

PLAN DE MONITOREO DEL BOSQUE SECO EN GUATEMALA



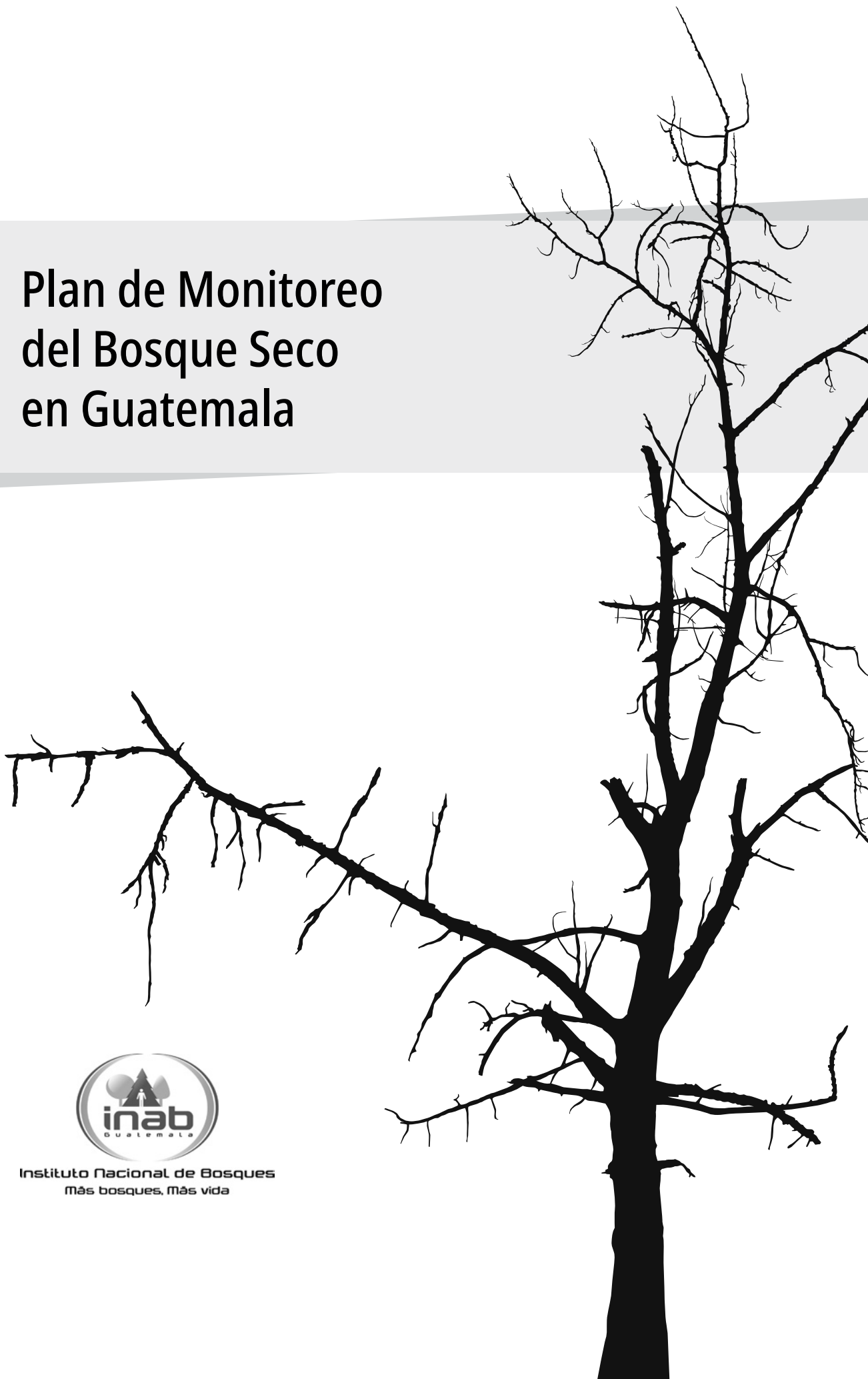
Instituto Nacional de Bosques
Más bosques. Más vida

WWW.INAB.GOB.GT

SERIE TÉCNICA
DT-047(2021)






Plan de Monitoreo del Bosque Seco en Guatemala



Instituto Nacional de Bosques
Más bosques. Más vida

PLAN DE MONITOREO DEL BOSQUE SECO EN GUATEMALA

Textos	Daniel Ariano, Consultor
Revisado y editado por	Joel Cutzal, INAB José Morán, INAB Rómulo Ramírez, INAB Silvia Anaité López, INAB
Apoyo en sistematización información bibliográfica	Edgar Mazariegos, Biología-UVG
Cartografía-análisis SIG	Daniel Ariano, Consultor
Forma sugerida de citar el documento:	INAB. 2021. Plan de Monitoreo del Bosque Seco en Guatemala. 80 pp.
Fotografías de portada y contraportada	Parcelas forestales en bosque seco de la Reserva Natural Heloderma, Cabañas, Zacapa. D. Ariano
Con el apoyo	  
Impresión, diseño, corrección	Editorial Serviprensa S.A. PBX: 2245 -8888 3ra. avenida 14-62 zona 1, Ciudad de Guatemala Rolando Pérez / Jaime Bran

Esta publicación se terminó de imprimir en agosto del 2021, la edición consta de 500 ejemplares en papel couche mate 80.

Contenido

Introducción	07
El bosque seco en Guatemala	09
A. Distribución histórica del bosque estacionalmente seco	10
B. Distribución actual del bosque estacionalmente seco	11
C. Diversidad florística	13
D. Diversidad faunística	14
E. Esquemas de uso y aprovechamiento del bosque seco	16
F. Manejo y conservación del bosque seco a través de incentivos forestales	16
Objetivos del programa de monitoreo	21
Definiciones relevantes para la implementación del Plan de Monitoreo	23
Definición del bosque seco	25
Asociaciones vegetales que conforman el bosque seco	27
A. Bosque seco bajo	28
B. Bosque seco alto	30
C. Bosque ripario	32
Programa de monitoreo	33

Diseño y establecimiento de las Parcelas Permanentes de	
Medición Forestal en bosque seco	35
A. Tamaño y forma de la PPMF	35
B. Ubicación y delimitación de la PPMF	37
C. Georreferenciación de la PPMF	40
D. Marcaje de especies arborescentes dentro de la PPMF	40
E. Variables a medir por individuo dentro de las categorías de fustal y latizal.....	41
F. Variables de sitio de la PPMF	42
G. Croquis de la Parcela Permanente de Medición Forestal.....	46
H. Temporalidad de las mediciones y seguimiento al monitoreo.....	47
Selección de sitios para el establecimiento de Parcelas Permanentes	
de Medición Forestal en bosque seco	49
Insumos requeridos para el establecimiento de Parcelas	
Permanentes de Medición Forestal en bosque seco	53
Listado de especies indicadoras de estado de conservación o degradación de especial	
interés en monitoreo de Parcelas Permanentes de Medición Forestal en bosque seco	55
Formatos de hojas de datos de monitoreo de Parcelas Permanentes	
de Medición Forestal en bosque seco	63
A. Metadatos de la PPMF para registro	63
B. Hoja de datos de la PPMF para categorías fustal o latizal (parcelas de 500m ² y de 25m ²) ...	66
C. Hoja de datos de la PPMF para categoría de brinzal (parcelas de 1m ²)	68
D. Boleta de monitoreo estado de conservación de la PPMF	69
Monitoreo de fauna en Parcelas Permanentes de Medición Forestal en bosque seco	71
Literatura consultada	73



Introducción

En general, los bosques secos son los ecosistemas más degradados y menos estudiados a nivel mundial, así como los menos representados en los sistemas de áreas protegidas. Los bosques secos representan el 42% de todos los bosques tropicales y subtropicales del mundo. El bosque seco de Guatemala es un ecosistema peculiar donde se encuentran diversidad de plantas espinosas y suculentas como los cactus y varias especies de fauna raras y amenazadas de extinción como el lagarto escorpión (*Heloderma* spp.). Los bosques secos han recibido poca atención por parte de la sociedad guatemalteca en comparación con los bosques húmedos o nubosos, a pesar de ser los ecosistemas más amenazados, habiéndose perdido cerca de un 75% del bosque seco existente a nivel de país. Incluso han sido definidos en algunos casos como los ecosistemas más amenazados en Centroamérica. La razón principal de la destrucción de este ecosistema es la naturaleza relativamente fértil de su suelo y la presencia de una estación seca marcada, lo cual es apreciado para la agricultura, debido a que suprimen plagas y enfermedades y permite el uso del fuego como una herramienta de manejo.

Sin embargo, todavía se conoce muy poco sobre el ecosistema del bosque seco por la falta de investigación sobre su flora y fauna, y el poco aprecio que se tiene del patrimonio natural y cultural de este bosque. Actualmente, este ecosistema se está deteriorando por varios factores humanos como

la deforestación, incendios forestales, cambios en los patrones de lluvia por el cambio climático y la cacería de las especies que lo habitan. Es por estas razones que es fundamental establecer un plan de monitoreo a través del establecimiento de Parcelas Permanentes de Medición Forestal (PPMF) en el bosque seco de Guatemala. Estas son una herramienta para el manejo e investigación de la dinámica de los bosques naturales (en su estado natural y bajo intervención). Los datos que se obtienen de la instalación de las PPMF, como crecimiento y producción, tiene implicaciones directas para el manejo y conservación forestal y así tomar decisiones en el corto, mediano y largo plazo.

Las PPMF, en el mediano plazo, brindarán información sobre el crecimiento diamétrico de las especies forestales y arborescentes en el bosque seco (incluyendo cactus columnares, los cuales son un componente fundamental de la estructura de los bosques secos), así como del volumen de biomasa proyectado; permitiendo determinar tendencias en el comportamiento de la dinámica del bosque seco. La implementación del presente plan de monitoreo del bosque seco permitirá describir sus ciclos de regeneración, grado de mortalidad, edad de los individuos y del bosque, ubicación y tipificación de grupos ecológicos de las especies presentes, así como el estado de regeneración, restauración, conservación y/o degradación en los sitios a través del tiempo.





El bosque seco en Guatemala

Actualmente a los bosques típicos de regiones secas se les conoce en el ámbito científico como “Bosques estacionalmente secos” debido a la escasez de lluvia con al menos 5 meses al año con menos de 100 mm de lluvia. Las formaciones vegetales que entran en esta definición han recibido muchos nombres. Se les ha nombrado en base a su fisionomía (bosques, matorrales, arbustos, sabanas y cactales), la cantidad de lluvia recibida (secos, sub-húmedos y semiáridos), estacionalidad (xerófitos), longevidad del follaje (semi-siempreverdes, semidecíduos y decíduos), y diversas combinaciones y sub-combinaciones entre cada uno de ellos. Estos bosques se caracterizan por tener altitudes y diámetros de troncos menores que los bosques (selvas) lluviosos tropicales y por la abundancia de las especies espinosas como los cactus, por lo que el presente plan se adapta a las características inherentes del bosque seco. Estas zonas son de importancia ecológica tanto por sus singulares sistemas productivos, como por las condiciones de aislamiento geográfico que han desarrollado varias especies que habitan únicamente en estas regiones (especies endémicas).

La estacionalidad en la lluvia (precipitación) es la característica más importante de los bosques secos. Generalmente la precipitación está por debajo de los 1,600 mm de lluvia anuales y presentan al menos entre 5 y 6 meses donde la

precipitación total es menor a 100 mm de lluvia. Esto condiciona la estructura de la vegetación, resultando en bosques de menor estatura y área basal, con una composición florística particular. La precipitación promedio anual para estas regiones en Guatemala es de 974 mm, variando desde 765 mm en Morazán, Valle del Motagua hasta 1,800 mm en la franja seca de la costa sur del país. La época lluviosa es usualmente entre junio y octubre. En Guatemala estos bosques van desde cerca del nivel del mar en la costa sur hasta los 1,650 msnm en el área circundante a la aldea San José El Tunal, municipio de San Pedro Jocopilas, Quiché.

Los procesos ecológicos en estos sistemas son altamente estacionales. La productividad primaria (cantidad de plantas vivas) es menor que los bosques húmedos, debido a que el crecimiento se da únicamente en la temporada lluviosa. Durante la época seca hay una acumulación de hojarasca, debido a que la mayoría de la vegetación es decidua (bota las hojas) y la luz solar llega hasta el suelo del bosque, lo que reduce la tasa de descomposición al disminuir la humedad relativa del suelo. La producción de flores y frutos es altamente estacional, y muchas especies florecen sincrónicamente durante la transición entre la época seca y la lluviosa cuando los árboles aún están sin hojas. La mayoría de las flores del bosque seco son polinizadas por animales o por el viento.

Esta estacionalidad en la precipitación es causada principalmente por un fenómeno climatológico conocido como "sombra de lluvia". Esta consiste en que el viento cálido y húmedo que proviene de las costas, en su viaje por la superficie terrestre, choca con montañas. Al hacerlo, este aire cargado de humedad se enfría, por lo que tiende a descargar el agua que transporta en forma de lluvia en las partes altas de estas montañas, creando bosques húmedos y bosques nubosos. Esta parte lluviosa

de la montaña se llama "barlovento". Este aire ya seco pasa al otro lado de la montaña y se calienta, con lo que una corriente de aire seco y cálido baja al valle causando un ambiente desecante con déficit de humedad. Es en estas condiciones que se generan los bosques secos en Guatemala. Este lado de la montaña se llama "sotavento". Los bosques secos están en el sotavento de las montañas circundantes.

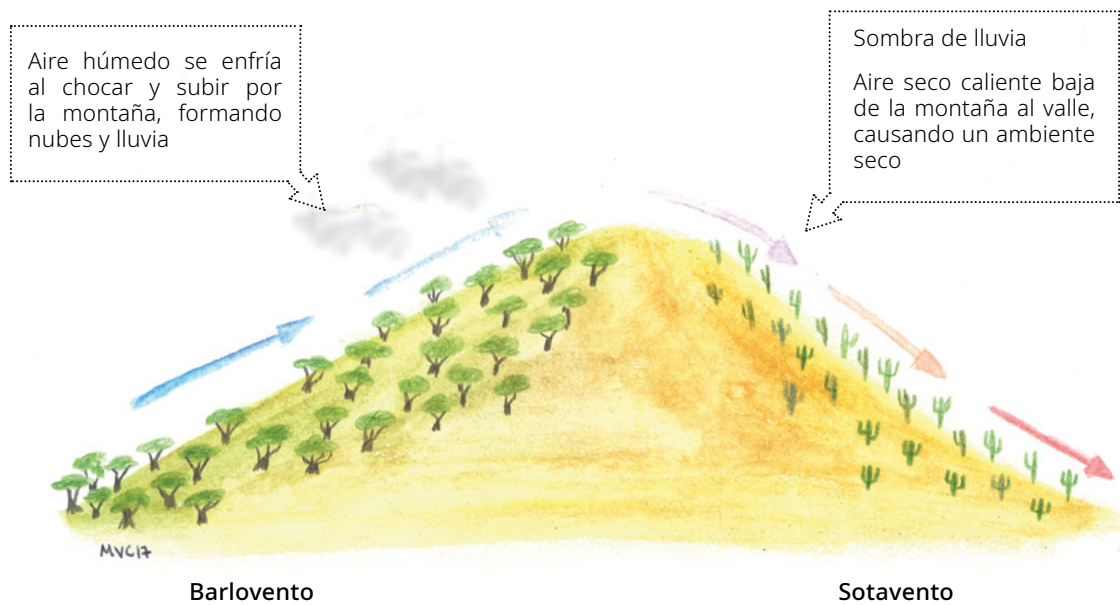


Figura 1. Fenómeno de sombra de lluvia que genera la presencia de bosque seco en Guatemala. Ilustración de Melissa Villatoro.

A. Distribución histórica del bosque estacionalmente seco

De acuerdo a algoritmos de modelación de nicho ecológico con Maxent, se estimó cuál era la distribución histórica de las regiones secas en Guatemala. Estos algoritmos utilizan los parámetros climáticos de localidades conocidas con presencia de regiones secas para generar una modelación de distribución potencial, y esta misma fue corregida con base a los parámetros

definidos internacionalmente para lo que son bosques estacionalmente secos. Para el dato de altitud se utilizó la máxima registrada en el país con vegetación de bosque seco. Para esto se utilizaron puntos georeferenciados donde existe actualmente cobertura forestal de bosque seco en Guatemala. Estos fueron modelados en Maxent. Se estimó entonces que la cobertura histórica del bosque estacionalmente seco en Guatemala cubría 16,653 km², lo que representaba el 15% del territorio guatemalteco. El resultado de dicho análisis se muestra en la figura 2.

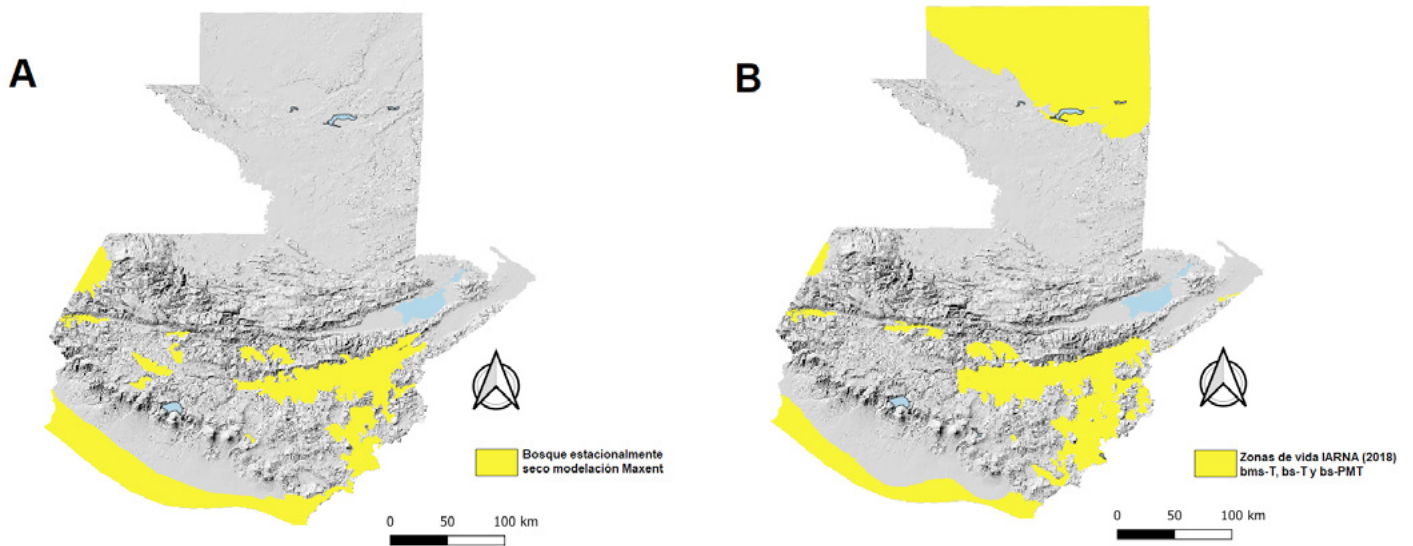


Figura 2. Distribución histórica del bosque seco de Guatemala con base a modelación de nicho ecológico fundamental generado con MAXENT (A) y distribución de las zonas de vida de IARNA (2018) que corresponden a bosque muy seco (bms-T), bosque seco tropical (bs-T) y bosque seco premontano tropical (bs-PMT) (B).

De acuerdo a la reciente modelación de la distribución de zonas de vida realizada por IARNA (2018), regiones correspondientes al bosque muy seco (bms-T), bosque seco tropical (bs-T) y bosque seco premontano tropical (bs-PMT) abarcan una extensión de 26,408 km². La diferencia de 9,755 km² entre el estimado generado con Maxent mostrado en la figura 2 y el estimado de zonas de vida correspondientes a la provincia de humedad “seca” de IARNA (2018) se debe principalmente a que el mapa de zonas de vida de IARNA contempla cerca del 50% del territorio de Petén como bosque seco tropical (bs-T). Asimismo, el mapa de IARNA (2018) reduce mucho la existencia de bosque seco en el valle de Nentón, así como en la depresión y cuenca del río Chixoy y sus afluentes, los cuales de acuerdo a corroboraciones de campo realizadas por el autor desde el año 2003, presentan bosques con características típicas de bosque seco. Para el ámbito geográfico de aplicación de acciones de monitoreo y conservación del bosque estacionalmente seco en Guatemala, se considera que la estimación mostrada en la figura 1 es más aplicable pues se basa en la estacionalidad.

B. Distribución actual del bosque estacionalmente seco

Los bosques estacionalmente secos se consideran actualmente los bosques tropicales más amenazados y con mayor fragmentación y degradación en el mundo (Miles *et al.* 2006). En Guatemala, el bosque seco presenta una extensión de 4,110 km² (3.81% del país) de acuerdo al mapa forestal por tipo y subtipo de bosque más reciente (INAB-CONAP, 2015). Al comparar este valor con el de la distribución histórica, se obtiene que únicamente queda un 24% remanente de la cobertura histórica de bosque estacionalmente seco en el país (un 76% de pérdida de este ecosistema a nivel nacional). La parte más occidental de su distribución se encuentra en los municipios de Nentón, Jacaltenango, Santa Ana Huista y Cuilco, en Huehuetenango y que corresponde a la extensión más al sur de la Ecorregión de los Bosques estacionalmente secos de la Depresión Central de Chiapas. También se le encuentra en una estrecha faja que corre a lo largo del valle del río Negro o Chixoy, desde el sur del

pueblo de Aguacatán en Huehuetenango, hasta el punto formado por los límites departamentales de Quiché, Baja Verapaz y Alta Verapaz, penetrando los valles de Rabinal, Chicaj, Salamá y San Jerónimo.

Luego el bosque seco más conocido y extenso es la zona semiárida ubicada a lo largo del río Motagua desde el norte de Chimaltenango y Guatemala, pasando por los departamentos de Zacapa y El Progreso, la cual conforma a la Ecorregión del Monte Espinoso del Valle del Motagua llegando finalmente hasta los municipios de Jocotán y Camotán en Chiquimula. Otra región de vegetación típica de bosques estacionalmente secos se encuentra en Monjas y San Luis Jilotepeque en el departamento de Jalapa, pasando por Santa Catarina Mita, hasta la frontera con El Salvador. En la región de la costa del Pacífico abarca una

franja angosta de 3 a 5 km a lo largo del litoral que conforma la Ecorregión de los Bosques Secos de Centroamérica y por último se encuentra una región de vegetación xerófito a las orillas del Lago Atitlán, en Sololá (Stuart, 1954; Villar, 1998; Dix *et al.*, 2003; Castañeda, 2004; Véliz, 2008; ZOOTROPIC, 2008; CDC-Nature Serve, 2009; CONAP-ZOOTROPIC-CDC-TNC, 2011; MARN-PNUD, 2017).

Los bosques estacionalmente secos comprenden porciones de 16 departamentos, los cuales son Baja Verapaz, Chimaltenango, Chiquimula, El Progreso, Escuintla, Guatemala, Huehuetenango, Izabal, Jalapa, Jutiapa, Quiché, Retalhuleu, San Marcos, Santa Rosa, Suchitepéquez y Zacapa. Los departamentos con mayor extensión total de sistemas ecológicos secos son El Progreso, Zacapa, Chiquimula, Jutiapa y Baja Verapaz.

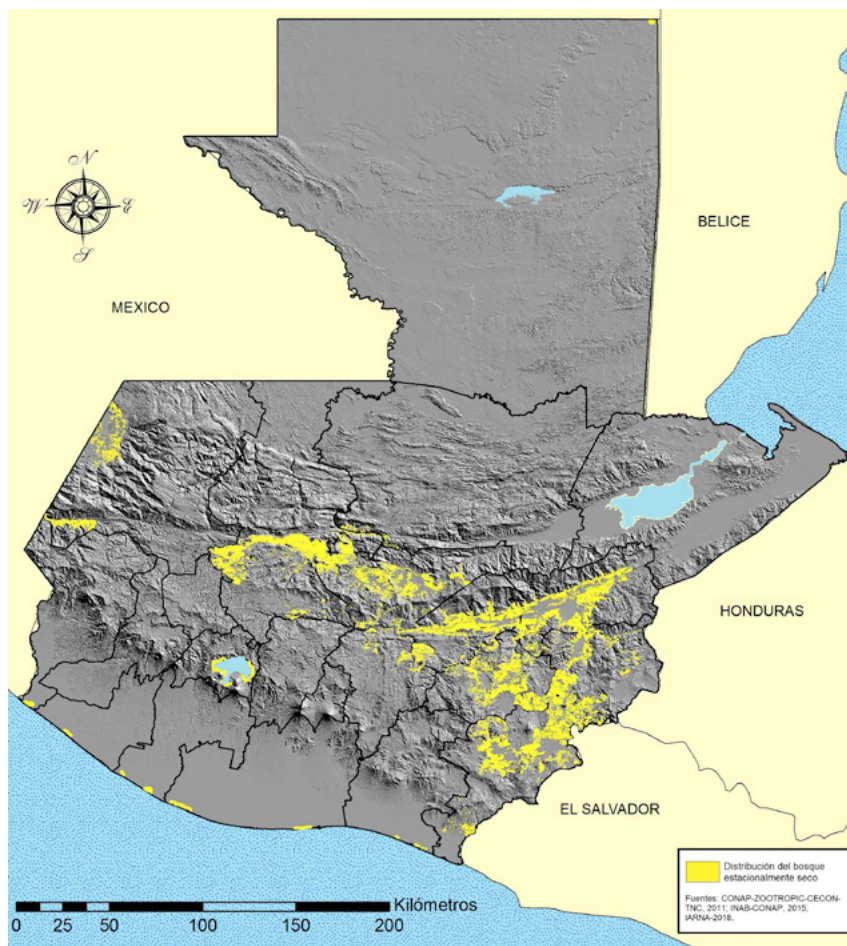


Figura 3. Distribución actual de los bosques estacionalmente secos de Guatemala resaltada en amarillo. Fuentes: CONAP-ZOOTROPIC-CECON-TNC, 2011; INAB-CONAP, 2015.

C. Diversidad florística

Se han realizado varios estudios florísticos en estas regiones los cuales han mostrado la riqueza florística que poseen. Se han identificado cerca de 1,500 especies de plantas en estos bosques pertenecientes a 135 familias (Véliz, 2008). Esto representa cerca de un 15% de las especies de flora reportadas para el país. Las familias con más riqueza de especies que caracterizan la flora del bosque seco son Anacardiaceae, Burseraceae, Cactaceae, Caesalpinaceae, Euphorbiaceae, Fabaceae y Mimosaceae (Álvarez y Secaira, 2017).

Los organismos que viven en los bosques secos han tenido que desarrollar mecanismos que les permitan sobrevivir en ambientes cíclicos muy extremos. Por un lado, tenemos temporadas con sequías muy prolongadas, y por otro, lluvias torrenciales concentradas en pocos meses, o incluso semanas. La mayoría de plantas se sobreponen a este problema perdiendo sus hojas en la época seca (caducifolias) para evitar la pérdida de agua y retoñando en la época lluviosa. Las especies vegetales suelen almacenar agua en sus raíces o troncos para los períodos de escasez de lluvias.



Figura 4. Especies de flora que habitan en el bosque estacionalmente seco dentro del corredor seco de Guatemala. De izquierda a derecha y arriba a abajo, tuno de órgano (*Stenocereus pruinosus* – Foto: Daniel Ariano), gallito *Tillandsia xerographica* sobre ramas de guayacán *Guaiacum sanctum* (Foto: Daniel Ariano), Cactus chilillo (*Melocactus curvispinus* – Foto: Jiichiro Yoshimoto), duruche o naranjillo (*Bonellia macrocarpa* – Foto: Jiichiro Yoshimoto), flores de tecomasuche (*Cochlospermum bitifolium* – Foto: Jiichiro Yoshimoto).

D. Diversidad faunística

Los bosques estacionalmente secos presentan una gran riqueza faunística que ha pasado desapercibida principalmente por el poco interés en el estudio de este ecosistema, así como por la naturaleza estacional de sus abundancias, siguiendo los mismos patrones fenológicos del bosque. Sin embargo, en la última década el conocimiento sobre la diversidad biológica de estos bosques se ha enriquecido grandemente debido a la generación de diversas investigaciones que abarcan desde insectos hasta mamíferos. A continuación, se muestra un cuadro resumen sobre la riqueza documentada de especies de los principales grupos de fauna presentados en este documento.

Como se observa en el cuadro 1, los bosques secos albergan en promedio un 30% de las especies documentadas de cada grupo de fauna para el

país. Esto resalta la importancia de la conservación de este ecosistema pues cubriendo actualmente únicamente un 3.67% del país, albergan cerca del 30% de especies de fauna documentadas para nuestro territorio.

Así como las plantas botan sus hojas durante la época seca para hacerle frente a la escasez de agua y las altas temperaturas, muchas especies de animales tienen sus adaptaciones especiales. En este caso una gran cantidad de animales suelen enterrarse durante la época seca o se ocultan en madrigueras o refugios subterráneos, en los que se protegen del calor y de la deshidratación. Este período de inactividad durante la época seca se llama estivación. Otros animales migran hacia otras partes donde hay más recursos durante la época seca y algunos aumentan su actividad en cuanto a recorrer mayores distancias para lograr conseguir el alimento y el agua que escasea pero que necesitan para sobrevivir.

Cuadro 1

Riqueza documentada de especies de fauna de algunos taxa principales del bosque estacionalmente seco en Guatemala

Taxón	Cantidad de especies documentadas para el bosque seco de Guatemala	Porcentaje con respecto al total de especies estimadas por grupo taxonómico en el país
Mariposas diurnas (Lepidoptera)	203	30%
Escarabajos (Cerambycidae)	42	35%
Anfibios	24	15%
Reptiles	79	24%
Aves	255	35%
Mamíferos	46	24%



Figura 5. Collage de especies de fauna que habitan en el bosque estacionalmente seco. A. Alacrán del Motagua (*Centruroides falassisimus*- J. Yoshimoto), B. salamandra del Motagua (*Oedipina motaguae* - L. Meléndez), C. lagarto escorpión (*Heloderma charlesbogerti* - D. Ariano), D. mariposa cebrá (*Protographium epidaus*- J. Yoshimoto), E. rana de riachuelo (*Craugastor inachus*- D. Ariano), F. iguana de órgano (*Ctenosaura palearis* -D. Ariano), G. trogón (*Trogon elegans*- D. Ariano), H. mot mot coronicafé (*Momotus mexicanus* - P. Chumil), I. margay (*Leopardus wiedii*- G. Salazar), J. tecolote sapo (*Megascops guatemalae*- D. Ariano), K. serpiente caracolera (*Sibon anthracops*- D. Ariano), L. Chorcha perica (*Pheucticus chrysoplepus*- D. Ariano).

E. Esquemas de uso y aprovechamiento del bosque seco

Los bosques secos pueden generar una gama de beneficios para los seres humanos. Algunos de estos son provistos en forma de bienes consumibles como madera, leña, frutas, fibras, plantas medicinales y ornamentales; mientras que otros son en forma de servicios como la protección del suelo, la mitigación de inundaciones y deslaves, recarga de los mantos acuíferos, la polinización de flores y cultivos, la mitigación de los impactos del cambio climático, oportunidades de recreación y la dispersión de semillas. Dentro de los servicios de abastecimiento que nos brindan los bosques secos, tenemos el aprovisionamiento de comida como las tunas, el loroco, la muta, las piñuelas, entre otras. En cuanto a los servicios de regulación, los bosques secos ayudan a mantener la fertilidad del suelo gracias a la hojarasca que cae durante la época seca. Además, muchas especies de abejas, mariposas y avispa que viven en estos bosques ayudan a polinizar los cultivos aledaños tales como melón, sandía, papaya, tomate, tabaco y mango. Por último, en cuanto a los servicios culturales, podemos decir que, sin el bosque seco, no se tendría a la mano el conocimiento tradicional de plantas y hierbas de uso medicinal.

El paisaje de estas regiones es un resultado de la interacción humana con su medio, aprovechando en parte sus recursos y también sitios donde se encuentran áreas conservadas con su estructura original. Estas regiones presentan una amplia diversidad de especies arbóreas y arbustivas importantes para los habitantes, que las utilizan como leña, madera para industria o artesanía y como fuente de plantas medicinales, alimento y ornamentales. En la actualidad, las plantas todavía son utilizadas por los habitantes de las regiones rurales, pero el conocimiento de usos tradicionales ha quedado restringido a personas de edad avanzada o jóvenes con especial interés en

plantas y sus usos. Ejemplos de plantas con usos tradicionales son el palo de Brasil (*Haematoxylon brasiletto*), el cual se usa como tinte rojo, el duruche (*Bonellia macrocarpa*), el cual se usa como veneno para pesca de peces, el loroco (*Fernaldia pandurata*) utilizado ampliamente en la gastronomía local y el orégano silvestre (*Lippia graveolens*), el cual es usado como condimento y para tratamiento de dolores estomacales.

Otro ejemplo de uso del bosque seco es el sistema de tenencia de ganado bajo sombra de bosque en el cual el alimento proviene de los rebrotes de hierbas y lianas que ocurren en el sotobosque de estas regiones durante las primeras lluvias. El establecimiento de este sistema y su mantenimiento en la actualidad ha sido una de las razones por las cuales todavía se mantienen importantes zonas con cobertura forestal en la parte media del Valle del Motagua, principalmente en los municipios de Cabañas (en Zacapa), El Jícaro y San Agustín Acasaguastlán (ambos en El Progreso).

F. Manejo y conservación del bosque seco a través de incentivos forestales

Un factor que ha contribuido en los últimos años a los esfuerzos de conservación en el bosque seco de Guatemala es el reconocimiento por parte del Instituto Nacional de Bosques (INAB) del mismo como un ecosistema estratégico en la conservación del paisaje forestal del país. Esto ha llevado a la implementación de incentivos forestales PROBOSQUE en esta región, lo que ha fortalecido en gran medida las acciones de conservación de este ecosistema a nivel nacional. En el siguiente cuadro se muestra una síntesis de los proyectos PROBOSQUE ubicados en bosque seco que han sido incentivados en el año 2020, totalizando 348 proyectos y 9,610 hectáreas.

Cuadro 2

Ubicación, cantidad, área y montos incentivados en proyectos PROBOSQUE en áreas de bosque seco en Guatemala para el año 2020

Departamento	Municipio	Proyectos (n)	Área (ha)	Monto (Q)
Baja Verapaz	Cubulco	63	621.75	1,323,916.00
Baja Verapaz	Rabinal	16	122.86	309,780.00
Baja Verapaz	Salamá	73	1,763.81	2,749,970.00
Baja Verapaz	San Miguel Chicaaj	1	9.15	22,875.00
Chiquimula	Ipala	14	169.98	416,430.00
Chiquimula	Jocotán	1	6.32	15,800.00
Chiquimula	San Jacinto	3	31.56	77,460.00
El Progreso	El Júcaro	1	33.70	46,850.00
El Progreso	Guastatoya	6	249.64	290,960.00
El Progreso	Morazán	8	826.27	408,875.00
El Progreso	San Antonio La Paz	9	107.30	245,410.00
El Progreso	Sanarate	13	248.75	894,092.00
El Progreso	Sansare	6	101.02	143,630.00
Huehuetenango	Cuilco	1	50.12	55,060.00
Huehuetenango	La Democracia	3	18.66	46,650.00
Huehuetenango	Nentón	24	804.44	1,501,753.00
Jutiapa	Asunción Mita	48	1,727.46	2,085,054.00
Jutiapa	Jutiapa	2	32.28	76,140.00
Jutiapa	Moyuta	6	56.40	110,055.00
Quiché	Canillá	6	105.63	190,315.00
Quiché	Sacapulas	1	21.74	40,870.00
Quiché	San Pedro Jocopilas	9	86.75	190,565.00
Zacapa	Cabañas	1	215.87	137,935.00
Zacapa	Río Hondo	9	1,119.88	644,957.50
Zacapa	Usumatlán	10	799.08	682,548.00
Zacapa	Zacapa	14	279.70	460,085.00
Total		348	9,610.12	13,168,035.50

Fuente: Sistema de Información Forestal de Guatemala, 2020

Adicionalmente, el Programa de Incentivos Forestales para Poseedores de Pequeñas Extensiones de Tierra de Vocación Forestal o Agroforestal (PINPEP), ha sido una de las

herramientas más utilizadas para la conservación del bosque seco en el país, incentivando 38,104 hectáreas para el año 2019.

Cuadro 3

Ubicación, cantidad, área y montos incentivados en proyectos PINPEP de Manejo de Bosque Natural con fines de Protección en áreas de bosque seco en Guatemala para el año 2019

Departamento	Municipio	Área (ha)
Baja Verapaz	Cubulco	4,218.48
Baja Verapaz	Rabinal	1,781.90
Baja Verapaz	Salamá	1,782.24
Baja Verapaz	San Miguel Chicaj	2,851.46
Chiquimula	Ipala	259.94
Chiquimula	Jocotán	330.3
Chiquimula	San Jacinto	154.36
El Progreso	El Júcaro	1,006.15
El Progreso	Guastatoya	2,357.00
El Progreso	Morazán	3,538.09
El Progreso	San Agustín Acasaguastlán	867.2
El Progreso	San Antonio La Paz	72.12
El Progreso	San Cristóbal Acasaguastlán	725.58
El Progreso	Sanarate	1,149.37
El Progreso	Sansare	333.63
Huehuetenango	Cuilco	1,344.57
Huehuetenango	La Libertad	357.56
Huehuetenango	Nentón	1,356.95
Huehuetenango	San Antonio Huista	53.12
Huehuetenango	Santa Ana Huista	575.61
Jutiapa	Asunción Mita	733.22
Jutiapa	Jutiapa	3.72
Quiché	Canillá	1,463.38
Quiché	Sacapulas	19.73

Continúa...

Departamento	Municipio	Área (ha)
Quiché	San Pedro Jocopilas	842.28
Zacapa	Cabañas	2,495.46
Zacapa	Estanzuela	381.04
Zacapa	Gualán	1,124.41
Zacapa	Huité	507.93
Zacapa	Río Hondo	1,099.77
Zacapa	San Jorge	446.15
Zacapa	Teculután	57.73
Zacapa	Usumatlán	2,020.71
Zacapa	Zacapa	1,793.13
Total		38,104.29

Fuente: Sistema de Información Forestal de Guatemala, 2020





Objetivos del programa de monitoreo

- Evaluar la dinámica ecológica del bosque seco en Guatemala a través del tiempo.
- Determinar las tendencias de acumulación de biomasa forestal, crecimiento y regeneración en el bosque seco de Guatemala a través del tiempo.
- Definir los criterios metodológicos para la adecuada colecta de información de campo en el establecimiento y monitoreo de parcelas permanentes de medición forestal.
- Proponer el número y distribución de parcelas permanentes de medición forestal para el sistema de monitoreo del bosque seco.
- Definir los formatos y boletas para la recopilación de información de campo.
- Generar un sistema con información técnica y confiable, que contribuya a apoyar la formulación, implementación y el ajuste de instrumentos, planes o políticas de desarrollo forestal sostenible, conservación o restauración.
- Generar propuesta del análisis de la información de la red de parcelas permanentes de medición forestal del bosque estacionalmente seco de Guatemala, en el corto, mediano y largo plazo.





Definiciones relevantes para la implementación del Plan de Monitoreo

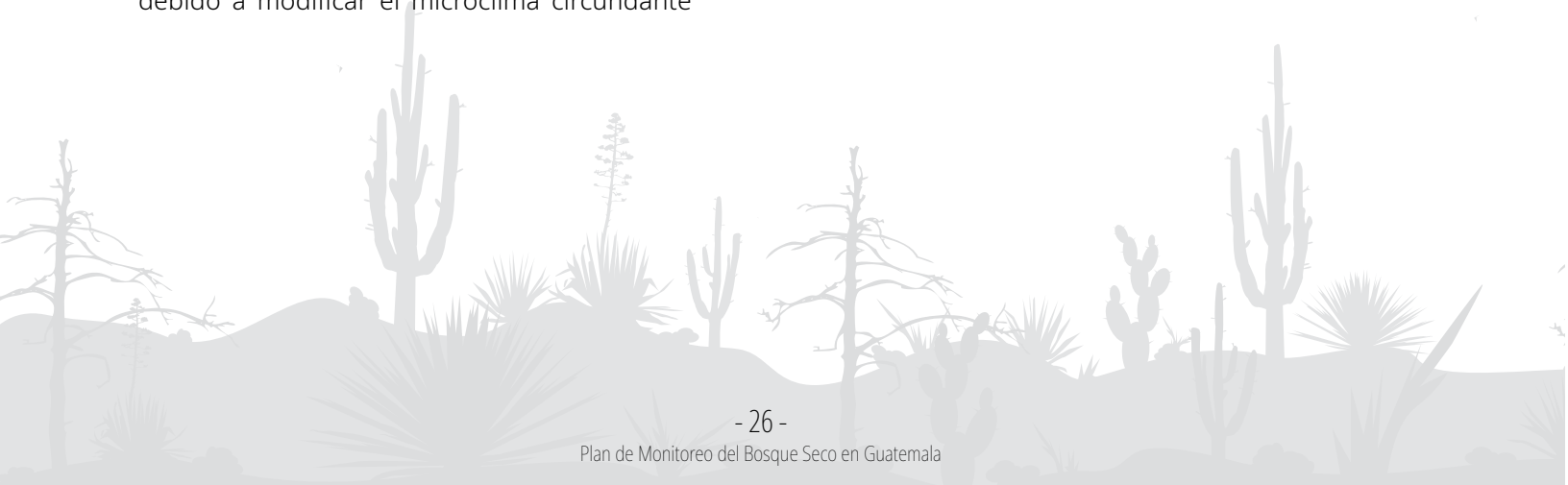
Para efectos de la adecuada implementación del presente Plan, se establecen las siguientes definiciones:

- **Banco de semillas:** Población viable de semillas que se acumula en el suelo en un momento y espacio dado.
- **Bosque altamente degradado:** Es un ecosistema forestal que ha perdido las características estructurales funcionales, composición de especies y/o productividad, reduciendo al mínimo la capacidad de prestación de bienes y servicios ecosistémicos.
- **Bosque degradado:** Es un ecosistema forestal que ha perdido características estructurales funcionales, composición de especies y/o productividad, causando la reducción de la capacidad de prestación de bienes y servicios ecosistémicos.
- **Bosque ripario:** Vegetación arbórea y arbustiva ubicada en las márgenes de los ríos, arroyos y otras corrientes o masas de agua tanto permanentes como intermitentes o estacionales.
- **Bosque secundario:** Es un ecosistema forestal que se encuentra en proceso sucesional para recuperar su vegetación leñosa luego de haber tenido intervención humana en el pasado.
- **Brinjal:** Clase de tamaño de la vegetación mayor o igual 10 cm y menor 1.5 m de altura, incluyendo cactus columnares y rastreros.
- **Caducifolio / Deciduo:** Planta que permanece sin hojas durante cierto período de tiempo, generalmente durante la época seca.
- **Diámetro a la altura de pecho (DAP):** Diámetro a 1.30 metros de altura a partir del suelo.
- **Especie arborecente:** Especie vegetal vascular con características de poseer un tallo basal leñoso, aunque no necesariamente proporciona madera y/o leña pero que es componente relevante en la estructura del bosque.

- **Especie exótica invasora:** Especie naturalizada que ha producido descendencia en áreas diferentes al sitio de introducción original. Es posible encontrar este término en literatura relacionada con la ecología de invasiones biológicas que se refiere a especies con una gran capacidad de colonización y de dispersión, por lo que también puede ser aplicado a especies nativas con estas características.
- **Especie exótica:** Las especies exóticas o introducidas son especies que se encuentran fuera de su área de distribución original o nativa (histórica o actual), no acorde con su potencial de dispersión natural (introducción directa o indirecta por humano); y que incluye gametos o propágulos de esa especie que pueden sobrevivir y reproducirse subsecuentemente.
- **Especie forestal:** Especie vegetal perenne y de estructura leñosa que proporciona madera y/o leña. Planta leñosa con fuste y copa definida.
- **Especie nativa:** Especie que se encuentra dentro de su área de distribución natural (histórica o actual), acorde con su potencial de dispersión natural; es decir sin la ayuda o intervención del ser humano. La especie forma parte de las comunidades bióticas naturales del área.
- **Especie nodriza:** Especie vegetal nativa que beneficia el crecimiento de otras especies de plantas típicas del ecosistema en cuestión, debido a modificar el microclima circundante

a su sitio de enraizamiento, facilitar la acumulación de materia orgánica en suelo y reducir las tasas de insolación y evaporación en el área abarcada por su proyección de sombra.

- **Especies vegetales no arbóreas:** Son todas las especies vegetales que no poseen un tallo basal leñoso.
- **Estivación:** Período en el que los animales disminuyen su actividad a un mínimo durante la época seca debido a las sequías prolongadas y el aumento del calor.
- **Fustal:** Esta categoría se ha adaptado a las características dasométricas específicas del bosque seco. Para bosque seco corresponde a la categoría de tamaño de la vegetación con altura mayor o igual a 1.5 metros y con un diámetro a la altura de pecho mayor o igual a 5 cm.
- **Latizal:** Esta categoría se ha adaptado a las características dasométricas específicas del bosque seco. Para bosque seco corresponde a la categoría de tamaño de la vegetación con altura mayor o igual a 1.5 metros y con un diámetro a la altura de pecho entre 1 y 4.99 cm.
- **Servicios ecosistémicos:** Beneficios obtenidos de los ecosistemas por los seres humanos que contribuyen tanto a hacer la vida posible como que esta sea digna de ser vivida.





Definición del bosque seco

El bosque estacionalmente seco en Guatemala es el bosque ubicado en regiones caracterizadas por la marcada estacionalidad en la precipitación pluvial, teniendo entre 5 y 6 meses al año con precipitaciones menores a los 100 mm de lluvia mensual (época seca entre noviembre y abril). Esto hace que la época seca esté dividida en dos períodos: época seca fría (noviembre-enero) y época seca cálida (febrero-abril). La precipitación promedio anual para estas regiones es cercana a los 1000 mm, con máxima en ciertos puntos de hasta 1,600 mm y mínimas de 300 mm. La temperatura es muy variable pues hay bosques secos de tierras

bajas y de tierras medias, sin embargo, predomina el ambiente cálido. La temperatura media anual dependiendo la región varía entre 19 a 26 °C. En Guatemala estos bosques se encuentran debajo de los 1,650 msnm. Las familias dominantes son Anacardiaceae, Burseraceae, Caesalpinaceae, Fabaceae y Mimosaceae. El sotobosque se caracteriza por abundancia de Cactaceae, bromelias terrestres y arbustos espinosos. La característica principal que determina en dónde se encuentra presente este tipo de bosque es la estacionalidad en la precipitación.





Asociaciones vegetales que conforman el bosque seco

En los bosques estacionalmente secos de Guatemala existen tres diferentes asociaciones vegetales principales del ecosistema de referencia para los bosques estacionalmente secos del país, basado en datos de campo de parcelas forestales recabadas desde el año 2006 en localidades con diferentes estados sucesionales y de conservación: Cabañas, Gualán y Zacapa en el departamento de Zacapa; Rabinal, Cubulco y Salamá en el departamento de Baja Verapaz; Chiquimula e Ipala en el departamento de Chiquimula; El Júcaro, Guastatoya, Morazán, Sanarate, San Agustín Acasaguastlán, San Cristóbal Acasaguastlán y Sansare en el departamento de El Progreso;

Nentón en el departamento de Huehuetenango; Chiquimulilla en el departamento de Santa Rosa y San Marcos La laguna en el departamento de Sololá.

Estas tres asociaciones vegetales principales son: el bosque seco bajo, el bosque seco alto y el bosque ripario. Independientemente de la asociación vegetal en cuestión, los bosques estacionalmente secos se caracterizan porque están sometidos a la escasez de lluvias con menos de 100 mm al mes durante al menos cinco meses al año.

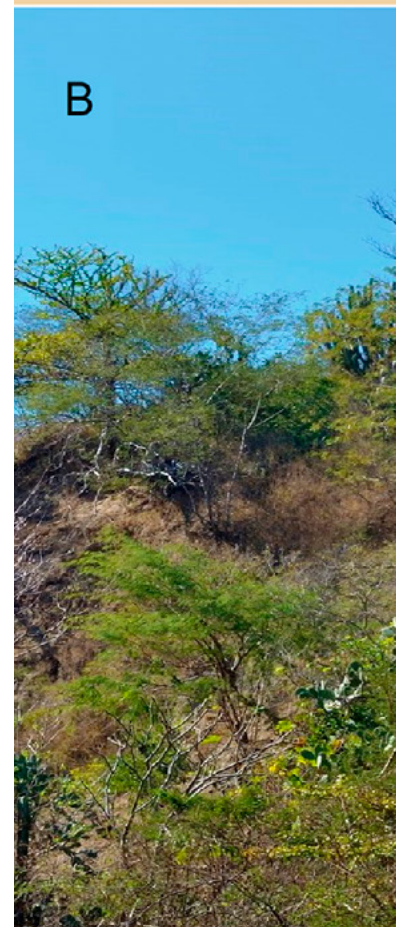
A. Bosque seco bajo

Los bosques secos bajos (también conocidos como matorrales espinosos) están formados principalmente por arbustos pequeños que no sobrepasan los 8 metros de altura, con especies de diámetros pequeños (DAP¹ menor a 12 cm) y tienen abundancia de cactus columnares (*Stenocereus* spp. y *Pilosocereus leucocephalus*) y cactus rastreros (*Mamillaria* spp., *Melocactus curvispinus*). Este tipo de bosque se suele encontrar en las partes planas. Usualmente en este tipo de bosque los cactus columnares sobresalen de la altura del dosel. Las especies dominantes son de los géneros *Haematoxylon*, *Mimosa*, *Guaiacum*, *Amphipterygium* y *Caesalpinia*.

A



B



¹ DAP = Diámetro a la altura del pecho (aproximadamente a 1.3 m sobre el nivel del suelo).

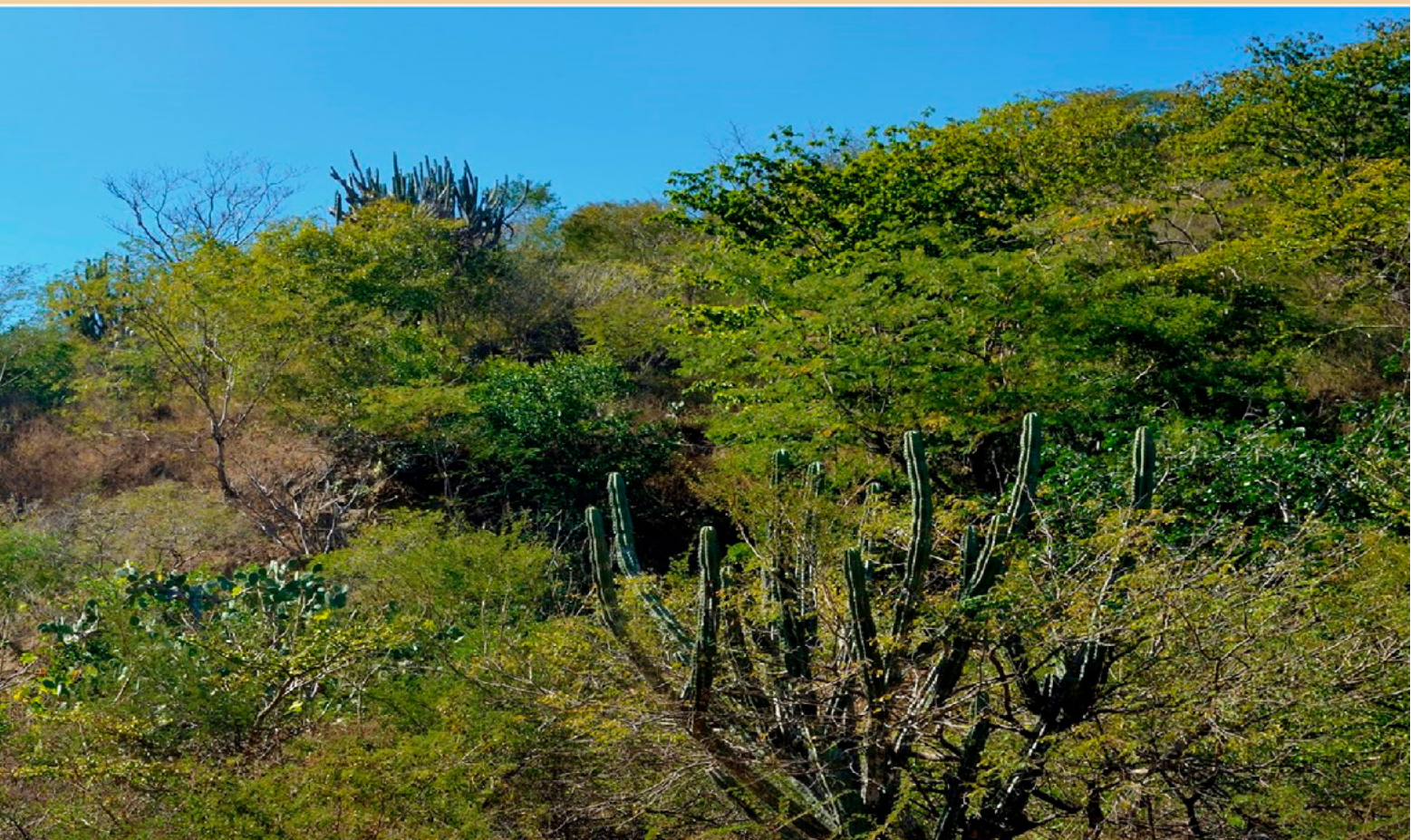


Figura 6. Perfil generalizado de la vegetación del bosque seco bajo (A), y vista del bosque seco bajo de El Progreso (B). Se puede observar cómo los cactus columnares sobresalen del dosel. Fuente: Elaboración propia, fotografía D. Ariano.

B. Bosque seco alto

Por aparte, los bosques secos altos están formados principalmente por árboles de hasta 20 metros de altura, con promedios de DAP mayores a 12 cm y tienen abundancia de especies leñosas y maderables. Este tipo de bosque se suele encontrar en las partes con pendientes más pronunciadas. Usualmente en este tipo de bosque los cactus columnares no sobresalen de la altura del dosel y las copas de los árboles tienen contacto. Las especies forestales dominantes son de los géneros

Leucaena, *Lysiloma*, *Bucida* y *Bursera*. El sotobosque generalmente es abundante en bromelias terrestres como *Hechtia* spp. y agaves.

Estas dos asociaciones vegetales del bosque seco generalmente se encuentran mezcladas en el paisaje. El bosque seco bajo suele encontrarse en las partes planas y rocosas del territorio, mientras que el bosque seco alto en las partes con pendientes pronunciadas en zonas usualmente con menor insolación que el resto del territorio.

Cuadro 4

Características dasométricas y botánicas de las asociaciones vegetales de referencia presentes en el bosque seco²

Parámetro	Bosque seco bajo	Bosque seco alto
Altura de árboles emergentes	Entre 5 y 8 metros	Entre 8 y 20 metros
DAP promedio del componente vegetal en la categoría de fustal ³	Menor o igual a 12 cm	Mayor a 12 cm
Densidad promedio de individuos en categoría fustal ⁴ (No. individuos/ha)	Mayor a 1,600	Entre 900 y 1,600
Área basal promedio en categoría fustal ⁵ (m ² /ha)	Mayor a 8 m ² /ha y menor a 15 m ² /ha	Mayor o igual a 15 m ² /ha
Composición del sotobosque	Principalmente cactus rastreros como <i>Melocactus</i> spp., <i>Mamillaria</i> spp. y <i>Acanthocereus</i> spp. y hierbas como el orégano de monte <i>Lippia graveolens</i> .	Principalmente bromelias terrestres como <i>Hechtia</i> spp. y <i>Bromelia</i> spp., así como el pie de niño <i>Pedilanthus camporum</i>
Géneros con los IVI ⁶ más altos	<i>Mimosa</i> , <i>Amphipterygium</i> , <i>Stenocereus</i> , <i>Haematoxylon</i> , <i>Acacia</i> y <i>Caesalpinia</i> .	<i>Bucida</i> , <i>Leucaena</i> , <i>Lysiloma</i> , <i>Bursera</i> , <i>Lonchocarpus</i> y <i>Stenocereus</i>
Abundancia de hojarasca	Escasa	Abundante

² Fuentes: Ariano-Sánchez *et al.* (2011), CDC-CECON-NatureServe (2009), Celis (2008), CONAP-ZOOTROPIC-CECON-CDC (2011), Cotí y Ariano-Sánchez (2008), Cotí (2012), Hernández *et al.* (2012), Jiménez y Barillas (2011), Secaira (2015), Valdéz (2012), Véliz (2008), Zootropic (2008).

³ Fustal en bosque seco se refiere a la categoría de tamaño de especies vegetales con DAP mayores o iguales a 5 cm.

⁴ *Ibíd.*

⁵ *Ibíd.*

⁶ IVI = Índice de Valor de Importancia, es un índice de ecología forestal que se obtiene calculando la sumatoria de la abundancia relativa, la cobertura relativa y la frecuencia relativa de cada especie en el ecosistema.

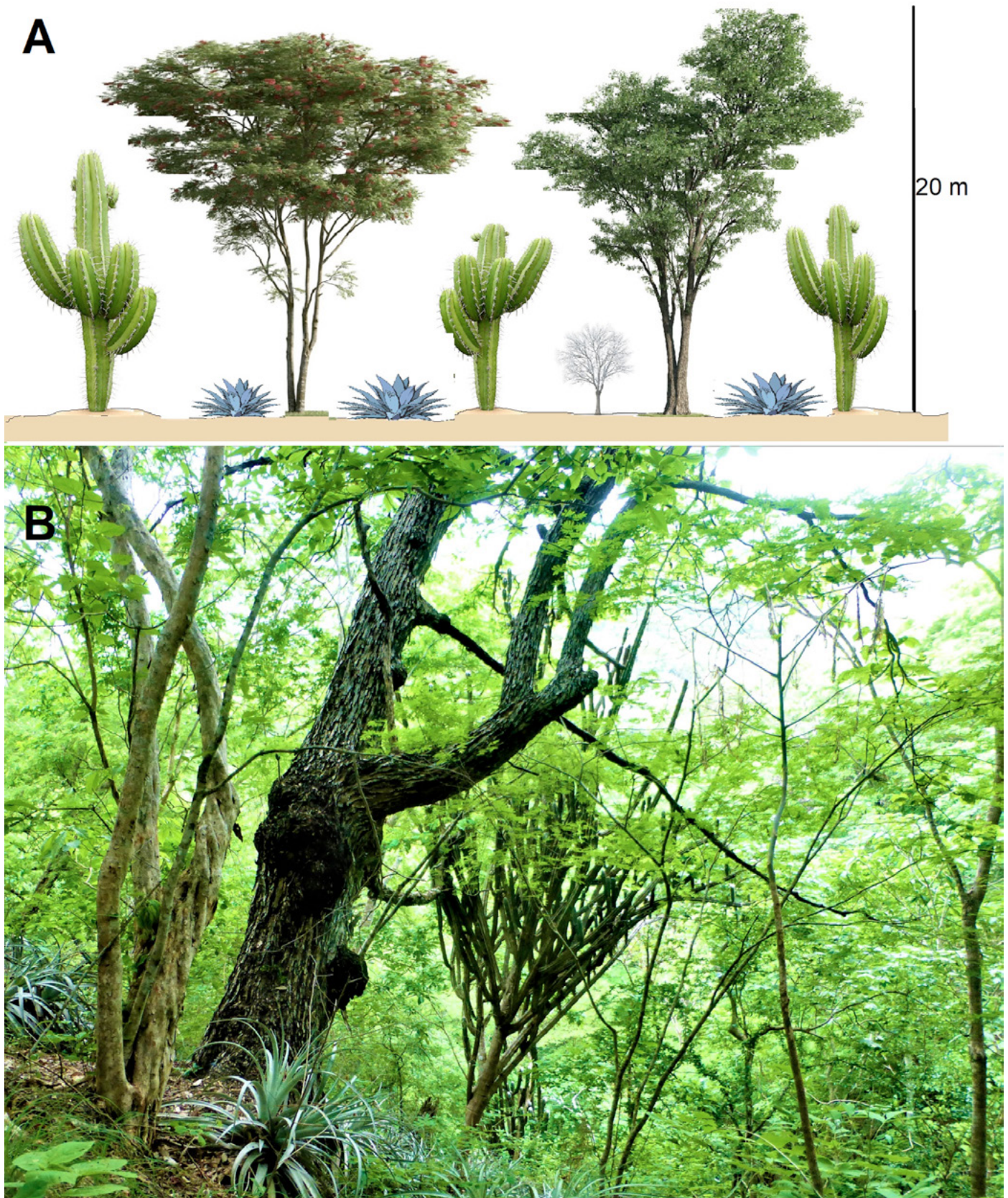
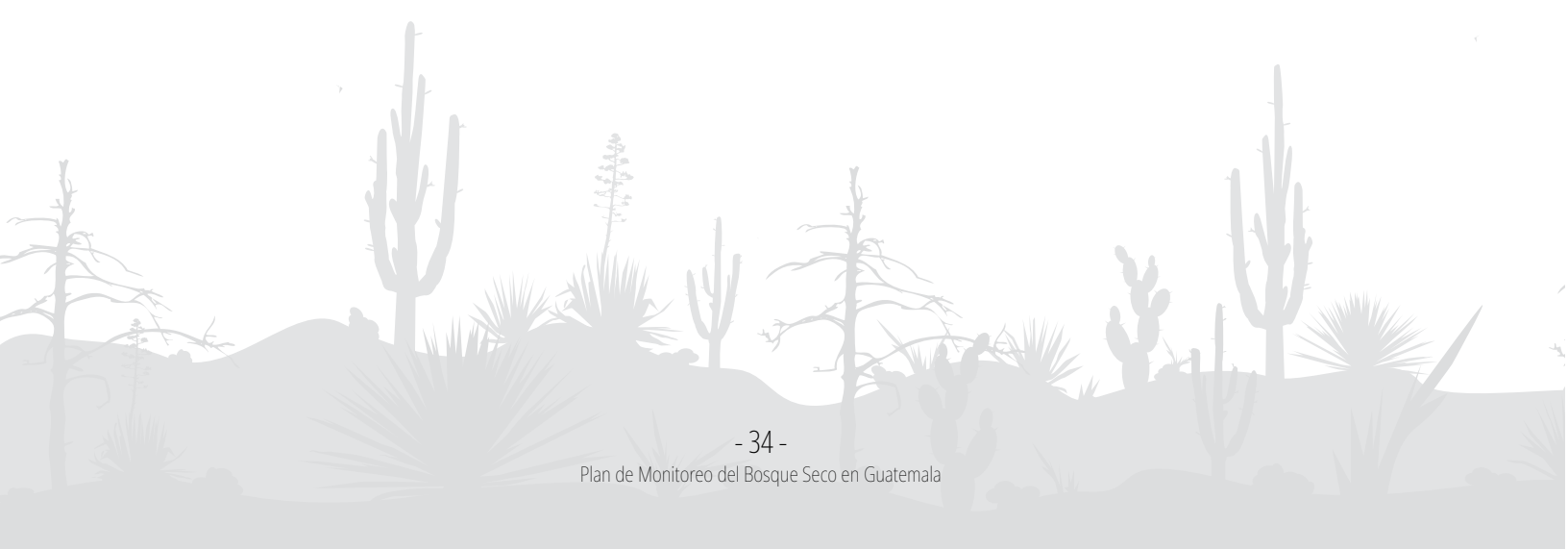


Figura 7. Perfil generalizado de la vegetación del bosque seco alto (A), y vista del bosque seco alto de Zacapa (B). Se puede observar cómo los cactus columnares no sobresalen de los árboles emergentes en el dosel. Fuente: Elaboración propia, fotografía D. Ariano.

C. Bosque ripario

Dentro del bosque estacionalmente seco existen también bosques riparios importantes en la región, aunque los mismos se encuentran degradados o intervenidos, como el caso de los bosques del valle del Motagua, o prácticamente destruidos como los del bosque seco de la costa sur. Los bosques riparios en los bosques secos se encuentran tanto en quebradas permanentes como intermitentes, y se caracterizan por poseer árboles de diámetros superiores a los 40 cm y alturas de hasta 25 metros de altura. Los bosques riparios pueden delimitarse como una franja de entre 10 a 20 metros de ancho de cobertura vegetal a partir de las márgenes de los ríos, riachuelos, quebradas y nacimientos de agua tanto permanentes como estacionales.

Estos bosques han sido poco estudiados en la región aunque de acuerdo a investigaciones propias, así como datos de Celis (2008) y CDC -CECON-NatureServe (2009) se reporta la presencia de especies como el jaguay (*Pithecellobium dulce*), el salamo (*Calycophyllum candidissimum*), el zapotón (*Swietenia humilis*), el plumajillo (*Alvaradoa amorphoides*), el conacaste (*Enterolobium cyllocarpum*), el zorrillo (*Thouinidium decandrum*), el amate (*Ficus cotinifolia*), el cortez amarillo (*Handroanthus chrysanthus*), el matlisguate (*Tabebuia rosea*) y el palo blanco (*Tabebuia donell-smithii*). El nivel de conservación de esta asociación vegetal dentro del bosque seco en Guatemala se encuentra altamente degradado, estando muchas veces intervenidos con cultivos de frutales como limón, jocote marañón o mango, así como para el caso de la mayoría de los bosques riparios en el bosque seco de la costa sur, están totalmente destruidos.





Programa de monitoreo

El monitoreo se define como la colección y análisis de observaciones repetidas para evaluar cambios en la condición y dinámica de un sitio, y típicamente se hace para evaluar el cambio o las tendencias en uno o más recursos. Mediante el monitoreo también se comprenden algunos de los procesos implicados en la recuperación de los ecosistemas y la regeneración natural, y se aporta información crítica para el avance de la ecología de la restauración (Klein et al. 2007). En la formulación de un programa de monitoreo es importante definir no solamente los parámetros a monitorear y los indicadores adecuados sino también las escalas espaciales y temporales en las que se efectuará el seguimiento del bosque (Díaz-Martín 2007).

En la actualidad el bosque seco es uno de los ecosistemas más amenazados de Guatemala y el mismo no cuenta con una red de Parcelas Permanentes de Medición Forestal (PPMF) que permitan levantar información dasométrica y ecológica básica para un adecuado manejo del ecosistema y un adecuado monitoreo del éxito de la implementación de diferentes esquemas de manejo y conservación en estos bosques. Es por

estas razones que el desarrollo de una red de PPMF es fundamental para establecer modelos de crecimiento de las especies forestales del bosque seco, pues en muchos casos esta información no se encuentra documentada a nivel nacional.

Todo programa de recolección de datos de monitoreo debe resumir dos requisitos esenciales: validez y confiabilidad. Se estima la validez como el hecho de que una medición sea de tal manera concebida, elaborada y aplicada y que mida lo que se propone medir. La validez, se refiere al significado de la medida como cierta y precisa. La confiabilidad, se refiere al hecho de lo que se mide actualmente es lo que se quiere medir. Para todo programa de monitoreo es fundamental tener claras las preguntas a las cuales estos programas de monitoreo responderán y cuáles son las metas de este programa de monitoreo. El presente plan de monitoreo responde a líneas prioritarias establecidas dentro del Programa Nacional de Investigación Forestal (INAB 2015), el cual pretende consolidar el rol de INAB como ente rector en materia forestal en las regiones con presencia de bosque seco en Guatemala.

En el presente caso se generaron las siguientes preguntas guía a la que el programa de monitoreo deberá responder.

Cuadro 5

Preguntas base de monitoreo de Parcelas Permanentes de Medición Forestal en el bosque seco de Guatemala.

Preguntas base de monitoreo	
✓	¿Cuál es la dinámica natural de crecimiento del bosque seco en Guatemala?
✓	¿Cuáles son los modelos de crecimiento de las principales especies forestales nativas del bosque seco?
✓	¿Cuáles son los modelos de crecimiento de las principales especies arborescentes nativas del bosque seco (cactus columnares)?
✓	¿Cuál es la dinámica natural de regeneración del bosque seco en Guatemala?
✓	¿Cuáles son los factores externos relevantes que tienen un efecto sobre esta dinámica natural?
✓	¿Cómo es el proceso de acumulación de biomasa vegetal dentro de la dinámica ecológica de crecimiento del bosque seco en Guatemala?





Diseño y establecimiento de las Parcelas Permanentes de Medición Forestal en bosque seco

La validez de las conclusiones en programas de monitoreo depende principalmente de: (a) la estrategia y diseño experimental de la toma de datos; y (b) la lógica del análisis de resultados que evidencian una alta probabilidad de que los resultados obtenidos se deban al efecto evaluado y no hay explicaciones alternativas. Cuanto mejor diseñado esté un programa de monitoreo en cuanto a la toma, análisis estadístico e interpretación de los datos, mayor solidez tendrán sus conclusiones.

A. Tamaño y forma de la PPMF

El área de la PPMF a utilizar será de 500 m², formando una parcela de forma rectangular, con dimensiones de 20 m x 25m en cada lado. El tamaño de estas parcelas para bosque seco se sugiere como el óptimo tomando en cuenta la relación entre tiempo invertido en la toma de datos, y la representatividad de la estructura y composición del bosque seco evaluado. Las parcelas de entre 400-500 m² son consideradas como el tamaño óptimo de acuerdo a diversos estudios de bosque seco en Latinoamérica, tales como los estudios de Gillespie *et al.* (2000), Castro-Marín (2005) Griscom y Ashton (2011), Cotí (2012), Secaira (2015) y Roque (2017). Estas parcelas estarán orientadas de Norte a Sur (lado más angosto -20 m- de Norte

a Sur y lado más largo -25 m- de Este a Oeste) utilizando para ello una brújula y basándose en el norte magnético. Para el caso del bosque seco se tomarán datos de las siguientes clases de tamaño dentro de las PPMF:

- **Fustal:** Esta categoría se ha adaptado a las características dasométricas específicas del bosque seco. Para bosque seco corresponde a la categoría de tamaño de la vegetación con altura mayor o igual a 1.5 metros y con un diámetro a la altura de pecho mayor o igual a 5 cm, incluyendo cactus columnares.
- **Latizal:** Esta categoría se ha adaptado a las características dasométricas específicas del bosque seco. Para bosque seco corresponde a la categoría de tamaño de la vegetación con altura mayor o igual a 1.5 metros y con un diámetro a la altura de pecho entre 1 y 4.99 cm, incluyendo cactus columnares y rastreros.
- **Brinzal:** Clase de tamaño de la vegetación mayor o igual a 10 cm y menor a 1.5 m de altura, incluyendo cactus columnares y rastreros, bromelias terrestres y otras plantas de acuerdo al listado de especies indicadoras.

Se medirán todos los ejemplares arbóreos de categoría fustal (categoría de tamaño de la vegetación con altura mayor o igual a 1.5 metros y con un diámetro a la altura de pecho mayor o igual a 5 cm) en la parcela de 500 m². Dentro de esta parcela se establecerán dos subparcelas de 25 m² cada una, orientada en las esquinas opuestas del lado más largo de la PPMF. Dentro de estas subparcelas se medirán todos los ejemplares botánicos de categoría latizal (categoría de tamaño de la vegetación con altura mayor o igual a 1.5 metros y con un diámetro a la altura de pecho entre 1 y 4.99 cm).

Por último, en la esquina opuesta a cada una de las subparcelas de 25 m² se establecerán otras dos subparcelas de 1 m² (1 m x 1 m) en la cual se caracterizará cualitativamente la categoría brinzal (clase de tamaño de la vegetación mayor o igual a 30 cm y menor a 1.5 m de altura, así como menor a 5 cm de DAP). Dentro de estas subparcelas de 1 m² (brinzal) también se caracterizará la profundidad efectiva del suelo (cm). Esto con el fin de evitar que las acciones de demarcación y re-demarcación de los límites de la parcela de 25 m² durante los monitoreos afecten el registro y documentación de los brinzales existentes dentro de la PPMF.

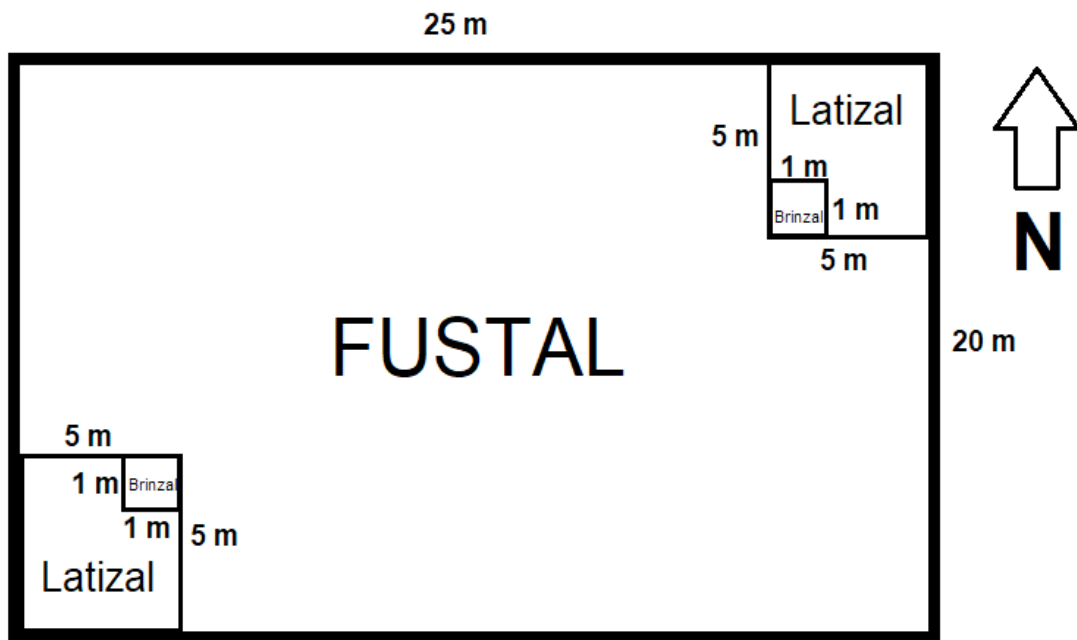


Figura 8. Diseño experimental de Parcela Permanente de Medición Forestal en bosque seco. Parcela de categoría fustal (25m x 20 m), subparcelas de categoría latizal (5m x 5 m) y subparcelas de categoría brinzal (1m x 1 m).

Es importante considerar una franja de 20 metros de longitud desde la orilla de la parcela hacia los límites del bosque con el fin de evitar que el efecto de borde pueda afectar los parámetros medidos causando ruido en la interpretación temporal de los datos. La forma rectangular de la parcela se

prefiere sobre la circular en este tipo de ecosistema debido principalmente a la dificultad de medir radios centrales en sitios especialmente de bosque bajo, donde hay abundancia de zarzas, cactus rastreros y otras plantas espinosas que dificultan la delimitación del radio circular de la parcela.

B. Ubicación y delimitación de la PPMF

Con un GPS se deberá ubicar la parcela de acuerdo a las coordenadas previamente establecidas en un mapa cartográfico, de los sitios recomendados para el establecimiento de las mismas. Para la delimitación de la parcela es fundamental contar con una brújula lensática (con mirilla). Este tipo de brújula está diseñada para marcar rumbos a puntos distantes y minimizar el error al seguir la dirección (azimut) marcada por la mirilla. Si queremos conocer el azimut de un punto solamente se tiene que apuntar con la brújula hacia nuestro destino y leer los grados marcados por la línea de dirección.

Se tomará como punto de referencia de la parcela la esquina suroeste (SO) y en este vértice se procede a colocar la primera estaca, y posteriormente con ayuda de la brújula se procede a la delimitación de la parcela de acuerdo a los siguientes pasos (adaptados de Cutzal 2020):

1. Iniciar el trazo a partir de la esquina suroeste de la parcela (esquina 1) y colocar la primera marca permanente (estaca, tubo PVC, vástagos, etc.), en este punto: Luego se registra la coordenada, debido a que dicha esquina constituirá la esquina Sur-Oeste de la PPMF.
2. Trazar el lado más angosto (20 m) con azimut 0° de acuerdo a la mirilla, es decir orientado al norte magnético.
3. Colocar la segunda marca permanente en la distancia de 20 m con base a la orientación definida (esquina 2), además, se debe verificar que el azimut inverso entre la segunda marca y la primera corresponda a 180° en la brújula lensática.
4. A partir de la segunda marca, trazar 25 metros con azimut de 90° . Esto conformará el lado más ancho de la PPMF.
5. Colocar la tercera marca permanente en la distancia de 25 metros y orientación definida (esquina 3), y, se debe verificar que el azimut inverso entre la tercera marca y la segunda sea de 180° .
6. A partir de la tercera marca, trazar una distancia de 20 metros con azimut 180° .
7. Colocar la cuarta marca permanente en la distancia y orientación definida (esquina 4), además se debe verificar que el azimut inverso entre la cuarta marca y la tercera sea de 0° .
8. A partir de la cuarta marca, trazar una distancia de 25 m con azimut de 270° , el cual, si la parcela se ha delimitado correctamente, debe coincidir con la dirección hacia la primera marca permanente.
9. Instalarse en la primera marca y verificar que el azimut inverso entre la cuarta marca y la primera sea de 90° .
10. Al momento de medir el último lindero, es común que exista un error de cierre, dicho error no debe ser mayor del 1% del total del perímetro de la parcela; para parcelas de 500 m^2 (perímetro de 90 m) el error máximo tolerable es de 90 centímetros, lo anterior quiere decir que el punto final del último trazo con respecto a la marca permanente No. 1 debe tener menos de 90 centímetros de separación.

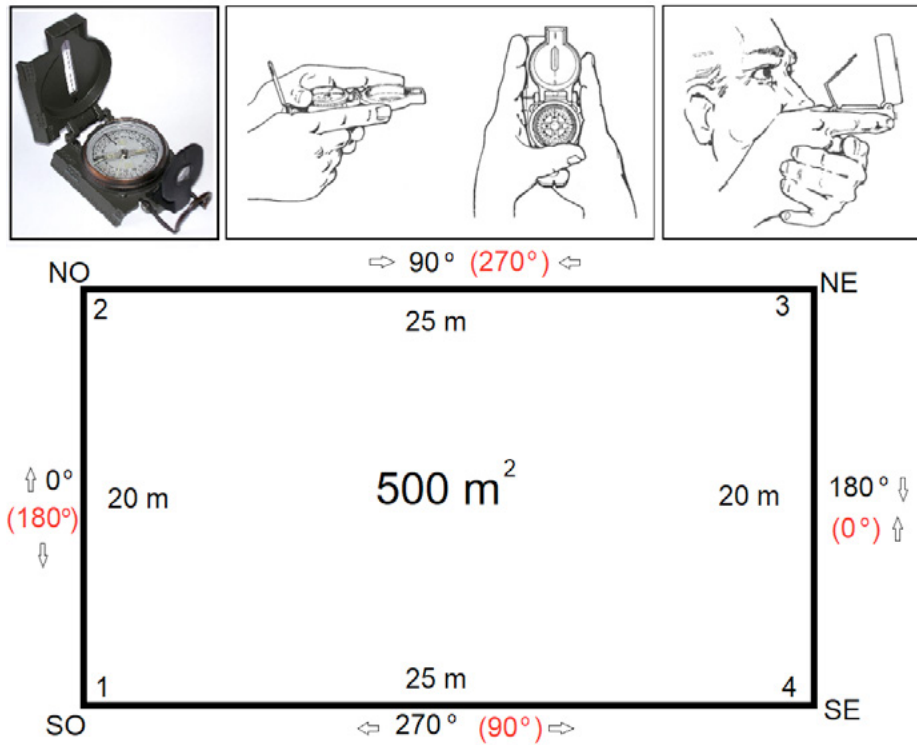


Figura 9. Brújula lensática y su uso para definición de azimuts durante el trazo de una PPMF en bosque seco (azimuts directos en negro) y comprobación de la correcta delimitación mediante la lectura del azimut inverso (en rojo). NO: esquina Nor-Oeste, SO: esquina Sur-Oeste, NE: esquina Nor-Este, SE: esquina Sur Este. Fuente de imágenes de uso brújula: WikiCommons.

Para delimitar los cuatro esquineros de la parcela, se utilizará tubo de PVC de 2 pulgadas de diámetro por 1.5 m de largo, este deberá enterrarse al menos 50 cm de tal forma que sobresalga 1 metro sobre la superficie. En estos esquineros debe indicarse con pintura de aceite, el número de la parcela a la que pertenece. Posterior a haber sido enterrados los tubos, deberán ser rellenados con cemento para asegurar su permanencia en el área. Los árboles límite que se encuentren fuera de la parcela deberán ser marcados con un doble anillo de color rojo para facilitar la delimitación de la parcela. Se recomienda que para marcaje permanente de la parcela se clave una varilla de metal de ½ pulgada de ancho y 20 cm de largo en cada esquina y el centro de la parcela con el fin de la facilidad de su ubicación en años posteriores

a través de detectores de metal en caso que los tubos de PVC hubieran sufrido daños, hayan sido vandalizados o cualquier otro percance.

Para el caso de las subparcelas de latizal de 25 m², las esquinas, serán los esquineros de PVC de 2 pulgadas de diámetro, para las restantes tres esquinas, se deberá utilizar tubo de PVC de 1 pulgada de diámetro y 1.5 m de largo, y se deberán instalar, siguiendo las mismas instrucciones que para las esquinas de la parcela de 500 m². Las subparcelas de brinzal deberán demarcarse con tres esquineros adicionales de tubo de PVC de 1 pulgada de diámetro y 1 m de largo. En el caso de la subparcela de brinzal ubicada en el NE de la parcela de fustal, uno de los esquineros corresponderá al

esquinero del límite SO de la subparcela de latizal ubicada en esa esquina, mientras que el esquinero de la otra subparcela de brinzal (SO de la parcela de fustal) corresponderá al esquinero del límite NE de la subparcela de latizal ubicada en el SO de la parcela de fustal (ver figura 8).

Un aspecto importante en la delimitación de las PPMF es la compensación de distancias para corregir la pendiente del terreno, con el fin de conservar el área superficial plana de la parcela en 500 m². Para ello los procedimientos sugeridos son los siguientes, adaptados a partir de Cutzal (2020):

- **Quebrado de cinta:** En esta técnica se miden las distancias horizontales en distintos segmentos que deben estar a nivel (pendiente cero); a medida que aumenta el grado de inclinación del terreno, mayor será el número de segmentos que se deben medir para sumar la distancia horizontal que se pretende obtener. Esta técnica causa que a mayor pendiente del terreno se utilizará un mayor número de segmentos, mientras que a menor pendiente el número de segmentos será también menor.

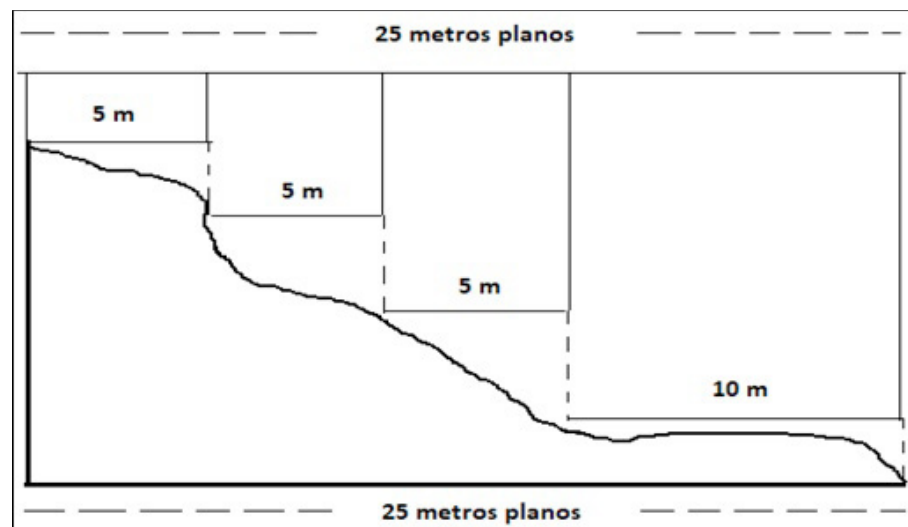


Figura 10. Esquema de la medición de la distancia horizontal por medio de la técnica del quebrado de cinta, usando como ejemplo el lado más ancho de la PPMF. Fuente: Cutzal (2020).

- **Fórmula del Coseno:** Para utilizar este método se debe medir la pendiente del terreno con un clinómetro. La técnica consiste en sustituir los valores de la pendiente (en grados) y la distancia horizontal esperada (metros) en la siguiente fórmula:

$$C = \frac{A}{\cos(a^\circ)}$$

Donde: C= hipotenusa (largo del segmento, A = Cateto adyacente y Cos (a°) = Coseno del ángulo de inclinación de la pendiente.

Para las longitudes con orientación Norte-Sur, es decir los lados más angostos de la PPMF se utilizará la siguiente fórmula:

$$C = \frac{20 \text{ metros}}{\cos(\text{pendiente de la PPMF en dirección N-S})} = x \text{ metros}$$

Para las longitudes con orientación Este-Oeste, es decir los lados más anchos de la PPMF se utilizará la siguiente fórmula:

$$C = \frac{25 \text{ metros}}{\cos(\text{pendiente de la PPMF en dirección E-O})} = x \text{ metros}$$

El resultado del valor C nos indica cuál es la distancia real que se debe medir sobre el terreno para compensar la pendiente y abarcar un área de superficie plana equivalente a los 500 m² de las PPMF sugeridas para bosque seco.

Las parcelas que se establezcan deberán numerarse, a fin de tener un registro único en la base de datos de PPMF en bosque seco. La numeración estará bajo la responsabilidad de la institución que realice el establecimiento de la parcela, el número empezará con el uno y no deberá repetirse en los siguientes años.

C. Georreferenciación de la PPMF

Las georreferenciaciones de las PPMF se realizarán con un GPS, utilizando el sistema de coordenadas proyectadas GTM (Guatemala Transversa de Mercator) y se realizará en la esquina suroeste (SO) de la parcela, en el centro y en la esquina noreste (NE). Se recomienda que la precisión de los puntos de registro de coordenada sea menor a 5 metros de error al momento de guardar el archivo o anotar la lectura. Se recomienda la utilización de aparatos que utilicen simultáneamente los sistemas de posicionamiento GPS y GLONASS para mejorar la precisión de las ubicaciones.

D. Marcaje de especies arbóreas dentro de la PPMF

Cada especie arbórea de categoría fustal (árboles y cactus columnares) presente dentro de la PPMF deberán ser marcadas por medio de un anillo de pintura color rojo a la altura de la medición del DAP. Asimismo, cada árbol deberá ser marcado con un número correlativo dentro de la parcela. Este número debe colocarse aproximadamente 30 cm arriba del anillo donde se realizó la medición del DAP. Para facilitar la colocación de esta marca se recomienda el uso de una regla o vara calibrada con esta altura. Cuando el correlativo correspondiente es de dos dígitos se debe colocar un número sobre el otro, leyéndolo de manera vertical.

La numeración se realizará de Sur a Norte y será orientada hacia el punto de referencia (esquina suroeste en donde se registra la coordenada), con el objetivo de reubicarlos rápidamente. El número de cada ejemplar debe ser único dentro de la parcela y se marcará con plaquetas y clavos de aluminio, pues tienen la ventaja de que resisten en el caso de especies que tiendan a desprender trozos de la corteza, tal y como sucede con varias especies de bosque seco como los quebrachos (*Lysiloma divaricatum*), los palos de jiote o chacaj (*Bursera simaruba*) y los yajes (*Leucaena* spp.). Además, esto tiene la ventaja que no causa una contaminación visual al paisaje del sitio donde se

encuentra la PPMF, pues muchas PPMF en bosque seco estarán dentro de áreas de reservas naturales privadas o municipales que son sujetas a visitación. En caso que el árbol muera, su número no se vuelve a usar para identificar ejemplares que se integran a la medición. Un aspecto fundamental es identificar de forma correcta las especies encontradas en la parcela, ya sea mediante la participación directa de un taxónomo en el campo, o con ayuda de personas locales que brinden los nombres comunes, o sacando muestras de hojas, flores y frutos para su determinación en un herbario.

E. Variables a medir por individuo dentro de las categorías de fustal y latizal

Las variables dasométricas que se medirán para cada especie arborescente (árboles y cactus columnares) en las categorías de fustal y latizal son las siguientes:

- **DAP:** Para el cálculo del diámetro de cada especie arborescente se toma la medida del mismo a 1.30 m del suelo, por medio del uso de una cinta diamétrica. En los casos especiales de que las especies arborescentes se bifurquen por encima de la altura normal de medición del DAP (1.30 m), se miden como un solo fuste. Si el árbol está bifurcado por debajo de 1.30 m sobre el nivel del suelo, se mide cada eje como si fuera un árbol, pero el número correlativo del árbol será el mismo, asignándole las literales a, b, etc. a cada eje. El DAP se mide en centímetros.
- **Altura:** La medición de altura se realizará con un clinómetro o hipsómetro; para este caso el medidor se ubicará a la distancia requerida para poder observar los ápices de cada árbol. Deberá medir la distancia a la que está separado el medidor con respecto al árbol que está midiendo y debe registrar el ángulo leído con el clinómetro. La altura total se define como la distancia desde la base del árbol hasta

el ápice de la copa. Esta altura total debe ser medida en metros.

- **Mortalidad:** Se identificará si algún individuo ha muerto a partir de la primera medición de la parcela. La mortalidad de árboles se anotará de acuerdo a los siguientes códigos y categorías:
 - 01 – Talado
 - 02 – Muerte por incendio
 - 03 – Derribado por viento
 - 04 – Muerte por impacto de rayo
 - 05 – Muerte por afectación por insectos.
 - 06 – Muerte por afectación por hongos
 - 07 – Otro: Desaparecido, descortezado.
- **Forma del fuste:** Se deben calificar las características físicas de los individuos dentro de la parcela de acuerdo a los siguientes códigos y categorías:
 - R – fuste recto
 - B – fuste bifurcado
 - Q – fuste incompleto o quebrado
 - S – fuste sinuoso
 - Y – fuste inclinado
 - T – fuste torcido
- **Sanidad del individuo:** Se debe calificar el estado fitosanitario de los individuos dentro de la parcela de acuerdo a los siguientes códigos y categorías:
 - 10 – sano
 - 20 – enfermo por hongo
 - 30 – plagado por insectos.
- **Cobertura de epífitas:** Se deben calificar la cobertura de epífitas (cactus epífitos, bromelias y orquídeas) de los individuos dentro de la parcela de acuerdo a los siguientes códigos y categorías:
 - A – ausente de epífitas
 - E – presencia de epífitas

F. Variables de sitio de la PPMF

Además de las especies arborescentes (árboles y cactus columnares) es necesaria la medición o determinación de las variables del sitio de la PPMF. Este tipo de información se utiliza para analizar el comportamiento del crecimiento en función de las condiciones de sitio o para clasificar las parcelas en diferentes grupos. Las variables a recopilar son las siguientes:

- **Aspecto:** Orientación de la parcela con respecto a los diferentes puntos cardinales. Se aplicarán los siguientes códigos y categorías:

- N – norte
- E – este
- S – sur
- O – oeste
- NE – noreste
- NO – noroeste
- SE – sureste
- SO – suroeste

- **Suelo:** Identificar tipo de suelo, color, profundidad efectiva y textura. Se aplicarán los siguientes códigos y categorías.

- 00 – arenoso
- 01 – limoso
- 02 – arcilloso
- 03 – arcilloso-limoso
- 04 – arcilloso-arenoso
- 05 – arenoso-limoso

- **Pendiente:** Se debe medir con un clinómetro el grado de inclinación promedio de la parcela en porcentaje.

- **Pedregosidad superficial:** Se refiere a la estimación de la presencia de fracciones mayores a las gravas (> 0.5 cm de diámetro) sobre la superficie del suelo, incluyendo los afloramientos rocosos, con base a una apreciación visual del entorno. Se aplicarán los siguientes códigos y categorías:

- 00 – libre o ligeramente pedregoso, con ninguna o muy pocas rocas de tamaño pequeño dispersas sobre el suelo y que cubren menos del 10% de superficie de la parcela.
- 01 – moderadamente pedregoso, con pocas rocas distribuidas sobre la superficie que cubren entre 10 y 25% de la superficie de la parcela.
- 02 – pedregoso, con rocas distribuidas sobre el área en grupos que cubren del 26 al 50% de la parcela.
- 03 – muy pedregoso, con rocas de todo tamaño cubriendo del 50 al 90% de la superficie de la parcela.
- 04 – extremadamente pedregoso, con rocas de todo tamaño cubriendo más del 90% de la superficie de la parcela.

- **Drenaje superficial:** Estimar la facilidad con la que el agua se infiltra y/o parcela en el interior del perfil del suelo. Se aplicarán los siguientes códigos y categorías:

- 00 – excesivo, suelos porosos como arenas o con laderas pronunciadas que permiten un escurrimiento inmediato del agua.
- 01 – bueno, suelos cuya estructura física de porosidad o pendiente moderada permiten un escurrimiento del agua en pocas horas.
- 02 – imperfecto, suelos con alto porcentaje de arcilla o capas freáticas y pendientes ligeras que no permiten el escurrimiento en un día.

- **Temperatura del suelo:** Este indicador se basa en el registro automatizado por medio de un datalogger de temperatura en el centro de la PPMF. La temperatura del suelo es muy importante en el bosque seco ya que, aunque las especies están adaptadas a climas xéricos cálidos, muchas especies son muy susceptibles durante la época seca a temperaturas extremas de suelo. Estas temperaturas se espera que se incrementen con el cambio climático y pueden afectar la fisiología vegetal de las especies de la parcela. Para monitorear esta variable, se requiere la programación del datalogger para el registro automático de temperatura cada 6 horas para que tome 4 lecturas por día. El datalogger recomendado es el LogTag Trix-8,

debido a su durabilidad de batería (más de un año), resistencia a humedad y corrosión, facilidad de uso, tamaño (igual a una tarjeta de crédito) y capacidad de almacenamiento. Este datalogger se debe enterrar a 30 cm de profundidad en la esquina noreste (NE) de la parcela y debe recuperarse en cada monitoreo para descargar los datos de temperatura registrados. La ventaja de trabajar con dataloggers enterrados es que se disminuye al mínimo la probabilidad de vandalismo o de robo de los mismos. Se recomienda pegar dos clips metálicos a la parte externa del datalogger para poder facilitar su localización por medio de un detector de metales en caso sea necesario.



Figura 11. Enterramiento de datalogger en suelo de bosque seco alto en El Arenal, Cabañas, Guatemala.
Fotografías: D. Ariano.

- **Cobertura de copas:** Para esto se utilizará un densiómetro esférico cóncavo. La realización de las mediciones se hace de la siguiente manera:
 - o Colocar el densiómetro esférico a una altura de 1,30 metros del suelo (altura variable) o la altura de los codos del observador, y a una distancia de 30 cm del observador, con la finalidad de que su cabeza no se refleje en el área de la cuadrícula del densiómetro. La cobertura de copas se medirá con el observador en el centro de la parcela.
 - o Es un método subjetivo, por lo que se asume cuatro subcuadrados en cada cuadrado de la cuadrícula, y sistemáticamente se asigna un punto por cada cuadrado que no refleje cobertura de dosel del bosque.
- o Se deben realizar cuatro lecturas por posición, en dirección al Norte, Sur, Este y Oeste. Estos valores se registran y promedian para obtener un solo valor de cobertura de copas de la parcela.
- o El promedio obtenido se multiplica por la constante o factor 1,04 (propia del instrumento). Este valor representa la apertura del dosel del bosque. Es mejor calcular primero este valor ya que se reduce el tiempo de medición, algo valioso en inventarios forestales.
- o La diferencia de este valor y 100 representa la densidad de dosel del bosque (cobertura de copas).

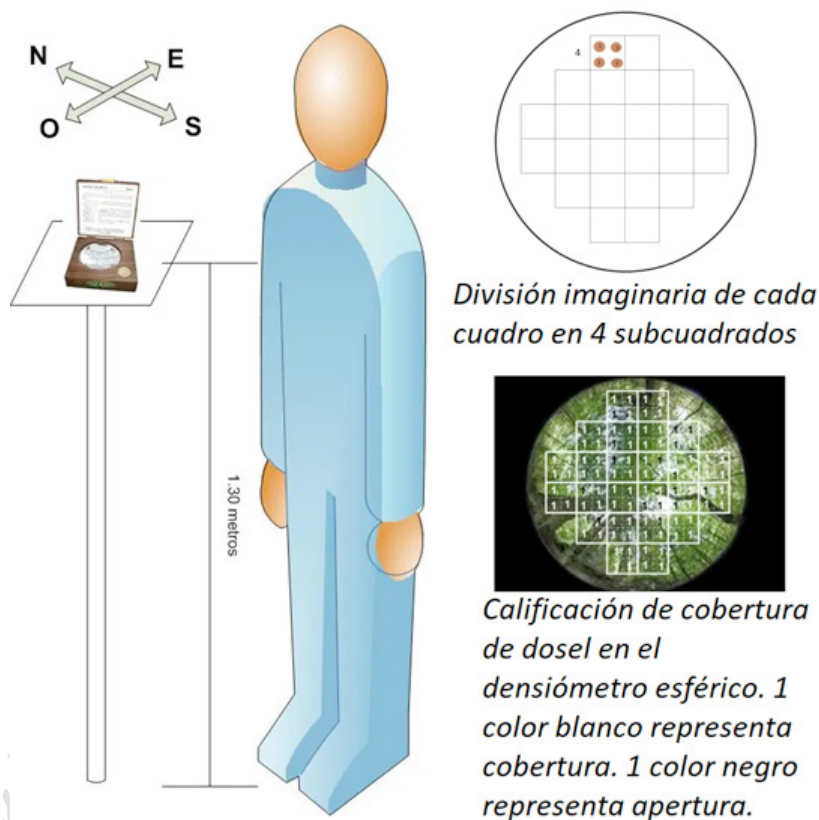


Figura 12. Uso del densiómetro para estimación de cobertura de copas. La medición se realizará en los cuatro puntos cardinales desde el punto central de la parcela. Modificado de: Blog forestal, WordPress.

- **Degradación del suelo:** Se determina basándose en la matriz de clasificación que considera textura, estructura, porosidad, compactación, erosión y profundidad del suelo, de acuerdo a la siguiente fórmula:

$$\text{Degradación} = \text{Maleabilidad} + \text{Compactación} + \text{Erosión} + \text{Profundidad del horizonte A}$$

Para determinar la degradación del suelo se utilizarán los siguientes indicadores:

Cuadro 6
Indicadores de niveles de degradación de suelo en bosque seco

Niveles de condición para maleabilidad		
Condición	Clase de textura	Valor
Buena	Esponjosa, al humedecerlo	3
Moderada	Lodosa, al humedecerlo	2
Pobre	Arenosa, al humedecerlo	1
Extrema	Barrosa/talpetate, al humedecerlo	0
Niveles de condición para compactación de suelo		
Condición	Descripción	Valor
No compacto	El suelo tiene una baja resistencia a la penetración del cuchillo.	2
Moderadamente compacto	El suelo tiene una resistencia moderada a la penetración del cuchillo.	1
Muy compacto	El suelo tiene una alta resistencia a la penetración del cuchillo.	0
Niveles de condición para erosión de suelo		
Condición	Descripción	Valor
Bueno	Ausente	3
Moderado	Laminar, surcos	2
Pobre	Cárcavas	1
Extrema	Presencia de erosión laminar, surcos y cárcavas	0
Niveles de condición para profundidad del horizonte A del suelo		
Condición	Descripción	Valor
Bueno	> 10 cm	2
Moderado	5 a 10 cm	1
Pobre	< 5 cm	0

Se deben sumar los valores para las condiciones de textura, porosidad, compactación, erosión y profundidad del horizonte A, y la sumatoria se evalúa con base al siguiente cuadro.

Cuadro 7

Categorías de degradación de suelo de acuerdo con sumatoria de criterios

Categoría degradación de suelo	Descripción	Sumatoria
A	Ausente	10
B	Incipiente	7-9
C	Intermedia	4-6
D	Severa	1-3
E	Extrema	0

- **Presencia de especies indicadoras:** Se deberán anotar la presencia y abundancia de especies indicadoras tanto de conservación como de perturbación dentro de la parcela, basándose en la lista del cuadro 9.
- **Cobertura de suelo:** Se determina el porcentaje relativo de cobertura del suelo por parte de bromelias terrestres, cactus

rastreros o de rocas, así como agaves dentro de la subparcela de latizal de 5x5 de la esquina Nor Este. Se aplicarán los siguientes códigos y categorías a las especies de cobertura:

- o AA – agaves
- o BB – bromelias terrestres
- o CC – cactus rastreros o de rocas

G. Croquis de la Parcela Permanente de Medición Forestal

Con la finalidad de llevar el control de la presencia-ausencia de todos los individuos incluidos dentro de la parcela, el croquis del proyecto, se convierte en un elemento importante para posteriores trabajos de reinstalación en los cuales las marcas permanentes se hayan perdido. Para ello se anotarán las coordenadas en X y Y de la ubicación de cada árbol, tomando como punto de partida la esquina suroeste (SO) de la parcela (coordenadas 1,1) e incrementando en 1 metro cada coordenada de manera tal que la esquina noreste (NE) corresponde a las coordenadas 20,25.

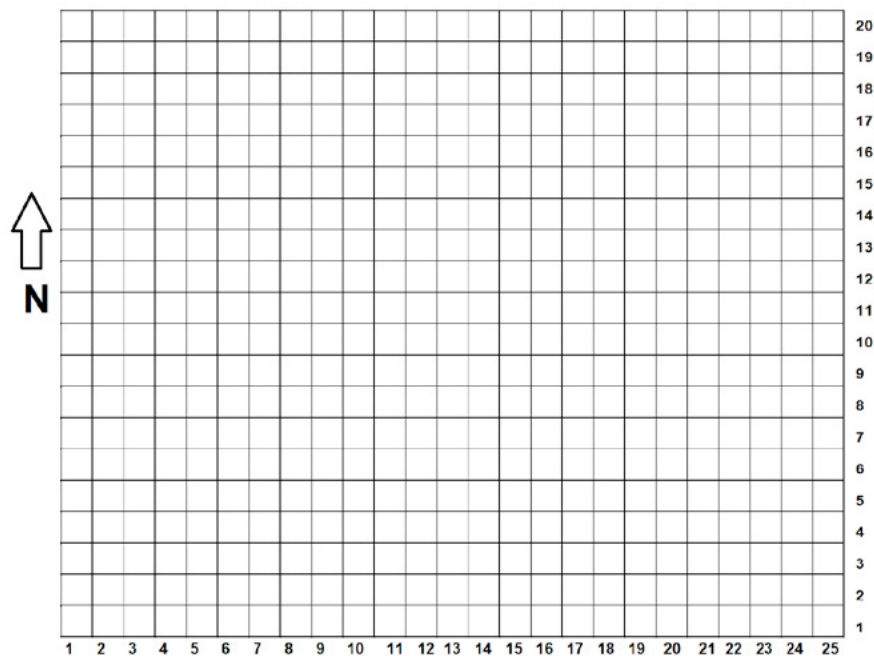


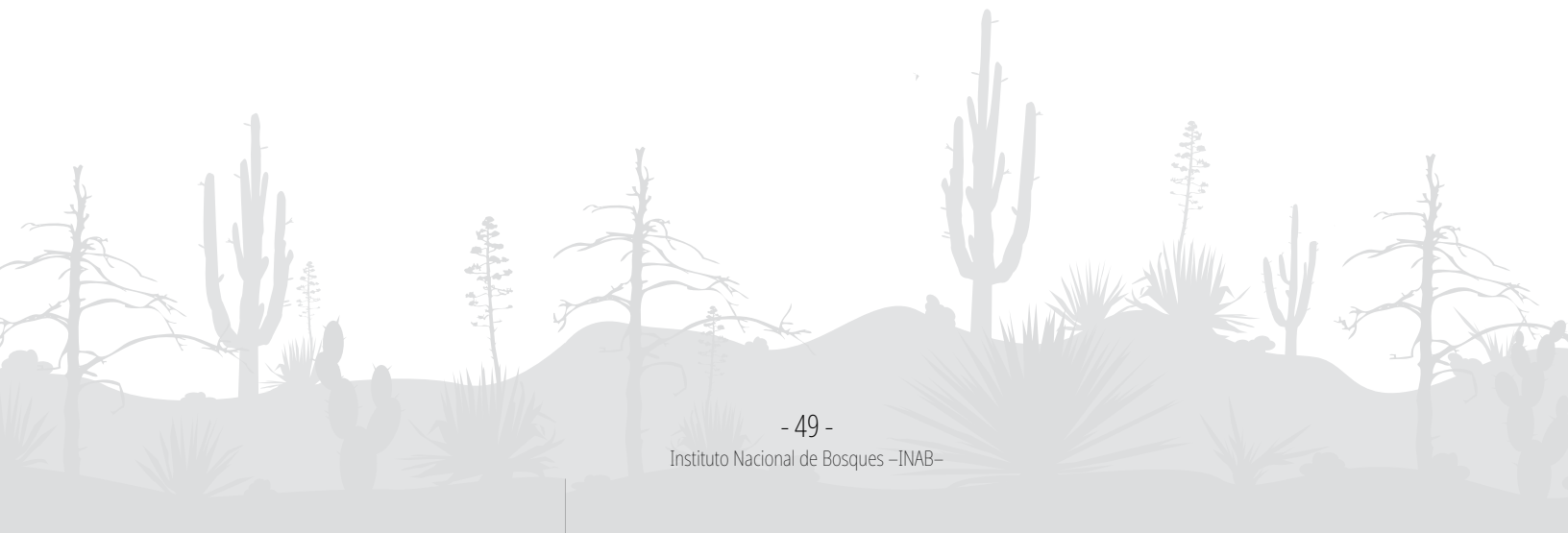
Figura 13. Croquis de la Parcela Permanente de Medición Forestal en bosque seco.

H. Temporalidad de las mediciones y seguimiento al monitoreo

Las PPMF se medirán cada tres años por un período mínimo de nueve años (tres ciclos de medición), para tener datos confiables en relación al crecimiento diamétrico y volumen estimado. Esta periodicidad en la medición se basa en las tasas de crecimiento diamétrico reportadas para bosques secos a nivel latinoamericano (Gillespie *et al.* 2000, Castro-Marín 2005, Griscom y Ashton 2011, Cotí 2012, Secaira 2015, Roque 2017). El monitoreo de las PPMF tiene como objetivo recolectar información a lo largo del tiempo para evaluar cambios que ocurran en el bosque analizado, así como estimar la dinámica forestal del mismo.

Las mediciones se recomienda hacerlas durante los meses de julio a octubre, cuando el bosque ha producido hojas lo que puede ayudar a la identificación taxonómica de especies. En cada medición que se realice se debe realizar el mantenimiento de las marcas de delimitación de parcela y marcaje de árboles.

Un aspecto importante es que en cada remediación de la parcela se debe anotar la incorporación de nuevos árboles a la clase inferior de medición de fustal (DAP > 5 cm), colocándoles a cada uno de un número único (no atribuido anteriormente y siguiendo el correlativo de registro) y la marca en donde se mide el DAP. La enumeración de estos ejemplares se realiza siguiendo el correlativo del último árbol que se encuentra previamente marcado dentro de la parcela, iniciando siempre desde la esquina suroeste.







Selección de sitios para el establecimiento de Parcelas Permanentes de Medición Forestal en bosque seco

En Guatemala, el bosque seco presenta una extensión de 4,110 km² (3.81 % del país) de acuerdo al mapa forestal por tipo y subtipo de bosque (INAB-CONAP, 2015). Los sitios donde se establecen las Parcelas Permanentes de Medición Forestal para bosque seco deben tener al menos las siguientes características:

- Ser representativos en términos de estructura y composición del ecosistema bosque seco en Guatemala, poseyendo al menos una de las tres diferentes asociaciones vegetales que conforman el bosque seco.
- Estar ubicados dentro de un tipo de tenencia de la tierra que asegure la permanencia del bosque en el largo plazo, así como la seguridad e integridad de la parcela.
- Estar ubicadas en sitios que abarquen las diferentes zonas de distribución de este ecosistema en Guatemala.
- Tener suficiente área de amortiguamiento disponible alrededor de la parcela, la cual se asegure también en el largo plazo, para evitar

cambios en las variables producto del efecto de borde.

- Estar en sitios de relativo fácil acceso para facilitar el monitoreo sistemático a través del tiempo.

De acuerdo a Mostacedo y Fredericksen (2000), para que el muestreo sea representativo y para que los datos tengan una distribución normal, lo ideal sería realizar el mayor número de muestreos. A pesar que existen algunos métodos matemáticos para determinar el número de unidades muestrales, generalmente existen limitaciones financieras y de tiempo para realizar el número adecuado de muestreos. Los criterios que generalmente se utilizan para determinar el tamaño de la muestra pueden ser: la relación entre la superficie a muestrear y la superficie total, y la homogeneidad espacial del ecosistema a estudiar. Tomando en cuenta las dificultades para poder establecer PPMF en un ecosistema como el bosque seco (del cual la mayoría de su extensión actual se encuentra con altos niveles de degradación) y a su vez tratando de mantener un poder estadístico lo suficientemente sólido como para poder responder a las preguntas generales del monitoreo (cuadro 5), se debe

alcanzar un número muestral de 120 Parcelas Permanentes de Medición Forestal del bosque seco. Esta cantidad sugerida es el doble de las PPMF que están establecidas actualmente para ecosistema manglar, el cual es otro ecosistema altamente degradado en el país, y que de acuerdo

a C. Zacarias (2020, com pers) al 2020 se tienen establecidas y monitoreadas 63 PPMF. Las 120 PPMF sugeridas para el bosque seco totalizan 60,000 m² de fustales, 6,000 m² de latizales y 240 m² de brinzales. Estas PPMF se sugiere estén ubicadas de acuerdo al siguiente cuadro:

Cuadro 8

Listado de sitios donde se recomienda establecer las Parcelas Permanentes de Medición Forestal (PPMF) en bosque seco de Guatemala

No.	Sitio	Ubicación	Tipo de propiedad	Área (ha)	Contacto	Número de PPMF
1	Reserva Natural Heloderma	El Arenal, Cabañas, Zacapa	Privada	58	Johana Gil, Zootropic, 30408734	10
2	Parque Regional Municipal Niño Dormido	San Luis, Cabañas, Zacapa	Municipal	180	Juan Alvarado, CONAP, 58133593	10
3	Parque Regional Municipal Astillero lo de China	Lo de China, El Júcaro, El Progreso	Municipal	38	Municipalidad de El Júcaro 7920 0623	5
4	Reserva Natural Cultural El Espino	Usumatlán, Zacapa.	Privada	23	Annie Ruiz de Archila, 55659961	5
5	Reserva Natural Cultural Xactún	Estancia de la Virgen, San Cristóbal Acasaguastlán, El Progreso	Privada	50	Rudy Ortíz, 42115520	10
6	Reserva Forestal Cerro Mal País	Huité, Zacapa	Privada	55	Myra de Paz, 31005151	10
7	Parque Regional Municipal Los Cerritos - El Postezuelo	Salamá, Baja Verapaz	Municipal	69	FUNDEMABV, 59218994	10
8	Reserva Natural Municipal Cerro Tzanquijil	San Marcos La Laguna, Sololá	Municipal	2	Municipalidad de San Marcos La Laguna, 7823-4689	2
9	Parque Regional Municipal Cerro Mampil	Santa Ana Huista, Huehuetenango	Municipal	10	Exvedi Morales, Municipalidad de Santa Ana Huista, 55226304	3
10	Parque Regional Municipal Yul Há´ Saj Há	El Limonar, Jacaltenango, Huehuetenango	Municipal	123	Comité de Turismo de El Limonar, 47227304	10
na	Proyectos PROBOSQUE en Modalidad de Conservación	20 proyectos seleccionados por INAB, 1 parcela por proyecto	Privada	na	Por definir	20
na	Proyectos PINPEP de Conservación	25 proyectos seleccionados por INAB, 1 parcela por proyecto	Privada	na	Por definir	25

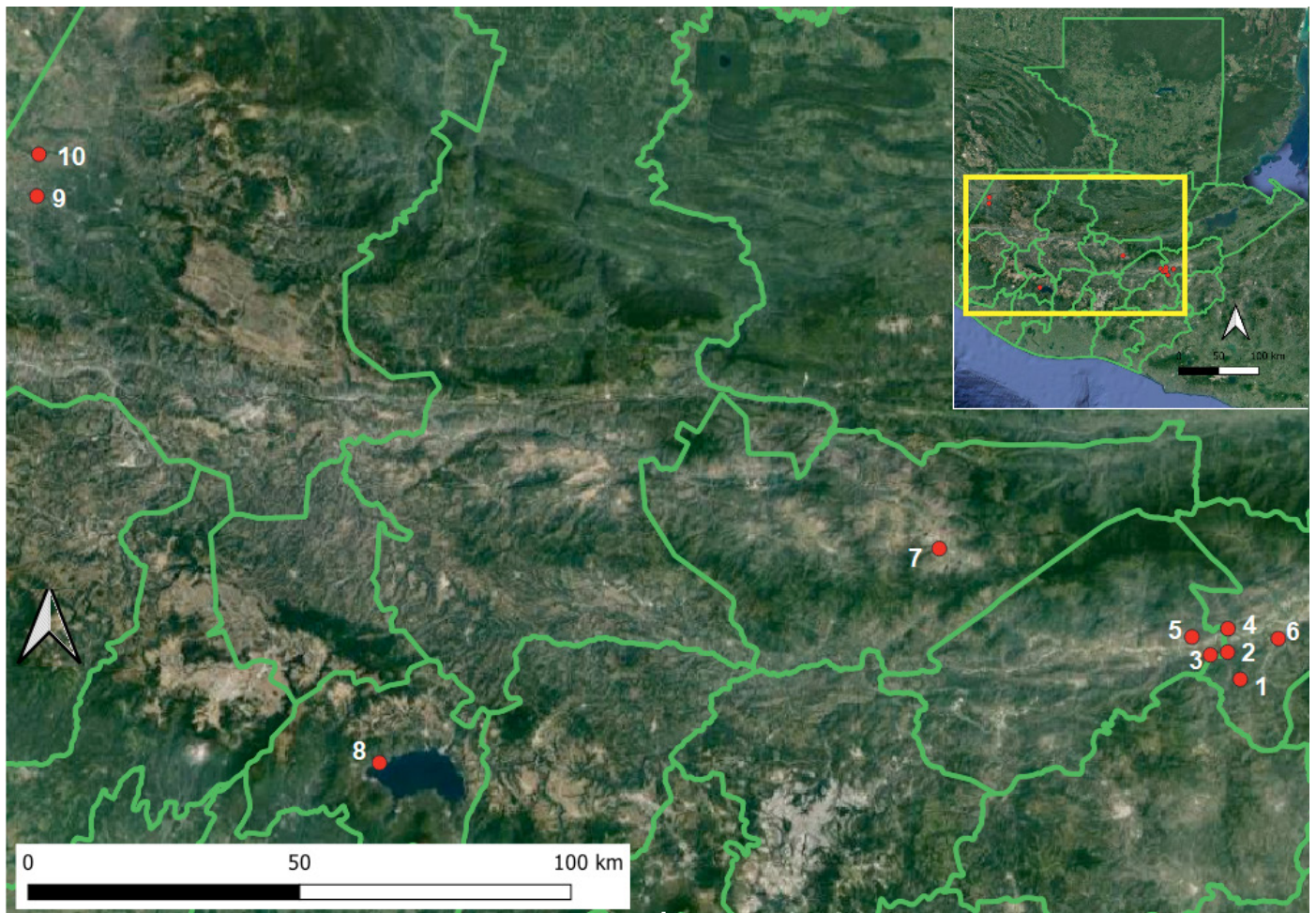


Figura 14. Ubicación de los sitios sugeridos para el establecimiento de Parcelas Permanentes de Medición Forestal en bosque seco en Guatemala: Reserva Natural Heloderma (1), Parque Regional Municipal Niño Dormido (2), Parque Regional Municipal Astillero lo de China (3), Reserva Natural Cultural El Espino (4), Reserva Natural Cultural Xactún (5), Reserva Forestal Cerro Mal País (6), Parque Regional Municipal Los Cerritos – El Postezuelo (7), Reserva Natural Municipal Cerro Tzanquijil (8), Parque Regional Municipal Cerro Mampil (9), Parque Regional Municipal Yul Ha´ Saj Há (10).





Insumos requeridos para el establecimiento de Parcelas Permanentes de Medición Forestal en bosque seco

Para la implementación del presente plan de monitoreo y el establecimiento de las PPMF en el bosque seco se requieren los siguientes recursos humanos y técnicos.

Recursos humanos y técnicos			
1	Personal necesario: 3 personas (1 persona anota, 2 personas realizan mediciones).	Q100/día por persona	Q300
2	1 GPS	Q100/día por persona	Q300
3	1 Densiómetro Esférico Cóncavo		Q750
4	1 tabla de anotaciones		Q10
5	1 marcador permanente		Q5
6	1 lapicero		Q5
7	1 lápiz		Q3
8	1 brújula lensática		Q100
9	2 cintas diamétricas	Q150 c/u	Q 300
10	2 clinómetros	Q200 c/u	Q400
11	1 cinta métrica de 30 metros		Q100
12	1 cuchillo de campo		Q75

Continúa...

Recursos humanos y técnicos			
13	1 set de hojas de datos		Q5
14	5 varillas de metal de ½ pulgada de diámetro y 20 cm de largo		Q50
15	4 secciones de tubo PVC de 2 pulgadas de diámetro y 1.5 m de largo (parcela fustal)		Q30
16	6 secciones de tubo PVC de 1 pulgada de diámetro y 1.5 m de largo (subparcelas latizal)		Q30
17	6 secciones de tubo PVG de 1 pulgada de diámetro y 1 m de largo (subparcelas brinzal)		Q30
18	¼ de galón de pintura de aceite roja.		Q35
19	8 libras de cemento		Q40
20	1 cámara trampa DIGITNOW Trail Camera – 12MP 1080P FHD Wildlife Scouting Hunting Camera		Q350
21	1 dattaloger LogTag Trix-8 (previamente programado).		Q500
Total			Q3,418

Total estimado de costo de establecimiento de una PPMF: Q3,418 (esto es una sobrestimación pues el equipo y personal numerado del 1 al 12 se puede reutilizar en varias parcelas. Esto reduce el costo fijo a Q1,070).



Listado de especies indicadoras de estado de conservación o degradación de especial interés en monitoreo de Parcelas Permanentes de Medición Forestal en bosque seco

A continuación, se listan las especies de la vegetación de bosque seco que son de especial relevancia en el monitoreo de las PPMF tanto en las categorías de fustal, como de latizal y brinzal. Estas especies pueden ser indicadoras de bosque en buen estado de conservación o de bosque

degradado. Además, algunas especies pueden fungir como nodrizas, generando núcleos de regeneración a su alrededor. La presencia y abundancia de estas especies dentro de la PPMF deben anotarse en las hojas de datos y boletas de campo respectivas.

Cuadro 9.

Lista de especies de vegetación indicadora de estado de conservación relevantes para monitoreo en PPMF en bosque seco

Familia / Especie ⁷	Nombre común	Especie indicadora de bosque en buen estado	Especie indicadora de bosque degradado	Especie nodriza
Anacardiaceae				
<i>Amphipterygium adstringens</i>	Caraño		✓	
<i>Spondias purpurea</i>	Jocote		✓	✓
Apocynaceae				
<i>Asclepias curassavica</i>	Viborana		✓	
<i>Fernaldia pandurata</i>	Loroco		✓	
<i>Plumeria rubra</i>	Flor blanca		✓	✓
<i>Stemmadenia obovata</i>	Cojón		✓	✓
Asparagaceae				
<i>Beucaerna pliabilis</i>	Pony	✓		✓
<i>Yucca gigantea</i>	Izote		✓	✓
Asteraceae				
<i>Ageratum conyzoides</i>	Mejorana		✓	
<i>Eupatorium</i> sp.	Chimaleote		✓	
<i>Senecio</i> sp.	Chilca		✓	
<i>Tagetes lucida</i>	Pericón		✓	
Bignoniaceae				
<i>Crescentia alata</i>	Morro		✓	✓
<i>Crescentia cujete</i>	Morro		✓	✓
<i>Handroanthus chrysanthus</i>	Cortez	✓		
<i>Tabebuia rosea</i>	Matilisguate	✓		
<i>Tecoma stans</i>	Timboque		✓	✓
Boraginaceae				
<i>Cordia alliodora</i>	Laurel	✓		
<i>Cordia prunifolia</i>	Vara de humo	✓		
<i>Cordia truncatifolia</i>	Chaparro		✓	
Bromeliaceae				
<i>Billbergia pallidiflora</i>	Gallito	✓		

7 Los nombres científicos aceptados fueron corroborados en la base de datos Plant List del Missouri Botanical Garden (2018).

Familia / Especie ⁷	Nombre común	Especie indicadora de bosque en buen estado	Especie indicadora de bosque degradado	Especie nodriza
<i>Hechtia glomerata</i>	Piña de coche de huehue	✓		✓
<i>Hechtia guatemalensis</i>	Piña de coche	✓		✓
<i>Pitcairnia heterophylla</i>	Gallito espinoso	✓		
<i>Tillandsia balbisiana</i>	Gallito	✓		
<i>Tillandsia brachycaulos</i>	Gallito	✓		
<i>Tillandsia capitata</i>	Gallito	✓		
<i>Tillandsia caput-medusae</i>	Gallito	✓		
<i>Tillandsia dasyliriifolia</i>	Gallito	✓		
<i>Tillandsia fasciculata</i>	Gallito	✓		
<i>Tillandsia ionantha</i>	Gallito	✓		
<i>Tillandsia paucifolia</i>	Gallito	✓		
<i>Tillandsia plagiotropica</i>	Gallito	✓		
<i>Tillandsia pseudobaileyi</i>	Gallito	✓		
<i>Tillandsia recurvata</i>	Gallito	✓		
<i>Tillandsia rodrigueziana</i>	Gallito	✓		
<i>Tillandsia schiedeana</i>	Gallito	✓		
<i>Tillandsia usneoides</i>	Pashte, barba de viejo	✓		
<i>Tillandsia xerographica</i>	Gallito	✓		
Burseraceae				
<i>Bursera bipinnata</i>	Copal	✓		✓
<i>Bursera diversifolia</i>	Jiotillo	✓		✓
<i>Bursera excelsa</i>	Campón	✓		✓
<i>Bursera schlechtendalii</i>	Jiotillo	✓		✓
<i>Bursera simaruba</i>	Palo de Jiote, Chacaj, gringo tostado, indio desnudo	✓		✓
Cactaceae				
<i>Mamillaria albilanata</i>	Cactus de roca	✓		
<i>Mamillaria columbiana</i>	Cactus de roca	✓		
<i>Mamillaria eichlamii</i>	Cactus de roca	✓		
<i>Mamillaria karwinskiana</i>	Cactus de roca	✓		
<i>Melocactus curvispinus</i>	Chilillo	✓		
<i>Myrtillocactus eichlamii</i>	Tuno de Castilla	✓		

Familia / Especie⁷	Nombre común	Especie indicadora de bosque en buen estado	Especie indicadora de bosque degradado	Especie nodriza
<i>Nopalea cochenillifera</i>	Nopal		✓	✓
<i>Opuntia tomentosa</i>	Nopal flor naranja		✓	✓
<i>Peniocereus hirschtianus</i>	Cola de gato	✓		
<i>Pilosocereus leucocephalus</i>	Cabeza de viejo	✓		
<i>Selenicereus grandiflorus</i>	Reina de la noche	✓		
<i>Stenocereus eichlamii</i>	Órgano	✓		✓
<i>Stenocereus pruinosus</i>	Órgano	✓		✓
Caesalpinaceae				
<i>Caesalpinia exostemma</i>	Carcomo		✓	✓
<i>Caesalpinia velutina</i>	Aripín		✓	✓
<i>Casearia corymbosa</i>	Vara blanca		✓	
<i>Chamaecrista nictitans</i>	Dormilona		✓	
<i>Haematoxylum brasiletto</i>	Palo de Brasil		✓	✓
<i>Hymenaea courbaril</i>	Guapinol	✓		✓
Cochlospermaceae				
<i>Cochlospermum vitifolium</i>	Tecomasuche	✓		✓
Combretaceae				
<i>Bucida macrostachya</i>	Roble de oriente, cacho de toro	✓		
Convolvulaceae				
<i>Ipomoea indica</i>	Quebracajete		✓	
<i>Ipomoea purpurea</i>	Quebracajete		✓	
Crassulaceae				
<i>Echeveria gudeliana</i>	Magueyito	✓		✓
Erythroxilaceae				
<i>Erythroxylum rotundifolium</i>	Frutillo		✓	✓
Euphorbiaceae				
<i>Cnidoscolus urens</i>	Chichicaste estrella		✓	
<i>Euphorbia leucocephala</i>	Pascua blanca		✓	
<i>Jatropha curcas</i>	Piñón		✓	✓
<i>Manihot esculenta</i>	Yuca		✓	✓
<i>Pedilanthus camporum</i>	Pie de niño	✓		
<i>Ricinus communis</i>	Higuerillo		✓	✓

Familia / Especie ⁷	Nombre común	Especie indicadora de bosque en buen estado	Especie indicadora de bosque degradado	Especie nodriza
Fabaceae				
<i>Crotalaria longirostrata</i>	Chipilín		✓	
<i>Crotalaria pumila</i>	Chipilín		✓	
<i>Dalbergia glabra</i>	Bejuco		✓	
<i>Dalbergia retusa</i>	Cocolobo, rosul, nogal	✓		
<i>Desmodium incanum</i>	Mozote, copal de coche		✓	
<i>Lonchocarpus phaseolifolius</i>	Chapernillo	✓		
<i>Lonchocarpus minimiflorus</i>	Chaperno	✓		
<i>Lonchocarpus rugosus</i>	Chaperno	✓		
<i>Vigna vexillata</i>	Frijol de coche		✓	
Meliaceae				
<i>Swietenia humilis</i>	Zapotón, caoba del sur	✓		
Malvaceae				
<i>Anoda cristata</i>	Violeta de monte		✓	
<i>Guazuma ulmifolia</i>	Caulote		✓	✓
<i>Malvaviscus arboreus</i>	Malvavisco		✓	
<i>Sida acuta</i>	Escobillo		✓	
<i>Sida espinosa</i>	Escobillo		✓	
<i>Sida rhombifolia</i>	Escobillo		✓	
Martyniaceae				
<i>Martynia annua</i>	Uña de gato		✓	
Mimosaceae				
<i>Acacia farnesiana</i>	Subín		✓	✓
<i>Acacia hindsii</i>	Ixcanal		✓	✓
<i>Acacia pennatula</i>	Espino		✓	✓
<i>Acacia picachensis</i>	Guaje		✓	✓
<i>Calliandra grandiflora</i>	Chalí		✓	
<i>Enterolobium cyclocarpum</i>	Conacaste	✓		
<i>Leucaena collinsii</i>	Yaje	✓		✓
<i>Leucaena leucocephala</i>	Yaje	✓		✓
<i>Leucaena magnifica</i>	Guaje	✓		✓
<i>Leucaena shannonii</i>	Guajillo, vainillo		✓	✓
<i>Leucaena trichandra</i>	Guajillo		✓	✓

Familia / Especie⁷	Nombre común	Especie indicadora de bosque en buen estado	Especie indicadora de bosque degradado	Especie nodriza
<i>Lysiloma divaricatum</i>	Quebracho	✓		✓
<i>Mimosa platycarpa</i>	Zarza colorada		✓	✓
<i>Mimosa zacapana</i>	Matapino		✓	✓
<i>Zapoteca formosa</i>	Pelo de angel		✓	✓
Myrtaceae				
<i>Psidium guajava</i>	Guayaba		✓	✓
Olacaceae				
<i>Ximenia americana</i>	Nance de iguana	✓		✓
Orchidaceae				
<i>Brassavola nodosa</i>	Orquídea	✓		
<i>Encyclia adenocarpa</i>	Orquídea	✓		
<i>Encyclia alata</i>	Orquídea	✓		
<i>Encyclia bractescens</i>	Orquídea	✓		
<i>Encyclia nematocaulon</i>	Orquídea	✓		
<i>Encyclia xipheroides</i>	Orquídea	✓		
<i>Myrmecophila wendlandii</i>	Orquídea hormiguera	✓		
<i>Oeceoclades maculata</i>	Oreja de burro (exótica invasora)		✓	✓
<i>Trichocentrum cebolleta</i>	Orquídea	✓		
Piperaceae				
<i>Piper martensianum</i>	Cordoncillo		✓	✓
Poaceae				
<i>Hyparrhenia rufa</i>	Jaraguá (exótica invasora)		✓	
<i>Panicum trichoides</i>	Zacate carricillo		✓	
<i>Pennisetum purpureum</i>	Cola de ardilla		✓	
<i>Pennisetum setosum</i>	Cola de ardilla		✓	
<i>Rhynchelytrum repens</i>	Zacate rosado (exótica invasora)		✓	
<i>Zea mays huehuetenangensis</i>	Teosinte		✓	
<i>Zea luxurians</i>	Teosinte		✓	
Rhamnaceae				
<i>Karwinskia calderonii</i>	Fruto de cabro	✓		✓
Rubiaceae				
<i>Borreria laevis</i>	Botoncillo		✓	

Familia / Especie ⁷	Nombre común	Especie indicadora de bosque en buen estado	Especie indicadora de bosque degradado	Especie nodriza
<i>Crusea calocephala</i>	Azulejo		✓	
<i>Crusea hispida</i>	Cabezona		✓	
Rutaceae				
<i>Esenbeckia echinoidea</i>	Arbusto	✓		✓
Sapindaceae				
<i>Melicoccus oliviformis</i>	Uruguay	✓		✓
Sapotaceae				
<i>Sideroxylon capiri</i>	Tempisque	✓		✓
Solanaceae				
<i>Solanum nigrescens</i>	Quilete, Hierba mora		✓	✓
Verbenaceae				
<i>Lantana camara</i>	Cinco negritos		✓	
<i>Lippia graveolens</i>	Orégano de monte		✓	
Zingiberaceae				
<i>Hedychium coronarium</i>	Mariposa		✓	
Zygophyllaceae				
<i>Guaiacum sanctum</i>	Guayacán	✓		✓

Por último, se presenta la propuesta de formatos de hojas de datos y boletas de campo para la toma sistemática de las variables a medir dentro de las PPMF en bosque seco. Estas representan un total de 4 hojas de datos, las cuales se presentan en anverso y reverso. Las tendencias de estos datos luego deben ser analizadas estadísticamente utilizando modelos lineales generalizados (GLM). Las boletas de datos y la metodología de monitoreo propuesta para el bosque seco de Guatemala está basada en las características dasométricas de este ecosistema estratégico, así como se incluyen

adaptaciones y modificaciones de las metodologías generadas para bosques secos tropicales (Mostacedo y Fredericksen 2000), bosques naturales de coníferas (INAB 2012), ecosistema manglar (INAB 2016), bosques latifoliados (Pinelo 2000), plantaciones forestales (Salazar s.f.) y capacitaciones dasométricas nacionales (Cutzal 2020) con el fin de facilitar la implementación por parte de técnicos forestales tanto de INAB como de instituciones colaboradoras durante la implementación del programa de monitoreo.





Formatos de hojas de datos de monitoreo de Parcelas Permanentes de Medición Forestal en bosque seco

A. Metadatos de la PPMF para registro

Código Parcela: _____ Nombre localidad: _____

Departamento: _____ Municipio: _____

Región INAB: _____ Sub región INAB: _____

Establecida por: _____ Fecha de establecimiento: _____

Coord. GTM – NE (x): _____ Coord. GTM – NE (y): _____ Precisión: _____

Coord. GTM – centro (x): _____ Coord. GTM – centro (y): _____ Precisión: _____

Coord. GTM – SO (x): _____ Coord. GTM – SO (y): _____ Precisión: _____

Tipo de tenencia tierra: _____ Propietario: _____

Datos de contacto propietario: _____

Elevación (msnm): _____ Aspecto¹: _____

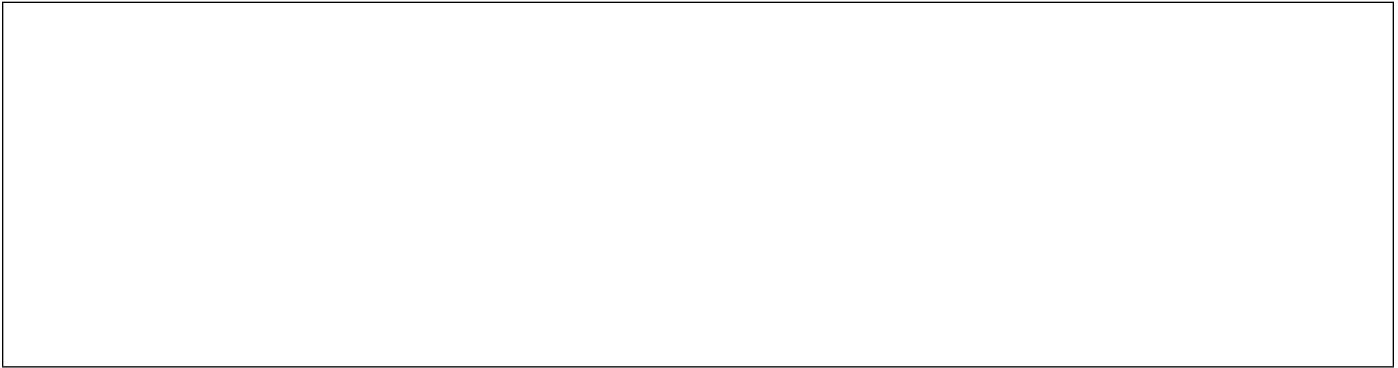
Suelo²: _____ Pendiente³: _____

Pedregosidad superficial⁴: _____ Drenaje superficial⁵: _____

Degradación del suelo⁶: _____

Cobertura de copas N _____ S _____ E _____ O _____ Promedio _____

Croquis de ubicación parcela



¹Aspecto: Orientación de la parcela con respecto a los diferentes puntos cardinales. Se aplicarán los siguientes códigos y categorías:

N – norte	O – oeste	SE – sureste
E – este	NE – noreste	SO – suroeste
S – sur	NO – noroeste	

²Suelo: Identificar tipo de suelo, color, profundidad efectiva y textura. Se aplicarán los siguientes códigos y categorías

00 – arenoso	03 – arcilloso-limoso
01 – limoso	04 – arcilloso-arenoso
02 – arcilloso	05 – arenoso-limoso

³Pendiente: Se debe medir con un clinómetro el grado de inclinación promedio de la parcela en porcentaje.

⁴Pedregosidad superficial: Se refiere a la estimación de la presencia de fracciones mayores a las gravas (>0.5 cm de diámetro) sobre la superficie del suelo, incluyendo los afloramientos rocosos, con base a una apreciación visual del entorno. Se aplicarán los siguientes códigos y categorías:

00 – libre o ligeramente pedregoso, con ninguna o muy pocas rocas de tamaño pequeño dispersas sobre el suelo y que cubren menos del 10% de superficie de la parcela.
01 – moderadamente pedregoso, con pocas rocas distribuidas sobre la superficie que cubren entre 10 y 25% de la superficie de la parcela.
02 – pedregoso, con rocas distribuidas sobre el área en grupos que cubren del 26 al 50% de la parcela.
03 – muy pedregoso, con rocas de todo tamaño cubriendo del 50 al 90% de la superficie de la parcela.
04 – extremadamente pedregoso, con rocas de todo tamaño cubriendo más del 90% de la superficie de la parcela.

⁵Drenaje superficial: Estimar la facilidad con la que el agua se infiltra y/o percola en el interior del perfil del suelo. Se aplicarán los siguientes códigos y categorías:

00 – excesivo, suelos porosos como arenas o con laderas pronunciadas que permiten un escurrimiento inmediato del agua.
01 – bueno, suelos cuya estructura física de porosidad o pendiente moderada permiten un escurrimiento del agua en pocas horas.
02 – imperfecto, suelos con alto porcentaje de arcilla o capas freáticas y pendientes ligeras que no permiten el escurrimiento en un día.

⁶Degradación del suelo:

Maleabilidad		
Condición	Clase de textura	Valor
Buena	Esponjosa, al humedecerlo	3
Moderada	Lodosa, al humedecerlo	2
Pobre	Arenosa, al humedecerlo	1
Extrema	Barrosa/talpetate, al humedecerlo	0
Compactación de suelo		
Condición	Descripción	Valor
No compacto	El suelo tiene una baja resistencia a la penetración del cuchillo.	2
Moderadamente compacto	El suelo tiene una resistencia moderada a la penetración del cuchillo.	1
Muy compacto	El suelo tiene una alta resistencia a la penetración del cuchillo.	0
Erosión de suelo		
Condición	Descripción	Valor
Bueno	Ausente	3
Moderado	Laminar, surcos	2
Pobre	Cárcavas	1
Extrema	Presencia de erosión laminar, surcos y cárcavas	0
Profundidad del horizonte A		
Condición	Descripción	Valor
Bueno	> 10 cm	2
Moderado	5 a 10 cm	1
Pobre	< 5 cm	0

Se deben sumar los valores para las condiciones de textura, porosidad, compactación, erosión y profundidad del horizonte A.

Categoría degradación de suelo	Descripción	Sumatoria
A	<i>Ausente</i>	10
B	<i>Incipiente</i>	7-9
C	<i>Intermedia</i>	4-6
D	<i>Severa</i>	1-3
E	<i>Extrema</i>	0

¹Mortalidad: Se identificará si algún individuo ha muerto a partir de la primera medición de la parcela. La mortalidad de árboles se anotará de acuerdo a los siguientes códigos y categorías:

- | | | |
|---------------------------|---|-----------|
| 01 – Talado | 04 – Muerte por impacto de rayo | 07 – Otro |
| 02 – Muerte por incendio | 05 – Muerte por afectación por insectos | |
| 03 – Derribado por viento | 06 – Muerte por hongos | |

²Forma del fuste: Se deben calificar las características físicas de los individuos dentro de la parcela de acuerdo a los siguientes códigos y categorías:

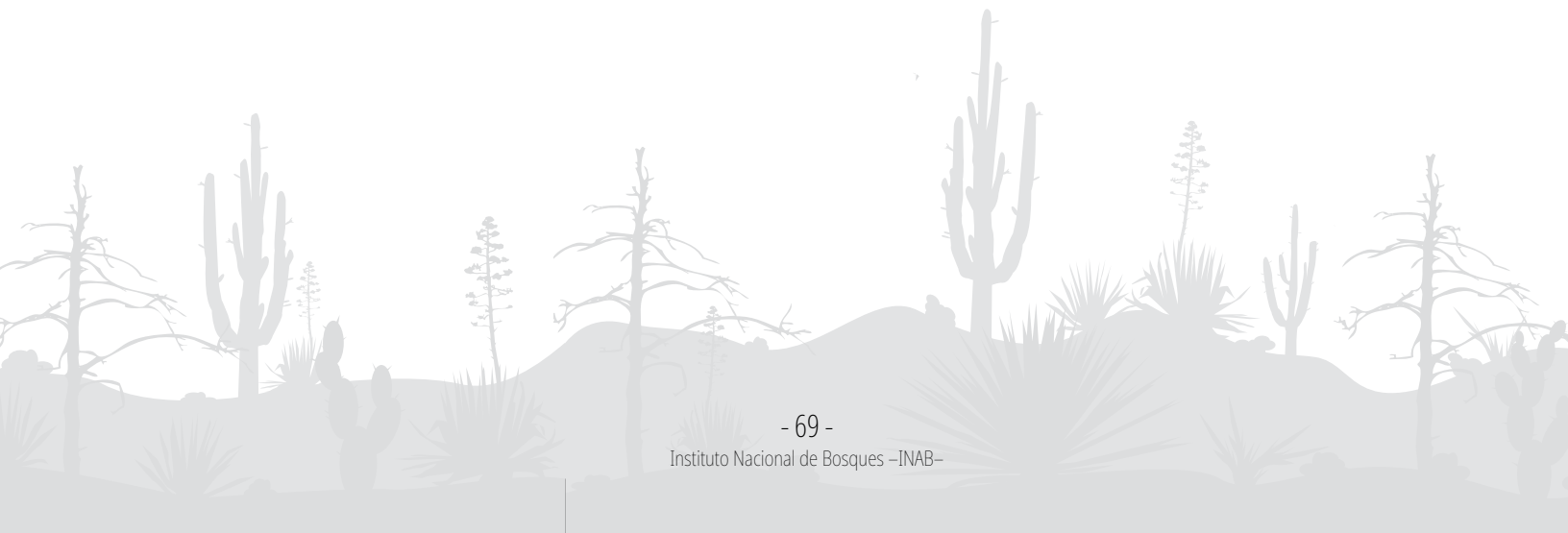
- | | |
|---------------------------------|---------------------|
| R – fuste recto | S – fuste sinuoso |
| B – fuste bifurcado | Y – fuste inclinado |
| Q – fuste incompleto o quebrado | T – fuste torcido |

³Sanidad del individuo: Se debe calificar el estado fitosanitario de los individuos dentro de la parcela de acuerdo a los siguientes códigos y categorías:

- o 10 – sano
- o 20 – enfermo por hongo
- o 30 – plagado por insectos

⁴Cobertura de epífitas: Se debe calificar la cobertura de epífitas (cactus epífitos, bromelias y orquídeas) de los individuos dentro de la parcela de acuerdo a los siguientes códigos y categorías:

- o A – ausente de epífitas
- o E – presencia de epífitas



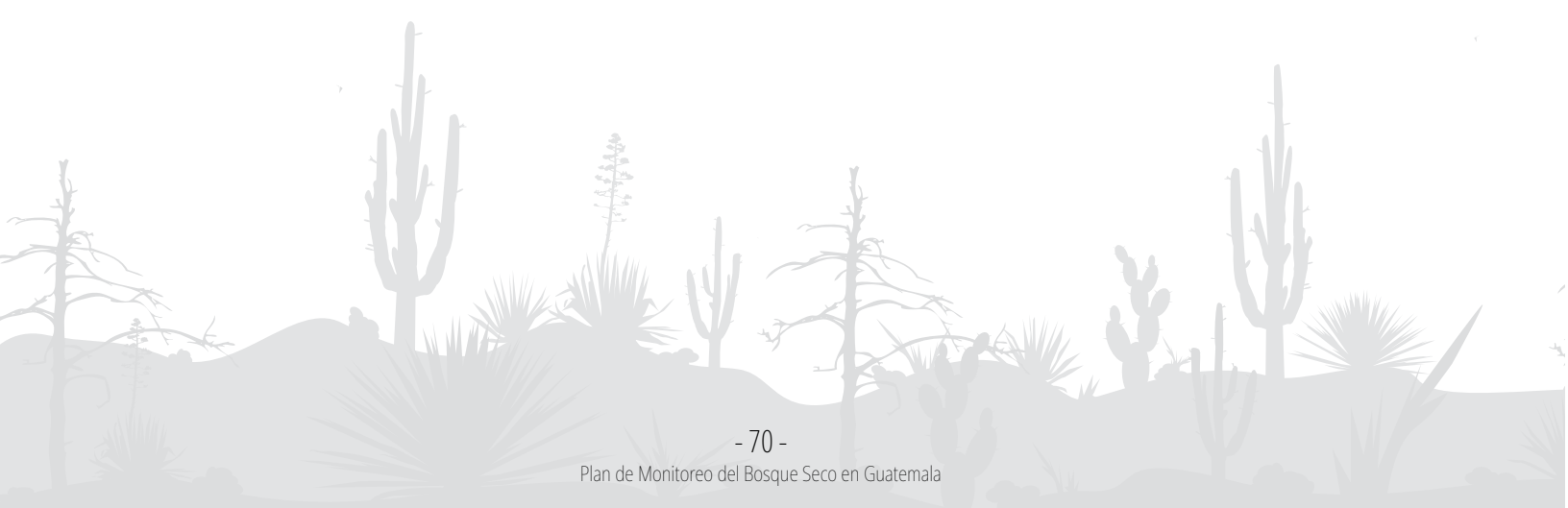
C. Hoja de datos de la PPMF para categoría de brinjal (parcelas de 1m²)

Código Parcela: _____ Profundidad efectiva suelo (cm): _____

Institución responsable: _____ Medidores: _____

Localidad: _____ Fecha de medición: _____

No.	Especie (nombre común)	Abundancia (conteo , n)



D. Boleta de monitoreo estado de conservación de la PPMF

Código de Parcela				
Coordenadas GTM WGS84 esquina NE	X		Y	
Coordenadas GTM WGS84 centro	X		Y	
Coordenadas GTM WGS84 esquina SO	X		Y	
Localidad				
Fecha:				

Características generales de la PPMF en estado conservación	
Número de clases diamétricas:	
Área basal promedio por hectárea (categoría fustal, DAP > 5cm):	
Cantidad de estratos verticales:	
Cantidad e identidad de especies endémicas:	
Cantidad e identidad de especies de flora indicadoras de buena calidad de bosque:	
Cantidad e identidad de especies de flora indicadoras de mala calidad de bosque:	



Monitoreo de fauna en Parcelas Permanentes de Medición Forestal en bosque seco

El monitoreo de fauna dentro de las PPMF no se recomienda para el bosque seco debido a las características migratorias (en el caso de muchas aves) y de estivación (en el caso de reptiles y anfibios) de muchas de estas especies. Además, debido a que la mayoría de áreas con bosque seco dentro de la región han estado sujetas a perturbaciones antropogénicas, la mayoría de especies tienen un comportamiento huraño por lo que es muy difícil verlas durante la realización de muestreos forestales.

Sin embargo, en el caso de sitios de PPMF con vigilancia constante una posibilidad para el monitoreo de fauna es colocar una trampa cámara ubicada en el fuste de un árbol ubicado cercano al centro de la PPMF. Las trampas cámara son una herramienta muy utilizada para estudiar vida silvestre. A pesar de que hay innumerables modelos y estilos, básicamente todas tienen dos funciones principales: fotos o video. Las cámaras se activan cuando detectan movimiento por medio de un sensor. Su uso en bosques secos es altamente recomendado pues las especies que habitan en ellos son muy

elusivas y crípticas, así como el tipo de vegetación que hace que sea más difícil su detección.

La altura de colocación es de 50 cm con respecto al nivel del suelo. Estas trampas cámara se programan para activarse con el movimiento y pueden descargarse las fotografías de manera trimestral (4 veces al año, para que alcance la memoria y se pueda realizar reemplazo de baterías) para la identificación de las especies capturadas en fotografía o video. Estos datos ayudarían a saber la fauna que hace uso de la PPMF. Sin embargo, los costos de las trampas cámara y la alta probabilidad de vandalismo o robo en zonas con poca vigilancia pueden dificultar la implementación de esta técnica de monitoreo dentro de algunas de las zonas propuestas para las PPMF.

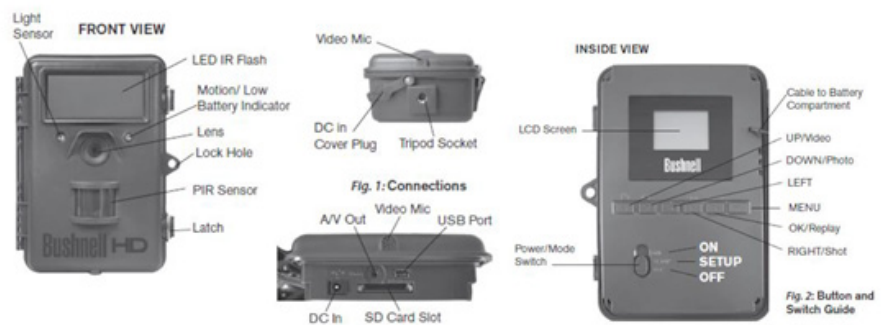


Figura 15. Esquema de trampas cámara para monitoreo de fauna



Bushnell 04-17-2012 00:30:49



Bushnell 01-09-2011 02:43:27



Bushnell 01-15-2011 13:47:05



Bushnell 01-14-2011 10:04:03



Bushnell 081°F 03-23-2010 03:39:40



Bushnell 02-27-2011 02:13:12

Figura 16. Selección de fotografías de fauna captadas por cámaras trampa de parcelas de muestreo en el bosque seco de la Reserva Natural Heloderma, Cabañas, Zacapa (sitio 1 de cuadro 8). A. Venado cola blanca (*Odocoileus virginianus*), B. Chachalacas (*Ortalis vetula*), C. Armadillo (*Dasypus novemcinctus*), D. Zorrillo de banda (*Conepatus leuconotus*), E. Coyote (*Canis latrans*) y F. Margay (*Leopardus wiedii*). Esta fauna difícilmente es avistada directamente. Fotografías: Reserva Natural Heloderma/Zootropic



Literatura consultada

1. Álvarez-Aquino, C. y G. Williams-Linera. 2012. Seedling survival and growth of tree species: site condition and seasonality in tropical dry forest restoration. *Botanical Sciences* 90: 341-351.
2. Álvarez, M. y S. Secaira. 2017. Flora. *En: Yoshimoto, J. y D. Ariano. El bosque estacionalmente seco de Guatemala: Flora, fauna y cultura. ProNatura Japan, Guatemala, Pp. 26-37.*
3. Ariano-Sánchez, D. 2003. Distribución e historia natural del Escorpión *Heloderma horridum charlesbogerti* Campbell y Vannini, (Sauria: Helodermatidae) en Zacapa, Guatemala y caracterización de su veneno. Tesis para el grado de licenciatura. Departamento de Biología. Universidad del Valle de Guatemala, Guatemala. 68 pp.
4. Ariano-Sánchez, D. 2006. The Guatemalan beaded lizard: Endangered inhabitant of a unique ecosystem. *Iguana* 13(3): 178-183.
5. Ariano-Sánchez, D., A. Urbina y G. Salazar. 2010. Geographic distribution: *Mesoscincus managuae* (Managua skink). *Herpetological Review*. 41 (1): 107.
6. Ariano-Sánchez, D. y M. Dix. 2010. Geographic distribution: Caudata: *Oedipina taylora*. *Herpetological review* 41(4): 505.
7. Ariano-Sánchez, D., C. Beza y T. Schrei. 2011. Using the Guatemalan Beaded Lizard (*Heloderma horridum charlesbogerti*) as an umbrella species for other critically endangered wildlife from the dry forests of the Motagua Valley, Guatemala. *Reptiles Australasia* 1(2): 50-61.
8. Ariano-Sánchez, D. y G. Salazar. 2015. Spatial ecology of the endangered Guatemalan Beaded Lizard, *Heloderma charlesbogerti*, (Sauria: Helodermatidae) in a tropical dry forest of the Motagua Valley, Guatemala. *Mesoamerican Herpetology* 2: 64-74.
9. Ariano-Sánchez, D. 2015. Geographic Distribution: *Tantilla vermiformis* (Hallowell's centipede snake). *Herpetological Review* 46 (2): 221-222.

10. Ariano-Sánchez, D. 2017. Introducción al bosque seco: Distribución y ecología. En: Yoshimoto, J. y D. Ariano. El bosque estacionalmente seco de Guatemala: Flora, fauna y cultura. ProNatura Japan, Guatemala, Pp. 9-24.
11. Ariano-Sánchez, D. y J. Campbell. 2018. A new species of *Rhadinella* (Serpentes: Dipsadidae) from the dry forest of Motagua Valley, Guatemala. *Zootaxa* 4442 (2): 338-344.
12. Arias, S. y M. Véliz. 2006. Diversidad y distribución de las Cactaceae en Guatemala. En: E. Cano (ed). Biodiversidad de Guatemala. Volumen I. Pp. 229-238.
13. Armas, L. y R. Trujillo. 2010. Nueva especie de *Centruroides* Marx, 1890 (Scorpiones: Buthidae) de Guatemala y Honduras. *Boletín Sociedad Entomológica Aragonesa* 47: 235-240.
14. Azurdia, C. 2004. Priorización de la diversidad biológica de Guatemala en riesgo potencial por la introducción y manipulación de organismos vivos modificados. CONAP, Guatemala. 108pp.
15. Azurdia, C. 2005. *Phaseolus* en Guatemala: especies silvestres, genética de poblaciones, diversidad molecular y conservación in situ. En: C. Azurdia (ed). La agrobiodiversidad y su conservación in situ: un reto para el desarrollo sostenible. CONAP, Guatemala. Pp. 35-78.
16. Barrance, A., K. Schreckenber y J. Gordon. 2009. Conservación mediante el uso: Lecciones aprendidas en el bosque seco tropical mesoamericano. ODI-FRP, Londres. 141pp.
17. Borchert, R. 1994. Soil and stem water storage determine phenology and distribution of tropical dry forest trees. *Ecology* 75(5): 1437-1449.
18. Bullock, S. 1995. Plant reproduction in neotropical dry forests. En: S. Bullock, H. Mooney y E. Medina (eds). Seasonally dry tropical forests. Cambridge University Press, Pp. 277-303.
19. Carrera, J. L., V. Mosquera Salles y A. Gándara. 2019. Diversidad biológica y ecosistemas terrestres. En E. J. Castellanos, A. Paiz-Estévez, J. Escribá, M. Rosales-Alconero, & A. Santizo (Eds.), Primer reporte de evaluación del conocimiento sobre cambio climático en Guatemala. (pp. 142-169). Guatemala: Editorial Universitaria UVG.
20. Castañeda, C. 2004. Árboles y arbustos de los Bosques Secos de Guatemala. Instituto Nacional de Bosques de Guatemala, Guatemala. 199pp.
21. Castro-Marín, G. 2005. Stand dynamics and regeneration of tropical dry forests in Nicaragua. Tesis Doctoral. Swedish University of Agricultural Sciences, Suecia.
22. CDC-CECON-NatureServe. 2009. Políticas de uso del suelo y de conservación de la región semiárida a nivel departamental y municipal en Guatemala: Informe final. CDC-CECON/NatureServe, Guatemala. 73pp.
23. Celis, J. 2008. Caracterización del Bosque de Ribera de las Sub Cuencas del Río Uyús, El Progreso y Río Hondo, Zacapa en la Región Semiárida del Valle del

- Motagua. Tesis de Ingeniero Agrónomo en Recursos Naturales Renovables, en el grado académico de Licenciado. USAC, Guatemala. 196pp.
24. CONAP-ZOOTROPIC. 2011. El Sistema Guatemalteco de Áreas Protegidas: Base fundamental para el bienestar de la sociedad guatemalteca, Documento Técnico No. 95 (01-2011). Ariano, D. y L. Alvarado (eds). CONAP/Zootropic. 360pp.
 25. CONAP-ZOOTROPIC-CECON-TNC. 2011. Plan de conservación de las regiones secas de Guatemala. Ariano D. y E. Secaira (eds.), Documento Técnico No. 99:01-2011, Guatemala. 74pp.
 26. Cotí, P. 2012. Regeneración natural del bosque seco en la Reserva Natural Heloderma, Zacapa, Guatemala. Tesis de Maestría en Restauración de Ecosistemas. Universidad de Alcalá, Universidad Complutense de Madrid, Universidad Rey Juan Carlos y Universidad Politécnica de Madrid, Madrid. 84pp.
 27. Coti, P. y D. Ariano-Sánchez. 2008. Ecology and traditional use of the Guatemalan black iguana (*Ctenosaura palearis*) in the dry forests of the Motagua Valley, Guatemala. *Iguana* 15 (3): 142-149.
 28. Cutzal, J. 2020. Práctica de dasometría. Departamento de Investigación Forestal, Instituto Nacional de Bosques – INAB. 9pp.
 29. Dallies, C. y R. Corado. 2017. Aves. En: Yoshimoto, J. y D. Ariano. El bosque estacionalmente seco de Guatemala: Flora, fauna y cultura. ProNatura Japan, Guatemala, Pp. 78-86.
 30. Defensores de la Naturaleza –FDN-. 2004. I Seminario de investigaciones para la conservación de la región semiárida del Valle del Motagua: Libro de resúmenes. A. Nájera (ed). FDN/TNC/USAID, Guatemala. 38pp.
 31. Defensores de la Naturaleza –FDN-. 2008. II Seminario de investigaciones para la conservación y desarrollo sostenible de los bosques secos de Guatemala, con énfasis en la región semiárida del Valle del Motagua: Libro de resúmenes. P. Negreros (ed). FDN/TNC, Guatemala. 51pp.
 32. Domínguez-Vega, H., O. Monroy-Vilchis, C. Balderas-Valdivia, C. Gienger y D. Ariano-Sánchez. 2012. Predicting the potential distribution of the beaded lizard and identification of priority areas for conservation. *Journal for Nature Conservation* 20: 247-253.
 33. eBird. 2018. eBird: Una base de datos en línea para la abundancia y distribución de las aves [aplicación de internet]. eBird, Ithaca, New York. Disponible: <http://www.ebird.org>.
 34. Escobar-Anleu, B., C. Fuentes-Montejo y D. Ariano-Sánchez. 2017. Registros de mamíferos (Mammalia: Didelphimorphia, Artiodactyla, Carnivora, Cingulata, Lagomorpha, Pilosa y Rodentia) en Reservas Naturales Privadas. *Acta Zoológica Mexicana (nueva serie)* 33(2): 388-392.
 35. García, W. 2019. Proyecciones de cambio climático en Guatemala: Reducción dinámica. Unidad de Cambio Climático, INSIVUMEH. 121pp.

36. Gentry, A. 1995. Diversity and floristic composition of neotropical dry forests. En: S. Bullock, H. Mooney y E. Medina (eds). Seasonally dry tropical forests. Cambridge University Press, Pp. 146-194.
37. Gil-Escobedo, J. (2016). Ámbitos de hogar de la Iguana de órgano *Ctenosaura palearis* (Sauria: Iguanidae) en el bosque tropical estacionalmente seco de Cabañas, Zacapa, Guatemala. Tesis de Licenciatura en Biología. Universidad de San Carlos de Guatemala, Guatemala. 89pp.
38. Gillespie, T., A. Grijalva y C. Farris. 2000. Diversity, composition, and structure of tropical dry forests in Central America. *Plant Ecology* 147: 37-47.
39. Griscom, H. y M. Ashton. 2011. Restoration of dry tropical forests in Central America: A review of pattern and process. *Forest Ecology and Management* 261: 1564-1579.
40. Hernández, J., E Solórzano y R. Marroquín. 2012. Dinámica de la vegetación en tres bosques de la región Chortí en Chiquimula y participación comunitaria en el uso sostenible de los recursos naturales. CONCYT-USAC, Guatemala. 106pp.
41. Holbrook, N., J. Whitbeck y H. Mooney. 1995. Drought responses of neotropical dry forest trees. En: S. Bullock, H. Mooney y E. Medina (eds). Seasonally dry tropical forests. Cambridge University Press, Pp. 243-276.
42. Hughes, C. 1998. *Leucaena*: Manual de recursos genéticos. Oxford Forestry Institute, University of Oxford. 280pp.
43. Iltis, H., D. Kolterman y B. Benz. 1986. Accurate documentation of germplasm: The lost Guatemalan teosintles (*Zea*, Gramineae). *Economical Botany* 40(1): 69-77.
44. IARNA-URL. 2011. Cambio climático y biodiversidad: elementos para analizar sus interacciones en Guatemala con un enfoque ecosistémico. Documento 37, serie técnica 35. URL, Guatemala. 99pp.
45. INAB. 2012. Guía para el establecimiento, monitoreo y rehabilitación de parcelas permanentes de medición forestal en bosques naturales de coníferas. INAB, Guatemala. 42pp.
46. INAB-CONAP. 2015. Mapa Forestal por Tipo y Subtipo de Bosque, 2012. Guatemala. Informe Técnico. 26 pp.
47. INAB. 2016. Manual de criterios y parámetros PROBOSQUE. Versión 1. Dirección de Manejo y Conservación de Bosques. INAB, Guatemala. 108pp.
48. INAB. 2016. Metodología para el establecimiento y mantenimiento de Parcelas Permanentes de Medición Forestal –PPMF– en Bosque Natural del Ecosistema Manglar. INAB, 29pp.
49. INAB-ICC-CONAP. 2016. Metodología para el establecimiento y mantenimiento de Parcelas Permanentes de Medición Forestal –PPMF– en Bosque Natural del Ecosistema Manglar. 32pp.
50. INE. 2018. XII Censo Nacional de Población y VII de Vivienda 2018. INE-UNFPA. <http://redatam.censopoblacion>.

gt/bingtm/RpWebEngine.exe/
Portal?BASE=CPVGT2018&lang=esp

51. INSIVUMEH. 2020. Estaciones climatológicas: datos de precipitación y temperatura. Bases de datos digitales.
52. IPCC. 2013. Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change (Stocker, T.F., D. Qin, G.-K. Plattner, M. Tignor, S.K. Allen, J. Boschung, A. Nauels, Y. Xia, V. Bex y P.M. Midgley [Eds.]). Cambridge University Press, New York. Estados Unidos. 1535 pp.
53. IPCC. 2014. Climate Change 2014: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change R.K. Pachauri y L.A. Meyer (Eds.). IPCC, Geneva, Suiza. 151 pp.
54. Ixcot, L., J. Hernández, R. García y A. Velásquez. 2002. Efecto de las condiciones en los claros y bajo el dosel sobre la germinación de las semillas de las especies nativas del bosque espinoso en el Valle del Motagua. DIGI-USAC, Guatemala. 25pp.
55. Janzen, D. 1988. Tropical dry forests: The most endangered major tropical ecosystem. En: E. Wilson y F. Peter (eds.). Biodiversity. National Academy Press, Pp. 130-137.
56. Kreft, S., D. Eckstein e I. Melchior. 2016. Global Climate Risk Index 2017: Who suffers most extreme weather events? Weather-related loss events in 2015 and 1996 to 2015. Germanwatch, Alemania. 31 pp.
57. Lavin, M. 2006. Floristic and geographical stability of discontinuous seasonally dry tropical forests explains patterns of plant phylogeny and endemism. En: T. Pennington, G. Lewis y J. Ratter. (eds). Neotropical savannas and seasonally dry forests: plant diversity, biogeography, and conservation. CRC Press, Pp. 433-448.
58. Linares-Palomino, R. 2004. Los Bosques Tropicales Estacionalmente Secos: II. Fitogeografía y Composición Florística. Arnela 11(1):103-138.
59. Lott, E. y T. Atkinson. 2006. Mexican and Central American seasonally dry tropical forests: Chamela-Chuixmala, Jalisco, as a focal point of comparison. En: T. Pennington, G. Lewis y J. Ratter. (eds). Neotropical savannas and seasonally dry forests: plant diversity, biogeography, and conservation. CRC Press, Pp. 315-342.
60. Maas, J. 1995. Conversion of tropical dry forest to pasture and agriculture. En: S. Bullock, H. Mooney y E. Medina (eds). Seasonally dry tropical forests. Cambridge University Press, 399-422.
61. Mansilla, C. 2015. Evaluación de siete tratamientos de escarificación en semilla de aripin (*Caesalpinia velutina*) y causas de la no formación de semilla en orotoguaje (*Acacia deamii*) y zarza blanca (*Mimosa platycarpa*), diagnóstico y servicios realizado en la Dirección Regional III de Oriente del Consejo Nacional de Áreas Protegidas -CONAP-, Zacapa, Guatemala. Tesis de Ingeniero Agrónomo en Recursos Naturales Renovables, en el grado académico de Licenciado. USAC, Guatemala. 88pp.

62. MARN. 2009. Política Nacional de Cambio Climático. Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales. Gobierno de Guatemala. Guatemala. 23 pp.
63. MARN-PNUD. 2018. Diagnóstico y análisis de la vulnerabilidad ante el cambio climático en la zona marino-costera del litoral pacífico de Guatemala. Tomo 1. Proyecto Conservación y Uso Sostenible de la Biodiversidad en Áreas Protegidas Marino-Costeras (APM). (MARN-CONAP/PNUD-GEF)-Rainforest Alliance, Guatemala. 192pp.
64. Martínez-Yrizar, A. 1995. Biomass distribution and primary productivity of tropical dry forests. En: S. Bullock, H. Mooney y E. Medina (eds). Seasonally dry tropical forests. Cambridge University Press, Pp. 326-345.
65. Miles, L., A. Newton, R DeFries, C. Ravilious, I. May, S. Blyth, V. Kapos y J. Gordon. 2006. A global overview of the conservation status of tropical dry forests. *Journal of Biogeography* 33: 491-505.
66. Morales, M. 2015. Estudio botánico y fenológico de las especies *Swietenia humilis* Zucc., *Guaiacum sanctum* L., y especies arbóreas del género *Dalbergia* en la costa sur y oriente de Guatemala en los meses de abril a noviembre de 2014, Guatemala. Tesis de Ingeniero Agrónomo en Recursos Naturales Renovables, en el grado académico de Licenciado. USAC, Guatemala. 151pp.
67. Mostacedo, B. y T. Fredericksen. 2000. Manual de métodos básicos de muestreo y análisis en ecología vegetal. BOLFOR, Bolivia. 87pp.
68. Murphy P. y A. Lugo. 1986. Ecology of Tropical Dry Forest. *Annual Review of Ecology and Systematics* 17: 67-88.
69. Murphy, P. y A. Lugo. 1995. Dry forests of Central America and the Caribbean. En: S. Bullock, H. Mooney y E. Medina (eds). Seasonally dry tropical forests. Cambridge University Press, Pp 9-34.
70. Nájera, A. 2006. The conservation of thorn scrub and dry forest habitat in the Motagua Valley, Guatemala: Promoting the protection of a unique ecoregion. *Iguana* 13: 185-191.
71. Oglesby, R. y C. Rowe. 2010. La ciencia del cambio climático: Manual práctico para tomadores de decisiones en Mesoamérica. Banco Interamericano de Desarrollo, Washington, Estados Unidos. 34 pp.
72. Ortiz, D. 2008. Tarántulas del Valle del Motagua. En: P. Negreros (ed). II Seminario de investigaciones para la conservación y desarrollo sostenible de los bosques secos de Guatemala, con énfasis en la región semiárida del Valle del Motagua: Libro de resúmenes. FDN/TNC, Pp. 37.
73. Parker, T. 2008. Trees of Guatemala. The Tree Press, Austin, Texas, USA. 1033 pp.
74. Payne, W. 2007. Dryland cropping systems. En: S. Timble (ed.). Encyclopedia of water science. CRC press, Pp 237-241.
75. Pennington R., D. Prado y C. Pendry. 2000. Neotropical Seasonally dry forests and

- quaternary vegetation changes. *Journal of Biogeography* 27: 261-273.
76. Pennington, R., M. Lavin, D. Prado, C. Pendry, S. Pell y C. Butterworth. 2004. Historical climate change and speciation: neotropical seasonally dry forest plants show patterns of both Tertiary and Quaternary diversification. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London B*. 359: 515-537.
77. Pennington, T., G. Lewis y J. Ratter. 2006. An overview of the plant diversity, biogeography and conservation of neotropical savannas and seasonally dry forests. *En: T. Pennington, G. Lewis y J. Ratter. (eds). Neotropical savannas and seasonally dry forests: plant diversity, biogeography, and conservation. CRC Press, Pp. 1-30.*
78. Pezo, D. 2008. Ganadería sostenible en los bosques secos de Guatemala. *En: P. Negreros (ed). II Seminario de investigaciones para la conservación y desarrollo sostenible de los bosques secos de Guatemala, con énfasis en la región semiárida del Valle del Motagua: Libro de resúmenes. FDN/TNC, Pp. 41.*
79. Pinelo, G. 2000. Manual para el establecimiento de parcelas permanentes de muestreo en la Reserva de la Biosfera Maya, Petén, Guatemala. Serie Técnica, Manual Técnico/CATIE No. 40. CATIE, Costa Rica. 52pp.
80. PNUD. 2013. Evaluación del bienestar humano y ambiente en el corredor seco oriental de Guatemala. Programa Naciones Unidas para el Desarrollo (9929-8134), 40pp.
81. Pons, D, E. Castellanos, D. Conde, J. Brincker, D. Incer y A. López. 2018. Escenarios de aridez para Guatemala para los años 2030, 2050 y 2070 utilizando modelos de cambio climático. *Revista Yu'am* 2(4): 4-16.
82. Rivera, P., W. Ochoa y M. Salguero. 2020. Escenarios de cambio climático para Guatemala, C.A. Instituto de Investigaciones Agronómicas y Ambientales, FAUSAC, USAC. 112pp.
83. Roque, E. 2017. Optimización del tamaño de la parcela en un inventario forestal de un bosque seco. Tesis de Ingeniería Forestal. Facultad de Ciencias Forestales. Universidad Nacional Agraria La Molina.
84. Salazar, M. s.f. Propuesta de procedimientos para el establecimiento y seguimiento de parcelas permanentes de medición forestal en plantaciones beneficiarias de PINFOR. Unidad de Fomento y Desarrollo Forestal, INAB. Guatemala. 34pp.
85. Salguero, S. 2013. Determinación de especies forestales potenciales para el establecimiento de bosques energéticos en la región semiárida del Valle del Motagua. FDN-FODECYT, Guatemala. 55pp.
86. Sánchez-Azofeifa, G. 2005. Need for integrated research for a sustainable future in tropical dry forests. *Conservation Biology* 19(2): 285-286.
87. Secaira, S. 2015. Caracterización y comparación de la composición florística, por altitud y orientación de la pendiente, del bosque tropical estacionalmente seco en San Antonio Palopó, Sololá. Tesis de

- Licenciatura. Departamento de Biología. Universidad del Valle de Guatemala.
88. Sistema de Información Forestal de Guatemala. 2020. Estadísticas PINPEP y PROBOSQUE. <http://www.sifgua.org.gt/Estadisticas.aspx>
89. The Plant List. 2018. Version 1.1. Link: <http://www.theplantlist.org/>
90. Trujillo, R. 2009. Impacto del cambio de uso del suelo sobre la diversidad de alacranes (Arachnida: Scorpiones) en el monte espinoso de la cuenca del río Motagua. Tesis de licenciatura en Biología. Universidad de San Carlos de Guatemala.
91. Véliz, M. 2008. Las cactáceas de Guatemala. FONACON-ONCA-USAC, Guatemala. 129pp.
92. Véliz, M. 2008. Análisis comparativo de la diversidad florística y endemismos de las zonas semiáridas de Guatemala. Informe final de proyecto FODECYT No. 27-2006. CONCYT/SENACYT/USAC, 84pp.
93. Wantland, R. 2009. Comparación de la eficiencia de tres tratamientos pregerminativos de semillas, mecánico con cautín; químico con ácido sulfúrico y físico por inmersión en agua caliente, en tres especies de árboles forestales, Teca (*Tectona grandis*); Conacaste (*Enterolobium cyclocarpum*); y Aripín (*Caesalpinea velutina*). Tesis para optar al grado de Licenciatura en Ingeniería Forestal. Departamento de Ingeniería Forestal, Universidad del Valel de Guatemala. 74pp.
94. Williams-Linera, G. 2010. Tropical dry forest landscape restoration in Central Veracruz, Mexico. *Ecological Restoration* 28: 259-261.
95. Yoshimoto, J. y D. Ariano. 2017. El bosque estacionalmente seco de Guatemala: flora, fauna y cultura. PRONATURA Japan, Guatemala. 183 pp.
96. Yoshimoto, J., J. Salinas-Gutiérrez y M. Barrios. 2018. Annotated list of butterflies (Lepidoptera: Papilionoidea) of a Guatemalan dry forest, with two first records for Guatemala. *Tropical Lepidoptera Research* 28(1): 1-8.
97. Yoshimoto, J., J. Salinas-Gutiérrez y M. Barrios. 2019. Butterfly and phenology in a dry forest of the Motagua Valley, Guatemala. *Journal of Lepidopterists Society* 73(3): 191-202.
98. Zamora, G y J. López. 2012. Cercos vivos, más allá de una línea de árboles. Universidad Veracruzana. <https://www.uv.mx/cienciauv/blog/cercosvivosmasalladeunalineadearboles/>
99. ZOOTROPIC-TNC. 2008. Identificación de las oportunidades de conservación en el bosque seco de Guatemala con énfasis en el oriente del país: Informe final. ZOOTROPIC/TNC, Guatemala. 163pp.
100. ZOOTROPIC-CONAP. 2013. Estrategia Nacional de Conservación del Heloderma y su Hábitat 2013–2018. Zootropic-CONAP-Disney Conservation Fund, Ciudad de Guatemala, Guatemala. 32pp.



● Vista desde el mirador de la Reserva Natural Heloderma del bosque estacionalmente seco del Valle del Motagua en marzo en la época seca (derecha) y septiembre en la época lluviosa (izquierda).

    INAB Guatemala
 www.inab.gob.gt



Instituto Nacional de Bosques
Más bosques. Más vida



cooperación
alemana
DEUTSCHE ZUSAMMENARBEIT

KFW