ambos enfoques pueden complementarse para lograr soluciones integrales que equilibren la recuperación ecológica con el desarrollo humano (Mesa Nacional de Restauración del Paisaje Forestal de Guatemala, 2018).

Productivo:

Los proyectos productivos suelen priorizar especies de rápido crecimiento o de alto valor económico (PROBOSQUE, 2022). Esto puede restringir la elección de especies nativas si estas no cumplen con los objetivos comerciales, limitando el impacto ecológico (Serrano Díaz-Durán, 2019). En áreas destinadas a actividades productivas, la necesidad de obtener ingresos puede entrar en conflicto con la meta de restaurar biodiversidad, obligando a encontrar un equilibrio entre ambas.

Ecológico:

La prioridad de restaurar especies amenazadas puede requerir germoplasma específico o condiciones de hábitat óptimas, lo que puede ser difícil de lograr en áreas muy degradadas (Schuster, Cano & Reyes-Castillo, 2003). Si el objetivo es la restauración de servicios como la regulación hídrica, las decisiones deben enfocarse en técnicas que prioricen la estabilización del suelo y la reforestación con especies clave, lo que puede limitar la velocidad del proyecto (Mostacedo & Fredericksen, 2000; PROBOSQUE, 2022).

2.3. Disponibilidad del Germoplasma

Cuando existen fuentes naturales de semillas o árboles madre en las cercanías, las decisiones pueden favorecer técnicas de regeneración natural, reduciendo costos (Serrano Díaz-Durán, 2019). Si estas están ausentes o demasiado alejadas, será necesario recurrir a viveros o transporte de semillas, aumentando los costos y la complejidad logística (Mostacedo & Fredericksen, 2000). En áreas distantes de fuentes semilleras, la restauración pasiva puede no ser viable, obligando a implementar acciones activas como plantación directa o nucleación (PROBOSQUE, 2022). Las largas distancias incrementan los costos de transporte y afectan la rapidez con que se pueden establecer las acciones, lo que puede demorar el proyecto.

Es importante siempre considerar de donde proviene el material reproductivo utilizado en iniciativas de restauración. Para evitar la introducción de especies exóticas invasoras, se recomienda adquirir las plantas o semillas de sitios cercanos al lugar del proyecto, en viveros o proveedores confiables. Cuando sea posible, se recomienda que el germoplasma sea extraído del mismo ecosistema o de sitios bien preservados que se encuentren cerca. Esto asegura la calidad genética y la preservación de los linajes evolutivos propios del área.

Figura 9. Semillas de Coj (*Magnolia poqomchi*) y Aguacatillo (*Ocotea vaerapaceancis*) en un bosque nuboso de Alta Verapaz. Ejemplo de una trampa de semillas.



M.J. Serrano, 2024

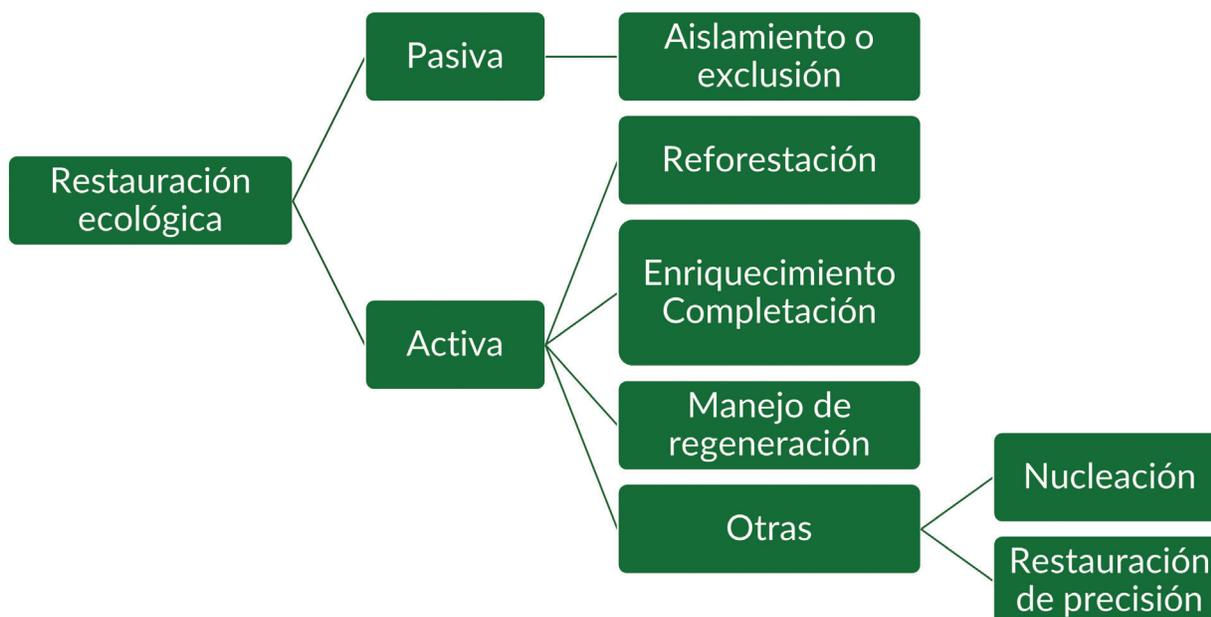
2.4. Accesibilidad y Topografía

La accesibilidad y la topografía del sitio son factores críticos que condicionan las técnicas de restauración a emplear (Mesa Nacional de Restauración del Paisaje Forestal de Guatemala, 2018). En áreas remotas o de difícil acceso, las técnicas intensivas, como la plantación manual, pueden resultar inviables debido a las limitaciones logísticas y de transporte, favoreciendo opciones más simples como el manejo de regeneración natural (Mostacedo & Fredericksen, 2000). Por su parte, terrenos con pendientes pronunciadas restringen el uso de maquinaria pesada, requiriendo la implementación de medidas específicas como terrazas, barreras naturales o nucleación, lo que incrementa los costos y el tiempo necesario para la restauración (PROBOSQUE, 2022). Además, climas extremos o variables, como períodos de sequía o lluvias intensas, pueden reducir las ventanas de trabajo disponibles y afectar la supervivencia de las especies plantadas, obligando a ajustar los cronogramas y las técnicas (INAB & CONAP, 2020). En conjunto, estos factores actúan como restricciones que influyen en la planificación del proyecto, obligando a priorizar recursos y seleccionar estrategias que sean viables y sostenibles dentro del contexto particular del sitio.

3. Técnicas de Restauración Forestal

Existen diversas estrategias y técnicas de restauración forestal que pueden ser aplicadas en los bosques nuboso. Estas son resumidas en el siguiente esquema:

Figura 10. Esquema de tipos de restauración forestal aplicados al Bosque Nuboso.



M.J. Serrano, 2024.

3.1. Restauración pasiva

La restauración pasiva es una técnica que promueve la regeneración natural de los ecosistemas mediante la reducción de perturbaciones, con una intervención humana mínima que favorece los procesos de sucesión ecológica (Schuster, Cano & Reyes-Castillo, 2003).

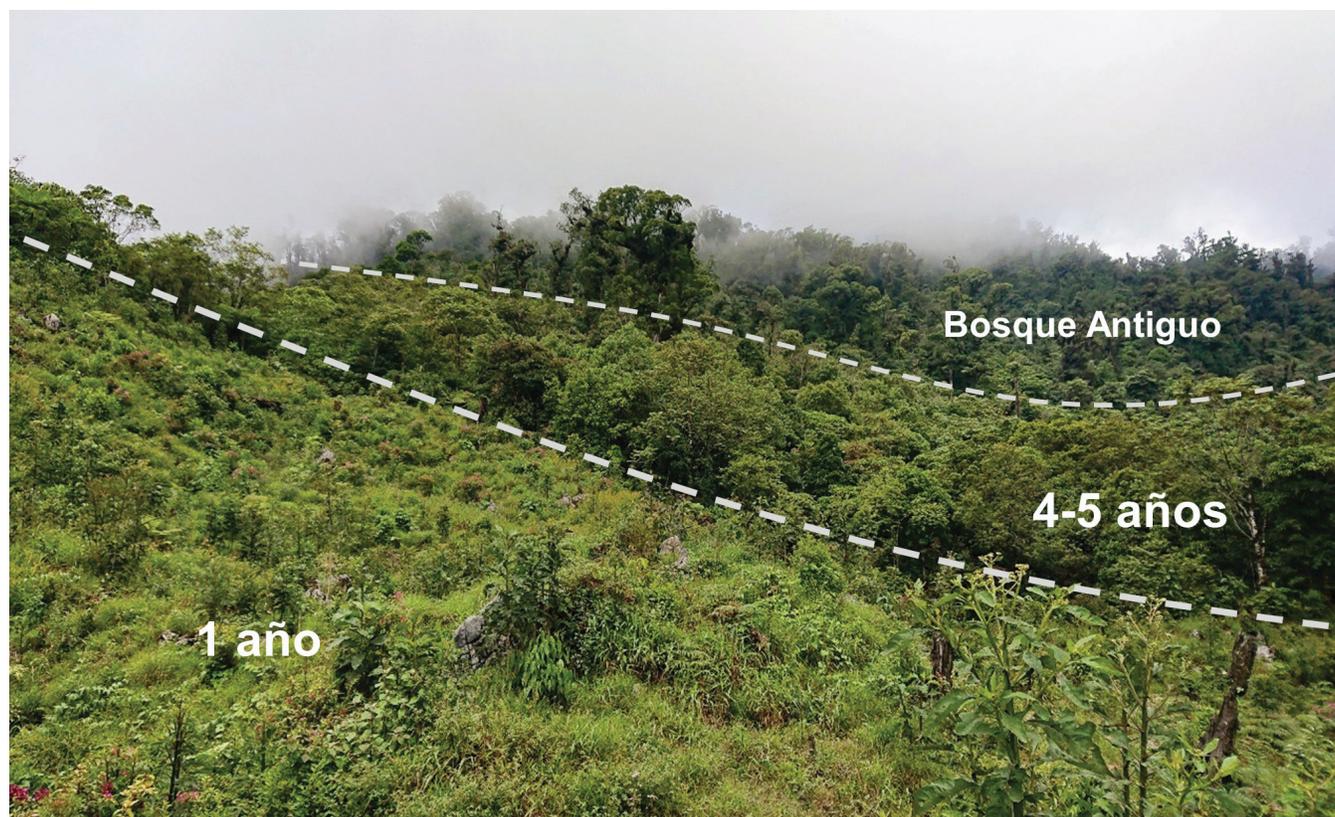
Beneficios: Es una opción económica en comparación con otras estrategias de restauración (Mesa Nacional de Restauración del Paisaje Forestal de Guatemala, 2018). Fácil implementación al requerir menos infraestructura y recursos humanos especializados. Maximiza los recursos intrínsecos del ecosistema, como la dispersión de semillas y el desarrollo de plantas nativas, aprovechamiento los procesos naturales (PROBOSQUE, 2022)

Consideraciones Importantes: Es esencial que existan fuentes cercanas de semillas y fauna dispersora activa para asegurar la disponibilidad de germoplasma (Serrano Díaz-Durán, 2019). Adicionalmente, es necesario tener suelos levemente degradados que permitan el establecimiento de especies forestales.

Métodos y Herramientas:

- Cercos de exclusión.
- Rondas contra fuego
- Presencia de guardabosques
- Acuerdos comunitarios que reducen la presión humana como la extracción de leña y otros recursos naturales, fomentando el compromiso social con la restauración (PROBOSQUE, 2022; Mesa Nacional de Restauración del Paisaje Forestal de Guatemala, 2018).

Figura 11. Ejemplo de un bosque nuboso con restauración pasiva a distintos tiempos de haber iniciado con los métodos de exclusión.



M.J. Serrano, 2024

La restauración pasiva es ideal para áreas donde el ecosistema aún conserva parte de su resiliencia, permitiendo que los procesos naturales restablezcan el equilibrio ambiental de manera gradual y sostenible (Schuster, Cano & Reyes-Castillo, 2003). Esta estrategia es particularmente útil para los Bosques Nubosos, considerando la topografía y difíciles accesos donde estos se encuentran

3.2. Restauración activa

La restauración activa implica la implementación de acciones intencionales destinadas a eliminar las causas de degradación y acelerar los procesos de sucesión ecológica en los ecosistemas afectados (PROBOSQUE, 2022; Serrano Díaz-Durán, 2019).

Beneficios: La restauración activa presenta múltiples beneficios que la convierten en una estrategia efectiva para la recuperación de ecosistemas degradados. En primer lugar, acelera la recuperación del ecosistema, logrando resultados visibles en un tiempo menor en comparación con técnicas pasivas (PROBOSQUE, 2022). Además, favorece la recuperación de suelos, mejorando sus condiciones físicas, químicas y biológicas, lo que es esencial para la regeneración natural de la vegetación (Mostacedo & Fredericksen, 2000). Por último, esta técnica permite cumplir objetivos específicos, al ser diseñada para abordar necesidades particulares como la reintroducción de especies clave, la estabilización de pendientes vulnerables o el control de la erosión, garantizando así soluciones adaptadas a las problemáticas del área.

La restauración activa es una herramienta versátil y efectiva, especialmente en áreas donde los procesos naturales son insuficientes para garantizar la recuperación del ecosistema sin apoyo humano (PROBOSQUE, 2022). Entre las distintas técnicas de restauración activa que pueden ser aplicadas a los bosques nubosos se encuentra:

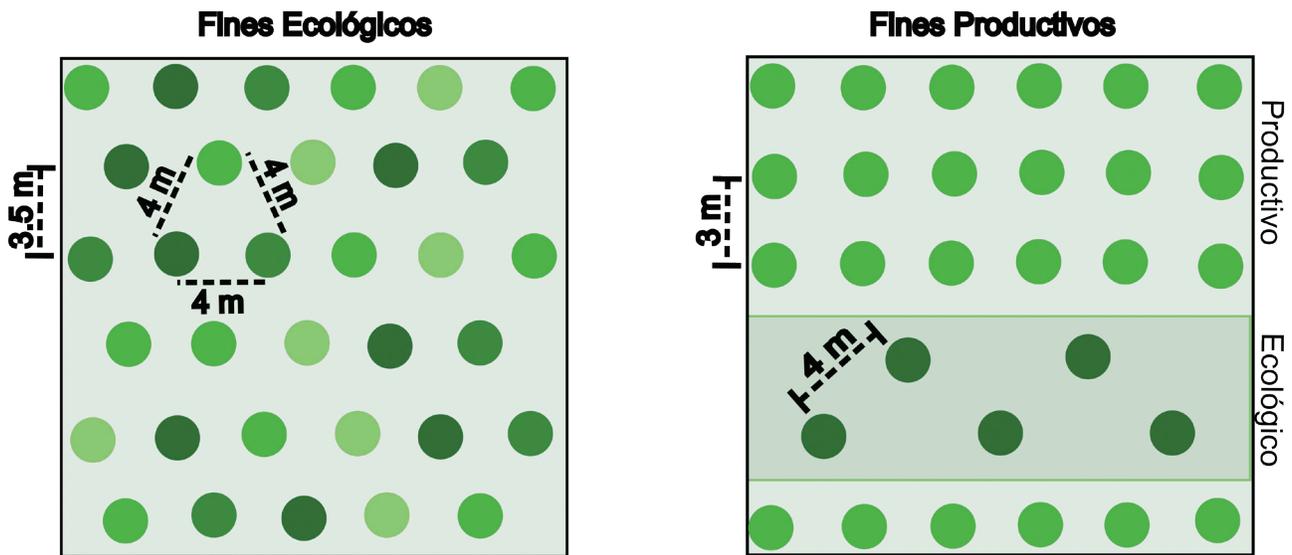
3.2.1. Plantación o reforestación

La reforestación o siembra directa consiste en acciones destinadas a repoblar un área específica mediante la plantación de árboles de diversas especies. Este proceso contribuye a la restauración ecológica, la mejora de la cobertura forestal y la conectividad del paisaje.

Consideraciones

- Ordenamiento y planificación: Definir objetivos claros, áreas prioritarias y cronogramas.
- Procedencia de la semilla: Asegurar que las semillas provengan de fuentes confiables para garantizar la calidad genética y la adaptación al entorno.
- Mantenimiento: Proveer cuidado intensivo durante los primeros cinco años, incluyendo riego, control de plagas y reposición de árboles fallidos.
- Especies nativas: Seleccionar especies adaptadas a las características ecológicas del sitio para maximizar las tasas de supervivencia y los beneficios ambientales.
- Diseño en mosaico: Implementar plantaciones en patrones que favorezcan la conectividad ecológica, simulando estructuras naturales del ecosistema.

Figura 12. Distribución y densidad de especies forestales con diferentes fines.



- Utilización de la mayor cantidad posible de especies nativas en mosaico, priorizando especies amenazadas e importantes ecológicamente.
- La siembra en tres bolillos evita la erosión por escorrentía debido a la pendiente de estos ecosistemas.
- El espaciamiento de 4 m entre árboles permite la regeneración natural entre ellos.
- Siembra de especies comerciales dependiendo del objetivo del proyecto a una distancia de 3 m entre cada árbol.
- Siembra de una franja de especies ecológicamente importantes cada 3-5 líneas (Puede variar dependiendo del proyecto).
- En esta franja, incluir varias especies en tres bolillos a una distancia de 4 m para permitir la regeneración.

M.J. Serrano, 2024

Dentro de la plantación, se recomienda alternar la siembra de especies de crecimiento rápido con especies de crecimiento lento, promoviendo tanto la atracción de dispersores como la conservación de especies amenazadas. Este enfoque contribuye a la restauración ecológica y al establecimiento de una estructura forestal funcional.

Especies de rápido crecimiento: Árboles o arbustos que cumplen funciones clave como fijar nitrógeno y atraer dispersores y polinizadores. Estas especies mejoran las condiciones del suelo y crean microhábitats favorables para otras plantas. Ejemplos:

- Guarumos (*Cecropia* spp.)
- Moquillo (*Saurauia* spp.)
- Mano de león (*Dendropanax arboreus*)
- Leguminosas nativas.

Especies clave y de crecimiento lento: Árboles de alto valor ecológico, en peligro de extinción o con crecimiento más pausado, que serán fundamentales para la estructura a largo plazo del bosque. Ejemplos:

- Aguacatillo (*Ocotea* spp., *Persea* spp.) y otras lauráceas.
- Encinos (*Quercus* spp.).
- Nogales (*Alfaroa* spp., *Juglans* spp.).
- Magnolias.
- Quebracho (*Cojoba arborea*).

Esta metodología es recomendada para plantaciones forestales en bosque nuboso. Sin embargo, los parámetros específicos de siembra pueden variar dependiendo de los objetivos de cada proyecto específico. Por ejemplo, la especie a utilizar y su distanciamiento serán diferentes en situaciones donde la plantación sea con fines agroforestales o silvopastoriles.

3.2.2. Enriquecimiento y completación de bosques

La biodiversidad y estructura de los bosques nubosos desempeñan un papel esencial en la conservación de los ecosistemas y la regulación de los servicios ambientales. El enriquecimiento de la composición arbórea y la completación de áreas degradadas son acciones fundamentales para mantener y fortalecer estas funciones ecológicas.

Enriquecimiento de la Composición del Bosque:

El enriquecimiento busca aumentar la diversidad de especies en el bosque, priorizando la introducción de familias de árboles subrepresentadas o ausentes. Esta técnica se aplica cuando:

- En un área determinada se encuentran menos de 4 familias arbóreas representadas.
- Existen sitios donde se han extraído especies específicas para madera o leña, como Rosul (*Dalbergia* spp.), Coj (*Magnolia* spp.), Encinos (*Quercus* spp.), *Cojoba arborea*, y *Prunus* spp.

Metodología:

Identificar sitios dentro del bosque con al menos 4 metros de distancia entre árboles existentes para asegurar un espacio adecuado para la siembra.

Seleccionar especies pertenecientes a familias clave identificadas para los bosques nubosos, que incluyen:

- Lauraceae
- Fagaceae
- Juglandaceae
- Magnoliaceae
- Rosaceae
- Moraceae
- Myrtaceae
- Fabaceae

Realizar plantaciones siguiendo criterios ecológicos para optimizar el establecimiento y la supervivencia de las especies.

Completación:

La completación de claros en el bosque, producto de la degradación del suelo o la deforestación, representa una estrategia prioritaria para la restauración. Esta técnica es especialmente aplicable en áreas con claros mayores a 500 metros cuadrados, donde la regeneración natural es limitada o en áreas afectadas por disturbios específicos, como deslizamientos o incendios.

La selección debe considerar los factores limitantes que causaron el claro, tales como:

- Erosión del suelo: Especies de familias con sistemas radiculares profundos y resistentes, como Fabaceae o Fagaceae.
- Exposición solar elevada: Especies pioneras que facilitan la regeneración al proporcionar sombra, como *Cecropia* sp, *Suarauia* sp, *Dendropanax arboreus* o *Hedyosmum mexicanum*.
- Falta de fertilidad: Especies fijadoras de nitrógeno para mejorar la calidad del suelo, como aquellas de la familia Fabaceae.
- Deforestación: Repoblar el área representando la mayor cantidad de las familias representativas posible.

Consideraciones:

- Inventario y Diagnóstico: Realizar un inventario detallado para identificar las familias faltantes y evaluar las condiciones de los claros.
- Producción de Plantas: Establecer viveros locales para la producción de plantas nativas pertenecientes a las familias prioritarias.
- Monitoreo y Mantenimiento: Implementar un plan de monitoreo para evaluar el éxito de las plantaciones y realizar mantenimiento periódico en las áreas restauradas.
- Educación y Participación Comunitaria: Involucrar a las comunidades locales en las actividades de restauración, promoviendo su conocimiento sobre la importancia de las especies nativas y su cuidado.

3.2.3. Manejo de regeneración natural

El manejo de regeneración natural busca potenciar los procesos naturales de dispersión y germinación de semillas, utilizando técnicas silviculturales para optimizar las condiciones del sitio. Este método minimiza costos al aprovechar los procesos naturales y favorece el restablecimiento del ecosistema original (Mostacedo & Fredericksen, 2000). Generalmente, las acciones implementadas son menos intensivas en comparación con plantaciones directas (PROBOSQUE, 2022).

Para manejar la regeneración natural se debe identificar y liberar árboles con mayor potencial de crecimiento al eliminar competidores cercanos por medio de podas y raleos. En los bosques nubosos, se recomienda priorizar el desarrollo de plántulas de familias como Lauraceae, Fagaceae, Juglandaceae, Magnoliaceae, Moraceae, Fabaceae y Rosaceae.

Podas: Eliminar ramas para mejorar las condiciones de luz o en el caso de rebrotes para favorecer el desarrollo de un solo eje. Se recomienda realizar las podas en la época seca (marzo-mayo) para evitar la presencia de enfermedades y degradación causada por la humedad.

Raleos: Reducir la densidad de individuos para garantizar suficiente espacio, luz y nutrientes para los ejemplares seleccionados. Esta acción se debe realizar cuando la densidad de regeneración natural impida el desarrollo óptimo.

Consideraciones:

- Presencia de árboles semilleros y distancia a las fuentes de germoplasma: Garantizar la cercanía de fuentes de semillas viables para promover la regeneración natural.
- Manejo de la sombra y disponibilidad de luz: Ajustar las condiciones lumínicas mediante la eliminación de vegetación densa o el manejo de la cobertura arbórea.
- Control de especies invasoras: Erradicación manual o química de especies competitivas, como pastos, para favorecer la regeneración natural.

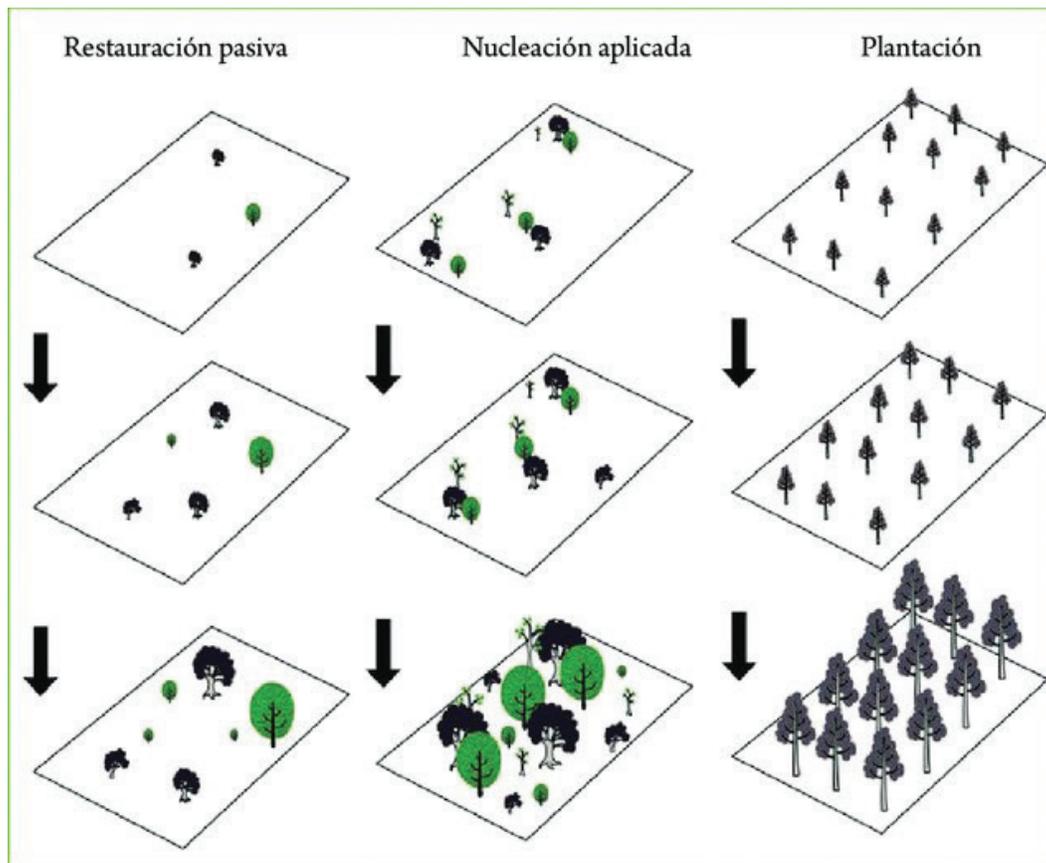
Tipos de regeneración:

- Generativa: Involucra la dispersión y germinación de semillas. Por ejemplo, algunas especies de *Prunus* spp. presentan una reproducción explosiva, produciendo miles de plántulas, muchas de las cuales no sobreviven por la competencia. Estas plántulas pueden recolectarse y reubicarse para repoblar otros sitios o pueden ser favorecidas por medio de podas y raleos a la vegetación circundante.
- Vegetativa: Consiste en brotes y rebrotes de raíces o troncos. Por ejemplo, los encinos (*Fagaceae*) suelen producir rebrotes en el momento de la tala. Estos pueden manejarse eligiendo uno o dos ejes principales y eliminando el resto, favoreciendo así un crecimiento óptimo.

3.2.4. Nucleación

Esta técnica consiste en establecer pequeños grupos de árboles o arbustos en áreas degradadas para crear islas de regeneración que actúan como puntos de partida para la sucesión ecológica (PROBOSQUE, 2022). Cada uno de los núcleos funciona atrayendo fauna dispersora y promoviendo los procesos de regeneración en sus alrededores, facilitando la conectividad ecológica y mejorando la heterogeneidad del paisaje (Figura 6).

Figura 13. Comparación entre los resultados de homogeneidad y velocidad en acciones de restauración pasiva, nucleación y plantación.

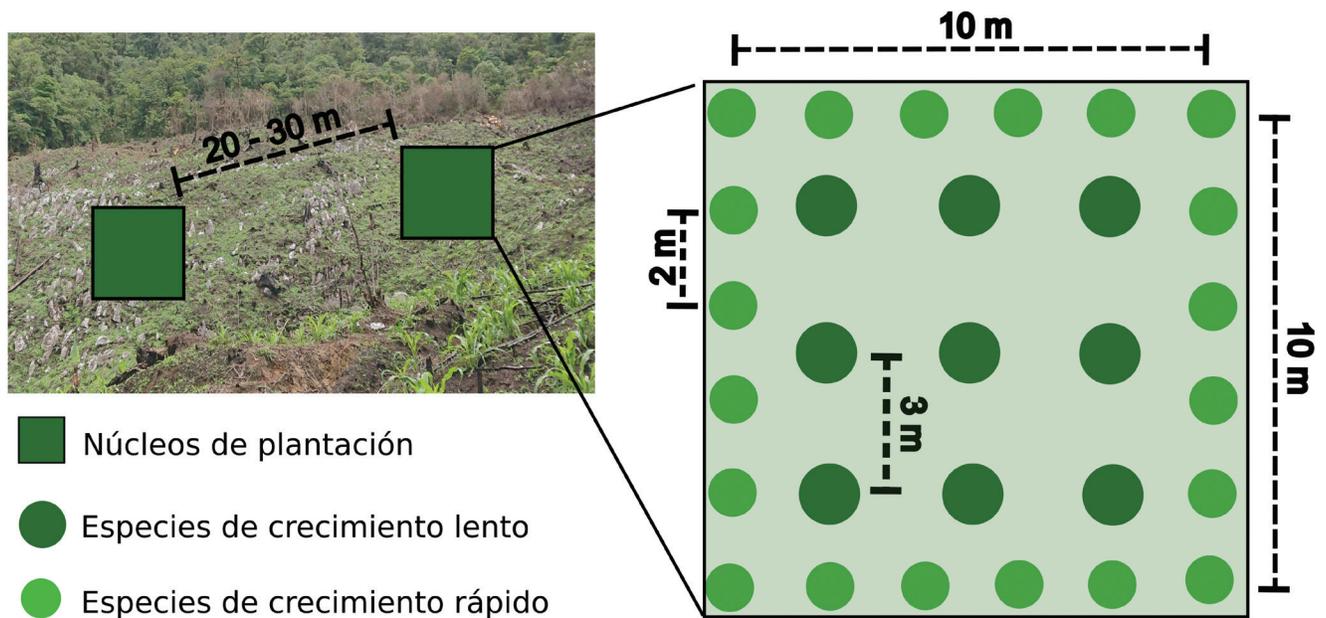


Extraído de Lucio Palacio et al, 2016

Consideraciones

- Tamaño de núcleos: 10 x 10 m
- Distancia entre plántulas: 2 m entre especies de rápido crecimiento en el borde y 3 m entre especies de crecimiento lento en el centro.
- Distancia entre núcleos: Entre 20 y 30 m dependiendo de factores como la topografía, área total del proyecto y los recursos disponibles.
- Especies:
 - ◊ Árboles o arbustos de rápido crecimiento que fijen nitrógeno o atraigan dispersores y polinizadores. Ej. Guarumos (*Cecropia* spp.), Moquillo (*Saurauia* spp.), Mano de león (*Dendropanax arboreus*), varias Leguminosas nativas.
 - ◊ Árboles clave, en peligro o de crecimiento lento. Ej. Aguacatillo (*Ocotea* spp, *Persea* spp.) y otras lauráceas, Encinos (*Quercus* spp.), Nogales (*Alfaroa* spp., *Juglans* spp.), Magnolias, Quebracho (*Cojoba arborea*).

Figura 14. Distribución de núcleos.



M.J. Serrano, 2024

Estudios previos han demostrado que los núcleos de tamaño medio favorecen la presencia de especies dispersoras, acelerando así los procesos de sucesión (Wilson et al. 2021). Esta metodología mantiene un tamaño adecuado para cumplir con los servicios de restauración, al tiempo que asegura su aplicabilidad práctica, teniendo en cuenta la topografía difícil que caracteriza a los bosques nubosos.

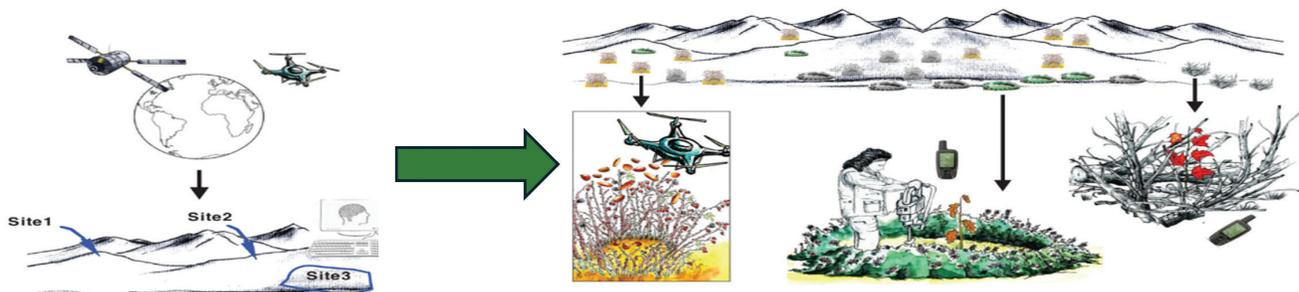
3.2.5. Restauración de precisión

También existe propuestas que están siendo trabajadas a nivel internacional para optimizar los procesos de restauración y poder aplicarlos en gran escala. Un ejemplo de esto es la restauración de precisión. Este es un enfoque innovador que busca maximizar el éxito de los esfuerzos de restauración forestal a través de técnicas específicas y localizadas. Este método combina conocimientos ecológicos avanzados con tecnologías modernas, como drones y sensores remotos, para priorizar acciones en áreas críticas y minimizar impactos negativos en el ecosistema. Su objetivo es garantizar que cada planta o semilla sembradas tenga la mayor probabilidad de convertirse en un árbol adulto funcional, promoviendo la recuperación de bosques resilientes y autosostenibles. Aunque inicialmente puede ser más costosa, la restauración de precisión resulta más eficiente y sostenible a largo plazo, especialmente en iniciativas con una alta extensión territorial.

Etapas principales:

- Utilizar imágenes satelitales y sensores remotos para identificar microhábitats adecuados y seleccionar especies nativas adaptadas a las condiciones locales.
- Mejorar condiciones del suelo y proteger áreas clave con técnicas específicas.
- Evaluar características del sitio y especies para determinar el método más eficiente. Esto puede ser mediante plántulas o por medio de semillas sembradas directamente o por medio de drones especializados.
- Implementar estrategias como perchas para dispersión de semillas y estructuras que favorezcan la biodiversidad.
- Supervisar el crecimiento, manejar herbívoros, y ajustar estrategias según sea necesario.

Figura 15. Secuencia de pasos propuestos por los conceptos de restauración de precisión.



Extraído de Castro et al, 2021.

3.3. Manejo del suelo en proyectos de restauración

El manejo del suelo es un componente esencial para el éxito de los proyectos de restauración, ya que proporciona un sustrato adecuado para el crecimiento de las especies y favorece la recuperación del ecosistema (Mostacedo & Fredericksen, 2000). Es importante tomar en cuenta todos los factores del suelo que pueden influir en los procesos de restauración. Entre ellos está la fauna y flora que puede estar presente en el suelo a utilizar, la composición del suelo (minerales, nutrientes y microbiota), la cantidad de materia orgánica, la absorción de agua de la cual es capaz y los factores externos que pueden afectar cualquier método de mejoramiento del suelo, como la erosión (Prescott, Frouz, Grayston, Quideau y Straker, 2019). Existen diversas técnicas que pueden aplicarse para mejorar las condiciones del suelo en áreas degradadas (PROBOSQUE, 2022).

3.3.1. Transposición de Suelos

La transposición de suelos consiste en mover suelo superficial rico en materia orgánica y microorganismos desde bosques saludables hacia áreas degradadas. Este suelo contiene semillas, propágulos, hongos, bacterias y lombrices, esenciales para la regeneración (Mostacedo & Fredericksen, 2000). La técnica incluye la excavación de fragmentos de 1 m² con 25 cm de profundidad, asegurando que el suelo mantenga su integridad biológica (PROBOSQUE, 2022). Para determinar el número de fragmentos necesarios, se deben considerar el tamaño del área a restaurar, la densidad deseada de regeneración y la disponibilidad de suelo en los sitios donantes. Comúnmente, se recomienda utilizar

un fragmento por cada 10 m² del área degradada, ajustando según las condiciones específicas del ecosistema. Para evitar afectar el equilibrio ecológico de los sitios donantes, no se debe extraer más del 10% de la superficie total de suelo disponible en el área donante.

Los suelos a utilizar deben provenir de sitios como pozos de sedimentación, áreas cercanas a ríos o fincas, donde el suelo tiende a ser rico en nutrientes debido a la acumulación de materia orgánica y sedimentos. Es fundamental realizar un análisis previo para asegurar que estos suelos no contengan contaminantes ni especies invasoras que puedan afectar el área receptora. Se ha observado que los sitios de los bosques que han tenido transposición de suelos desde otros bosques más saludables han tenido un aumento de riqueza y abundancia de especies de mayor (Balestrin, et al., 2019). Sin embargo, la mayoría de las especies nuevas serán herbáceas o arbustivas, y esto puede causar competencia con plántulas que quieran ser introducidas en programas de reforestación. Es importante generar algún tipo de estructura, como zanjas, que permita que el agua que no sea absorbida por el suelo nuevo corra libremente sin causar mucha erosión. Adicionalmente, la superficie del suelo debe quedar rugosa para aumentar la absorción (Prescott, Frouz, Grayston, Quideay y Straker, 2019).

3.3.2. Enmiendas al Suelo

Las enmiendas al suelo utilizan materiales como compost, biochar, biosólidos y fertilizantes orgánicos o químicos. Estas enmiendas incrementan la fertilidad, mejoran la estructura del suelo y favorecen la retención de agua, especialmente en áreas degradadas donde la recuperación natural es limitada (Mostacedo & Fredericksen, 2000; Mesa Nacional de Restauración del Paisaje Forestal de Guatemala, 2018). Otra manera de enmendar la calidad del suelo puede ser la inoculación de este con especies de hongos y bacterias presentes en suelos sanos. Las micorrizas tienen un efecto positivo en la nutrición y crecimiento de plántulas y árboles previamente establecidos en bosques; mientras que las bacterias pueden tener múltiples funciones como la degradación de materia orgánica y fijación de algunos nutrientes. Es necesario tomar en cuenta que si se van a aplicar nutrientes a los suelos, se debe verificar la composición de cada uno de los sitios a tratar. Es importante incluir plantas fijadoras de nitrógeno en las enmiendas al suelo para promover la disponibilidad de nitrógeno a largo plazo (Prescott, Frouz, Grayston, Quideay y Straker, 2019).

3.3.3. Formación de Micrositios

La formación de micrositios crea microclimas que facilitan el establecimiento de especies nativas. Utilizando troncos caídos y otros materiales, se retiene humedad y se protege a las plántulas, mientras se modifican las micro condiciones físicas para aumentar la colonización de especies (PROBOSQUE, 2022). Se debe observar las necesidades específicas de cada sitio para poder crear los microhábitats para las especies más requeridas en el ecosistema; y cuando se trata de invertebrados, se debe dejar parches del suelo sueltos para que estos puedan colonizarlo (Prescott, Frouz, Grayston, Quideay y Straker, 2019). Con respecto a fauna, la presencia de especies de regeneración atractiva para especies de aves o mamíferos es recomendable, mientras que la disponibilidad de lugares con alta humedad y escondites es recomendada para anfibios.

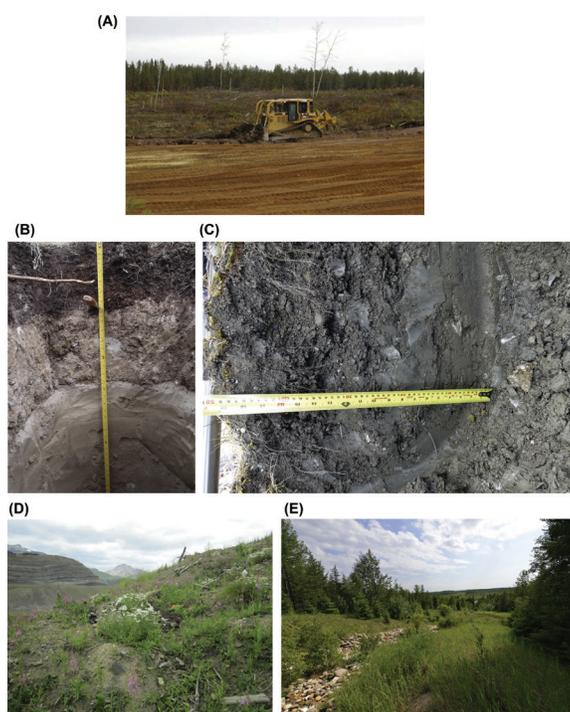
3.3.4. Reducción de Compactación

La compactación del suelo puede causar perturbaciones en la accesibilidad de los reservorios de agua subterránea y reducir la penetración de las raíces de la flora causando un crecimiento poco adecuado (Prescott, Frouz, Grayston, Quideay y Straker, 2019). La reducción de la compactación del suelo se logra mediante herramientas manuales o maquinaria que airean el suelo, mejorando la infiltración de agua y permitiendo un desarrollo radicular óptimo (Mostacedo & Fredericksen, 2000). En algún sitio, el uso de maquinaria para airear el suelo puede causar una mayor compactación, por lo que se recomienda utilizar equipo pequeño y especializado para cumplir con estas funciones (Prescott, Frouz, Grayston, Quideay y Straker, 2019).

3.3.5. Perchas y Madrigueras Artificiales

Las perchas y madrigueras artificiales son estructuras diseñadas con materiales locales de la zona de restauración, como postes, ramas, bambú, madera y piedras (PROBOSQUE, 2022). Estas estructuras facilitan el tránsito de animales y la dispersión de semillas entre áreas, contribuyendo a la regeneración natural y la conectividad ecológica. Las perchas son especialmente útiles para aves y murciélagos, ya que promueven la dispersión de semillas a través de su actividad. Se recomienda instalar entre 10 y 30 perchas por hectárea para maximizar su efectividad (PROBOSQUE, 2022). Estas herramientas son esenciales en proyectos que buscan fomentar la biodiversidad y la funcionalidad ecológica en áreas degradadas.

Figura 16. Proceso de restauración de suelos.



A) Descompactación del suelo. B) y C) Transposición de dos capas de suelo sobre material compactado. D) Suelo cubierto por vegetación, incluyendo microhábitats y residuos de madera para promover colonización de especies nativas. E) Drenajes realizados para evitar erosión de suelo nuevo. Extraído de: Prescott, Frouz, Grayston, Quideay y Straker, 2019

3.4. Tipos de material de establecimiento



Plantas de Vivero



Semillas Directas



Esquejes (Estacas)

Ventajas

- Altos rendimientos y mayor supervivencia.
- Permite seleccionar especies clave, como epifitas (orquídeas y bromelias) y helechos arbóreos, importantes en bosques nubosos.
- Facilita la reintroducción de especies con bajo éxito de regeneración natural

- Económico y fácil de implementar.
- Promueve raíces más profundas y fuertes, favoreciendo la estabilidad del ecosistema.
- Ideal para áreas extensas, complementando la regeneración natural con indicadores clave como orquídeas y helechos

- Rápido y sencillo de implementar.
- Adecuado para restauraciones que buscan resultados visibles en menor tiempo.
- Aplicable a especies brotonas clave, como *Dendropanax arboreus* y *Magnolia poqomchi*.

Desventajas

- Requiere infraestructura y manejo especializado.
- Costos iniciales más altos.

- Baja tasa de supervivencia inicial.
- Requiere tecnología para evitar la depredación de semillas y tratamientos pregerminativos para asegurar la germinación

- Solo aplicable a especies con capacidad de brotación.
- No promueve la diversidad genética

M.J. Serrano, 2024. Las imágenes muestran la reproducción en vivero de nogal (*Juglans olanchana*), semillas de Granadillo (*Dalbergia tucurensis*) y establecimiento de esquejes de Coj (*Magnolia poqomchi*).

3.5. Estrategia de monitoreo y control

Para poder garantizar el éxito de un proyecto de restauración, es importante realizar evaluaciones continuas con indicadores claros y medibles (Mostacedo & Fredericksen, 2000). Estos incluyen el incremento de especies nativas, la reducción de invasoras y mejoras del suelo, como mayor contenido de materia orgánica y capacidad de infiltración (Mesa Nacional de Restauración del Paisaje Forestal de Guatemala, 2018).

En los bosques nubosos, la recolonización de helechos arbóreos y epífitas (orquídeas y bromelias) es un indicador clave, ya que estas especies son fundamentales para la funcionalidad del ecosistema (PROBOSQUE, 2022). Para un monitoreo efectivo, se recomienda establecer parcelas permanentes de 20 x 25 metros en zonas representativas (Mostacedo & Fredericksen, 2000). Anualmente, se deben registrar variables como el área basal, la diversidad de especies, la densidad de plántulas y la presencia de helechos y epífitas (Mesa Nacional de Restauración del Paisaje Forestal de Guatemala, 2018).

Además, monitorear animales clave, como el quetzal (*Pharomachrus mocinno*), mariposas y pasáridos, proporciona información sobre conectividad y salud del ecosistema (Mesa Nacional de Restauración del Paisaje Forestal de Guatemala, 2018). En el caso de los bosques nubosos, la abundancia de salamandras puede ser un indicador a largo plazo.

La utilización de tecnologías modernas también puede ser útil para evaluar el resultado a largo plazo de una restauración. Por ejemplo, los drones ayudan a evaluar la cobertura forestal y detectar problemas, mientras que sensores remotos miden parámetros como humedad del suelo e índices de vegetación (NDVI) (PROBOSQUE, 2022). Herramientas como aplicaciones móviles y software GIS mejoran la recopilación y análisis de datos (Mesa Nacional de Restauración del Paisaje Forestal de Guatemala, 2018).

Implementar medidas correctivas basadas en resultados del monitoreo es esencial. Por ejemplo, si la densidad de especies nativas no aumenta, se puede intensificar la plantación directa. Si las epífitas y helechos no recolonizan adecuadamente, es crucial reintroducirlas en áreas seleccionadas o mejorar microhábitats (Mostacedo & Fredericksen, 2000). Este enfoque adaptativo asegura que los objetivos del proyecto sean sostenibles y efectivos, con especial atención a la recuperación de especies clave de los bosques nubosos (PROBOSQUE, 2022).

3.6. Técnicas de restauración de acuerdo con el grado de degradación identificado y objetivos del proyecto a restaurar

Tabla 4. Técnicas de restauración.

criterio	Nivel de Degradación	Restauración Ecológica	Restauración Productiva
Estructura	Ligera	Manejo de regeneración natural para fortalecer densidad y distribución de árboles existentes.	Enriquecimiento con especies comerciales en claros pequeños para aumentar valor económico.
	Moderada	Nucleación o enriquecimiento para establecer grupos iniciales en áreas con baja densidad de árboles.	Plantación mixta para reintroducir especies comerciales y ecológicamente relevantes.
	Severa	Plantación directa en mosaico para recuperar estructura perdida y conectar fragmentos.	Sistemas agroforestales con especies comerciales adaptadas para zonas abiertas o erosionadas.
Biodiversidad	Ligera	Promoción de regeneración natural favoreciendo epífitas y helechos arborescentes.	Introducción selectiva de especies nativas con valor ornamental o cultural.
	Moderada	Enriquecimiento con especies clave como Lauraceae spp. para atraer fauna dispersora.	Plantación mixta, integrando especies comerciales que promuevan interacciones ecológicas.
	Severa	Nucleación para recrear islas de biodiversidad y facilitar el retorno de fauna clave.	Introducción de especies comerciales estratégicas con enfoque en biodiversidad funcional.
Suelos	Ligera	Curvas a nivel y terrazas individuales para reducir escorrentía y prevenir compactación.	Incorporación de prácticas de conservación como barreras vivas y mulch orgánico para mejorar infiltración.
	Moderada	Creación de micrositios con terrazas mecánicas o acequias de infiltración para mejorar estructura.	Aplicación de compost en zonas clave para aumentar la capacidad de retención y reducir erosión.
	Severa	Implementación de barreras muertas y diques para estabilizar suelos y frenar pérdidas de estructura.	Transposición de suelos enriquecidos junto con enmiendas orgánicas y mecánicas para restaurar productividad.

M.J. Serrano, 2024

3.7. Integración con la Modalidad de Restauración en PROBOSQUE

Tabla 5. Requisitos para ingresar a PROBOSQUE.

Requisito	Plantación	Manejo de Regeneración Natural	Enriquecimiento o Completación
Objetivo	Recuperar la cobertura forestal con especies seleccionadas mediante plantación activa.	Fomentar la regeneración natural, eliminando perturbaciones y facilitando el desarrollo.	Completar la regeneración natural con especies adicionales para mejorar la biodiversidad.
Densidad Mínima	833 árboles/ha en sitios sin limitaciones; 1,111 árboles/ha en sitios con restricciones.	Evaluación y manejo de regeneración existente (sin densidad fija).	200 árboles/ha para áreas parcialmente regeneradas.
Especies	Prioridad a especies nativas adaptadas a las condiciones del bosque nuboso.	Regeneración de especies propias del ecosistema.	Adición de especies clave de alto valor ecológico o cultural.
Técnicas	Preparación del terreno, plantación en mosaico o líneas estratégicas para conectividad ecológica.	Protección contra perturbaciones, monitoreo de regeneración y manejo selectivo.	Plantación puntual en áreas con fallas o baja densidad de regeneración.
Mantenimiento	Riego, fertilización, control de plagas, reposición de fallas y control de maleza en los primeros 5 años.	Monitoreo de crecimiento, eliminación de competidores no deseados y control de plagas.	Manejo intensivo en los primeros años para garantizar el establecimiento de las especies.
Áreas Excluidas	Pendientes >60% o drenaje deficiente, salvo técnicas adaptadas.	Suelos altamente degradados o compactados sin capacidad de regeneración.	Áreas sin regeneración suficiente o sin potencial ecológico para soportar nuevas especies.
Monitoreo y Evaluación	Inspección periódica para medir la supervivencia (mínimo 75% al año 1, 60% al año 5).	Evaluación del éxito de la regeneración natural y ajustes de manejo según necesidades.	Seguimiento de crecimiento y ajustes según condiciones del sitio.

* Información extraída del Manual de Criterios y Parámetros Técnicos de PROBOSQUE, 2023.

Capítulo 3. Especies Prioritarias para la Restauración en Bosques Nubosos

1. Metodología de selección de especies forestales para restauración

1.1. Identificación de Especies Forestales

La identificación de las especies forestales se basó en listados provenientes de sitios representativos de bosques nubosos en Guatemala, como el Biotopo del Quetzal, la Finca Pamac II, el Volcán de Agua y el Refugio del Quetzal en el Volcán Atitlán. Esta información fue complementada con registros obtenidos de bases de datos como el Portal de Biodiversidad de Guatemala y GBIF, filtrando específicamente los datos asociados a bosques nubosos. Las especies seleccionadas fueron sometidas a una revisión taxonómica utilizando herramientas reconocidas como **World Flora Online** y **Tropicos.org**, asegurando la precisión y actualización de la información.

1.2. Importancia Ecológica

Para determinar la importancia ecológica de las especies, se analizaron criterios como:

- Dominancia en el ecosistema,
- Servicios ecosistémicos proporcionados,
- Grado de amenaza, y
- Endemismo.

El grado de amenaza fue evaluado utilizando fuentes como la Lista de Especies Amenazadas de Guatemala (LEA) (CONAP, 2009), la Lista Roja de la UICN y las listas específicas de árboles de Guatemala (Vivero, 2006) y México (González-Espinosa, 2011). Para el análisis del endemismo, se emplearon registros actualizados de GBIF.org y guías especializadas, lo que permitió identificar aquellas especies únicas o de distribución restringida.

1.3. Importancia Cultural y Económica

La importancia cultural y económica de las especies se determinó a través de entrevistas semiestructuradas con informantes clave en comunidades locales como Mexabaj, El Chiborrón y Pam Ak Che. Los informantes incluyeron personas que utilizan productos derivados de las especies nativas, como madera, medicina tradicional y otros recursos. Estas entrevistas fueron transcritas y analizadas para calcular el Índice de Valor de Uso (IVU), que documenta el número total y los tipos de usos registrados para cada especie. Adicionalmente, se consultaron listados del INAB sobre especies de uso comercial y literatura especializada como *Trees of Guatemala* y *Flora Mesoamericana*. En algunos casos, la identificación de las especies se validó directamente con los informantes.

1.4. Sistema de Ponderación y Selección de Especies

Con base en los datos recopilados, se desarrolló un sistema de ponderación que integró los criterios analizados, asignando un peso relativo a cada uno de ellos en función de su relevancia. Este sistema permitió calcular un puntaje total para cada especie, lo que facilitó la selección de aquellas que mostraron mayor relevancia ecológica, cultural y económica. Este enfoque garantizó que las especies seleccionadas fueran priorizadas de manera estratégica para cumplir con los objetivos de conservación y manejo sostenible del proyecto.

2. Especies consideradas importantes para restauración del Bosque Nuboso

A continuación, se presentan 35 especies de importancia ecológica, cultural, y/o económica para la restauración del bosque nuboso en Guatemala. Es importante mencionar que a pesar de que muchas de estas especies poseen una distribución amplia alrededor del país, es recomendable utilizar semillas o germoplasma de cada una de las regiones que se pretende restaurar. Esto, permite mantener la biodiversidad genética de las comunidades de plantas y aumenta las posibilidades de las plántulas de sobrevivir al ser plantadas (Bucharova et al., 2017). Si no es posible obtener germoplasma local, se recomienda buscar poblaciones expuestas a condiciones ambientales similares para obtener un mayor éxito de supervivencia. Adicionalmente, se debe verificar adecuadamente la identificación de las especies en campo, ya que muchas de las especies pueden ser confundidas fácilmente si no presentan flores o frutos al momento de observarse. Para algunas especies, no se encontró un uso cultural, medicinal, alimenticio o económico durante la investigación; sin embargo, es importante apoyarse del conocimiento tradicional de pobladores de cada una de las áreas que se visitarán para obtener nuevos datos de usos e importancia cultural para todas las especies.

Todas las especies seleccionadas fueron encontradas en listados forestales o investigaciones realizadas en las áreas de San Marcos, la Cadena Volcánica, Sierra de las Minas o Alta Verapaz. Se seleccionaron las especies más importantes para cada una de las áreas y especies compartidas entre sitios de alta importancia cultural, ecológica o económica. Los nombres comunes fueron obtenidos por medio de entrevistas (Alta Verapaz) e información de investigaciones anteriores, así como el libro de Trees of Guatemala. Las descripciones de hojas, fuste, fruto y flor fueron elaboradas utilizando Trees of Guatemala y World Flora Online. Las fotografías fueron obtenidas de herbarios, el Portal de Biodiversidad de Guatemala, Flora of the World Online y World Flora Online para mantener identificaciones confiables de los especímenes. Por último, los usos de las plantas fueron obtenidos por medio de entrevistas (Alta Verapaz) y revisión de bibliografía.

1. FICHA TÉCNICA FORESTAL

Nombre científico:

Saurauia kegeliana Schltldl.

Familia: Actinidiaceae

Nombres comunes:

Moquillo, To'Coq, Capulín, Carreto

Objetivo de restauración forestal:

Conservación de bosques
Maderable (Leña, estructuras y madera)
Conservación de especie (VU - IUCN)

Intereses:

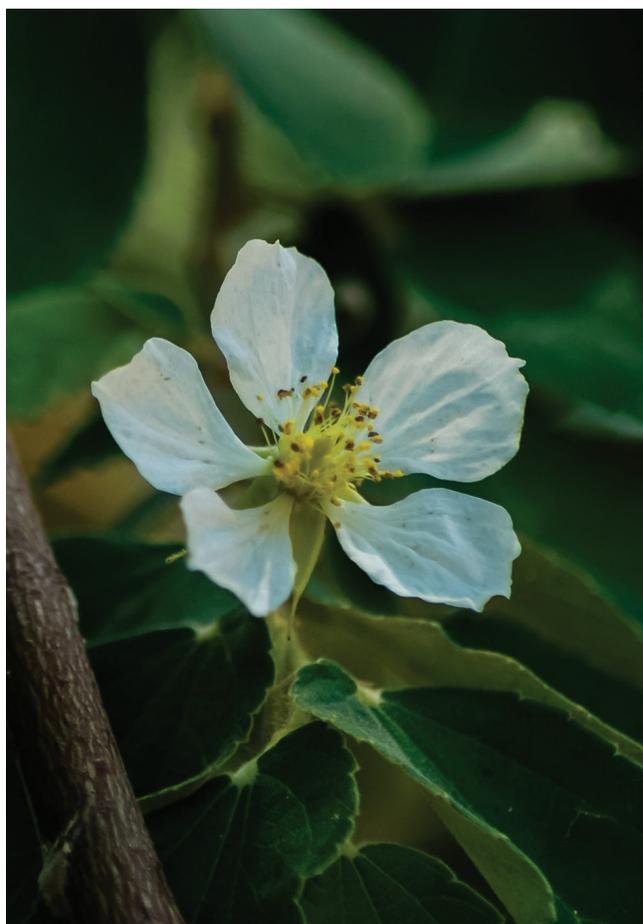
- Cultural
- Ecológico
- Conservación (VU - IUCN)

Usos:

- Madera para leña y para estructuras como postes o vigas.
- Alimento (fruto)

Distribución y Ecología:

Se distribuye en los países México, Guatemala y Honduras en alturas de 600 a 2,300 msnm en bosque húmedos. En Guatemala en los departamentos de Alta Verapaz, Baja Verapaz, Chimaltenango, Escuintla, Guatemala, Izabal, Petén, Quetzaltenango, Retalhuleu, Sacatepéquez, San Marcos, Santa Rosa y Sololá.



Obtenido de: GBIF, 2017 Edwin Verdugo

DESCRIPCIÓN

Hoja:	Hojas lanceoladas a elípticas de 9 a 20 cm de largo y de 2.5 a 8 cm de ancho
Fuste:	Árbol pequeño de hasta 15 metros de altura, con ramas delgadas
Flor:	Flores blancas con fragancia de 2 a 2.5 cm de ancho. Anteras amarillas de 2 a 2.5 mm de largo, estilo distinto.
Fruto:	Fruto de coloración verde o blancuzca, glabro y globoso.

(Parker, 2008; Portal de diversidad de Guatemala, 2024)

2. FICHA TÉCNICA FORESTAL

Nombre científico: <i>Dendropanax arboreus</i> (L.) Decne. Y Planch.
Sinónimo: <i>Aralia arborea</i> L.; <i>Dendropanax schippi</i> (A. C. Sm.) A. C. Sm.
Familia: Araliaceae
Nombres comunes: Sac che, Amché, Mano de León, Palo Blanco, Chonte, Matapalo, Mano de Mico
Objetivo de restauración forestal: <ul style="list-style-type: none"> • Conservación de bosques • Maderable (leña y mueblería)
Intereses: <ul style="list-style-type: none"> • Cultural • Ecológico
Usos: <ul style="list-style-type: none"> • Madera para leña y mueblería. • Ornamental • Cerco vivo
Distribución y Ecología: Se distribuye desde México hasta Bolivia y las Antillas, de 0 a 1,500 msnm en bosques mixtos, húmedos. Se encuentra comúnmente en bordes y en bosques en crecimiento secundario. En Guatemala se encuentra en los departamentos de Alta Verapaz, Baja Verapaz, Chiquimula, Escuintla, Guatemala, Huehuetenango, Izabal, Jutiapa, Petén, Quetzaltenango, Quiché, Retalhuleu, San Marcos, Santa Rosa, Sololá, Suchitepéquez y Zacapa.



Obtenido de: Herbario PMA, Reyes Carranza (Flor, fuste, hojas) y Correa, M. (Fruto)

DESCRIPCIÓN

Hoja:	Hojas ovadas a elípticas, de 5 a 25 cm de largo y de 2 a 10 cm de ancho. Variables en formas y bordes, hojas en ramas juveniles normalmente 3-lobuladas, mientras que en ramas viejas ovadas a elípticas, enteras u onduladas.
Fuste:	Árbol de 15 a 30 m de altura, con ramas escasas. Tronco puede llegar a 60 cm de diámetro, con corteza café o grisácea.
Flor:	Flores amarillentas a blancas verdosas, dispuestas en umbelas usualmente numerosas. Número de flores por umbela variable.
Fruto:	Coloración negra a morado oscuro, de 6 a 8 mm de largo, jugosos.

(Parker, 2008; Portal de diversidad de Guatemala, 2024)

3. FICHA TÉCNICA FORESTAL

Nombre científico:

Dendropanax oliganthus (A.C. Sm.) A. C. Sm.

Sinónimo: *Glibertia oligantha* A.C. Sm.

Familia: Araliaceae

Nombres comunes:

Matasanillo

Objetivo de restauración forestal:

- Conservación del bosque

Intereses:

- Ecológico

Usos:

- No reportados

Distribución y Ecología:

Se distribuye en México, Costa Rica y Guatemala en bosques húmedos y mixtos a elevaciones entre 2,100 y 2,400 msnm. En Guatemala se encuentra en los departamentos de Alta Verapaz y Zacapa.



Obtenido de: Portal de Biodiversidad de Guatemala, 2024

DESCRIPCIÓN

Hoja:	Hojas coriáceas verde claro en el envés, oblongas y obovadas-oblongas de entre 9 a 15 cm de largo y 3 a 6 cm de ancho
Fuste:	Árboles de hasta 15 m de altura, glabros y con ramas bastante gruesas.
Flor:	Flores blancas cremosas en umbelas compuestas de muchas flores con pedúnculos gruesos de 2 a 2.5 cm, en fascículos o racimosos.

(Parker, 2008; Portal de diversidad de Guatemala, 2024)

4. FICHA TÉCNICA FORESTAL

Nombre científico: <i>Oreopanax xalapensis</i> (Kunth) Decne. Y Planch.
Sinónimo: <i>Aralia xalapensis</i> Kunth.; <i>Oreopanax langlassei</i> Standl.
Familia: Araliaceae
Nombres comunes: Mano de león, Mano de tigre, Atieuej, Chilil mazorco, Mazorco, Matagente, M'shal
Objetivo de restauración forestal: <ul style="list-style-type: none"> • Conservación del bosque
Intereses: <ul style="list-style-type: none"> • Ecológico
Usos: <ul style="list-style-type: none"> • Ornamental
Distribución y Ecología: Se distribuye desde el centro de México hasta Panamá en bosque húmedos de montaña, bosques mixtos o bosques de pino-encino. En Guatemala se encuentra en los departamentos de Alta Verapaz, Baja Verapaz, Chimaltenango, Chiquimula, Guatemala, Huehuetenango, Quetzaltenango, Quiché, Sacatepéquez, San Marcos, Santa Rosa, Sololá, Suchitepéquez y Zacapa.



Obtenido de: GBIF, 2024 Saban-Sequén, E.A.

DESCRIPCIÓN

Hoja:	Hojas en peciolo largos y delgados, 5 a 9 foliados. Las hojas jóvenes oblongas-lanceoladas a obovadas. La mayoría de 10 a 25 cm de largo.
Fuste:	Árbol pequeño de hasta 18 metros, tronco puede llegar a medir hasta 45 cm de diámetro. Glabro o casi glabro.
Flor:	Cabezas de flor de 5 a 15 mm de ancho, con pocas o muchas flores formando racimos en la mayor parte de los casos terminales de más de 40 cm.
Fruto:	Frutos pocos o numerosos, subglobosos de 5 a 6 mm de largo, jugosos. Cuando jóvenes blancos o blancos verdosos y cuando alcanzan madurez, negros.

(Parker, 2008; Portal de diversidad de Guatemala, 2024)

5. FICHA TÉCNICA FORESTAL

Nombre científico:

Hedyosmum mexicanum C. Cordem

Familia: Chloranthaceae

Nombres comunes:

Palo de agua, Oczé, Té Azteco, Té Maya, Té de monte, Mazorco, Onj, Onc, Macetero, Sandio

Objetivo de restauración forestal:

- Conservación del bosque
- Culinario
- Conservación de la especie (VU – IUCN)

Intereses:

- Cultural
- Ecológico
- Conservación (VU – IUCN)

Usos:

- Preparación de bebida caliente con las hojas del árbol

Distribución y Ecología:

Se distribuye desde el sur de México hasta Costa Rica en bosques húmedos de montaña y bosques de pino en altitudes de 1,200 a 2,900 msnm.



Obtenido de: Portal de Biodiversidad de Guatemala, 2020. López Ríos, C.

DESCRIPCIÓN

Hoja:	Hojas con peciolo cortos, usualmente lanceoladas u oblonga-lanceoladas, de 12 a 20 cm de largo y 3 a 6 cm de ancho.
Fuste:	Árboles de hasta más de 12 m de altura, que pueden presentar flores desde que miden 2 metros. Tronco grueso y copa densa.
Flor:	Flores con pistilo numerosas en una cabeza densa y ovoide o subglobosa; picos con estambres en forma de amento de 2 a 8 cm de largo y de 5 a 8 mm de grueso.
Fruto:	Fruto de 2 a 3 cm de largo y 1.5 a cm de ancho o más grande. Cuando está fresco y maduro de coloración blanca, con mucha pulpa y jugoso.

(Parker, 2008; Portal de diversidad de Guatemala, 2024)

6. FICHA TÉCNICA FORESTAL

Nombre científico:

Hirtella triandra Sw.

Sinónimo: *Hirtella paniculata* Lam.

Familia: Chrysobalanaceae

Nombres comunes:

Icaco de montaña, Palo rojo, Kaq che

Objetivo de restauración forestal:

- Conservación de bosques
- Maderable (leña y estructuras)

Intereses:

- Cultural
- Ecológico

Usos:

- Madera para leña o para estructuras como postes o vigas
- Partes no maderables para construcción

Distribución y Ecología:

Se distribuye desde Guatemala hasta Bolivia y Las Antillas, de 0 a 1,260 msnm en bosques húmedos y mixtos. En Guatemala en los departamentos de Alta Verapaz, Izabal y Suchitepéquez.



Obtenido de: GBIF, 2022 Chacón Madrigal, E.

DESCRIPCIÓN

Hoja:	Hojas casi sésiles oblongas de 5 a 15 cm de largo y de 2.5 a 5.5 cm de ancho.
Fuste:	Árbol de hasta 15 m de altura, con troncos alcanzando hasta 20 cm de diámetro. Ramas jóvenes pilosas. Fácilmente identificable por medio de sus hojas cubiertas por tricomas cafés muy largos.
Flor:	Flores blancas en panículas densas y con muchas flores. Filamentos rosados o morados.
Fruto:	Fruto piloso con coloración rojo oscuro a morado, obovoide y de alrededor de 2 cm de largo y 9 mm de ancho

(Parker, 2008)

7. FICHA TÉCNICA FORESTAL

Nombre científico:

Cyathea fulva (M. Martens y Galeotti) Fée

Sinónimo: *Alsophila fulva* M. Martens y Galeotti

Familia: Cyatheaceae

Nombres comunes:

Palma, Maquique

Objetivo de restauración forestal:

- Conservación del bosque

Intereses:

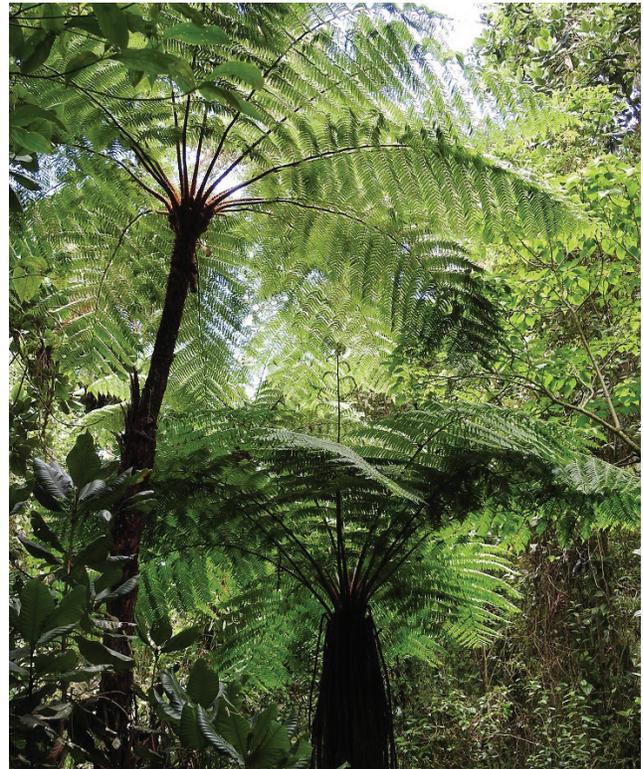
- Ecológico

Usos:

- Ornamental

Distribución y Ecología:

Se distribuye desde el sur de México hasta Colombia y Venezuela en bosques escarpados y bosques de montaña en alturas entre 900 y 3,300 msnm. En Guatemala se encuentra en los departamentos de Alta Verapaz, El Progreso, Quetzaltenango, Quiché, San Marcos y Zacapa.



Obtenido de: GBIF, 2019. Gómez Álvarez, G.

DESCRIPCIÓN

Hoja:

Hojas de hasta 3 m de largo, con peciolo cafés claros u oscuros, esencialmente glabras pero con escamas en la base. Láminas bipinadas-pinatisectas glabras con rachis color café claro o amarillento. Pinas sésiles, lanceoladas y pínulas sésiles o subsésiles

Fuste:

Helechos arbóreos de hasta 5 m de alto.

(Parker, 2008; Portal de diversidad de Guatemala, 2024)

8. FICHA TÉCNICA FORESTAL

Nombre científico:

Arbutus xalapensis Kunth.

Sinónimo: *Arbutus glandulosa* M. Mart y Galeotti

Familia: Ericaceae

Nombres comunes:

Madroño, Guayabo, Guayabillo, Encino, Canelón, Chulube, Pulca, Ucá, Madrón

Objetivo de restauración forestal:

- Conservación del bosque
- Maderable

Intereses:

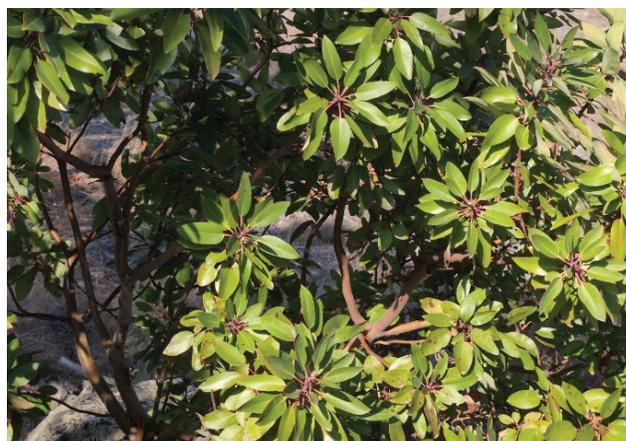
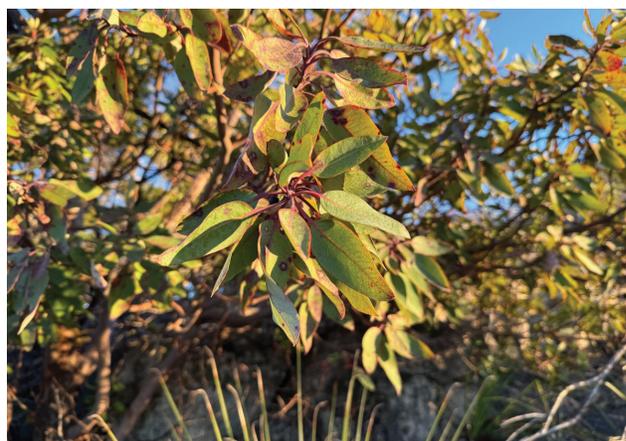
- Ecológico
- Cultural

Usos:

- Madera para leña, carbón y construcción
- Ornamental

Distribución y Ecología:

Se distribuye desde Texas hasta Nicaragua en bosques de montaña y bosques de pino encino en altitudes desde 1,300 a 2,800 msnm. En Guatemala se encuentra en los departamentos de Baja Verapaz, Chimaltenango, Guatemala, Huehuetenango, Jalapa, Quetzaltenango, Quiché, Sacatepéquez, San Marcos, Sololá y Zacapa.



Obtenido de: Martínez-Calderón, Sosa-Ramírez, Luna, Pérez-Salicrup y Sandoval (2022)

DESCRIPCIÓN

Hoja:	Hojas en peciolo largos, oblongas a ovadas u obovadas-lanceoladas, usualmente de 8 a 14 cm de largo verdes y glabras en la superficie y tomentosas en el envés.
Fuste:	Árboles o arbustos de hasta 9 m de alto o más. Corteza suave, café y que se pela en piezas grandes y delgadas. La ramas rojizas y tomentosas con pelos cafés o blancuzcos cuando son jóvenes.
Flor:	Flores blancas a rosadas glabras en panículas de 3 a 8 cm de largo con muchas flores.
Fruto:	Fruto globoso rojo encendido de 8 a 12 mm de largo

(Parker, 2008)

9. FICHA TÉCNICA FORESTAL

Nombre científico:

Dalbergia tucurensis Donn. Sm.

Familia: Fabaceae

Nombres comunes:

Palo negro, Granadillo, Ronrón, Acuté, Q'eqche, Junero

Objetivo de restauración forestal:

- Conservación del bosque
- Cultural
- Maderable (leña, estructuras, artesanías, otros)
- Conservación de la especie (EN – IUCN)

Intereses:

- Ecológico
- Cultural
- Conservación (EN – IUCN)

Usos:

- Madera para leña
- Mueblería
- Instrumentos
- Artesanías y
- Estructuras como postes o vigas

Distribución y Ecología:

Se distribuye en México, Guatemala, Belice y Honduras en bosques húmedos y comúnmente en piedra caliza en alturas de 0 a 1,500 msnm. En Guatemala en los departamentos de Alta Verapaz, Baja Verapaz e Izabal.



Obtenido de: SERNEC, 2024

DESCRIPCIÓN

Hoja:	Hojas oblongas usualmente pilosas de 6 a 10 cm de largo y 2.5 a 5 cm de ancho.
Fuste:	Árboles de hasta 30 m de altura, puede llegar a medir hasta 75 cm de diámetros. Corteza dura y café. Su madera es naranja con algunas líneas moradas o café-morada.
Flor:	Flores blanquecinas a cremosas de 6 a 7 mm de ancho en racimos paniculados densos, usualmente con muchas flores.
Fruto:	Legumbre oblonga de 5 cm de largo y alrededor de 1.5 cm de ancho.
(Parker, 2008)	

10. FICHA TÉCNICA FORESTAL

<p>Nombre científico: <i>Quercus acutifolia</i> Née.</p>
<p>Familia: Fagaceae</p>
<p>Nombres comunes: Encino, Roble, Sical, Huite, Bans, Tzunuj, Encino de Asta</p>
<p>Objetivo de restauración forestal:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Conservación de bosques • Maderable (Leña y estructuras) • Conservación de especie (VU - IUCN)
<p>Intereses:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Cultural • Ecológico • Conservación (VU - IUCN)
<p>Usos:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Madera para leña y para estructuras como postes o vigas. • Fabricación de carbón.



Obtenido de: Portal de Biodiversidad de Guatemala, 2024.

Distribución y Ecología:
Se distribuye desde el sur de México hasta Honduras en terrenos quebrados o inclinados en altitudes desde 1,000 a 2,700 msnm. En Guatemala se encuentra en los departamentos de El Progreso, Guatemala y Huehuetenango.

DESCRIPCIÓN

Hoja:	Hojas lanceoladas con márgenes dentados, de 6 a 20 cm de largo y 2 a 10 cm de ancho. Hojas jóvenes puberulentas de coloración verde, hojas maduras glabras verdes y delgadas pero duras.
Fuste:	Árbol de entre 10 y 35 m de altura, 1 m de diámetro. Corteza puede ser oscura, con coloración negra y dura. Ramas delgadas y de coloración café rojiza con lenticelas abundantes pero algunas veces inconspicuas.
Flor:	Amentos de 5 cm con pocas flores con anteras glabras y elipsoides. De 1 a 4 flores pistiladas.
Fruto:	Presenta frutos en junio y julio. Bellotas involutas café pálidas solitarias o en pares con copa de 15 a 18 mm de ancho con márgenes involutos.

(Parker, 2008)

II. FICHA TÉCNICA FORESTAL

Nombre científico:

Quercus lancifolia Schltdl. Y Cham.

Sinónimos: *Quercus aata* C. H. Müll.; *Quercus corrugata* Hook.; **Quercus excelsa** Liebm.; *Quercus pilaria* Trel.

Familia: Fagaceae

Nombres comunes:

Encuno, Roble, Chicharro, Tzunuj

Objetivo de restauración forestal:

- Conservación de bosques
- Maderable (Leña y estructuras)
- Carbón

Intereses:

- Ecológico
- Cultural

Usos:

- Madera para leña y estructuras como postes o vigas.
- Fabricación de carbón.

Distribución y Ecología:

Se distribuye en bosques húmedos de montaña en México y Centroamérica en altitudes desde 150 hasta 2,200 msnm. En Guatemala se encuentra en los departamentos de Alta Verapaz, Chiquimula, Escuintla, Guatemala, Jalapa, Quetzaltenango, Retalhuleu, San Marcos, Sololá y Suchitepéquez.



Obtenido de: GBIF, 2022. Díaz, S.

DESCRIPCIÓN

Hoja:	Hojas elípticas a obovadas con margen crenado, de 7 a 15 cm de largo y de 3 a 6 cm de ancho. Pueden encontrarse tres variedades de hojas en su distribución. Hojas jóvenes normalmente con hojas oblanceoladas, hojas maduras grandes con tricomas, hojas en árboles expuestos al viento más pequeñas y coráceas.
Fuste:	Árboles de 4 a 25 m de altura, corteza suave con escamas grises en algunos casos.
Flor:	Inflorescencias masculinas de 4 a 6 cm de largo, perianto de 1.5 a 2 mm de largo y pubescente. Inflorescencias pistiladas de 0.5 a 2 cm de largo con 1 a 2 flores.
Fruto:	Frutos presentes entre junio y julio. Bellotas solitarias o en pares de 1.8 a 3.5 cm de largo con copa aplanada de 1.5 a 2 cm de ancho. Usualmente copas contraídas.

(Parker, 2008)

12. FICHA TÉCNICA FORESTAL

Nombre científico:

Quercus sapotifolia Liebm.

Familia: Fagaceae

Nombres comunes:

Encino, Roble, Xaccoy

Objetivo de restauración forestal:

- Conservación del bosque

Intereses:

- Ecológico
- Maderable

Usos:

- Maderable

Distribución y Ecología:

Se distribuye desde México hasta Panamá en bosques secos y húmedos de montaña y bosque pino-encino en elevaciones entre 800 a 2,600 msnm. En Guatemala se encuentra en los departamentos de Alta Verapaz, Baja Verapaz, Chiquimula, El Progreso, Guatemala, Huehuetenango, Jalapa, Quiché y San Marcos



Obtenido de: Portal de Biodiversidad de Guatemala, 2022. Holt.

DESCRIPCIÓN

Hoja:	Hojas glabras gruesas y coráceas de 4 a 12 cm de largo y de 1 a 4 cm de ancho, oblanceoladas a oblongas o elípticas-oblongas, márgenes revolutos.
Fuste:	Árboles de pequeños a grandes de hasta 30 m de alto, puede presentarse como un arbusto grande con ramas delgadas y tomentosas café claras o rojizas oscuras con muchas lenticelas
Fruto:	Frutos anuales y solitarios, subsésiles. Copa pequeña o moderada con forma de copa y de 8 mm. Bellota de alrededor de 15 mm de largo y 7 mm de ancho, ovoide o usualmente elíptica delgada de coloración café clara y la copa cubriendo alrededor de un cuarto de la bellota.

(Parker, 2008)

13. FICHA TÉCNICA FORESTAL

Nombre científico:

Quercus skinneri Benth.

Familia: Fagaceae

Nombres comunes:

Chicharro, Encino

Objetivo de restauración forestal:

- Conservación del bosque
- Maderable

Intereses:

- Ecológico

Usos:

- Maderable

Distribución y Ecología:

Se distribuye desde México hasta Honduras en bosques húmedos o muy húmedos, también en plantaciones de café cuando se elimina el bosque, encontrado en elevaciones entre 900 y 1,200 msnm. En Guatemala se encuentra en los departamentos de Baja Verapaz, Chimaltenango, Escuintla, Quetzaltenango, Quiché, Sacatepéquez, San Marcos y Sololá. En Alta Verapaz y Guatemala, posiblemente únicamente plantado.



Obtenido de: Portal de biodiversidad de Guatemala, 2021. Grajeda-Estrada.

DESCRIPCIÓN

Hoja:	Hojas delgadas membranosas de 8 a 12 cm de largo y 3 a 6 cm de ancho, algunas veces hasta de 30 cm de largo y 12 cm de ancho. Lanceoladas a obovadas, dentadas y glabras en ambas superficies.
Fuste:	Árboles de tamaño medio o muy grandes, algunas veces con ramas de 2 a 4 mm de grosor, glabras y café rojizas oscuras.
Fruto:	Fruto grande y solitario, polimórfico en etapas diferentes de crecimiento. Copa de 22 a 45 mm de ancho y 8 a 20 mm de alto en madurez, con forma de salsero a hemisférico, escamas ovadas y engrosado basalmente. Bellota de 18 a 40 mm de largo y ancho, subglobosa, cilíndrica o globosa-ovoide. Usualmente con terminación truncada o redondeada con un cuarto de la bellota dentro de la copa.

(Parker, 2008)

14. FICHA TÉCNICA FORESTAL

Nombre científico:

Alfaroa costaricensis Standl.

Familia: Juglandaceae

Nombres comunes:

Gaulín

Objetivo de restauración forestal:

- Conservación del bosque

Intereses:

- Ecológico

Usos:

- No hay usos reportados

Distribución y Ecología:

Se distribuye desde México hasta Panamá en bosques densos, húmedos a muy húmedos y mixtos en altitudes de 1,200 a 2,100 msnm. En Guatemala en los departamentos de Huehuetenango, Quetzaltenango y Suchitepéquez.



Obtenido de: Portal de Biodiversidad de Guatemala, 2024.

DESCRIPCIÓN

Hoja:	Hojas de 10 a 20, la mayoría opuestas y oblongas o lanceoladas-oblongas de entre 10 y 18 cm de largo y 1.5 a 4 cm de ancho, glabras.
Fuste:	Árbol pequeño de hasta 9 m de alto, copa con pocas ramas y corteza casi lisa de coloración café claro. Ramificaciones usualmente con pelos firmes.
Flor:	Flores de 4 mm de ancho, pistiladas de coloración verde.
Fruto:	Espículas de fruto de 12 a 18 cm de largo o más, con una gran cantidad de frutos ovalados u obovados de alrededor de 2.5 cm de largo y 2 cm de grosor. Nuez lisa con endocarpio de menos de 1 mm de grosor y redondeado.
(Parker, 2008)	

15. FICHA TÉCNICA FORESTAL

Nombre científico:

Alfaroa guatemalensis (Standl.) L.O. Williams y Ant. Molina

Sinónimo: *Engelhardia guatemalensis* Standl.

Familia: Juglandaceae

Nombres comunes:

Cedrillo, Palo colorado, Chacalté

Objetivo de restauración forestal:

- Conservación del bosque
- Maderable (leña y mueblería)
- Conservación de la especie (NT - IUCN)

Intereses:

- Ecológico
- Cultural
- Conservación (NT - IUCN)

Usos:

- Madera para leña y para mueblería

Distribución y Ecología:

Se distribuye desde el sur de México hasta a Honduras en bosques húmedos y mixtos en alturas de 1,300 a 2,300 msnm. En Guatemala se encuentra en los departamentos de Alta Verapaz, Baja Verapaz, El Progreso, Guatemala, Huehuetenango, Quetzaltenango y San Marco.



Obtenido de: Portal de Biodiversidad de Guatemala, 2024

DESCRIPCIÓN

Hoja:	Hojas opuestas en su mayoría, oblongas a lanceoladas de 9 a 20 cm de largo y 2.5 a 5 cm de ancho.
Fuste:	Árbol de hasta 30 m de altura, ramas delgadas con lenticelas
Fruto:	Fruto globoso de 1.5 a 2 cm de largo

(Parker, 2008)

16. FICHA TÉCNICA FORESTAL

Nombre científico:

Ocotea verapazensis Standl. Y Steyerem.

Familia:

Lauraceae

Nombres comunes:

Nogal, Manual

Objetivo de restauración forestal:

- Conservación del bosque
- Maderable (Leña y mueblería)
- Conservación de la especie (LEA – 2)

Intereses:

- Cultural
- Ecológico
- Conservación (LEA – 2)

Usos:

- Madera para leña y mueblería

Distribución y Ecología:

Se distribuye en Guatemala, Honduras, Nicaragua, Costa Rica y Panamá. En Guatemala se encuentra en los departamentos de Alta Verapaz, San Marcos, Jutiapa, Petén e Izabal. Se encuentra en bosques húmedos, montañosos desde el nivel del mar hasta los 1,650 msnm.



Obtenida de: Marcelo Serrano

DESCRIPCIÓN

Hoja:	Hojas oblongas a lanceoladas de 14 a 27 cm de largo y 4.5 a 8 cm de ancho que se tornan negruzcas cuando se secan
Fuste:	Árboles de altura de 6 a 12 m, ramas delgadas glabras o casi glabras.
Flor:	Flores verdes de 2.5 mm de largo en panículas de 15 cm con muchas flores
Fruto:	Fruto elipsoide con cúpula roja de 2.5 cm de largo.

(Parker, 2008)

17. FICHA TÉCNICA FORESTAL

Nombre científico:

Persea schiedeana Nees

Familia: Lauraceae

Nombres comunes:

Aguacate de monte, Aguate blanco, Cotoyó, Kiyou che, Oj mash, Saco j che, Pac mash, Xucte, Chucte, Chaucte, Chalté, Coyó, Coyocté, Kivó

Objetivo de restauración forestal:

- Conservación del bosque
- Cultural
- Conservación de la especie (VU – IUCN)

Intereses:

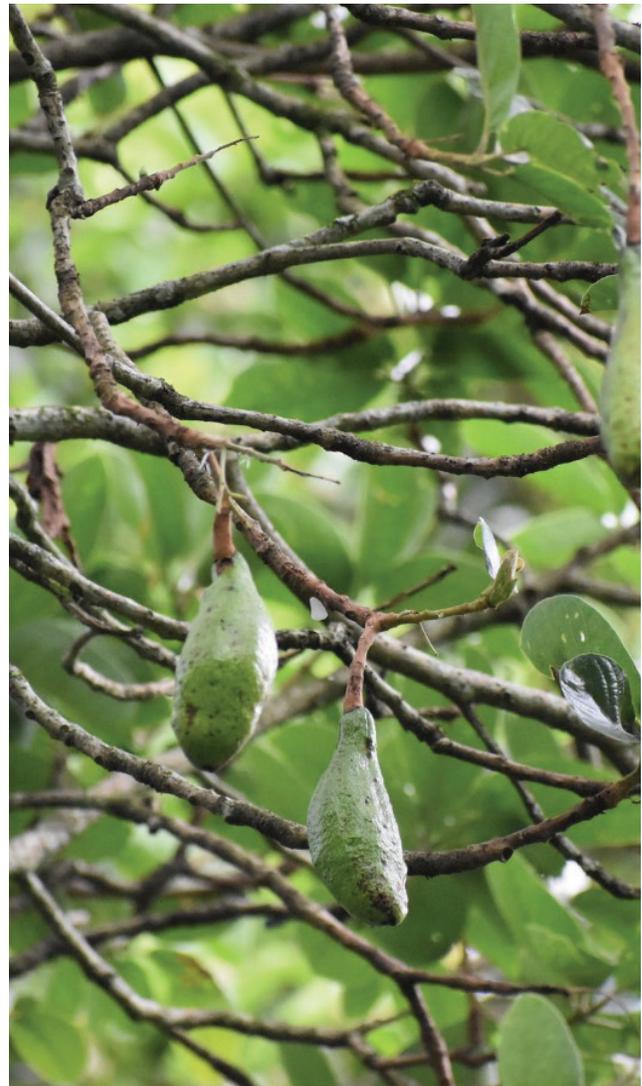
- Ecológico
- Cultural
- Conservación (VU – IUCN)

Usos:

- Madera para leña, mueblería y estructuras como postes o vigas.
- Alimenticio (fruto)

Distribución y Ecología:

Se distribuye en el sur de México y Centroamérica en bosque húmedos o mixtos, encontrado también en bosques pino-encino en elevaciones de 900 a 2,700 msnm. En Guatemala se encuentra en los departamentos de Alta Verapaz, Chiquimula, El Progreso, Huehuetenango, Izabal, San Marcos y Zacapa.



Obtenido de: GBIF, 2020 Arroyo; Segundo, 2021.

DESCRIPCIÓN

Hoja:	Hojas obovadas a oblongas de 12 a 30 cm de largo y 7 a 15 cm de ancho, hojas maduras glabras o casi glabras, pilosas cuando jóvenes.
Fuste:	Árboles de hasta 20m de alto, algunas veces de hasta 50 m de alto, ramas café rojizas o algunas veces grises, pubescentes. Pierde sus hojas en la época seca.
Flor:	Flores blanquecinas a amarillentas en panículas de 10 a 12 cm de largo.
Fruto:	Fruto de forma variable con piel coriácea y flexible y pulpa fibrosa de color blanco parduzco

(Parker, 2008)

18. FICHA TÉCNICA FORESTAL

Nombre científico: <i>Persea vestricula</i> Standl. Y Steyerem.
Sinónimo: <i>Persea chiapensis</i> Lundell; <i>Persea popenoei</i> L. O. Wms.
Familia: Lauraceae
Nombres comunes: Aguacatillo
Objetivo de restauración forestal: <ul style="list-style-type: none"> • Conservación del bosque
Intereses: <ul style="list-style-type: none"> • Ecológico
Usos: <ul style="list-style-type: none"> • No hay usos reportados

Distribución y Ecología:

Se distribuye en México, Honduras, Costa Rica y Guatemala en bosques húmedos a muy húmedos en altitudes de 1,500 a 3,000 msnm. En Guatemala se encuentra en los departamentos de El Progreso, Huehuetenango y San Marcos.



Obtenido de: Portal de Biodiversidad de Guatemala, 2024.

DESCRIPCIÓN

Hoja:	Hojas rígidas-coráceas oblongas a elípticas-oblongas de 10 a 17 cm de largo y 3.5 a 6.5 cm de ancho. Lustrosas y glabras en la superficie y tomentosas en el envés.
Fuste:	Árboles de hasta 30 m de alto, con ramas muy gruesas, rugosas y de coloración grisácea o café canela.
Flor:	Inflorescencias numerosas de alrededor de 14 cm de largo, densamente tomentosa.
Fruto:	Fruto globoso de alrededor de 2.5 cm de largo y redondeado en el ápice.

(Parker, 2008)

19. FICHA TÉCNICA FORESTAL

Nombre científico:

Magnolia sp.

Familia: Magnoliaceae

Nombres comunes:

Magnolia, Cój

Objetivo de restauración forestal:

- Conservación del bosque
- Conservación de la especie (endémica)
- Maderable (leña, estructuras, artesanías y mueblería)

Intereses:

- Ecológico
- Cultural
- Conservación (endémica)

Usos:

- Madera para leña, mueblería, artesanías y estructuras como postes y vigas.
- Ornamental

Distribución y Ecología:

Se encuentra en Alta Verapaz, Guatemala en bosques húmedos de 1,4500 a 2,200 msnm.



Obtenido de: Portal de biodiversidad de Guatemala, 2024. Grajeda-Estrada.

DESCRIPCIÓN

Hoja:	Hojas elípticas a oblongas de 15.7 a 22.5 cm de largo y 5 a 8.2 cm de ancho.
Fuste:	Árbol de hasta 30 metros de altura.
Flor:	Flores blancas cremosas a marrones, solitarias de 7.3 a 11 cm de diámetro.
Fruto:	Fruto polifolículo verde a marrón, elipsoide-oblongo, de 3.8 a 5.2 cm de largo y 2.2 a 2.8 cm de ancho.

(Parker, 2008)

Nota: La taxonomía de *Magnolia* ha sido modificada en los años recientes, por lo que la especie reportada para los bosques evaluados, puede no ser la especie actualizada. Debido a ello, se mantuvo únicamente el género del árbol y deberá ser adaptado a las especies presentes en cada región.

20. FICHA TÉCNICA FORESTAL

Nombre científico:

Heliocarpus mexicanus (Turcz.) Sprague

Sinónimo: *Adenodiscus mexicanus* Turcz.

Familia: Malvaceae

Nombres comunes:

Majaguillo, Maajagua

Objetivo de restauración forestal:

- Conservación del bosque
- Maderable

Intereses:

- Ecológico
- Cultural

Usos:

- Maderable
- Usode la corteza para lavar inflamaciones

Distribución y Ecología:

Se distribuye desde México hasta Costa Rica en bosques perturbados o conservados en altitudes menores a 1,400 msnm.



Obtenido de: Portal de biodiversidad de Guatemala, 2024; Plants of the World Online, 2024

DESCRIPCIÓN

Hoja:	Hojas de 8.5 a 16 cm de largo y 6.5 a 10 cm de ancho, glabras.
Fuste:	Árboles pequeños de entre 4 y 6 m de alto, llegando a medir hasta 12 m. Ramas jóvenes con glándulas rojizas.
Flor:	Inflorescencias axilares terminales, flores estaminadas de alrededor de 5 a 6.5 mm de largo glabras.
Fruto:	Fruto elíptico de 4 a 5 mm de largo y 2 a 3 mm de ancho, con algunas tricomas y coloración verde o café.

(World Flora Online, 2024)

21. FICHA TÉCNICA FORESTAL

Nombre científico:

Trichospermum mexicanum (DC.) Baill.

Sinónimo: *Grewia mexicana* DC.; *Belotia mexicana* (DC.) K. Schum.

Familia: Malvaceae

Nombres comunes:

Algodoncillo, Coyotillo

Objetivo de restauración forestal:

- Conservación del bosque
- Maderable

Intereses:

- Ecológico
- Cultural

Usos:

- Ornamental
- Madera para juguetes o botes

Distribución y Ecología:

Se distribuye desde México hasta Colombia y Ecuador.



Obtenido de: GBIF, 2024. Silvano L.G.

DESCRIPCIÓN

Hoja:	Hojas oblongas a oblongas-lanceoladas de 7 a 20 cm de largo y de 2.5 a 9 cm de ancho con márgenes aserrados y la superficie puberulenta al igual que el envés.
Fuste:	Árbol de 6 a 25 m de altura, con tronco de 18 a 50 cm de diámetro y corteza lisa grisácea.
Flor:	Inflorescencias unisex o andróginas, terminales o axilares con muchas flores. Flores rosadas y puberulentas en el exterior y glabras en el interior.
Fruto:	Cápsula obovada de 10 a 18 mm de largo y 17 a 22 mm de ancho, semillas elipsoides anchas de alrededor de 2.5 mm de diámetro.

(Parker, 2008)

22. FICHA TÉCNICA FORESTAL

Nombre científico:

Miconia nutans Donn. Sm.

Familia: Melastomataceae

Nombres comunes:

Cinco negritos

Objetivo de restauración forestal:

- Restauración del bosque

Intereses:

- Ecológico

Usos:

- Posible uso como madera para estructuras

Distribución y Ecología:

Se distribuye desde México hasta Panamá y Perú en bosque húmedos o muy húmedos en altitudes de 250 a 1,500 msnm. En Guatemala se encuentra en los departamentos de Alta Verapaz y San Marcos.



Obtenido de: STRI, 2024

DESCRIPCIÓN

Hoja:	Hojas obovadas a oblongas de 15 a 25 cm de largo y 4 a 10 cm de ancho, nervaduras internas subiendo de la base de la hoja, glabras en la superficie con coloración verde.
Fuste:	Árboles de hasta 8 m de altura, ramificaciones jóvenes tomentosas.
Flor:	Flores muy numerosas, sésiles.
Fruto:	Fruto 10-costado, globoso y de 3 a 4.5 mm de ancho.

(Parker, 2008)

23. FICHA TÉCNICA FORESTAL

Nombre científico:

Ficus citrifolia Mill.

Sinónimo: *Ficus hemsleyana* Standl.; *Ficus laevigata* Vahl.

Familia: Moraceae

Nombres comunes:

Amate, Matapalo

Objetivo de restauración forestal:

- Conservación del bosque
- Maderable (estructuras)

Intereses:

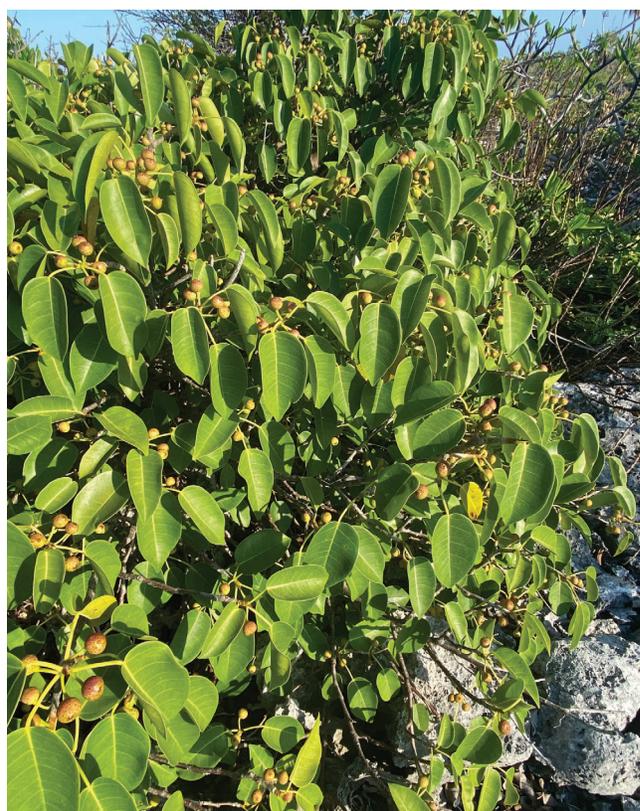
- Ecológico

Usos:

- Ornamental
- Madera para postes y estructuras

Distribución y Ecología:

Se distribuye desde Guatemala hasta Panamá en bosques húmedos a muy húmedos, principalmente en altitudes bajas hasta 1,200 msnm.



Obtenido de: *The Institute for Regional Conservation of Puerto Rico*, Keith A. Bradley y Roger L. Hammer

DESCRIPCIÓN

Hoja:

Hojas oblongas a elípticas-oblongas de 10 a 22 cm de largo y de 4 a 8 cm de ancho, delgadas, glabras y ligeramente más pálidas en el envés.

Fuste:

Árboles de tamaño medio a grande, con ramas glabras o poco puberulentas.

(Parker, 2008)

24. FICHA TÉCNICA FORESTAL

Nombre científico:

Ficus insipida Willd.

Sinónimo: *Ficus glabrata* Kunth.; *Ficus segoviae* Miq.

Familia: Moraceae

Nombres comunes:

Amate, Higuieron, Matapalo

Objetivo de restauración forestal:

- Conservación del bosque

Intereses:

- Ecológico
- Cultural

Usos:

- Artesanías (Fruto)

Distribución y Ecología:

Se distribuye desde México hasta Brasil y Perú en bosques o en bordes y montañas, en alturas usualmente bajas pero pudiendo llegar hasta 1,400 msnm.



Obtenido de: *Plants of the World Online*, 2024

DESCRIPCIÓN

Hoja:	Hojas mayoritariamente elípticas-oblongas a elípticas-ovaladas de 12 a 23 cm de largo y 5 a 10 cm de ancho; glabras y verdes.
Fuste:	Árboles grandes de hasta 40 metros de alto, corteza pálida y lisa, con tronco grueso y copa amplia.
Frutos:	Receptáculos subglobosos de 1.5 a 4 cm de ancho, glabros y usualmente manchados con verde pálido y oscuro, cuando están maduros jugosos y suaves.

(Parker, 2008)

25. FICHA TÉCNICA FORESTAL

Nombre científico:

Parathesis leptopa Lundell

Familia: Myrsinaceae

Nombres comunes:

Palo de uva, Tuhir

Objetivo de restauración forestal:

- Conservación del bosque
- Maderable (leña, estructuras, construcción)

Intereses:

- Cultural
- Ecológico

Usos:

- Madera para leña y estructuras como postes y vigas.
- Construcción con partes no maderables.

Distribución y Ecología:

Se distribuye en México, Guatemala y Honduras en bosque montañosos de 900 a 3,000 msnm. En Guatemala se encuentra en Alta Verapaz, Chimaltenango y Santa Rosa.



Obtenido de: Portal de Biodiversidad de Guatemala, 2024.

DESCRIPCIÓN

Hoja:	Hojas lanceoladas a elípticas de 10 a 22 cm de largo y 3 a 7 cm de ancho.
Fuste:	Árbol de 1.5 a 14 m de altura.
Flor:	Flores blanquecinas con puntos rojizos en panículas de 5 a 20 cm de largo.
Fruto:	Fruto globoso con coloración roja a morado oscuro

(Parker, 2008)

26. FICHA TÉCNICA FORESTAL

Nombre científico:

Myrcia macrantha (Standl. Y Steyerem.) A.R. Lourenco y Sánchez-Cháv.

Sinónimo: *Calyptranthes macrantha* Standl. Y Steyerem.

Familia: Myrtaceae

Nombres comunes:

Guayaba, Sac Qha

Objetivo de restauración forestal:

- Conservación del bosque
- Conservación de la especie (CR – IUCN)
- Maderable (Leña y estructuras)

Intereses:

- Ecológico
- Cultural

Usos:

- Madera para leña y estructuras como postes o vigas.
- Partes no maderables para construcción.

Distribución y Ecología:

Se distribuye en el sur de México y Guatemala en bosques húmedos mixtos a 1,400 msnm. En Guatemala se encuentra en el departamento de Alta Verapaz.



Fotografía de fuente confiable no disponible

DESCRIPCIÓN

Hoja:	Hojas elípticas a ovadas de 10 a 14 cm de largo y 5 a 6.5 cm de ancho.
Fuste:	Arbustos a árboles de alrededor de 10 m de altura con ramas tomentosas con filamentos gruesos
Flor:	Flores en panículas pareadas de 7 a 8 cm de largo y 4 cm de ancho, con alrededor de 15 a 20 flores, estilo expandido, con alrededor de 150 estambres, anteras mayores a 0.5 mm de largo.

(Parker, 2008)

27. FICHA TÉCNICA FORESTAL

Nombre científico:

Podocarpus oleifolius D. Don

Familia: Podocarpaceae

Nombres comunes:

Objetivo de restauración forestal:

- Conservación del bosque
- Maderable

Intereses:

- Ecológico
- Cultural

Usos:

- Madera para artesanías y gabinetes

Distribución y Ecología:

Se distribuye desde México hasta el oeste de Suramérica en bosques nubosos de 2,000 a 3,000 msnm. En Guatemala se encuentra en los departamentos de Zacapa y Baja Verapaz



Obtenido de: GBIF, 2024. Gibson.

DESCRIPCIÓN

Hoja:	Hojas coriáceas lanceoladas de 2.5 a 8 cm de largo y 5 a 12 mm de ancho.
Fuste:	Árboles de hasta 20 m de altura, corteza café amarillenta.
Flor:	Conos de polen solitarios y axilares de 3 de largo y 3 mm de ancho. Conos pistilados solitarios, axilares, pedúnculos de 5 a 10 mm de largo, receptáculo de 2 escamas unidas.
Fruto:	Semilla globosa-ovalada, de 7 a 8 mm de largo.

(Parker, 2008)

28. FICHA TÉCNICA FORESTAL

Nombre científico:

Parathesis vulgata Lundell

Familia: Primulaceae

Nombres comunes:

Mora pava, Cerecil de montaña, Sirasil de montaña

Objetivo de restauración forestal:

- Conservación del bosque
- Conservación de la especie (EN – IUCN)

Intereses:

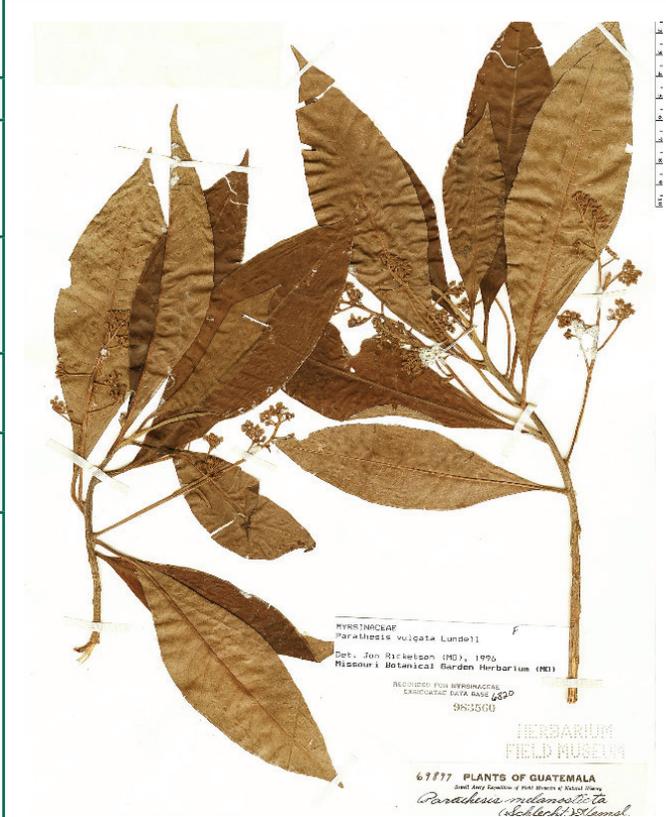
- Ecológico

Usos:

- No hay usos reportados

Distribución y Ecología:

Se distribuye en Guatemala, Honduras, El Salvador y Nicaragua en bosques húmedos o mixtos, usualmente en bosque nubosos. Se encuentra desde 1,200 hasta 2,500 msnm. En Guatemala en los departamentos de Baja Verapaz, Chiquimula, Jalapa, Jutiapa y Zacapa.



Obtenido de: Portal de Biodiversidad de Guatemala, 2024.

DESCRIPCIÓN

Hoja:	Hojas oblanceoladas, oblanceoladas-elípticas u oblongas de 7 a 19 cm de largo y 3 a 6.5 cm de ancho, envés de la hoja más claro que la superficie
Fuste:	Árboles pequeños o arbustos de hasta 8 metros de alto.
Flor:	Inflorescencias axilares, panículas de 1 a 2 ramificadas y de 6 a 18 cm de largo, flores puberulentas con sépalos punteados y pétalos con líneas rojas y negras.
Fruto:	Fruto de alrededor de 1 cm de ancho de coloración vino tinto y globoso.

(Parker, 2008)

29. FICHA TÉCNICA FORESTAL

Nombre científico:

Prunus lundelliana Standl.

Familia: Rosaceae

Nombres comunes:

Santa María, Yoch, Cerezo

Objetivo de restauración forestal:

- Conservación del bosque
- Conservación de la especie (EN – IUCN)
- Maderable (Leña y estructuras)

Intereses:

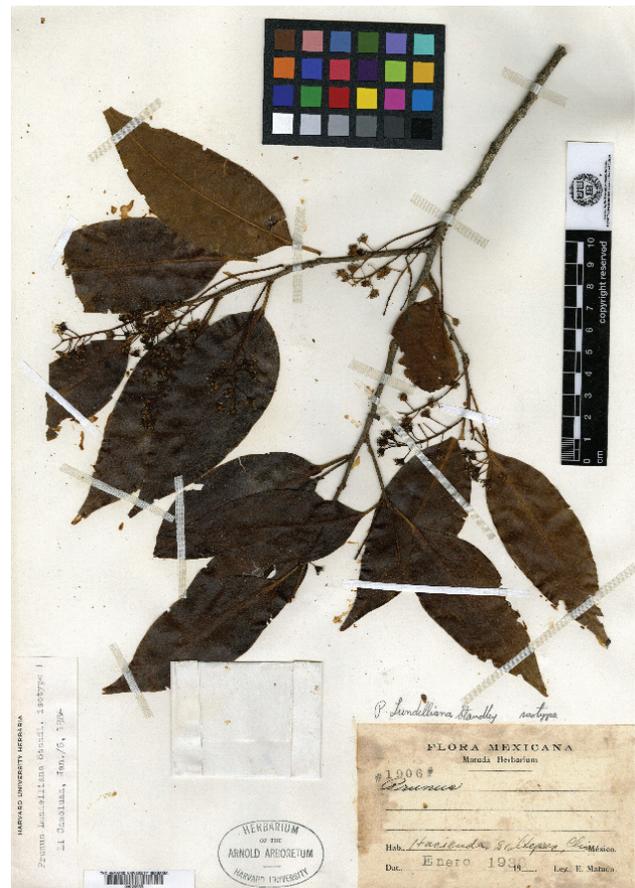
- Cultural
- Ecológico
- Conservación (EN – IUCN)

Usos:

- Madera para leña y estructuras como postes o vigas

Distribución y Ecología:

Distribuido en el sur de México y Guatemala, en bosques mixtos húmedos de montaña en alturas de entre 500 y 2,000 msnm. En Guatemala se encuentra en los departamentos de Alta Verapaz, Guatemala, Quetzaltenango, Sacatepéquez, San Marcos y Suchitepéquez.



Obtenido de: SERNEC, 2024.

DESCRIPCIÓN

Hoja:	Hojas elípticas a ovadas-oblongas de 8.3 a 12 cm de largo y de 4.5 a 7 cm de ancho, delgadas y con coloración verde brillante y café en la parte inferior cuando están secas.
Fuste:	Árbol de hasta 14 m de altura, glabros.
Flor:	Flores blancas en racimos axilares desde pocas hasta muchas flores en el racimo con ovario glabro.

(Parker, 2008)

30. FICHA TÉCNICA FORESTAL

Nombre científico:

Cosmibuena matudae (Standl.) L.O. Williams

Sinónimo: *Hilia matudae* Standl.

Familia: Rubiaceae

Nombres comunes:

Objetivo de restauración forestal:

- Conservación del bosque

Intereses:

- Ecológico

Usos:

- No reportados

Distribución y Ecología:

Se distribuye en México, El Salvador, Honduras, Nicaragua y Guatemala en bosques húmedos y muy húmedos en altitudes de 500 a 1,800 msnm. En Guatemala se encuentra en los departamentos de Alta Verapaz, Chiquimula, Huehuetenango y Quetzaltenango.



Obtenido de: GBIF, 2024

DESCRIPCIÓN

Hoja:	Hojas anchas elípticas u ovaladas-obtusa de 6.5 a 10.5 cm de largo y de 4 a 8 cm de ancho.
Fuste:	Árboles de hasta 20 metros de altura.
Flor:	Flores fragantes, solitarias, corola blanca, corácea y delgada de 9 cm de largo y 4 mm de ancho en el medio.

(Parker, 2008)

31. FICHA TÉCNICA FORESTAL

Nombre científico:

Glossostipula concinna (Standl.) Lorence

Sinónimo: *Randia concinna* Standl.; *Genipa vulcanicola* Standl.

Familia: Rubiaceae

Nombres comunes:

Zapote de mono, Palo hueso, Tulul Qoy, Cola de pavo, Tinajo, Guayabillo Cimarrón

Objetivo de restauración forestal:

- Conservación del bosque
- Maderable (Leña, mueblería y estructuras)

Intereses:

- Ecológico
- Cultural

Usos:

- Madera para leña, mueblería y estructuras como postes o vigas.

Distribución y Ecología:

Se distribuye en el sur de México y Guatemala en bosques húmedos o mixtos de montaña. En Guatemala se encuentra en los departamentos de Guatemala, Huehuetenango, Quetzaltenango, San Marcos, Sololá y Suchitepéquez.



Obtenido de: *Flora of the world*, 2024. Martínez-Melendez

DESCRIPCIÓN

Hoja:	Hojas glabras anchas ovadas a elípticas de 1.5 a 5 cm de largo y de 0.9 a 2.9 cm de ancho.
Fuste:	Árboles de entre 3 y 15 m de altura y hasta 30 cm de diámetro con corteza desprendiéndose en capas finas.
Flor:	Inflorescencias de 3 a 5 cm de largo con 9 a 18 flores sésiles y glabras con corola blanca.
Fruto:	Bayas globosas de 3 a 4.5 cm de largo

(World Flora Online, 2024; Parker, 2008)

32. FICHA TÉCNICA FORESTAL

Nombre científico: <i>Pouteria viridis</i> (Pittier) Cronquist
Sinónimo: <i>Calocarpum viride</i> Pittier; <i>Achradelphia viridis</i> (Pittier) O.F. Cook.
Familia: Sapotaceae
Nombres comunes: Zapote, Ingerto, Raxtul, Rex tulul
Objetivo de restauración forestal: <ul style="list-style-type: none"> • Conservación del bosque • Maderable
Intereses: <ul style="list-style-type: none"> • Ecológico • Cultural
Usos: <ul style="list-style-type: none"> • Madera para leña y estructuras como postes o vigas • Alimenticio (fruto)
Distribución y Ecología: Se distribuye en México y Centroamérica, en áreas entre 900 y 2,100 msnm. En Guatemala se encuentra en los departamentos de Alta Verapaz y Santa Rosa, pero se encuentra en varios departamentos más en plantaciones.



Obtenido de: GBIF, 2024. Jiménez.

DESCRIPCIÓN

Hoja:	Hojas obovadas a oblongas de 10 a 25 cm de largo y de 5 a 7 cm de ancho, casi glabras en la superficie y pilosas en el envés.
Fuste:	Árboles de hasta 20 m de alto.
Flor:	Flores blanquecinas en grupos de 2 a 5 en nódulos debajo de las hojas, sésiles. Corola pubescente algunas veces rosada, estambres glabros.
Fruto:	Fruto subgloboso a ovoide, puntiagudo en el ápice, comúnmente de 7 a 10 cm de largo con 1 a 2 semillas. Corteza delgada y suave verde oliva con amarillo o rojo.
(Parker, 2008)	

33. FICHA TÉCNICA FORESTAL

Nombre científico:

Cecropia obtusifolia Bertol.

Familia: Urticaceae

Nombres comunes:

Guarumo, Gurarumbo, Pacl, Choop, Xobín

Objetivo de restauración forestal:

- Conservación del bosque

Intereses:

- Ecológico
- Cultural

Usos:

- En algunos casos los tricomas son utilizados como tabaco.
- Las hojas son alimento de ganado

Distribución y Ecología:

Se distribuye desde México hasta Panamá en bosques bajos y en bosques húmedos desde el nivel del mar hasta 1,300 msnm



Obtenido de: Cadena-Zambudio, Nicasio-Torres, Guerrero-Analco e Ibarra-Laclette, 2018.

DESCRIPCIÓN

Hoja:	Hojas de 30 a 50 cm de ancho y partidas hasta alrededor de la mitad de la base en 10 a 13 lóbulos, verdes y ligeramente ásperas. Densamente tomentosas en el envés.
Fuste:	Árboles de hasta 22 metros de altura y 30 cm de diámetro.
Flor:	Espículas de flores muy largas, de alrededor de 20 a 40 cm de largo y 6 a 7 mm de ancho.
Fruto:	Fruto con mucha pulpa

(Parker, 2008)

34. FICHA TÉCNICA FORESTAL

Nombre científico:

Cecropia peltata L.

Familia: Urticaceae

Sinónimo: Ambaiba peltata (L.) Kuntze;

Nombres comunes:

Guarumo, Igarata, Ix-coch, Ixcochle

Objetivo de restauración forestal:

- Conservación del bosque
- Medicinal

Intereses:

- Ecológico
- Cultural
- Científico

Usos:

- Troncos utilizados para paso de agua
- Jugo usado para remover verrugas y disentería

Distribución y Ecología:

Se distribuye desde México hasta el norte de Suramérica y las Antillas en bosques usualmente perturbados o de crecimiento secundario, en alturas de 900 msnm o menos. En Guatemala se encuentra en los departamentos de Izabal, Petén, Santa Rosa y Zacapa.



Obtenido de: Portal de Biodiversidad de Guatemala, 2024. Ochoa.

DESCRIPCIÓN

Hoja:	Hojas de 30 a 50 cm de ancho o mayores, la mayoría de 7 a 9 lóbulos con profundidades variables. Coloración verde oscura y textura áspera, envés cubierto densamente por tricomas blancos.
Fuste:	Árboles pequeños a medianos que pueden llegar a medir 20 m de altura.
Flor:	Estípulas florales abundantes de alrededor de 4 cm de largo y 3 mm de ancho. Espículas pistiladas usualmente sésiles, amarillentas y de 3 a 6 cm de largo.
Fruto:	Fruto jugoso.

(Parker, 2008)

35. FICHA TÉCNICA FORESTAL

Nombre científico:

Lippia umbellata Cav.

Sinónimo: *Lippia substrigosa* Turcz.

Familia: Verbenaceae

Nombres comunes:

Chichicaste de venado

Objetivo de restauración forestal:

- Conservación del bosque
- Cultural

Intereses:

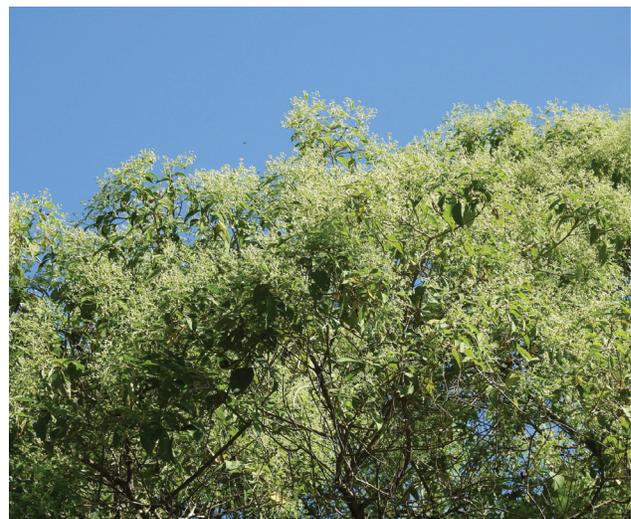
- Ecológico
- Cultural

Usos:

- Como remedio para la constipación y los cólicos estomacales

Distribución y Ecología:

Se distribuye desde México hasta Panamá en bosques de pino encino, en áreas húmedas y secas en altitudes desde 1,200 hasta 2,800 msnm. En Guatemala se encuentra en los departamentos de Alta Verapaz, Baja Verapaz, Chimaltenango, Chiquimula, Guatemala, Huehuetenango, Jalapa, Quetzaltenango, Quiché, Sacatepéquez, San Marcos, Santa Rosa, Sololá y Zacapa.



Obtenido de: Plants of the World Online, 2024.

DESCRIPCIÓN

Hoja:	Hojas ovadas a oblanceoladas-ovadas mayoritariamente de 5 a 24 cm de largo y 2.5 a 12 cm de ancho con superficie rugosa, usualmente muy áspera al tacto y márgenes serrados-crenados.
Fuste:	Árboles o arbustos de hasta 7 m de altura don ramas usualmente densamente pubescentes con tricomas duros cafés.
Flor y fruto:	Espículas de flores subglobosas y en floración de 10 a 20 mm de largo, 10 a 16 mm de ancho. En fructificación de hasta 28 mm de largo y 25 mm de ancho. Corola amarillo pálido.

(Parker, 2008)

Referencias

- Allen, M. F., & Allen, E. B. (2018). Nitrogen Fixation in Fabaceae and Soil Fertility Improvement: Key Roles in Ecosystem Restoration. *Restoration Ecology*, 26(5), 653-662.
- Álvarez-Aquino, C., Williams-Linera, G., & Newton, A. C. (2004). Experimental native tree seedling establishment for the restoration of a Mexican Cloud Forest. *Restoration Ecology*, 12, 412-418.
- Aragón, E., Hernández, J., & Rosales, C. (2010). Composición y estructura de las comunidades vegetales del rancho El Duranguero, en la Sierra Madre Occidental, Durango, México. *Revista Mexicana de Biodiversidad*, 81, 771-787.
- Ariano-Sánchez, D. (2010a). Diversidad y conservación de anfibios y reptiles en Guatemala. Publicación de la Universidad del Valle de Guatemala.
- Avendaño, C. (2001). Caracterización de la avifauna del Parque Nacional Laguna Lachúa y su zona de influencia, Cobán, Alta Verapaz (Tesis de Licenciatura). Escuela de Biología, Universidad de San Carlos de Guatemala, Guatemala.
- Bernatzky, A. (1978). Tree ecology and preservation. Recuperado de http://www.123library.org/book_details/?id=100874.
- Betts, M., Yang, Z., Hadley, A., Smith, A., Rousseau, J., Northrup, J., Nocera, J., Gorelick, N. & Gerber, B. (2022). Forest degradation drives widespread avian habitat and population declines. *Nature Ecology & Evolution*. 6. 10.1038/s41559-022-01737-8.
- Bonebrake, T. C., Ponisio, L. C., Boggs, C. L., & Ehrlich, P. R. (2010). Butterflies as Bioindicators of Habitat Quality and Climate Change. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 107(2), 365-370.
- Borhidi, A. & Pérez, N.D. (2008). Flora de Guerrero. No. 35: Coussareae, Gardenieae, Hedyotideae, Mussaendeae, Naucleae, Rondeletieae (Rubiaceae). Universidad Nacional Autónoma de México.
- Brown, A., & Kappelle, M. (2001). Ecología de los bosques nubosos tropicales. INBio.
- Bucharova, A., Michalski, S., Hermann, J.-M., Heveling, K., Durka, W., Hölzel, N., Kollmann, J. and Bossdorf, O. (2017), Genetic differentiation and regional adaptation among seed origins used for grassland restoration: lessons from a multispecies transplant experiment. *J Appl Ecol*, 54: 127-136. <https://doi.org/10.1111/1365-2664.12645>
- Cadena-Zamudio, Jorge & Nicasio-Torres, María & Guerrero-Analco, José & Ibarra-Laclette, Enrique. (2018). Ethnopharmacological studies of *Cecropia obtusifolia* (Urticaceae) and its importance in the treatment of type 2 diabetes mellitus: A mini-review. *Acta botánica Mexicana*.
- Campbell, J. A. (1983). La herpetofauna de la Sierra de las Minas, Guatemala. Universidad de San Carlos de Guatemala.
- Castro, J., Morales-Rueda, F., Navarro, F.B., Löf, M., Vacchiano, G. and Alcaraz-Segura, D. (2021), Precision restoration: a necessary approach to foster forest recovery in the 21st century. *Restor Ecol*, 29: e13421. <https://doi.org/10.1111/rec.13421>
- CECON-USAC. (2002a). Estudio sobre la diversidad de pequeños mamíferos en el bosque nuboso de la Sierra de las Minas, Guatemala. Centro de Estudios Conservacionistas, Universidad de San Carlos de Guatemala.

- CECON-USAC. (2002b). Impacto de la extracción de madera y leña en los bosques nubosos de Guatemala. Centro de Estudios Conservacionistas, Universidad de San Carlos de Guatemala.
- Claridge, M. F., & Wilson, M. R. (1978). British Insects and Trees: A Study in Island Biogeography or Insect/Plant Coevolution? *The American Naturalist*, 112(984), 451-456. <https://doi.org/10.1086/283288>.
- CONAP. (2008). Sistema Guatemalteco de Áreas Protegidas: Reservas Naturales Privadas y su estado de conservación. Consejo Nacional de Áreas Protegidas, Guatemala.
- Corado, M., Monzón, R., Robledo, W., Argueta, C., Castellanos, F., & González, G. (2001). Plan de Emergencia para la Prevención y Mitigación de Daños Causados por Desastres Naturales. Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación (MAGA).
- Cruz-Salazar, B., Ruiz-Montoya, L., Pérez-Gómez, M., García-Bautista, M. y Ramírez-Marcial, N. (2020) Diversity and floristic enrichment with montane cloud forest species, in an urban forest in Chiapas, México. *Madera y Bosques* 26(3) 10.21829/myb.2020.2632100
- Eisermann, K., & Schulz, U. (2005). Aves del bosque nuboso de Alta Verapaz, Guatemala. Publicación de la Universidad del Valle de Guatemala.
- Fahrig, L. (2003). Effects of habitat fragmentation on biodiversity. *Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics*, 34, 487-515.
- Gill, F. B., & Prum, R. O. (2014). *Ornithology: Ecological Functions of Avian Biodiversity*. Springer.
- Godínez. (2022). Guía técnica para promover la restauración de tierras forestales degradadas del bosque de coníferas de Guatemala. INAB, Guatemala.
- González, M. E., & Escobedo, F. J. (2014). Biodiversidad y funciones ecosistémicas: Importancia de la diversidad para la estructura del ecosistema. Editorial Ciencias Ambientales de Guatemala.
- González-Espinosa, M. (Ed.). (2011). *The red list of Mexican cloud forest trees*. Cambridge: Fauna & Flora International.
- Hamilton, L. S., Juvik, J. O., & Scatena, F. N. (1995). *Tropical Montane Cloud Forests*. Springer-Verlag.
- IARNA-URL. (2018). Ecosistemas de Guatemala basado en el sistema de clasificación de zonas de vida. Instituto de Investigación y Proyección sobre Ambiente Natural y Sociedad, Universidad Rafael Landívar.
- INAB & CONAP. (2020). Mapa de cobertura forestal de los bosques nubosos en Guatemala. Instituto Nacional de Bosques y Consejo Nacional de Áreas Protegidas.
- Instituto Nacional de Bosques. (2023). Manual Técnico de campo para promover la Restauración de Tierras Forestales Degradadas del Bosque de Coníferas de Guatemala, Departamento de Restauración Forestal. 96p. (Serie técnica).
- Instituto Nacional de Bosques. (2023). MANUAL DE CRITERIOS Y PARÁMETROS TÉCNICOS DE PROBOSQUE. Tomo 1.
- IUCN & WRI. (2014). Guidelines for Forest Landscape Restoration. International Union for Conservation of Nature and World Resources Institute.
- IUCN, & WRI. (2014). A guide to the Restoration Opportunities Assessment Methodology (ROAM): Assessing Forest landscape restoration opportunities at the national or sub-national level (Working Paper, Road-test edition). Gland, Switzerland: International Union for Conservation of Nature.

- Jiménez, J. (2009). Estrategias de conservación en áreas protegidas de Guatemala. Publicación de la Universidad de San Carlos de Guatemala.
- Kappelle, M. (2008). Ecología y conservación de los bosques nubosos tropicales. INBio.
- Landero-Lozada, S., Toledo-Aceves, T., López-Barrera, F., Sosa, V. y Ramírez-Marcial, N. (2019) Early establishment of endangered and valuable tree species in cloud forest restoration plantings. *Rev. Mex. Biodiv.* 90. <https://doi.org/10.22201/ib.20078706e.2019.90.2550>
- Latta, S. C., & Faaborg, J. (2002). Seasonal Patterns of Avian Diversity and Abundance in Forested Areas. *Ecology and Conservation of Birds*, 19(3), 215-225.
- López-Villafranco, M., Aguilar-Contreras, A., Xolalpa-Molina, S. y Aguilar-Rodríguez, S. 2017. Las Verbenaceae empleadas como recurso herbolario en México: Una revisión etnobotánica-médica. *Polibotánica*. 44.
- Lucio Palacio, César & Soto, Aníbal & Bonilla, Bernardino & Sheseña Hernandez, Ixchel & Santos, Omar & Rodríguez-Mesa, Rafael & Libreros, Laura & Sosa, Gabriela & García, Miryam & Farhat, Fadi. (2016). Alternativas para la restauración ecológica de los bosques nublados de México: capitalizando la experiencia para un mayor impacto.
- Lutz, J. A., Larson, A. J., Swanson, M. E., & Freund, J. A. (2012). Ecological Importance of Large-Diameter Trees in a Temperate Mixed-Conifer Forest. *PLoS ONE*, 7(5), e36131. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0036131>.
- Maginnis, S., & Jackson, W. (2002). Restoration of degraded lands. World Resources Institute.
- Magurran, A. E. (2004). *Measuring Biological Diversity*. Blackwell Publishing.
- Mesa de Restauración del Paisaje Forestal de Guatemala 2015. Estrategia de Restauración del Paisaje Forestal: Mecanismo para el Desarrollo Rural Sostenible de Guatemala, 58 pp.
- Martínez-Calderón, Víctor & Sosa-Ramírez, Joaquín & Luna, Jose & Pérez-Salicrup, Diego & Sandoval Ortega, Manuel Higinio. (2022). Effect of storage and pre-germination treatments on seeds of *Arbutus xalapensis* from north-central Mexico. *New Forests*. 54. 10.1007/s11056-022-09957-3.
- Mesa Nacional de Restauración del Paisaje Forestal de Guatemala. (2018). Oportunidades de restauración del paisaje forestal en Guatemala. Mesa Nacional de Restauración del Paisaje Forestal de Guatemala.
- Mesa Nacional de Restauración del Paisaje Forestal de Guatemala. (2018). Oportunidades de restauración del paisaje forestal en Guatemala.
- Millet, J., Tran, N., Vien-Ngoc, N., Tran-Thi, T., & Prat, D. (2013). Enrichment planting of native species for biodiversity conservation in a logged tree plantation in Vietnam. *New Forest*, 44, 369-383
- Mostacedo, B., & Fredericksen, T. (2000). Manual de métodos básicos de muestreo y análisis en ecología vegetal. BOLFOR.
- Munguira, M. L., & Martín, J. (2019). The Role of Butterflies in Pollination and Habitat Restoration Efforts. *Ecological Monographs*, 89(4), 254-272.
- Ortiz-Colín, P., Toledo-Aceves, T., López-Barrera, F., & Gerez-Fernández, P. (2017). Can traditional selective logging secure tree regeneration in cloud forest? *iForest*, 10, 369-375.
- Paiz, R. (1996). Migración del Quetzal entre el Biotopo del Quetzal y la Sierra de las Minas. Universidad

de San Carlos de Guatemala.

Parker, T. (2008). *Trees of Guatemala*. The Tree Press.

Piaia, B. B., Rovedder, A. P. M., Piazza, E. M., Stefanello, M. de M., Felker, R. M., & Costa, E. A.. (2019). Floristic Composition Analysis of Soil Transposition in a Seasonal Forest in Rio Grande do Sul, Brazil. *Floresta E Ambiente*, 26(2), e20170163. <https://doi.org/10.1590/2179-8087.016317>

Prescott, C. E., Frouz, J., Grayston, S. J., Quideau, S. A., & Straker, J. (2019). Rehabilitating forest soils after disturbance. *Developments in Soil Science*, 309–343. doi:10.1016/b978-0-444-63998-1.00013-6

PROBOSQUE. (2022). *Guía técnica para promover la restauración de tierras forestales degradadas del bosque de coníferas de Guatemala*. Programa de Incentivos Forestales PROBOSQUE, Guatemala.

Rivas, J.A., Alvarez, J.J. & Bravo, V. (2021). Fenología reproductiva de *Prunus lundelliana* Standl. (Rosaceae), un árbol en peligro de extinción con potencial para restaurar bosques nubosos de Mesoamérica. *Ciencia, Tecnología y Salud*, 8(1).

Rodas, L. et al. (2018). *Encinos de Guatemala. Volumen I*. Ciudad de Guatemala, Guatemala: Universidad de San Carlos de Guatemala.

Romero, C., & Montalvo, A. M. (2009). The Role of Oak Trees (Fagaceae) in Forest Structure and Biodiversity Maintenance. *Forest Ecology and Management*, 258(5), 798-806.

Schuster, J., Cano, E., & Cardona, J. (2000). Análisis de la fauna endémica de Guatemala. *Revista Científica de la Universidad de San Carlos de Guatemala*.

Schuster, J., Cano, E., & Reyes-Castillo, P. (2003). Biodiversidad y endemismo en los bosques nubosos de Guatemala. Consejo Nacional de Áreas Protegidas (CONAP).

Serrano, M.J. et al. (2020). *Magnolia poqomchi*, a new species of subsection *Magnolia* (Magnoliaceae) from San Cristóbal Verapaz, Alta Verapaz, Guatemala. *Phytotaxa*, 454 (4).

Serrano Díaz-Durán, M. J. (2019). Determinación de especies forestales relevantes para restauración con base en la importancia ecológica y cultural en el bosque nuboso de San Cristóbal Verapaz, Alta Verapaz, Guatemala. Universidad del Valle de Guatemala.

Standley, P., & Steyermark, J. (1884-1963). *Flora of Guatemala*. Chicago Natural History Museum.

Ténez, D. (2008). Riqueza de especies de aves en Guatemala y el estado de su conocimiento. IARNA, Universidad Rafael Landívar de Guatemala.

Toledo-Aceves, T., Trujillo-Miranda, A. L., & López-Barrera, F. (2021). Tree regeneration in active and passive cloud forest restoration: Functional groups and timber species. *Forest Ecology and Management*, 489, 119050. doi:10.1016/j.foreco.2021.119

Vivero, J. L. (2006). *The red list of trees of Guatemala*. Cambridge, UK: Fauna & Flora International

Wilson, S. J., Alexandre, N. S., Holl, K. D., Reid, J. L., Zahawi, R., Celentano, D., Sprenkle-Hyppolite, S., & Werden, L. (2021). *Nucleación aplicada: Guía de restauración para bosques tropicales*. University of Victoria, Conservation International, University of Hawaii, & University of California.

Wilson, L. D., & McCranie, J. R. (2004). *Reptiles y anfibios de los bosques nubosos de la Sierra de las Minas*. Centro de Estudios Conservacionistas (CECON), Universidad de San Carlos de Guatemala.

Anexos

Anexo 1. Muestreo en campo para prueba de boletas de evaluación.



M.J. Serrano, 2024

No. Parcela			Fecha Hora		
No.	Especie	Nombre común	DAP	Área Basal	Estado de conservación
1					
2					
3					
4					
5					
6					
7					
8					
9					
10					
11					
12					
13					
14					
15					
16					
17					
18					
19					
20					
21					
22					
23					
24					
25					
26					
27					
28					
29					
30					
31					
32					

*Las columnas de Area Basal y Estado de conservación se deberán llenar después del muestreo.

Anexo 3. Boleta de campo para otras especies.

	No. Parcela		Fecha	
	Habito	Latizal/Brinzal/Epifitas	Hora	
No.	Especie	Nombre común	Conteo	Estado de conservación
1				
2				
3				
4				
5				
6				
7				
8				
9				
10				
11				
12				
13				
14				
15				
16				
17				
18				
19				
20				
21				
22				
23				
24				
25				
26				
27				
28				
29				
30				
31				
32				
33				
34				





Créditos fotos portada y contraportada: M. Sc. Marcelo José Serrano Díaz-Durán