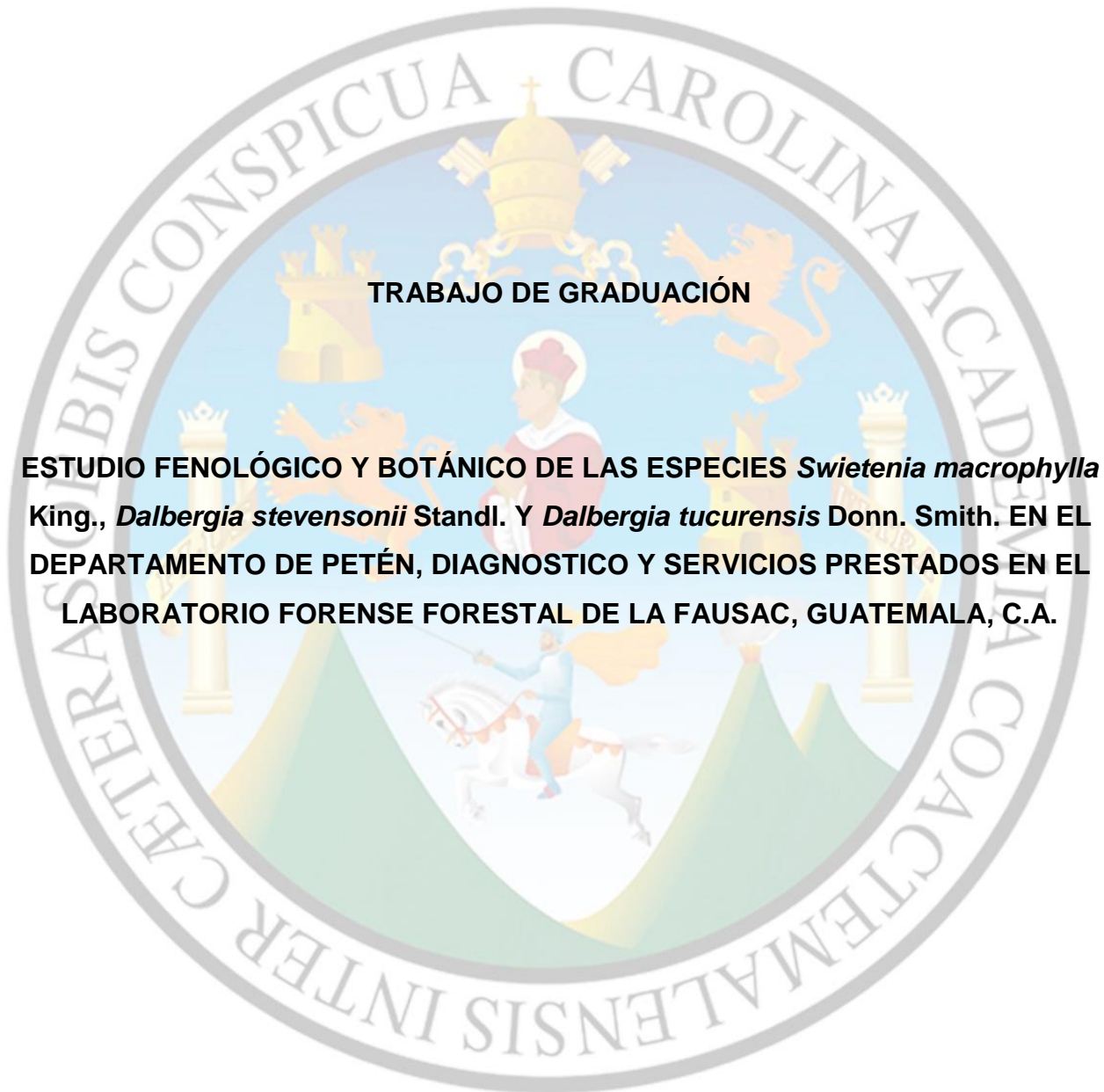


UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

FACULTAD DE AGRONOMÍA

ÁREA INTEGRADA



PABLO IVAN RUÍZ MAZARIEGOS

GUATEMALA, SEPTIEMBRE DE 2017

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

FACULTAD DE AGRONOMÍA

ÁREA INTEGRADA

TRABAJO DE GRADUACIÓN

ESTUDIO FENOLÓGICO Y BOTÁNICO DE LAS ESPECIES *Swietenia macrophylla* King.,
Dalbergia stevensonii Standl. Y *Dalbergia tucurensis* Donn. Smith. EN EL
DEPARTAMENTO DE PETÉN, DIAGNOSTICO Y SERVICIOS PRESTADOS EN EL
LABORATORIO FORENSE FORESTAL DE LA FAUSAC, GUATEMALA, C.A.

PRESENTADO A LA HONORABLE JUNTA DIRECTIVA DE LA FACULTAD DE
AGRONOMÍA DE LA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

POR

PABLO IVAN RUÍZ MAZARIEGOS

EN EL ACTO DE INVESTIDURA COMO

INGENIERO AGRÓNOMO EN
RECURSOS NATURALES RENOVABLES

EN EL GRADO ACADÉMICO DE LICENCIADO

GUATEMALA, SEPTIEMBRE DE 2017

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE AGRONOMÍA

RECTOR

Dr. Carlos Guillermo Alvarado Cerezo

JUNTA DIRECTIVA DE LA FACULTAD DE AGRONOMÍA

DECANO	Ing. Agr. Mario Antonio Godínez López
VOCAL PRIMERO	Dr. Tomás Antonio Padilla Cámara
VOCAL SEGUNDO	Ing. Agr. M.A. César Linneo García Contreras
VOCAL TERCERO	Ing. Agr. Erberto Raúl Alfaro Ortiz
VOCAL CUARTO	P. Agr. Walfer Yasmany Godoy Santos
VOCAL QUINTO	P. Cont. Neydi Yasmine Juracán Morales
SECRETARIO	Ing. Agr. Juan Alberto Herrera Ardón

GUATEMALA, SEPTIEMBRE DE 2017

Guatemala, septiembre de 2017

Honorable Junta Directiva
Honorable Tribunal Examinador
Facultad de Agronomía
Universidad de San Carlos de Guatemala

Honorables miembros:

De conformidad con las normas establecidas por la Ley Orgánica de la Universidad de San Carlos de Guatemala, tengo el honor de someter a vuestra consideración, el trabajo de Graduación **“ESTUDIO FENOLÓGICO Y BOTÁNICO DE LAS ESPECIES *Swietenia macrophylla* King., *Dalbergia stevensonii* Standl. Y *Dalbergia tucurensis* Donn. Smith. EN EL DEPARTAMENTO DE PETÉN, DIAGNOSTICO Y SERVICIOS PRESTADOS EN EL LABORATORIO FORENSE FORESTAL DE LA FAUSAC, GUATEMALA, C.A.”**, como requisito previo a optar al título de Ingeniero Agrónomo en Recursos Naturales Renovables, en el grado académico de Licenciado.

Esperando que el mismo llene los requisitos necesarios para su aprobación, me es grato suscribirme.

Atentamente,

“ID Y ENSEÑAD A TODOS”

Pablo Ivan Ruíz Mazariegos

ACTO QUE DEDICO

AL PUEBLO DE GUATEMALA

Por haber sostenido mi educación pública superior durante mi corta estadía en esta casa de estudios.

A MIS PADRES

Por ser los dos pilares que formaron y forjaron mi camino profesional. Ustedes deberían de estar junto a mí, este logro alcanzado, también es de ustedes.

A MIS HERMANOS

Porque ya somos dos profesionales que contribuimos a las necesidades que aqueja a la población que sostuvo nuestra educación superior. José, te esperamos próximamente en el colegio de profesionales.

A MI FAMILIA

A todos ustedes gracias por ese cariño.

AGRADECIMIENTOS

AL EQUIPO DE TRABAJO
DEL LABORATORIO
FORENSE FORESTAL DE LA
FAUSAC

Por haberme dado la oportunidad de realizar mi EPS en el proyecto de investigación y todos los buenos momentos compartidos.

A LA FUNDACIÓN NATURALEZA
PARA LA VIDA Y AL CONSEJO
NACIONAL DE ÁREAS
PROTEGIDAS

Por el apoyo logístico que me brindó en mi trabajo de campo en el departamento de Petén.

AL HERBARIO DE LA FACULTAD

Especialmente al curador del herbario, Ing. Agr. David Mendieta por las enseñanzas y apoyo que me brindó.

A MERCEDES MONZÓN

Por mostrarme que la vida contigo es mucho más bella que lo que conocía, gracias por todas las lindas experiencias y el apoyo que siempre he conseguido junto a ti.

A MIS COMPAÑERAS Y
COMPAÑEROS, AMIGOS Y AMIGAS

Devik, Ana, Camilo, Vladimir, André, Alejandro, Eduardo, Angelita, Nimrod, Juanita, Narcy.

ÍNDICE GENERAL

	PÁGINA
CAPITULO I	1
1.1 PRESENTACIÓN	3
1.2 OBJETIVOS	4
1.2.1 General.....	4
1.2.2 Específicos	4
1.3 METODOLOGÍA.....	5
1.3.1 Información sobre <i>Swietenia macrophylla</i> King. y de las especies arbóreas del género <i>Dalbergia</i> spp.....	5
1.4 RESULTADOS Y DISCUSIÓN	6
1.4.1 Características biofísicas del departamento de Petén.....	6
1.4.2 Localización de <i>Swietenia macrophylla</i> King. en el departamento de Petén.	8
1.4.3 Localización del género <i>Dalbergia</i> en el departamento de Petén.....	17
1.5 CONCLUSIONES	26
1.6 BIBIOGRAFÍA.....	27
2 CAPÍTULO II.....	29
2.1 PRESENTACIÓN	31
2.2 MARCO TEÓRICO	33
2.2.1 Marco Conceptual.....	33
2.2.2 Marco Referencial.....	37
2.3 OBJETIVOS	40
2.3.1 Objetivo General.....	40
2.3.2 Objetivos Específicos	40
2.4 METODOLOGÍA.....	41
2.4.1 Recopilación de información bibliográfica, de ambiente. (suelo, geología, clima y fisiografía)	41
2.4.2 Distribución de las especies	41
2.4.3 Requisitos para establecer un sitio de estudio fenológico en una población.	42
2.4.4 Monitoreo fenológico	42
2.4.5 Toma de datos.....	43

	PÁGINA
2.4.6	Determinación botánica de <i>S. macrophylla</i> King, <i>D. stevensonii</i> Standl. y <i>D. tucurensis</i> Donn. Smith..... 44
2.4.7	Ingreso de las muestras botánicas de <i>S. macrophylla</i> King., <i>D. stevensonii</i> Standl. y <i>D. tucurensis</i> Donn. Smith. al Herbario de la Facultad de Agronomía (AGUAT). 45
2.5	RESULTADOS Y DISCUSIÓN..... 46
2.5.1	<i>Dalbergia stevensonii</i> Standl. (Rosul) 46
2.5.2	Calendario fenológico <i>Dalbergia stevensonii</i> Standl. 53
2.5.3	<i>Dalbergia tucurensis</i> Donn. Smith. (Granadillo) 58
2.5.4	Calendario Fenológico <i>Dalbergia tucurensis</i> Donn. Smith. 64
2.5.5	<i>Swietenia macrophylla</i> King. (caoba) 67
2.5.6	Calendario Fenológico <i>Swietenia macrophylla</i> King..... 73
2.6	CONCLUSIONES..... 76
2.7	RECOMENDACIONES 78
2.8	BIBLIOGRAFÍAS 79
2.9	ANEXOS 82
3	CAPÍTULO III 95
3.1	PRESENTACIÓN..... 97
3.2	ÁREA DE INFLUENCIA 98
3.3	OBJETIVO GENERAL 98
3.4	SERVICIOS PRESTADOS..... 98
3.4.1	DESCRIPCIÓN DEL SUELO Y DE CLIMA EN QUE SE DESARROLLA LAS ESPECIES <i>Swietenia macrophylla</i> King. <i>Dalbergia stevensonii</i> Standl. y <i>Dalbergia tucurensis</i> Donn Smith. 98
3.4.2	COLECTA Y HERBORIZACIÓN DE LAS ESPECIES ARBÓREAS ASOCIADAS A <i>Swietenia macrophylla</i> King., <i>Dalbergia stevensonii</i> Standl y <i>Dalbergia tucurensis</i> Donn Smith. 120
3.4.3	DISTRIBUCIÓN GEOGRÁFICA DE <i>Swietenia macrophylla</i> King. <i>Dalbergia stevensonii</i> Standl. y <i>Dalbergia tucurensis</i> Donn Smith. EN EL DEPARTAMENTO DE PETÉN. 126
3.5	EVALUACIÓN GENERAL 132
3.6	BIBLIOGRAFÍA 133

ÍNDICE DE FIGURAS

	Página
Figura 1. Distribución geográfica reportada para la especie <i>Swietenia macrophylla</i> King. en el Departamento de Petén.	10
Figura 2. Cobertura forestal del año 2010 y distribución geográfica reportada para la especie <i>Swietenia macrophylla</i> King. en el departamento de Petén.	11
Figura 3. Vías de acceso y distribución geográfica reportada de <i>Swietenia macrophylla</i> King. en el departamento de Petén.	12
Figura 4. Zonas de vida y distribución geográfica reportada de <i>Swietenia macrophylla</i> King. en el departamento de Petén.	13
Figura 5. Hidrología superficial y distribución geográfica reportada de <i>Swietenia macrophylla</i> King. del departamento de Petén.	14
Figura 6. Precipitación media (mm) y distribución geográfica reportada de <i>Swietenia macrophylla</i> King. en el departamento de Petén.	15
Figura 7. Temperatura media (°C) y distribución geográfica reportada de <i>Swietenia macrophylla</i> King. en el departamento de Petén.	16
Figura 8. Distribución geográfica reportada para el género <i>Dalbergia</i> en el departamento de Petén.	19
Figura 9. Cobertura forestal del año 2010 y distribución geográfica reportada para el género <i>Dalbergia</i> en el departamento de Petén.	20
Figura 10. Vías de acceso y distribución geográfica reportada para el género <i>Dalbergia</i> en el departamento de Petén.	21
Figura 11. Zonas de vida y distribución geográfica reportada para el género <i>Dalbergia</i> en el departamento de Petén.	22
Figura 12. Hidrología superficial y distribución geográfica reportadas para el género <i>Dalbergia</i> del departamento de Petén.	23
Figura 13. Precipitación media (mm) y distribución geográfica reportada para el género <i>Dalbergia</i> del departamento de Petén.	24
Figura 14. Temperatura media (°c) y distribución geográfica reportada para el género <i>Dalbergia</i> en el departamento de Petén.	25
Figura 15. División política- administrativo del departamento de Petén.	38
Figura 16. Características del ambiente de donde se desarrolla <i>D. stevensonii</i> Standl.	47
Figura 17. Características del fuste de <i>Dalbergia stevensonii</i> Standl.	48
Figura 18. Hoja compuesta de <i>Dalbergia stevensonii</i> Standl.	49
Figura 19. Características de la inflorescencia de <i>D. stevensonii</i>	50
Figura 20. Fruto de <i>Dalbergia stevensonii</i> Standl.	51
Figura 21. Mancha color verde limón en el centro del estandarte de la flor de <i>D. stevensonii</i> Standl.	52

	PÁGINA
Figura 22. Climadiagrama y cuadro fenológico de <i>Dalbergia stevensonii</i> Standl. de la zona Media de Petén.....	53
Figura 23. Climadiagrama de la estación Poptún y cuadro fenológico de <i>Dalbergia stevensonii</i> Standl. de la zona Sur de Petén.	55
Figura 24. Plantas epifitas cubriendo parte del fuste de <i>D. tucurensis</i> Donn. Smith.....	58
Figura 25. Características del ambiente de donde se desarrolla <i>D. tucurensis</i> Donn. Smith..	59
Figura 26. Características morfológicas de <i>D. tucurensis</i> Donn. Smith.	60
Figura 27. Morfología de la hoja de <i>D. tucurensis</i> Donn. Smith.	61
Figura 28. Características morfológicas del fruto de <i>D. tucurensis</i> Donn. Smith.	62
Figura 29. Calendario fenológico <i>Dalbergia tucurensis</i> Donn. Smith. para el departamento de Petén.....	64
Figura 30. Características del ambiente en donde se desarrolla <i>S. macrophylla</i> King.....	68
Figura 31. Características morfológicas de <i>S. macrophylla</i> King.	69
Figura 32. Hoja de <i>Swietenia macrophylla</i> King.....	70
Figura 33. Características morfológicas de la inflorescencia de <i>S. macrophylla</i> King.....	71
Figura 34. Características morfológicas del fruto de <i>S. macrophylla</i> King.	72
Figura 35. Climadiagrama de la estación Tikal y cuadro fenológico de <i>Swietenia macrophylla</i> King.....	73
Figura 36 A. Inflorescencia de <i>Swietenia macrophylla</i> King.....	83
Figura 37 A. Flor, fruto y semilla de <i>Swietenia macrophylla</i> King.	84
Figura 38 A. Frutos, fuste y colecta de <i>Swietenia macrophylla</i> King.....	85
Figura 39 A. Inflorescencia de <i>Dalbergia stevensonii</i> Standl.	86
Figura 40 A. Frutos y semillas de <i>Dalbergia stevensonii</i> Standl.	87
Figura 41 A. Corteza, albura (se oxida cuando se infringe daño)y hojas de <i>Dalbergia stevensonii</i> Standl.....	88
Figura 42 A. Frutos, corteza (se oxida cuando se infringe daño) y hoja de <i>Dalbergia tucurensis</i> Donn. Smith.....	89
Figura 43 A. Hojas y árbol maduro de <i>Dalbergia tucurensis</i> Donn. Smith.	90
Figura 44 A. Voucher <i>Dalbergia stevensonii</i> Standl.....	91
Figura 45 A. Voucher <i>Swietenia macrophylla</i> King.	92
Figura 46 A. Voucher <i>Dalbergia tucurensis</i> Donn. Smith.....	93
Figura 47. Formato del climadiagrama	105
Figura 48. Climadiagrama de la Estación Flores datos históricos del 1990 al 2015 y su relación con el calendario fenológico 2015 de <i>Dalbergia stevensonii</i> Standl., en el municipio de Flores, Petén.	109
Figura 49. Climadiagrama de la Estación Flores año 2015 y su relación con el calendario fenológico 2015 de <i>Dalbergia stevensonii</i> Standl., en el municipio de Flores, Petén.	109

Figura 50. Climadiagrama de la estación Poptún del año 2012 al 2015 y su relación con el calendario fenológico 2015 de <i>Dalbergia stevensonii</i> Standl., en el municipio de Poptún	111
Figura 51. Climadiagrama de la estación Poptún del año 2015 y su relación con el calendario fenológico 2015 de <i>Dalbergia stevensonii</i> Standl., en el municipio de Poptún	111
Figura 52. Climadiagrama de la estación Tikal del año 2002 al 2015 y su relación con el calendario fenológico 2015 de <i>Swietenia macrophylla</i> King., en el municipio de Flores, Petén.	113
Figura 53. Climadiagrama de la estación Tikal del año 2015 y su relación con el calendario fenológico 2015 de <i>Swietenia macrophylla</i> King., en el municipio de Flores, Petén.	114
Figura 54. Climadiagrama de la estación Poptún del año 2012 al 2015 y su relación con el calendario fenológico 2015 de <i>Dalbergia tucurensis</i> Donn., en el municipio de San Luis, Petén.....	116
Figura 55. Climadiagrama de la estación Poptún del año 2015 y su relación con el calendario fenológico 2015 de <i>Dalbergia tucurensis</i> Donn., en el municipio de San Luis, Petén	116
Figura 56. Textura del suelo, suelo arcilloso, agrietado en la superficie	119
Figura 57. Mapa de exploración <i>Swietenia macrophylla</i> King, <i>Dalbergia stevensonii</i> Standl. y <i>Dalbergia tucurensis</i> Donn. Smth., en el departamento de Petén.	128
Figura 58. Mapa de monitoreo de <i>Dalbergia stevensonii</i> Standl. en el departamento de Petén	129
Figura 59. Mapa de monitoreo de <i>Dalbergia tucurensis</i> Donn. Smith. en el departamento de Petén.	130
Figura 60. Mapa de monitoreo del <i>Swietenia macrophylla</i> King. en el departamento de Petén.	131

ÍNDICE DE CUADROS

	PÁGINA
Cuadro 1. Ubicación de la especie <i>Swietenia macrophylla</i> King. en el departamento de Petén	9
Cuadro 2. Ubicación del género <i>Dalbergia</i> en el departamento de Petén.....	18
Cuadro 3. Calendario fenológico para <i>S. macrophylla</i> King. en Honduras.....	34
Cuadro 4. Calendario fenológico para <i>S. macrophylla</i> King. para el Parque Nacional Laguna Lachúa.	35
Cuadro 5. Calendario fenológico para <i>Dalbergia</i> spp para el Parque Nacional Laguna Lachúa.....	36
Cuadro 6. Calendario fenológico de <i>D. stevensonii</i> Standl.....	36
Cuadro 7. Calendario fenológico para <i>D. tucurensis</i> Donn. Smith. en Honduras.....	37
Cuadro 8. Datos a considerar en la recopilación de información en campo	43
Cuadro 9. Clase textural y color del suelo en húmedo y seco de los sitios explorados de <i>Swietenia macrophylla</i> King.....	106
Cuadro 10. Clase textural y color del suelo en húmedo y seco para el sitio explorado de <i>Dalbergia tucurensis</i> Donn. Smth.....	107
Cuadro 11. Clase textural y color del suelo en húmedo y seco para los sitios monitoreados de <i>Dalbergia stevensonii</i> Standl.....	107
Cuadro 12. Especies asociadas a <i>Swietenia macrophylla</i> King. colectadas al herbario AGUAT	123
Cuadro 13. Especies asociadas a <i>Swietenia macrophylla</i> King. observadas en el campo	123
Cuadro 14. Especies asociadas a <i>Dalbergia stevensonii</i> Standl. Ingresadas al herbario AGUAT	124
Cuadro 15. Especies asociadas a <i>Dalbergia stevensonii</i> Standl. observadas en campo.	124
Cuadro 16. Variable a tomar en campo.....	127

RESUMEN GENERAL

El presente documento es una sistematización de las actividades desarrolladas durante los meses de febrero a noviembre del año 2015, como parte del Ejercicio Profesional Supervisado –EPS- de la Facultad de Agronomía en la carrera de Recursos Naturales Renovables, de la Universidad de San Carlos de Guatemala, apoyado por el proyecto de investigación “Establecimiento de un laboratorio forense para la identificación y descripción de maderas para la aplicación de los procesos legales y de los sistemas de trazabilidad de los productos incluidos en la Convención Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestres –CITES-”, el documento incluye tres capítulos, diagnóstico, investigación y servicios.

El Capítulo de Diagnóstico se destinó a la recopilación bibliográfica sobre la distribución natural de *Swietenia macrophylla* King. y a las especies arbóreas del género *Dalbergia*, específicamente en el departamento de Petén, área de influencia de estudio. Para ello se consultó la Flora de Guatemala (Stanley & Steyermark, 1946), la Flora de Nicaragua, Inventarios Forestales del Instituto Nacional de Bosques –INAB- y de la Fundación Naturaleza para la Vida –FNPV-, la base de datos del Consejo Nacional de Áreas Protegidas –CONAP- y reportes botánicos para el departamento de Petén en The Plant List. Toda la información recabada se proyectó en un sistema de información geográfica con las capas del Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación –MAGA-, obteniendo como resultados mapas de la distribución natural de *Swietenia macrophylla* King. y de las especies arbóreas del género *Dalbergia*.

El Capítulo II incluye el informe del estudio botánico y fenológico de *Swietenia macrophylla* King, *Dalbergia stevensonii* Standl. y *Dalbergia tucurensis* Donn. Smith. en el departamento de Petén. La parte botánica consistió en la colecta de material vegetal de las especie monitoreada en cada etapa fenológica (vegetativo, floración y fructificación) y se describió en el herbario “Prof. José Ernesto Carrillo” de la Facultad de Agronomía, con la ayuda de claves botánicas. La fenología de cada especie se monitoreó en períodos cortos, dependiendo del estado, se elaboraron calendarios fenológicos de cada especie y se

compararon con parámetros climáticos de estaciones meteorológicas más cercana a las zonas de monitoreo.

El último capítulo se basa en los servicios prestados en el proyecto de investigación, en el cual se aportó información de interés sobre las especies *Swietenia macrophylla* King., *Dalbergia stevensonii* Standl. y *Dalbergia tucurensis* Donn. Smith, como la descripción del suelo y clima en que se desarrollan las especies arbóreas, la colecta, herborización y el ingreso de los especímenes botánicos de las especies arbóreas asociadas a las especies *Swietenia macrophylla* King., *Dalbergia stevensonii* Standl. y *Dalbergia tucurensis* Donn. Smith y la elaboración de mapas de las áreas monitoreadas.



CAPÍTULO I
**DIAGNÓSTICO: DISTRIBUCIÓN DE *Swietenia macrophylla* King. Y DE LAS
ESPECIES ARBÓREAS DEL GÉNERO *Dalbergia* EN EL DEPARTAMENTO DE PETÉN**

1.1 PRESENTACIÓN

El departamento de Petén por encontrarse en la zonas de vida de bosque subtropical húmedo y muy húmedo, alberga especies forestales consideradas maderas preciosas, especialmente la caoba (*Swietenia macrophylla* King.) y rosul (*Dalbergia spp*) que se encuentran incluidos en el apéndice II del convenio sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazados de Flora y Fauna –CITES-, que las expone en peligro de extinción si no se regula su comercio.

El departamento de Petén está en constante presión por el comercio ilegal de maderas preciosas, por lo que la distribución natural de estas especies forestales se ha reducido a bosques de áreas protegidas que cubren casi el 73% de su territorio y remanentes de bosques que fueron afectados por el cambio de uso de la tierra como la ganadería y la agricultura extensiva, por lo que identificar posibles poblaciones naturales según las referencias bibliográficas y colectas botánicas de *Swietenia macrophylla* King. y especies arbóreas del género *Dalbergia*, contribuirá a exploraciones de reconocimiento, colectas botánicas e inventarios forestales para actualizar información sobre la distribución y estado actual de las poblaciones.

La distribución de estas especies se adecuan al clima, suelo y relieve de Petén, por lo que se recopiló información documental sobre la distribución y reportes botánicos; la especie *Swietenia macrophylla* King. se distribuye principalmente en la parte Norte de Petén, especialmente en los concesionarios forestales, que es donde todavía se encuentran ejemplares en bosques naturales; de las especies arbóreas del género *Dalbergia* se encontraron pocos reportes botánicos, encontrándose solo reportes de *D. stevensonii* Standl. y *D. tucurensis*, según el inventario nacional realizado por la Fundación Naturaleza para la Vida – FNPV-. Estas especies se distribuye principalmente en la zona Sur y media de Petén en donde todavía se encuentran en los remanentes de bosques que han quedado por el cambio de uso de la tierra,

En Guatemala no se tiene la certeza de cuales especies arbóreas del género *Dalbergia* existen por la incertidumbre botánica de este, por lo que la probabilidad de encontrar otras especies arbóreas es alta. Con la información recabada a nivel bibliográfico se realizaron, mapas temáticos sobre la distribución de estos géneros para realizar reconocimientos, exploraciones que validen la existencia de estos géneros en las áreas reportadas con anterioridad.

1.2 OBJETIVOS

1.2.1 General

Conocer la distribución de *Swietenia macrophylla* King. y las especies arbóreas del género *Dalbergia*, con la finalidad de elaborar mapas temáticos de su distribución espacial que sirvan de base para exploraciones futuras.

1.2.2 Específicos

Ubicar en base a revisión bibliográfica, las áreas potenciales de existencia de *Swietenia macrophylla* King.

Ubicar en base a la revisión bibliográfica, las áreas potenciales de existencia de especies arbóreas del género *Dalbergia*.

Elaborar mapas temáticos para identificar áreas de distribución espacial de *Swietenia macrophylla* King., y de las especies arbóreas del género *Dalbergia*.

1.3 METODOLOGÍA

1.3.1 Información sobre *Swietenia macrophylla* King. y de las especies arbóreas del género *Dalbergia* spp.

A. Revisión bibliográfica

Se consultó la Flora de Guatemala, Volumen 24, parte V (Paul C. Standley; Julian A. Steyermark). sobre el género *Swietenia* y el género *Dalbergia*.

Se consultó el historial de inventarios realizados por el Consejo de Áreas Protegidas (CONAP) y Fundación Naturaleza para la Vida (FNPV) en el departamento de Petén.

Se revisaron documentos de investigación recientes sobre el tema realizados en el departamento de Petén los cuales fueron: Classification and ordination of the tree community of Tikal National Park (Schulze; Whitacre. 1999) Diagnóstico de la caoba (*Swietenia macrophylla* King.) en Mesoamérica (Calvo. 2000.)

B. Análisis y sistematización de la información obtenida

Se elaboraron cuadros de la distribución de *Swietenia macrophylla* King. y de las especies arbóreas del género *Dalbergia*, recopilando las coordenadas geográficas de distribución de donde se hallan reportado la especie *Swietenia macrophylla* King. y las especies arbóreas del género *Dalbergia*.

Se realizó un informe referente a la distribución espacial, para ello se elaboraron mapas a nivel de reconocimiento escala 1:1,500,000 identificando los lugares en donde se hallan reportado la especie *Swietenia macrophylla* King. y las especies arbóreas del género

Dalbergia., conjuntamente se describió la zona de vida en donde se identificaron tomando como referencia el Mapa de Zona de Vida de Guatemala a una escala de 1:250,000.

Con la información obtenida se realizaron mapas temáticos de la distribución general del género *Swietenia macrophylla* King y las especies del género *Dalbergia*.

Se elaboraron mapas de la distribución espacial de la especie *Swietenia macrophylla* King. y las especies del género *Dalbergia*, mapas de vías de acceso 1:1,500,000, mapas de centros poblados 1:1500,000 y mapas de zona de vida escala 1:250,000 y mapas hidrológicos.

1.4 RESULTADOS Y DISCUSIÓN

1.4.1 Características biofísicas del departamento de Petén

A. Ubicación geográfica

Ubicado en el extremo septentrional de Guatemala, limita al Norte y el Oeste con México, al Este con Belice, al Sur con los departamentos de Izabal y Alta Verapaz. Posee una extensión territorial de 35,854 km² con cabecera departamental el Municipio de Flores (SEGEPLAN 2013- Diagnóstico Territorial de Petén).

B. Relieve

Posee una altitud promedio de 127 msnm, es atravesado por varias cadenas montañosas que alcanzan alturas que en pocas áreas exceden los 500 m s.n.m. Geológicamente estas formaciones son parte de las mesetas de piedra caliza de la península de Yucatán (SEGEPLAN 2013- Diagnóstico Territorial de Petén).

C. Aspectos Climáticos

El clima de Petén es de tipo tropical cálido y húmedo, se caracteriza como tropical variable-húmedo, con época larga de lluvia y con época seca desarrollada, pero de duración variable entre diciembre/enero y abril/mayo. La temperatura media mensual varía entre 21°C en el mes de enero y 32°C en el mes de mayo (SEGEPLAN, 2013- Diagnóstico Territorial de Petén).

D. Zonas de Vida, según Holdridge

El departamento de Petén cuenta con dos zonas de vida que son:

Bosque húmedo subtropical cálido (bh-SC), que comprende la parte Norte de Petén y ocupa el 63% de la superficie del departamento, presenta biotemperatura de 22°C a 27°C; la elevación varía entre los 50 a 275 msnm. La vegetación indicadora está representada por: *Sabal morisiana* (botán), *Pimenta dioica* (pimienta), *Manilkara zapota* (chicozapote), *Pseudobombax ellipticum* (amapola), *Aspidosperma megalocarpon* (malerio colorado), *Alseis yucatenensis* (son), *Metopium browneii* (chechen negro), *Byrsonima crassifolia* (nance), *Curatela americana* (lengua de vaca), *Xilopia frutescens* (majagua), *Quercus oleoides* (roble), entre otras.

Bosque muy húmedo subtropical cálido (bmh-SC), que comprende la parte Sur de Petén que corresponde el 37% del departamento, presenta precipitaciones pluviales de 1587 a 2000 mm, la elevación varía entre 80 a los 1600 msnm. La vegetación indicadora está representada por: *Orbignya cuhume* (corozo), *Terminalia amazonia* (canxán), *Brosimum alicastrum* (ramón blanco), *Lonchocarpus ssp.* (yaxmogen o palo de gusano), *Ceiba pentandra* (ceiba), *Vochysia hondurensis* (San Juan), *Pinus caribaea* (pino de Petén), entre otras (SEGEPLAN 2013- Diagnóstico Territorial de Petén).

E. Suelos

Los suelos de Petén están clasificados como Tierras Calizas Bajas del Norte de Petén, suelos de disolución de material calcáreo lo que explica porque son suelos pocos profundos.

Según la clasificación de la FAO-UNESCO el departamento de Petén posee cinco ordenes de suelos según el Mapa de Clasificación Taxonómica de Suelos Primera aproximación de la República de Guatemala escala 1:2,000,000 los cuales son: Mollisoles, Ultisoles, Vertisoles, Alfisoles, Inceptisoles y Entisoles

1.4.2 Localización de *Swietenia macrophylla* King. en el departamento de Petén.

A. Distribución y Hábitat natural

Swietenia macrophylla King., presenta una distribución que se extiende desde el Sur de México, en la Península de Yucatán a través de Belice, la costa Atlántica de Guatemala, Honduras y Nicaragua hasta el Norte de Costa Rica.

Generalmente habita en bosques clasificados como Tropical seco, en altitudes de 50 a 500 msnm pudiendo llegar hasta los 1400 msnm, con precipitaciones entre 2640 mm y 3000 mm y temperaturas mayores a 25°C. La caoba crece naturalmente en una gama muy amplia de tipos de suelo, incluidas las que resulten de rocas sedimentarias, ígneas y metamórficas, y los que son de origen de aluviones volcánicos (Mayhew y Newton, 1998).

B. Distribución de *Swietenia macrophylla* King. reportada en Petén.

El género *Swietenia macrophylla* King. se encuentra distribuido naturalmente en todo Petén según la flora de Guatemala (Paul C. Standley; Julian A. Steyermark), pero por actividades

de cambio de uso de la tierra se redujo únicamente en áreas protegidas y en los concesionarios forestales, según el mapa de cobertura.

Lam 1966 y Pennington 1981, citado por Calvo muestra que la distribución de *Swietenia macrophylla* King. se distribuye desde Yucatán, la parte Norte de Guatemala y casi todo Belice.

El inventario de cedro, caoba y rosul reporta individuos distribuidos especialmente en los municipios de Flores, San Benito, San Luis, Dolores y San Francisco (Fundación Naturaleza para la Vida –FNPV-. 2010).

En el siguiente cuadro, se puede observar la distribución en los sitios específicos.

Cuadro 1. Ubicación de la especie *Swietenia macrophylla* King. en el departamento de Petén

Sitio	Municipio	Especie
San Andrés	San Andrés	<i>S. macrophylla</i>
Carmelita	San Andrés	<i>S. macrophylla</i>
Cruce a la Colorada	San Andrés	<i>S. macrophylla</i>
La Colorada	San Andrés	<i>S. macrophylla</i>
La Pasadita	San Andrés	<i>S. macrophylla</i>
La Gloria	San José	<i>S. macrophylla</i>
Uaxactun	Flores	<i>S. macrophylla</i>
Las Ventanas	Flores/Melchor de Mencos	<i>S. macrophylla</i>
La Unión	Melchor de Mencos	<i>S. macrophylla</i>
Chosquitán	Melchor de Mencos	<i>S. macrophylla</i>
Parque Nacional Tikal	Flores	<i>S. macrophylla</i>

Todos los sitios mostrados en el cuadro son las concesiones forestales ubicadas en la parte Norte de Petén, por su distribución natural, la cobertura forestal que posee *Swietenia macrophylla* King.

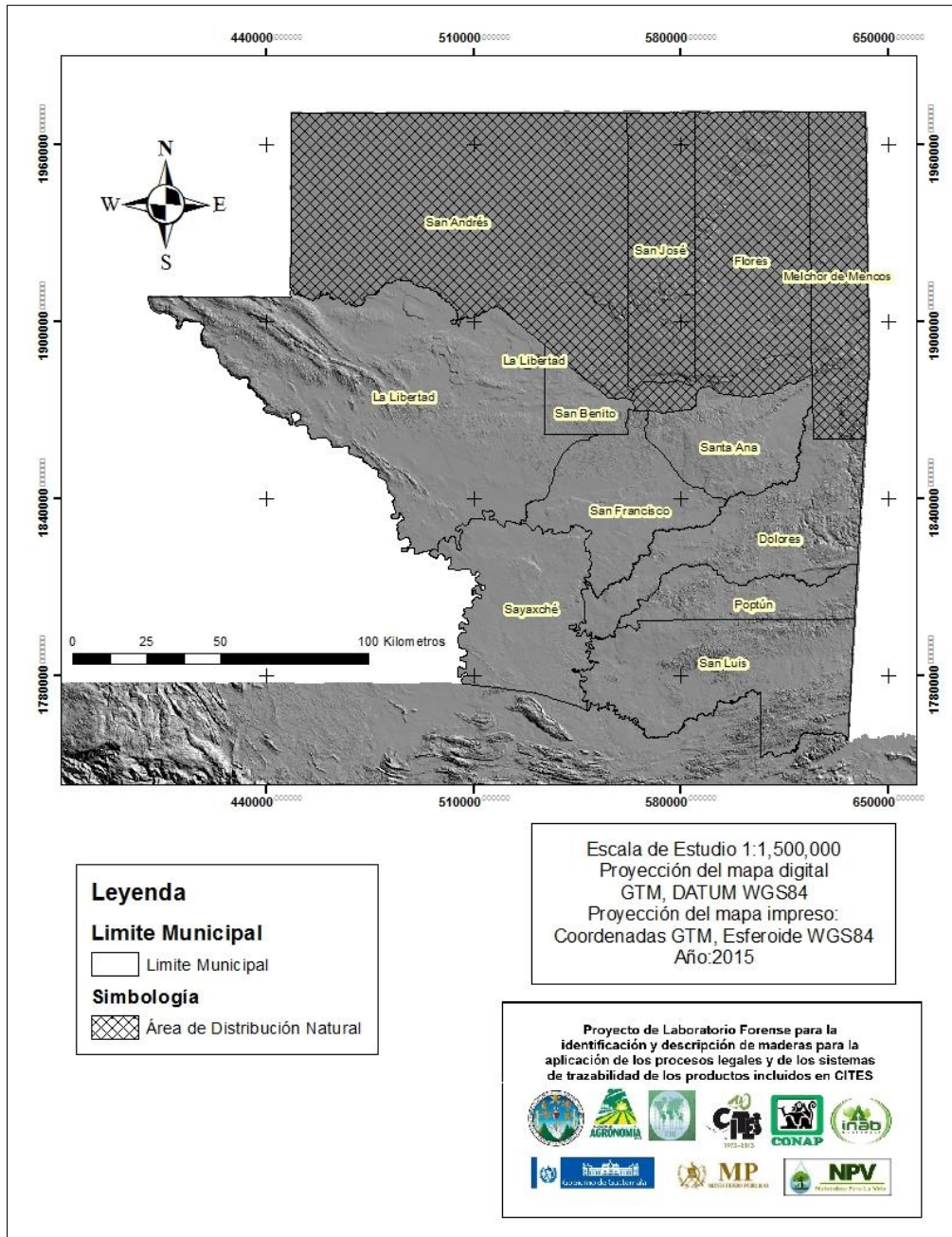


Figura 1. Distribución geográfica reportada para la especie *Swietenia macrophylla* King. en el Departamento de Petén.

C. Distribución geográfica reportada para la especie *Swietenia macrophylla* King.

Swietenia macrophylla King. se distribuye principalmente en el Norte del departamento de Petén, específicamente en los concesionarios forestales en donde se le da un manejo sostenible al bosque.

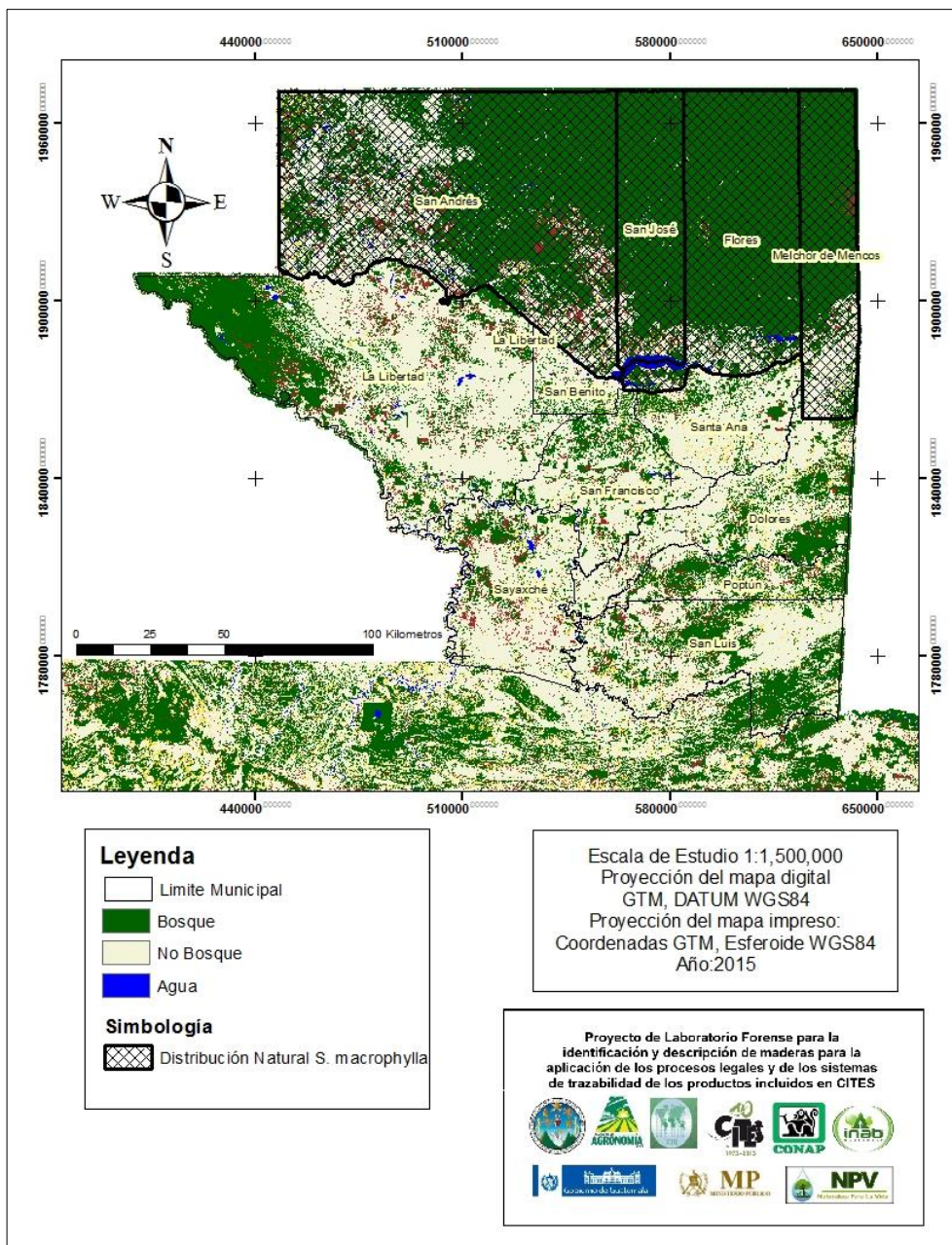


Figura 2. Cobertura forestal del año 2010 y distribución geográfica reportada para la especie *Swietenia macrophylla* King. en el departamento de Petén.

D. Cobertura forestal 2010 del departamento de Petén

La distribución natural de *Swietenia macrophylla* King. se encuentra en el área de mayor cobertura forestal del departamento hasta el año 2010, cabe señalar que el área en donde se distribuye naturalmente la especie es un área protegida.

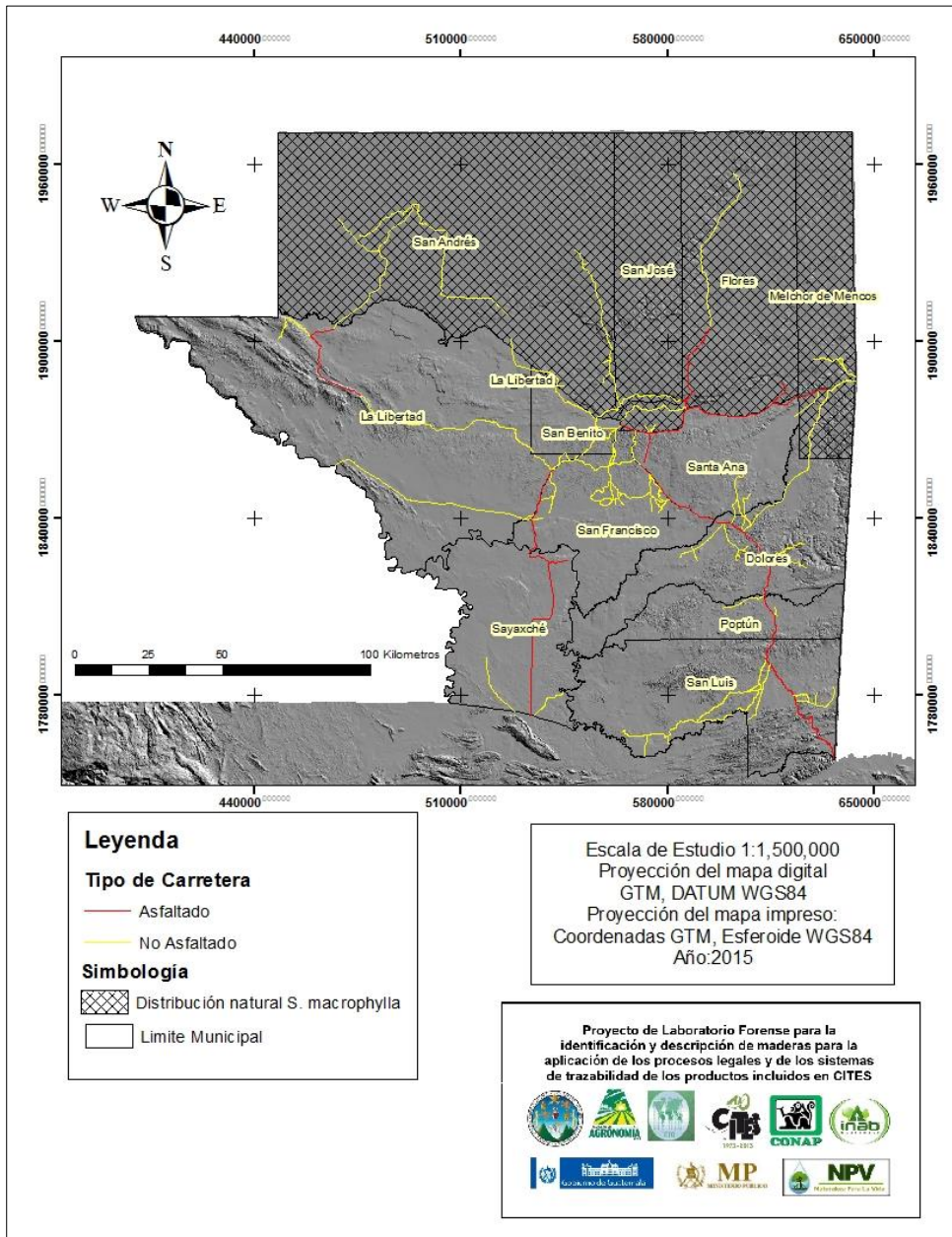


Figura 3. Vías de acceso y distribución geográfica reportada de *Swietenia macrophylla* King. en el departamento de Petén

E. Red vial del departamento de Petén

En el departamento de Petén consta de una red vial muy extensa que comunica a todos los municipios del departamento, sin embargo, no en toda la red vial esta pavimentada, en lo que se traduce al difícil acceso en época de lluvia hasta los puntos de los reportes.

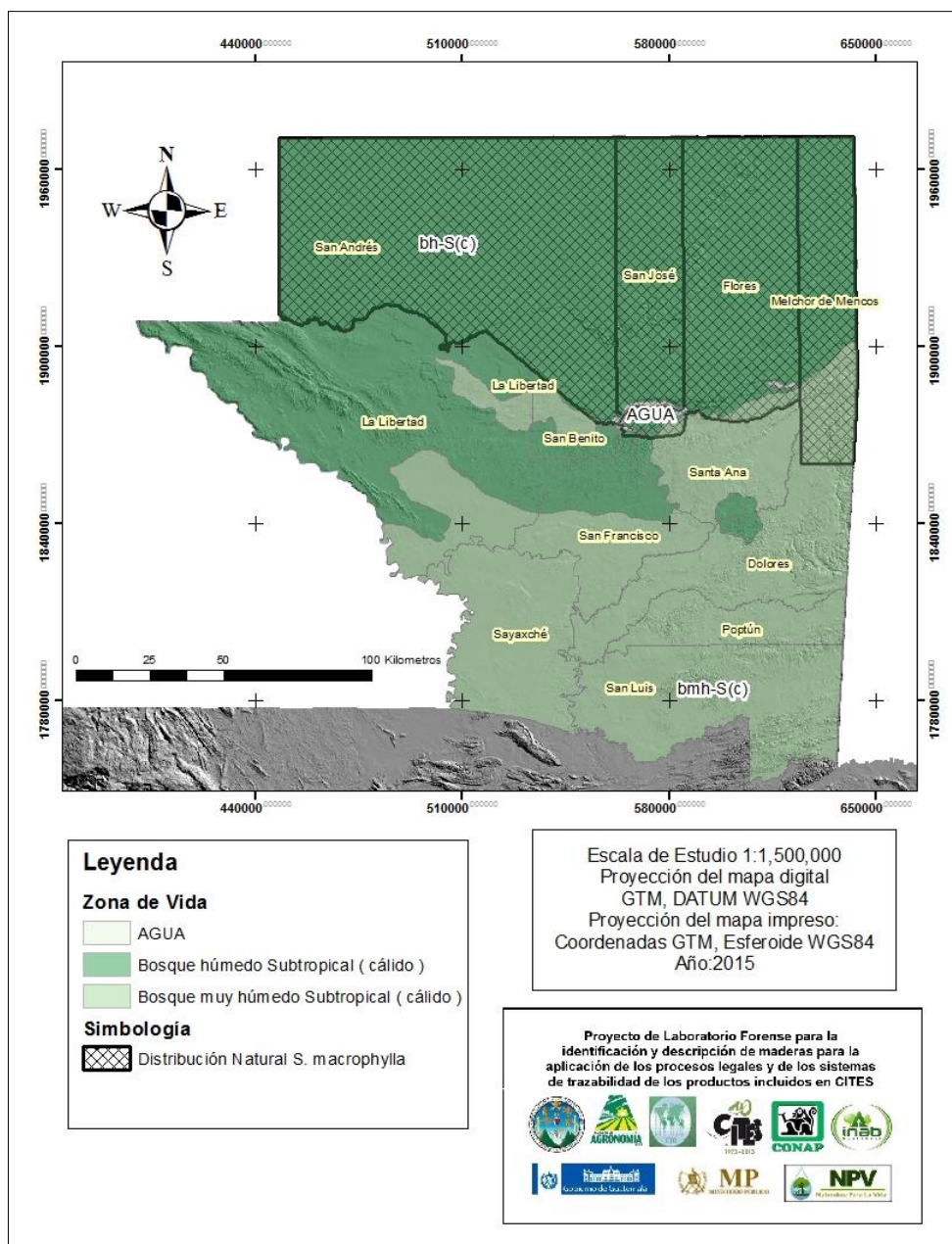


Figura 4. Zonas de vida y distribución geográfica reportada de *Swietenia macrophylla* King. en el departamento de Petén.

F. Zonas de vida según Holdridge del departamento de Petén

El departamento consta con dos zonas de vida, el Bosque húmedo Subtropical (cálido) que comprende la parte Norte del departamento y ocupa 63% del territorio y el Bosque muy húmedo Subtropical (cálido) que abarca la parte Sur del departamento y ocupa el 37% del territorio. La distribución natural de *Swietenia macrophylla* abarca principalmente la zona de vida Bosque húmedo Subtropical (cálido)

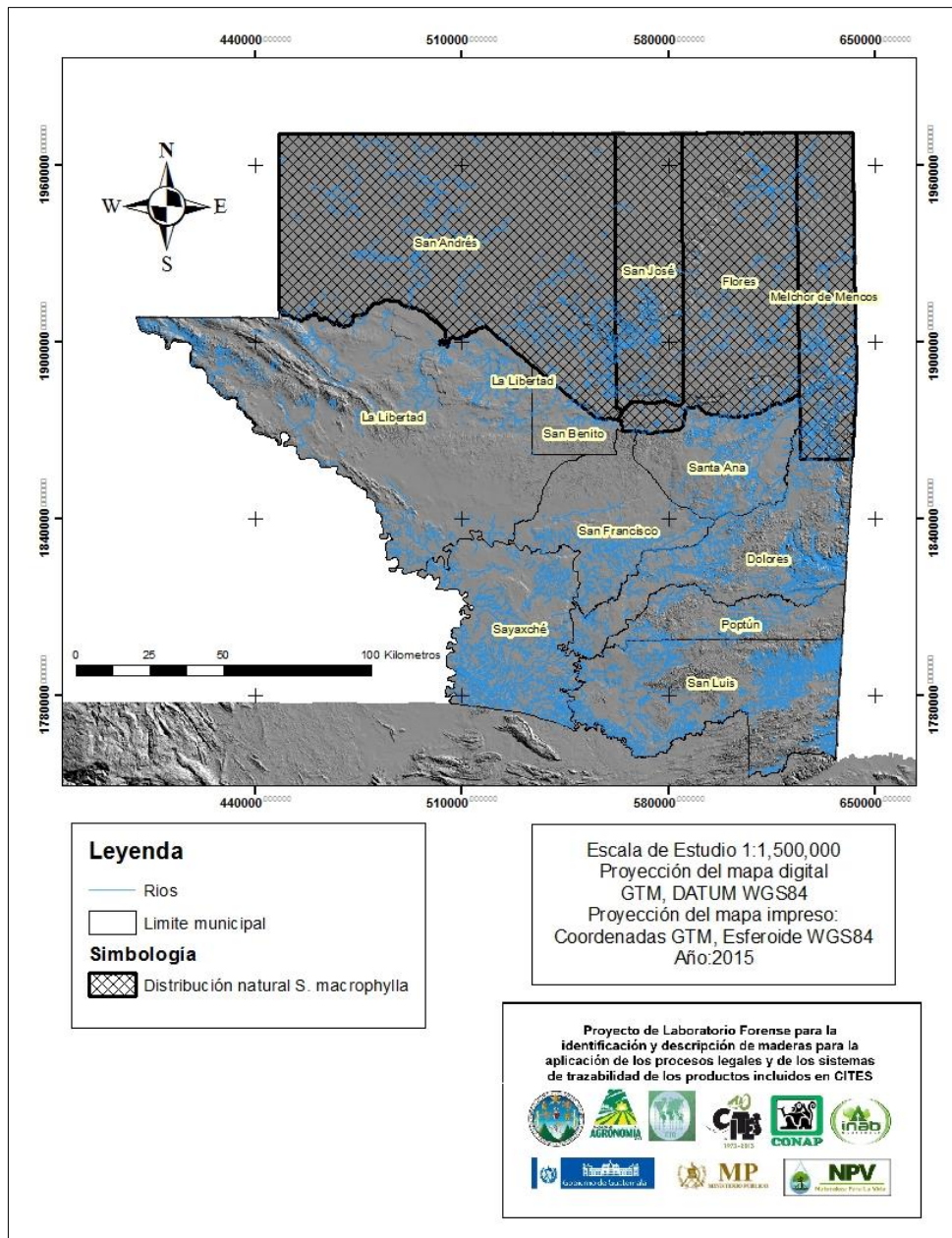


Figura 5. Hidrología superficial y distribución geográfica reportada de *Swietenia macrophylla* King. del departamento de Petén

G. Hidrología superficial del departamento de Petén

El mapa de hidrología superficial muestra que la distribución natural de *Swietenia macrophylla* King. opta por un ambiente, en donde haya baja densidad de cuerpos de agua para desarrollarse.

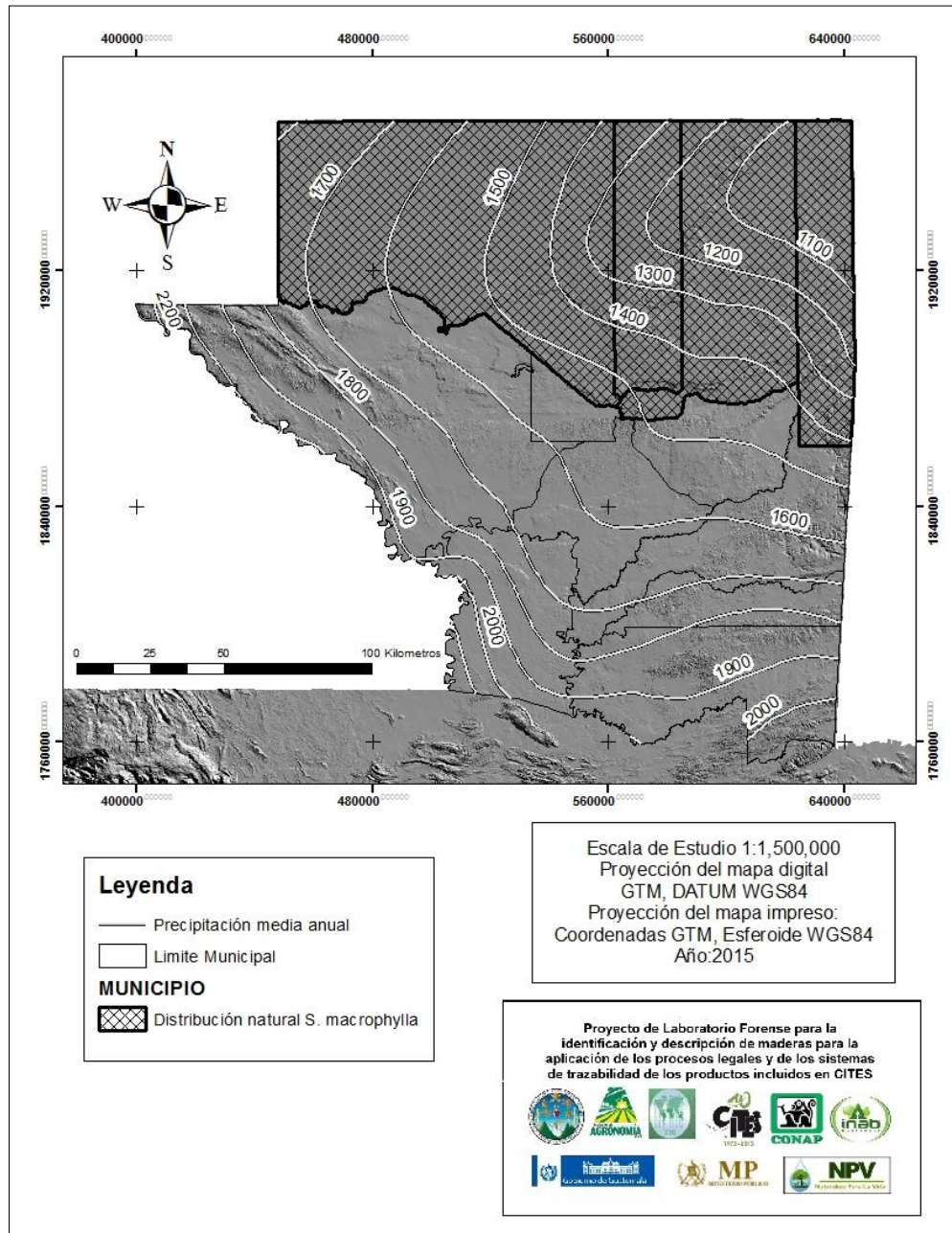


Figura 6. Precipitación media (mm) y distribución geográfica reportada de *Swietenia macrophylla* King. en el departamento de Petén

H. Precipitación media (mm) del departamento de Petén

La precipitación media en donde se localiza la distribución natural de *Swietenia macrophylla* King. se encuentra entre 1100 hasta 1500 mm anuales según la capa del Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación –MAGA- 2009.

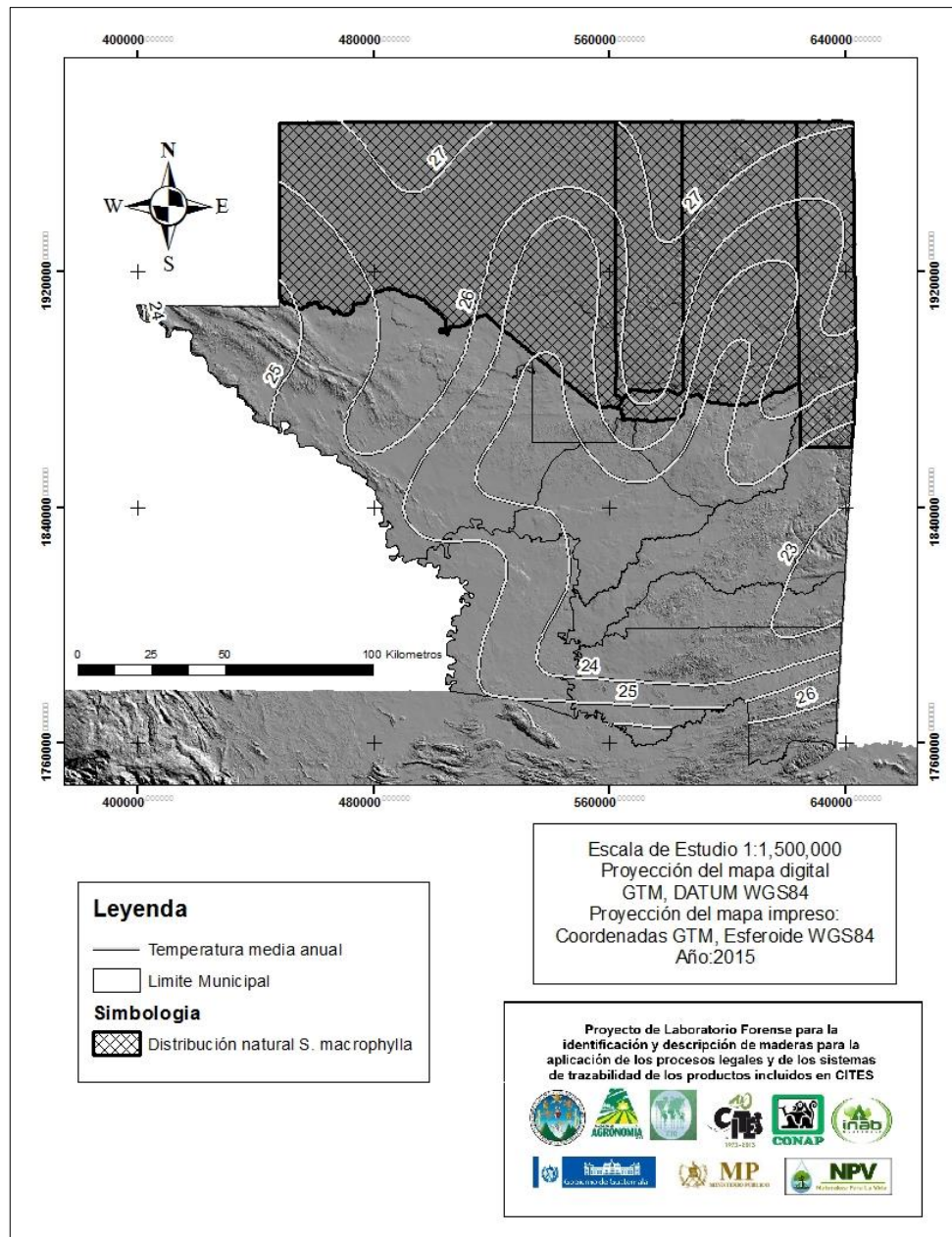


Figura 7. Temperatura media ($^{\circ}\text{C}$) y distribución geográfica reportada de *Swietenia macrophylla* King. en el departamento de Petén

I. Temperatura media ($^{\circ}\text{C}$) del departamento de Petén

La temperatura media en donde se encuentra distribuida *Swietenia macrophylla* King. se encuentran entre 24°C y 27°C según los datos del MAGA 2009, lo que coincide con la bibliografía consultada.

1.4.3 Localización del género *Dalbergia* en el departamento de Petén

A. Distribución y Hábitat

Existen aproximadamente veinte especies de tipo arborescentes del género *Dalbergia* (Linares J. y Sousa SM), y en Guatemala se reportan únicamente siete *D. calycina*, *D. funera*, *D. laevigata*, *D. melanocardium*, *D. pacifica*, *D. stevensonii* Standl. y *D. tucurensis* (Standley, PC; Steyermark), pero en el departamento de Petén exclusivamente se encuentra, según la Flora de Guatemala, *D. stevensonii* Standl. y *D. tucurensis*.

D. stevensonii Se encuentra en bosques pantanosos frondosos siempre verdes de tierras bajas en regiones subtropicales anegadas estacional y permanentemente distribuida principalmente en bosques del Sur de Belice y regiones vecinas de Guatemala y México.

D. tucurensis se encuentra en los bosques húmedos y semidecíduos de la costa Atlántica de México, Guatemala, Belice y Honduras (PROECEN et al., 1999 citado por Birgit Knoblauch) el hábitat es en bosques húmedos y muy húmedos

B. Distribución reportada en Petén del género *Dalbergia*

El género *Dalbergia* lo reporta el inventario nacional de caoba, cedro y rosul en los municipios de Flores, Santa Ana, San Francisco y Dolores, este reporte no especifica la especie

Según los informes del Instituto Nacional de Bosques –INAB- no hay ninguna plantación del género *Dalbergia*.

Fajardo, (2011) reporta un árbol semillero o árbol padre *D. stevensonii* Standl. en el municipio de Poptún en la finca Santa María como un sitio de recolección de semilla en el año 2011.

Información proporcionada por Fundación Naturaleza para la Vida del inventario nacional del género *Dalbergia* han reportado *Dalbergia stevensonii* en los municipios Sayaxche, Dolores y Flores y *Dalbergia tucurensis* en el municipio de Flores.

En el cuadro 2, se puede observar específicamente la distribución del género en los municipios que reporta el inventario nacional de caoba, cedro y rosul.

Cuadro 2. Ubicación del género *Dalbergia* en el departamento de Petén.

Sitio	Municipio	Especie	Fuente
Caserío la Torre	Sayaxche	<i>D. stevensonii</i>	FNPV
----	Flores	<i>D. tucurensis</i>	FNPV
-----	Dolores	<i>D. stevensonii</i>	FNPV
Finca los jabines	Flores	<i>D. spp</i>	FNPV
----	Flores	<i>D. stevensonii</i>	FNPV
----	Santa Ana	<i>D. spp</i>	FNPV
----	Dolores	<i>D. stevensonii</i>	FNPV
Cooperativa Nueva Esperanza.	Dolores	<i>D. spp.</i>	FNPV
Ejido Municipal.	San Francisco	D. spp.	FNPV
Santa María Sechacti	Poptún	<i>D. stevensonii</i>	Fajardo Peláes

Referencias: Fundación Naturaleza para la Vida –FNPV-

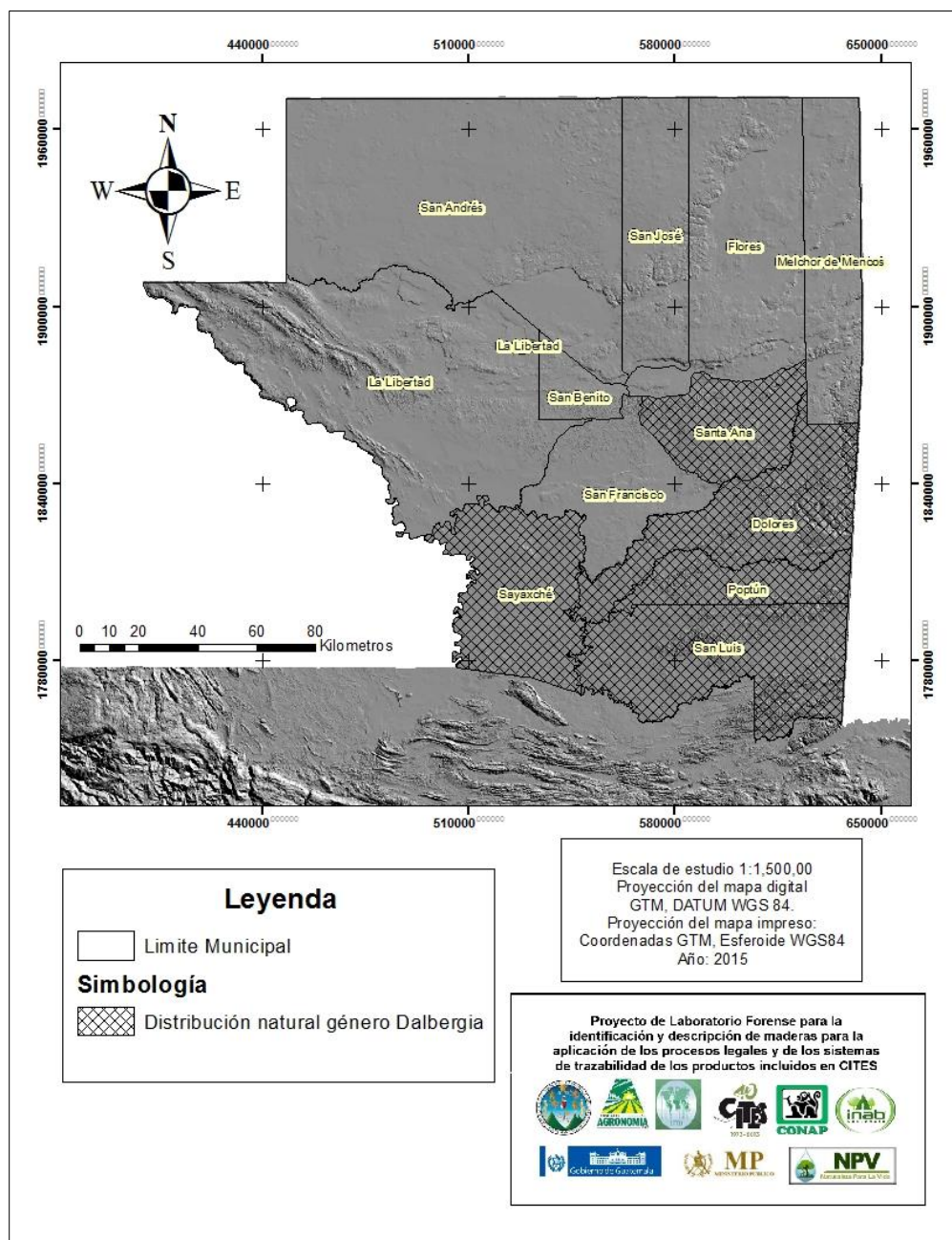


Figura 8. Distribución geográfica reportada para el género *Dalbergia* en el departamento de Petén.

C. Distribución geográfica reportada para el género *Dalbergia*

Según los reportes actuales la distribución geográfica de las especies arbóreas del género *Dalbergia* se encuentran distribuidos en los municipios de Santa Ana, Dolores, Poptún, San Luis, Sayaxché y Flores, lo que corresponden a la parte Sur y media del departamento de Petén.

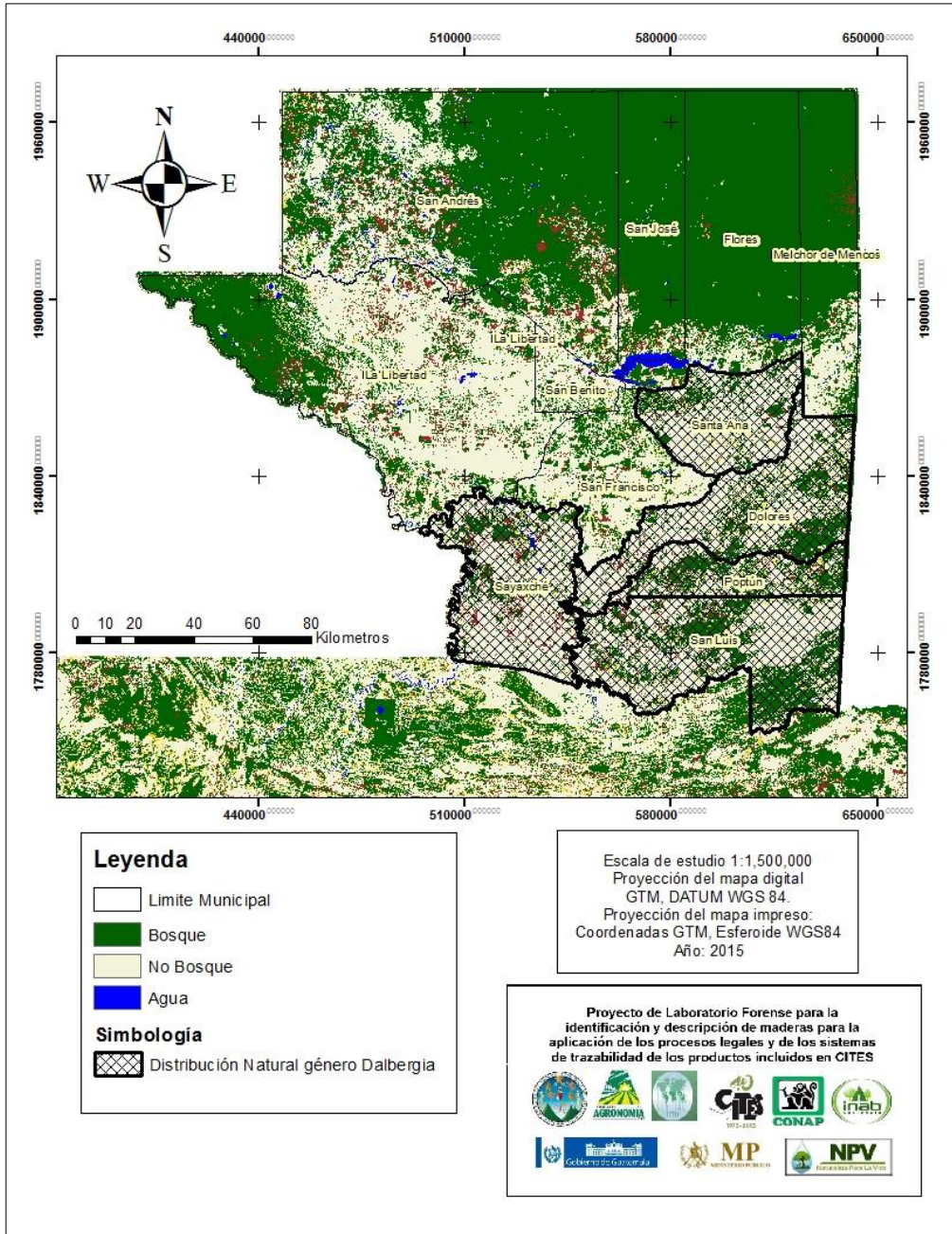


Figura 9. Cobertura forestal del año 2010 y distribución geográfica reportada para el género *Dalbergia* en el departamento de Petén.

D. Cobertura forestal 2010 del departamento de Petén

Según la cobertura forestal para el año 2010 las especies arbóreas del género *Dalbergia* en donde se encuentran distribuidas naturalmente, son pequeños parches que han quedado por el cambio de uso de la tierra, algunos de ellos son áreas protegidas.

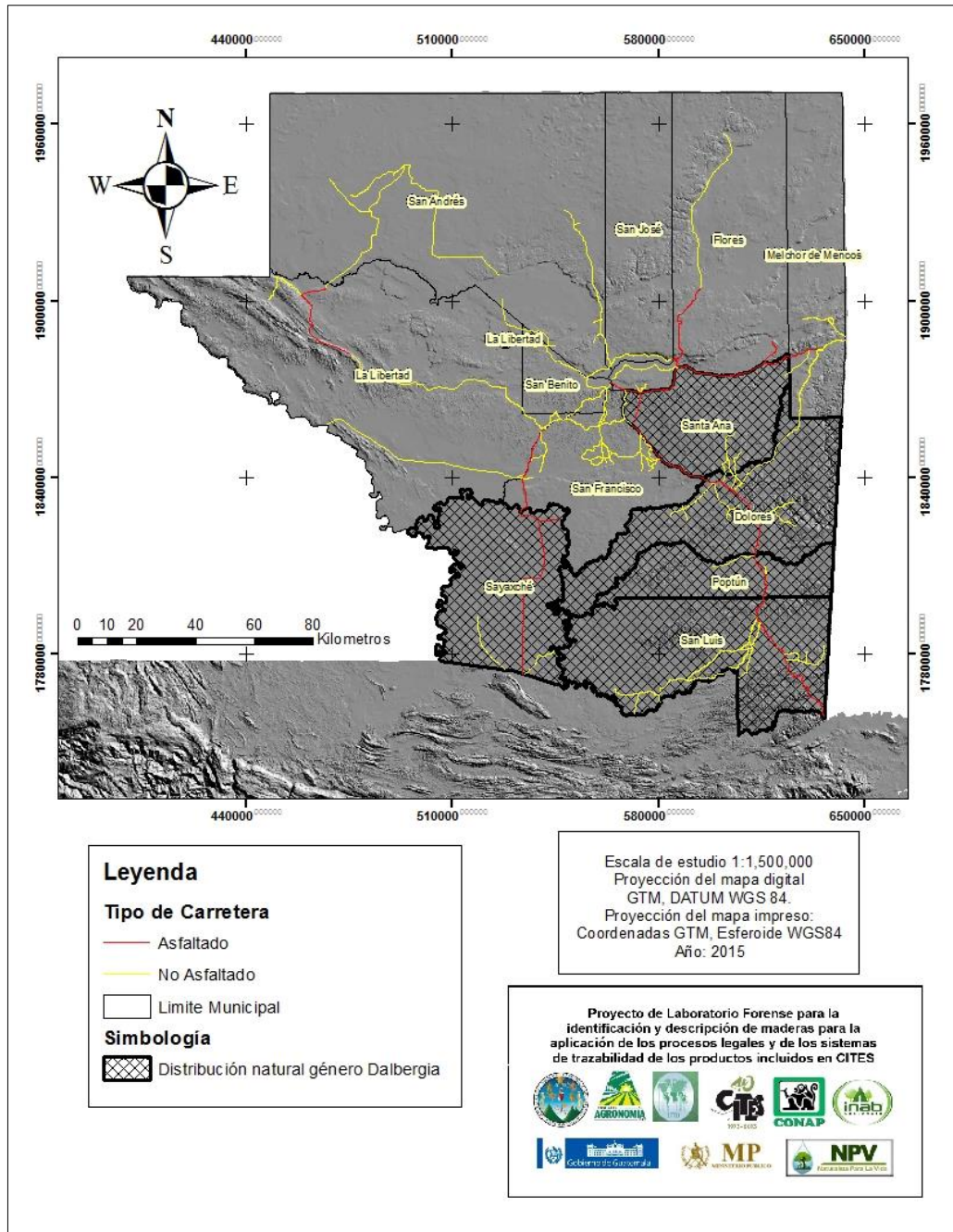


Figura 10. Vías de acceso y distribución geográfica reportada para el género *Dalbergia* en el departamento de Petén.

E. Red vial para el departamento de Petén

Los puntos de la distribución del género *Dalbergia* se encuentran accesibles según el mapa de la red vial del departamento, la mayoría de los accesos es carretera pavimentada.

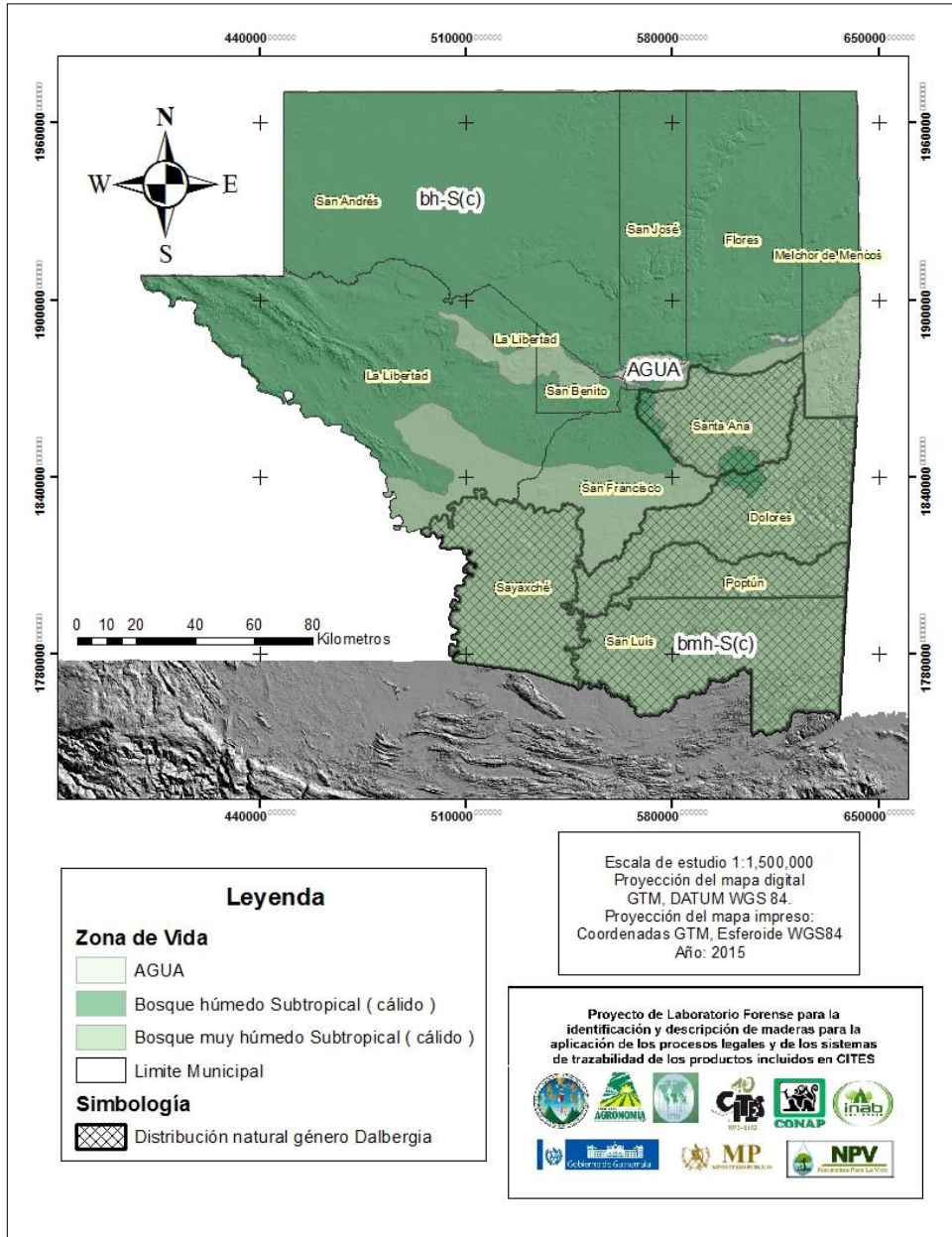


Figura 11. Zonas de vida y distribución geográfica reportada para el género *Dalbergia* en el departamento de Petén.

F. Zonas de vida según Holdrige del departamento de Petén

La distribución del género *Dalbergia* se encuentra especialmente en la zona de vida Bosque muy húmedo Subtropical (calido) que representa un 37% del territorio de Petén.

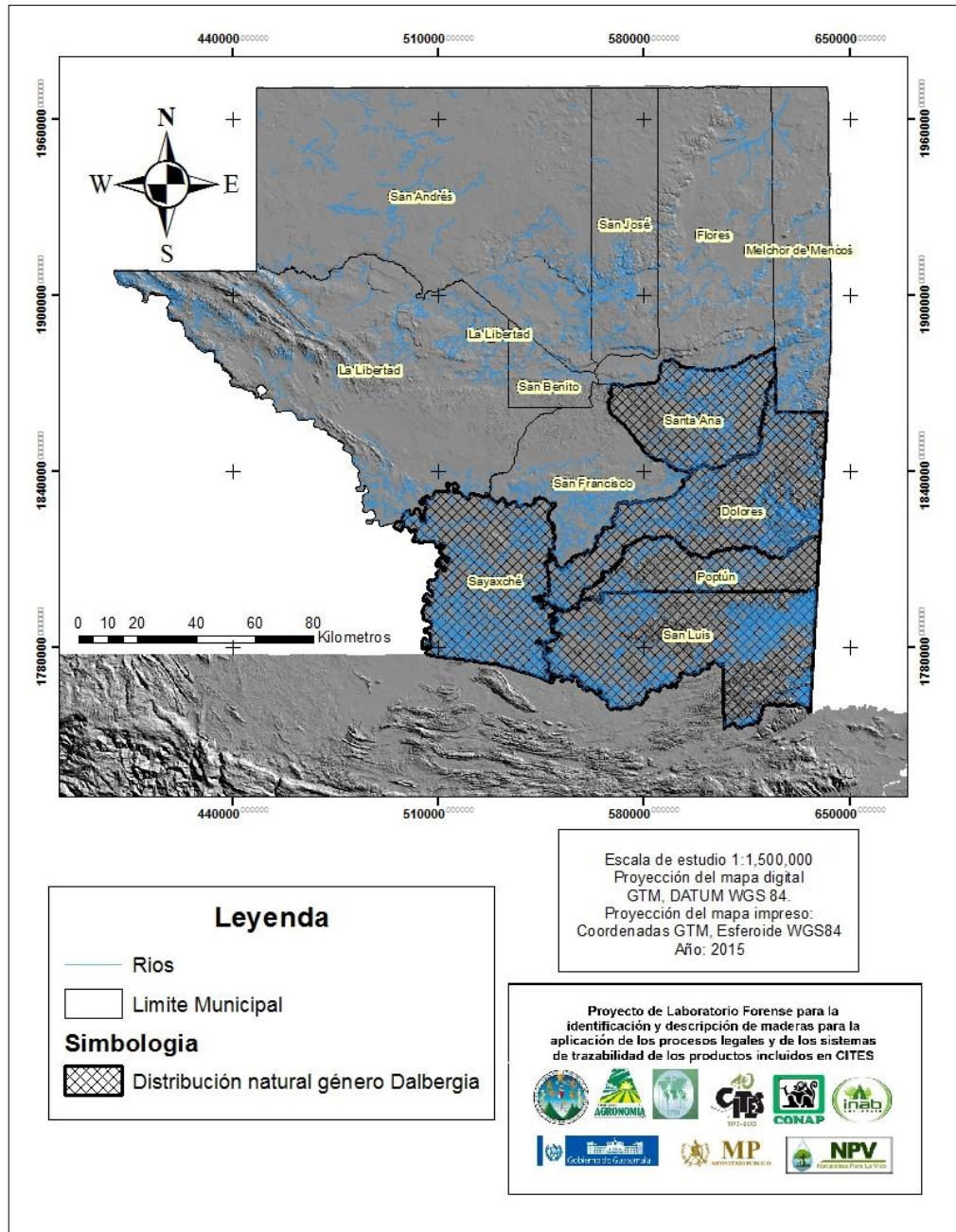


Figura 12. Hidrología superficial y distribución geográfica reportadas para el género *Dalbergia* del departamento de Petén.

G. Hidrología superficial del departamento de Petén

El mapa de hidrología superficial muestra que los reportes de la distribución natural del género *Dalbergia* opta por un ambiente en donde haya alta densidad de cuerpos de agua para desarrollarse.

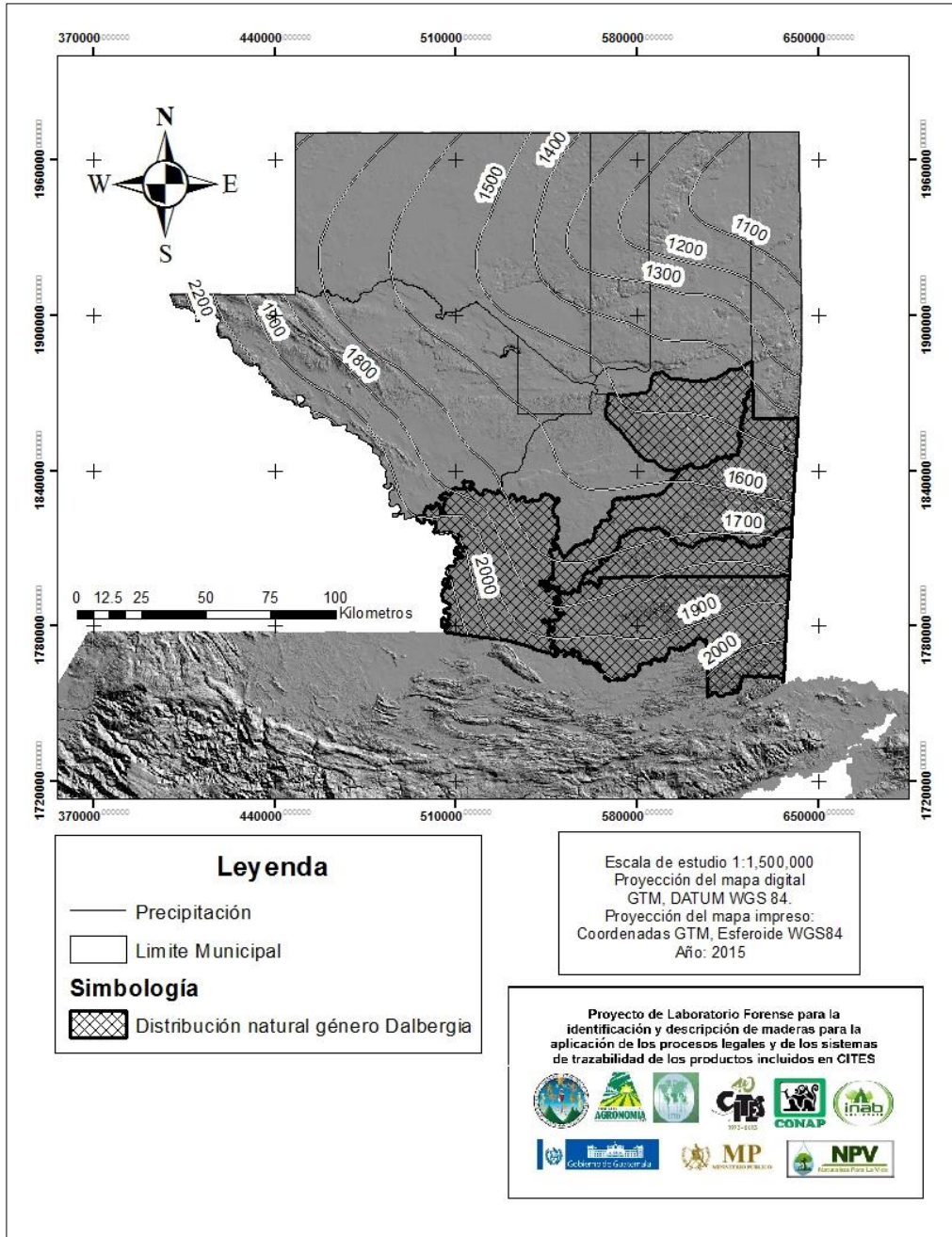


Figura 13. Precipitación media (mm) y distribución geográfica reportada para el género *Dalbergia* del departamento de Petén

H. Precipitación media (mm) del departamento de Petén

La precipitación media en donde se localiza la distribución natural reportada para los árboles del género *Dalbergia* se encuentra entre 1300 mm hasta 1800 mm anuales, según la capa del MAGA 2009

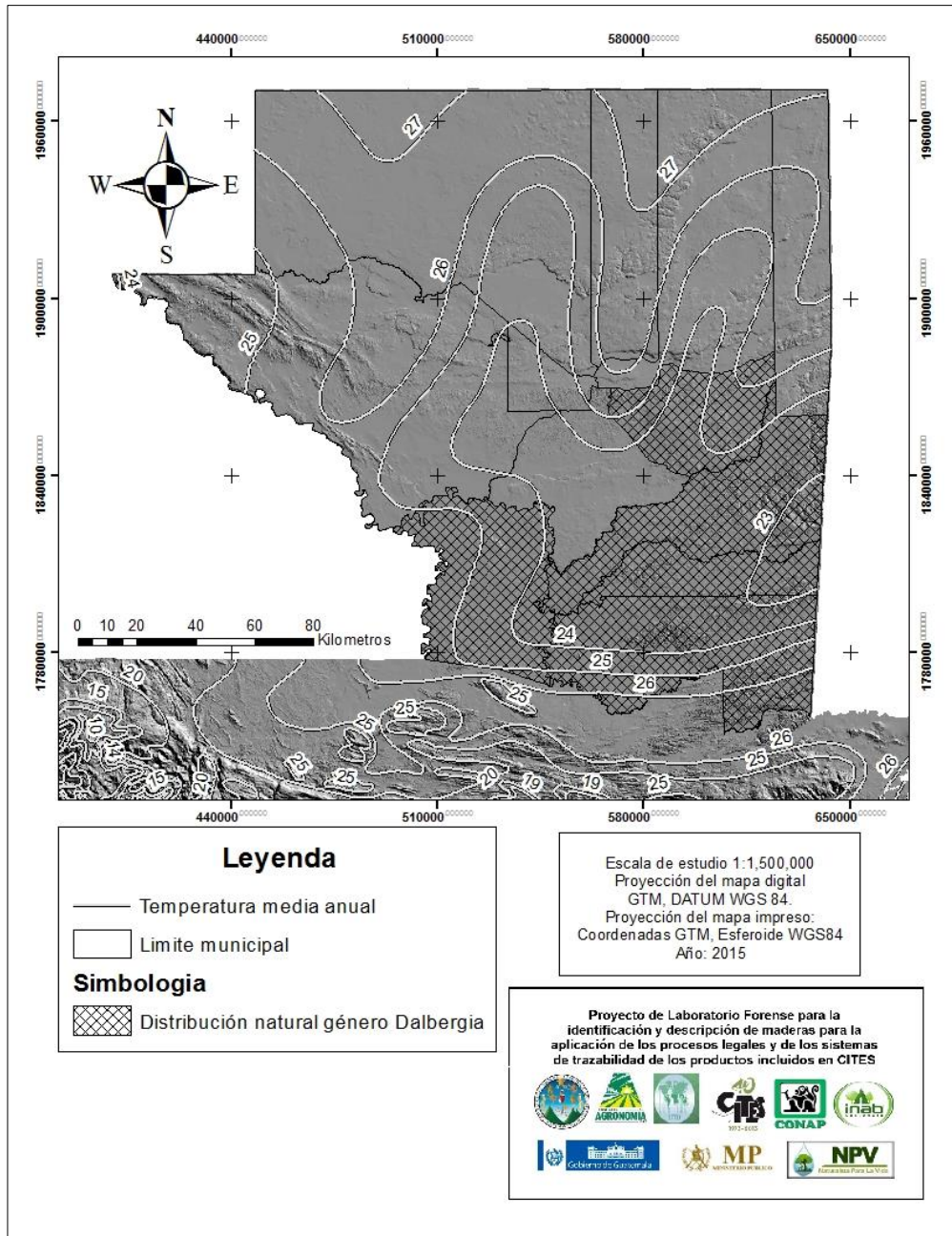


Figura 14. Temperatura media (°C) y distribución geográfica reportada para el género *Dalbergia* en el departamento de Petén.

I. Temperatura media (°C) del departamento de Petén

La temperatura media en donde se encuentra los reportes de la distribución natural de los árboles del género *Dalbergia* se encuentra entre 24°C hasta 26°C según los datos del MAGA 2009. Lo que corresponde a la bibliografía consultada.

1.5 CONCLUSIONES

Según los reportes de *Swietenia macrophylla* King., se encuentra distribuido en el departamento de Petén específicamente en áreas protegidas y concesiones forestales comunitarias, que es en donde se encuentra la mayor cobertura forestal y actividades forestales extractivas, sin embargo, es en donde se reportan las mayores poblaciones de esta especie.

Con respecto a *Dalbergia spp.*, se encontraron escasos reportes botánicos en el departamento de Petén, pero el inventario nacional de caoba, cedro y rosul realizado por Fundación Naturaleza para la Vida reporta *D. stevensonii* Standl. en los municipios de Sayaxché, Dolores y Flores y *D. tucurensis* en el municipio de Flores. El INAB no reporta ninguna plantación de *Dalbergia spp.*, y el inventario nacional de caoba, cedro y rosul reporta *D. spp.* sin especificar la especie y únicamente se reporta para Flores, Santa Ana, San Francisco y Dolores

El hábitat en donde se desarrolla las especies arbóreas *D. stevensonii* Standl. y *D. tucurensis*, son en temperaturas de 24°C hasta 26°C según el mapa de temperatura, precipitaciones de 1400mm hasta 2000mm según el mapa de precipitación, y la zona de vida en donde se encuentra la distribución es el bosque muy húmedo subtropical cálido que presenta precipitaciones pluviales de 1587 a 2000 mm, por lo que, la probabilidad de encontrar estas especies y otras especies no reportadas de este género en bosques naturales es muy alta.

Con respecto al hábitat en que se desarrolla *S. macrophylla* se ajusta perfectamente al departamento de Petén, por la temperatura que va de 25°C a 27 °C y precipitación de 1100 a 1700 mm promedio anual según los mapas de temperatura y precipitación, los reportes de distribución de esta especie corresponde a la zona de vida, Bosque húmedo subtropical (cálido).

Con respecto a la hidrología superficial, *Swietenia macrophylla* King. evade los cuerpos de agua y la aglomeración de ríos, por el contrario el género *Dalbergia* puede subsistir cerca de cuerpos de agua junto con aglomeración de ríos según los reportes de distribución.

1.6 BIBIOGRAFÍA

1. Calvo, JC. 2000. Diagnóstico de la caoba (*Swietenia macrophylla* King) en Mesoamérica, visión general. US, PROARCA / CAPAS. 23 p.
2. Fajardo Peláez, IA. 2011. Identificación y determinación de 15 especies maderables para su producción en Pilonos de Antigua S. A, (finca Tierra Maya). Tesis Ing. Agr. Guatemala, Universidad de San Carlos, Facultad de Agronomía. 82 p.
3. FNV (Fundación Naturaleza para la Vida, Guatemala). 2010. Inventario nacional caoba, cedro y rosul, informe final fase I, Convención CITES. Guatemala. 84 p.
4. INAB (Instituto Nacional de Bosques, Guatemala); IARNA (Instituto de Agricultura, Recursos Naturales y Ambiente, Guatemala); URL (Universidad Rafael Landívar, Guatemala). 2012. Primer Informe nacional sobre el estado de los recursos genéticos forestales en Guatemala. Guatemala. 186 p.
5. Knoblauch, B. 2001. Estudio ecológico, silvícola y de utilización del granadillo (*Dalbergia tucurensis* J.D. Smith) en bosques latifoliados de Honduras. Tesis Ing. Agr. Honduras, Escuela Agrícola Panamericana El Zamorano, Carrera de Desarrollo Socioeconómico y Ambiente. 37 p.
6. Pennington, T; Sarukhán, J. Árboles tropicales de México; manual para la identificación de especies. 3 ed. México, Universidad Autónoma de México. 523 p.
7. Schulze, M; Whitacre, D. 1999. A classification and ordination of the tree community of Tikal National Park, Petén, Guatemala. Florida, USA, Museum of Natural History. v. 41, 297 p.
8. SEGEPLAN (Secretaria General de Planificación y Programación de la Presidencia, Guatemala) 2013- Diagnóstico territorial de Petén; plan de desarrollo integral de Petén. Guatemala. Tomo 1.
9. Standley, PC; Steyermark, JA. 1946. Flora of Guatemala. Chicago, USA, Chicago Natural History Museum, Fieldiana Botany, v. 24, part 5, 502 p.



CAPÍTULO II

ESTUDIO FENOLÓGICO Y BOTÁNICO DE LAS ESPECIES *Swietenia macrophylla* King., *Dalbergia stevensonii* Standl. Y *Dalbergia tucurensis* Donn. Smith. EN EL DEPARTAMENTO DE PETÉN, GUATEMALA, EN LOS MESES DE FEBRERO A DICIEMBRE DEL 2015

BOTANICAL AND PHENOLOGICAL STUDY OF *Swietenia macrophylla* King., *Dalbergia stevensonii* Standl. Y *Dalbergia tucurensis* Donn. Smith. IN PETÉN, GUATEMALA, IN THE MONTHS FROM FEBRUARY TO DECEMBER 2015

2.1 PRESENTACIÓN

En el período de abril 2014 a octubre de 2016 se llevó a cabo el proyecto “Establecimiento de un laboratorio forense para la identificación y descripción de maderas para la aplicación de los procesos legales y de los sistemas de trazabilidad de los productos incluidos en el convenio sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Flora y Fauna – CITES- financiado por la Organización Internacional de Maderas Tropicales (OIMT), administrado por Fundación Naturaleza para la Vida (FNPV), ejecutado por la Facultad de Agronomía de la Universidad San Carlos de Guatemala y agencias colaboradoras, Consejo Nacional de Áreas Protegidas (CONAP), Instituto Nacional de Bosques (INAB), Ministerio Público y FNPV.

Dicho proyecto tuvo como objetivos, crear la capacidad de identificar legalmente las maderas de especies forestales incluidas en apéndices II de la CITES, generar información fenológica y botánica de las especies, e información macroscópica, microscópica, histoquímica y física de la madera de las especies arbóreas *Swietenia macrophylla* King, *Swietenia humilis* Zucc., *Guaiaacum sanctum* L., *Guaiaacum officinale* L., *Dalbergia stevensonii* Standl., *Dalbergia retusa* Helms, con énfasis en otras especies del género *Dalbergia*.

Actualmente existe gran incertidumbre sobre el estado de las poblaciones de *S. macrophylla* King., *D. stevensonii* Standl. y *D. tucurensis* Donn. Smith., careciéndose de información actualizada para reconocer botánicamente estas especies, especialmente los árboles del género *Dalbergia*, los resultados de esta investigación permitió aclarar la situación en qué estado se encuentran algunas poblaciones naturales

En base a los objetivos del proyecto, se generó información de las especies *S. macrophylla* King., *D. stevensonii* Standl. y *D. tucurensis* Donn. Smith. Se elaboraron calendarios fenológicos que fueron comparados con el climadiagrama de cada zona de monitoreo, para observar la influencia que tiene sobre los cambios vegetativos y se describieron botánicamente cada fase fenológica tomando como referencia La Flora de Guatemala (Stanley & Steyermark, 1946).

Swietenia macrophylla King. (caoba) y *Dalbergia stevensonii* Standl. (rosul) han sido reconocidas desde hace mucho tiempo por su madera preciosa, se conoce de su presencia en Petén desde los años 90; mientras que, *D. tucurensis* Donn Smith no se encontraba reportada para dicho departamento.

Asimismo, no existían calendarios fenológicos para *D. stevensonii* y *D. tucurensis* específicos para el sitio de ocurrencia natural. Las etapas fenológicas de estas especies mostraron un comportamiento que puede variar en el tiempo, principalmente por los cambios violentos de temperatura y precipitación, lo que se traduce en la necesidad de seguir generando información sobre la botánica y fenología de estas especies forestales, por su importancia social, económica y biológica que tiene a nivel nacional e internacional. A demás se actualizaron las muestras botánicas en el herbario de la Facultad de Agronomía “Prof. José Ernesto Carrillo”.

Los resultados de la presente investigación se esperan que sean de gran utilidad para las instituciones gubernamentales encargadas de regular la comercialización, pues las mismas contarán con las herramientas botánicas y fenológicas adecuadas para dar soporte técnico y científico a la aprobación/rechazo de licencias de aprovechamiento y licencias de exportación, lo cual incide en una mejor gobernanza forestal.

2.2 MARCO TEÓRICO

2.2.1 Marco conceptual

A. Fenología

Azkue (2002) citado por Maita Supliguicha, (2006) define que la palabra fenología deriva del griego *phaino* que significa manifestar, y *logos* tratado; y según Font Quer. (1975) definió la fenología como, el estudio de los fenómenos biológicos acomodados a cierto ritmo periódico, como la brotación, la florecencia, la maduración de los frutos, etc. ahora bien, Mantovani et al. (2003) citado por Flórez, Pérez, Melgarejo. publicó su definición de la fenología que la especifica cómo, el estudio de las fases o actividades periódicas y repetitivas del ciclo de vida de las plantas y su variación temporal a lo largo del año.

Se cree que el termino fenología fue utilizado en el año 1958 por el botánico Charles Morren de nacionalidad Belga, pero las observaciones fenológicas de varias especies vegetales datan de muchos siglos atrás en la antigua China. La fenología de las especies vegetales, es uno de los instrumentos que permite conocer o determinar que influencia tiene el clima sobre dichos procedimientos en las plantas (Heuveldop J. 1986).

B. Calendario fenológico

Mantovani define como un calendario fenológico, el registro que se utiliza para marcar en el paso del tiempo, las fases o actividades periódicas del ciclo de vida en las plantas. (2003). Según Ramírez el calendario fenológico debe de ir relacionado con factores climáticos, principalmente aquellos variables climáticas que tengas mayor influencia con el ciclo fenológico de la especie, comúnmente estas variables son, precipitación y temperatura. (Ramírez, J. 2000)

C. Herbario

Font Quer define al herbario como conjunto de plantas destinadas al estudio o a la enseñanza de la botánica. Por lo común se trata de plantas desecadas en las debidas condiciones para que conserven de la mejor manera la forma y la posición de sus órganos como en estado viviente (Font Quer. 1975).

D. Género

Desde el punto de vista estrictamente sistemático, esta jerarquía está comprendida entre la familia y la especie; la especie, es la última clase jerárquica de la clasificación taxonómica, es la limitación de lo genérico en un ámbito morfológicamente concreto (Font Quer. 1975).

E. *Swietenia macrophylla* King

Mendieta MR, Zapata JB, Tom JA. detallan el calendario fenológico para *Swietenia macrophylla* King, para Honduras, como lo muestra el cuadro 3.

Cuadro 3. Calendario fenológico para *S. macrophylla* King. en Honduras.

Características	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
Hojas												
Flores												
Frutos maduros												

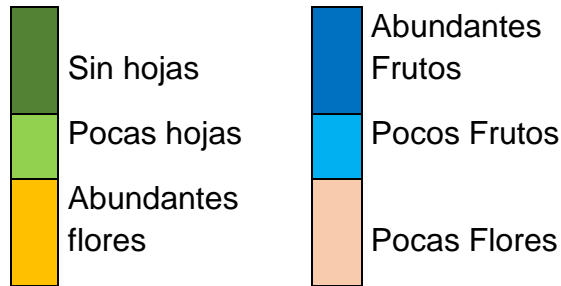
Fuente: Mendieta, Zapata, Tom (1999).

Utrera Granados (2010), elaboró el calendario fenológico de *Swietenia macrophylla* para el Parque Nacional Laguna Lachuá, en el municipio de Cobán, departamento de Alta Verapaz, ver cuadro 4.

Cuadro 4. Calendario fenológico para *S. macrophylla* King. para el Parque Nacional Laguna Lachúa.

	Mes																							
	E		F		M		A		M		J		J		A		S		O		N		D	
Quincena	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2
Defoliación																								
Floración																								
Fructificación																								

Fuente: Ultrera Granados (2010).



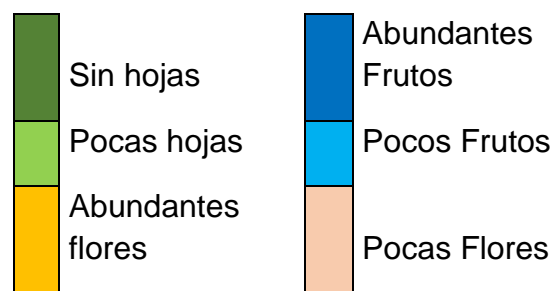
F. *Dalbergia* spp.

Utrera Granados. (2010) elaboró el calendario fenológico de Rosul (*Dalbergia* spp.) para el Parque Nacional Laguna Lachúa, en el municipio de Cobán, departamento de Alta Verapaz (ver cuadro 5), donde argumenta que no se monitoreo bien por la temporalidad del Ejercicio Practico Supervisado E.P.S. y recomienda establecer un sistema de monitoreo local. Sin embargo el calendario fenológica propuesto por Ultrera se presenta a continuación.

Cuadro 5. Calendario fenológico para *Dalbergia* spp para el Parque Nacional Laguna Lachúa.

Mes	E		F		M		A		M		J		J		A		S		O		N		D		
	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	
Defoliación											■	■	■	■											
Floración														■											
Fructificación	■	■	■	■	■	■																			

Fuente: Utrera Granados LP (2010).



G. *Dalbergia stevensonii* Standl

En las características de *D. stevensonii* en el examen de las propuestas de enmienda a los apéndices I y II del CITES describe el calendario fenológico de la especie pero no especifica el sitio del monitoreo (ver cuadro 6).

Cuadro 6. Calendario fenológico de *D. stevensonii* Standl.

Características	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
Hojas	■	■				■	■	■	■	■	■	■
Flores						■	■					
Frutos maduros								■	■	■		

Fuente: Convention on International Trade in Endangered Species of Wild Fauna and Flora. Estado Poblacional y Comercio en Costa Rica (2011).

H. *Dalbergia tucurensis* Donn. Smith.

Knoblauch B. (2001) caracteriza la fenología de la especie *D. tucurensis* en Honduras, de acuerdo a lo mostrado en el cuadro 7.

Cuadro 7. Calendario fenológico para *D. tucurensis* Donn. Smith. en Honduras

Características	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
Hojas												
Flores												
Frutos maduros												

Fuente: Knoblauch B. (2001).

2.2.2 Marco Referencial

A. División político-administrativo

El departamento de Petén se encuentra ubicado en la zona Norte de Guatemala. En la figura 15, muestra la división política-administrativo del departamento.

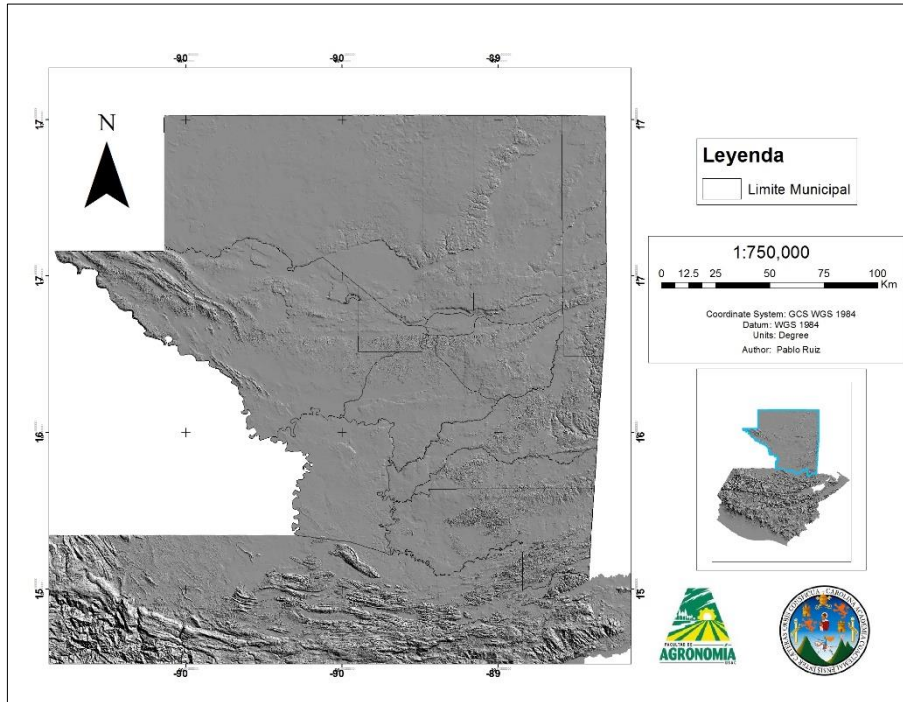


Figura 15. División política- administrativo del departamento de Petén.

Los municipios en donde se realizaron los monitoreos fueron:

- Dolores
- Flores
- Melchor de Mencos
- San Andrés
- San Luis
- Poptún
- San Benito
- San José
- Sayaxché

B. Distribución geográfica de las especies

Según la Flora de Guatemala únicamente se encuentra reportadas especies arbóreas del género *Dalbergia* la especie *D. stevensonii* Standl. en el departamento de Petén y *D. tucurensis* Donn. Smith. en el departamento de Alta Verapaz. (Standley y Steyermark, 1946).

a. *Dalbergia stevensonii* Standl.

En bosques pantanosos frondosos del Sur de Belice y regiones vecinas de Guatemala y México. Restringida en la parte meridional de Belice, entre latitudes de 16-17N° (WCMC, 1999). El hábitat en que se desarrolla esta especie es en bosques pantanosos frondosos siempreverdes de tierras bajas en regiones tropicales anegadas estacional y permanentemente (CITES, DE 2007)

b. *Swietenia macrophylla* King.

Según la Flora de Guatemala, en bosques mixtos, a 400 m s.n.m o menos, Petén, Alta Verapaz; Izabal (Standley y Steyermark, 1946). La distribución es muy amplia en la región de Yucatán donde incluye casi toda la península, la parte Norte de Guatemala y Casi todo Belice (SEGEPLAN, 2013). El hábitat en donde se desarrolla esta especie es en tierras bajas tropicales, bosques tropicales secos entre los 10 a 1100 m s.n.m. Se desarrolla en suelos muy diversos, desde poco profundos y pantanosos hasta suelos aluviales arcilloso-arenoso profundos, generalmente en suelos de origen calizo (SEGEPLAN, 2013).

2.3 OBJETIVOS

2.3.1 Objetivo general

Generar información botánica y fenológica de *Swietenia macrophylla* King., *Dalbergia stevensonii* Standl. y *Dalbergia tucurensis* Donn. Smith., que fundamenten la descripción botánica e identificación legal, para ayudar a la regularización comercial de especies forestales incluidas en el apéndice II de CITES en Guatemala

2.3.2 Objetivos específicos

- A. Determinar botánicamente a *Swietenia macrophylla* King., *Dalbergia stevensonii* Standl. y *Dalbergia tucurensis* Donn. Smith.
- B. Elaborar calendarios fenológicos de *Swietenia macrophylla* King., *Dalbergia stevensonii* Standl. y *Dalbergia tucurensis* Donn. Smith., en su área de distribución natural.
- C. Aportar muestras botánicas de *Swietenia macrophylla* King., *Dalbergia stevensonii* Standl. y *Dalbergia tucurensis* Donn. Smith., al Herbario de la Facultad de Agronomía –AGUAT-.

2.4 METODOLOGÍA

2.4.1 Recopilación de información bibliográfica, de ambiente. (suelo, geología, clima y fisiografía)

Se realizaron mapas de geología, clima, zonas de vida, suelo, cobertura forestal y fuentes de agua, del departamento de Petén, utilizando como base la información de los mapas temáticos del Ministerio de Agricultura y Ganadería –MAGA-. en una plataforma digital de Sistemas de Información Geográfica –SIG-. La información fue manejada en la Unidad de Información Geográfica de la Facultad de Agronomía de la Universidad de San Carlos de Guatemala.

2.4.2 Distribución de las especies

Se exploraron áreas potenciales de distribución de *S. macrophylla* King., *D. stevensonii* Standl. y *D. tucurensis* Donn. Smith. en bosques naturales en el departamento de Petén, con apoyo logístico y el transporte del Consejo Nacional de Áreas Protegidas –CONAP- el Instituto Nacional de Bosques –INAB-, Fundación Naturaleza para la Vida –FNPV-, y transporte colectivo.

Se ubicaron las poblaciones de *S. macrophylla* King, *D. stevensonii* Standl. y *D. tucurensis* Donn. Smith.

Se recopiló información bibliográfica sobre reportes botánicos e inventarios de *S. macrophylla* King, *D. stevensonii* Standl. y *D. tucurensis* Donn. Smith.

Se realizó el reconocimiento del área acompañado de la persona asignada por el administrador o propietario del sitio.

2.4.3 Requisitos para establecer un sitio de estudio fenológico en una población.

Los sitios de evaluación se validaron en campo y se seleccionaron las poblaciones que cumplieran con los requisitos para ser sujetas a estudio botánico y fenológico. Los requisitos que tenían que tener las poblaciones eran las siguientes:

- Población de árboles
- Árboles maduros
- Ubicados en bosque natural
- No plantaciones

Selección de las poblaciones a estudiar: Las poblaciones debieron de presentar un mínimo de 10 individuos maduros y los individuos para ser seleccionados, debieron presentar floración y fructificación para su colecta botánica.

2.4.4 Monitoreo fenológico

Se monitoreó la fenología periódicamente, la frecuencia de las visitas se realizaron mensual.

En fase de floración, las visitas se realizaron quincenalmente, para tener bien identificado el día que comenzó la floración y el día que terminó, haciendo colectas botánicas cada día monitoreado.

Durante la fase de maduración de los frutos, la frecuencia de las visitas de monitoreo fue mensualmente.

Para el monitoreo fenológico, se utilizaron formatos específicos, para realizar la tabulación y compilación de datos y análisis de los mismos.

2.4.5 Toma de datos

A. Colecta en campo

Se tomaron datos de *S. macrophylla* King, *D. stevensonii* Standl. y *D. tucurensis* Donn. Smith., y se tabularon en un formato específico en una hoja de *Excel* (ver cuadro 88).

Cuadro 8. Datos a considerar en la recopilación de información en campo

Coordenadas	Lugar de colecta
Altitud	Fecha de colecta
Grado de pendiente	Vegetación acompañante
Estado Fenológico	Ubicación geográfica
Nombre común	Datos dasométricos
Nombre de la persona o contacto	Descriptor botánico de campo

La toma de coordenadas y la altitud del terreno, se utilizó un GPS marca Garmin, el cual se tomaron las coordenadas en GTM y la altitud en metros; la pendiente se tomó con un clinómetro; se le preguntó a la persona acompañante el nombre común de la especie, si fue plantado o a crecido naturalmente dentro del bosque; el estado fenológico se observó con binoculares y con la cámara digital; para la toma de datos dasométricos se usó el Diámetro a la Altura del Pecho –DAP- con una cinta diamétrica, si el árbol fue irregular en el fuste o si tuvo alguna planta epífita o que obstruyó la toma de datos, se anotó en la libreta y se le tomó fotografías, la altura del árbol se tomó con un hipsómetro; el descriptor botánico se anotó todas las características que se observaron el en campo relacionado a la especie, color, olor y forma de hojas, frutos, flores, madera y corteza, se tomó fotografía a todas las características que se perdieron a la hora de colocarlo en la prensa botánica, se colectó flores en recipientes pequeños con alcohol al 80 %, los frutos se guardaron en sobres pequeños.

B. Toma de datos en laboratorio

Los datos botánicos se obtuvieron de las mediciones que se realizaron en el Herbario de la Facultad de Agronomía (AGUAT), tomando un promedio de 20 mediciones por cada característica.

Las mediciones se compararon con los datos botánicos de la Flora de Guatemala, la Flora Mesoamericana y la Flora de Nicaragua.

2.4.6 Determinación botánica de *S. macrophylla* King, *D. stevensonii* Standl. y *D. tucurensis* Donn. Smith.

A. Herborización, Prensado y Secado

Se elaboraron descriptores botánicos de las especies *S. macrophylla* King, *D. stevensonii* Standl., y *D. tucurensis* Donn. Smith. los datos botánicos corresponden a las mediciones realizadas en el herbario, con apoyo de las claves botánicas.

Se determinó botánicamente *S. macrophylla* King, *D. stevensonii* Standl. y *D. tucurensis* Donn. Smith.

El prensado y herborizado se realizó conforme a la metodología descrita en el manual de botánica sistemática –practica no. 1-

Los datos que se obtuvieron en la colecta de campo, específicamente los datos dasométricos y el descriptor botánico de campo, se utilizaron para complementar la información para describir botánicamente el espécimen.

Se utilizaron las siguientes claves botánicas y descriptores botánicos para obtener el epíteto específico del espécimen.

- Clave de las especies de *Dalbergia* en México y Centroamérica de José Linares y Mario Sousa
- Flora de Guatemala (Standley y Steyermark, 1946)
- Flora mesoamericana (Stafford. 2010)
- Flora de Costa Rica

2.4.7 Ingreso de las muestras botánicas de *S. macrophylla* King., *D. stevensonii* Standl. y *D. tucurensis* Donn. Smith. al Herbario de la Facultad de Agronomía (AGUAT).

De la colecta y herborización se realizaron los montajes de los especímenes botánicos con su respectiva ficha de identificación y replicas.

Los especímenes montados tuvieron siguientes características:

- Poseen flores y/o frutos
- Flores en buen estado (no podridas ni dañadas por patógenos o insectos)
- Frutos en buen estado.
- Hojas y folíolos que se colectaron en buen estado (no podridas o dañadas por patógenos o insectos)

Ingreso de los especímenes al Herbario de la Facultad de Agronomía (AGUAT) con su correspondiente ficha de descripción, en donde se anotó: nombre científico del espécimen, la familia a la que pertenece, la ubicación de donde se colectó, las coordenadas geográficas y su altitud, una breve descripción del espécimen y del hábitat, el nombre común, el nombre completo del colector y la fecha de cuando se colectó y los nombres completos de los determinadores y colectores y la fecha de determinación.

2.5 RESULTADOS Y DISCUSIÓN

2.5.1 *Dalbergia stevensonii* Standl. (Rosul)

A. Descripción del Ambiente

D. stevensonii se desarrolla en la parte Sur y parte Media del departamento de Petén, en la zona de vida Bosque Muy Húmedo Subtropical (cálido) (Cruz, 1982), las poblaciones de árboles maduras se encontraron en altitudes que oscilan entre 175 a 492 m s.n.m. La relieve es generalmente plana con pendientes irregulares, no mayores del 5 %, suelos pocos profundos de material calcáreo (kárstico) con textura Franca arcillosa a Franca Arenosa (SEGEPLAN, 2013).

Las poblaciones naturales de *D. stevensonii* presentaron características de bosque secundario de edad avanzada; bosques totalmente fragmentados y dispersos por la actividad agrícola y ganadera; bosques comúnmente llamados “bosques bajos”. Las características de los bajos, es que, son zonas en donde en la época de lluvia se encuentran totalmente anegados; con un sotobosque de altura aproximada de 2 m, bastante denso, de lianas y arbustos; dosel denso, de altura uniforme, no más de 20 m de altura aproximadamente, suelo con poca materia orgánica; presencia de herbáceas y lianas (ver figura 16).

Algunos individuos se encontraban derribados, sin embargo en la parte baja del tocón se observó rebrotes bastante avanzados; otros individuos se encontraron con un crecimiento de característica de macolla; no se observó generación natural en los alrededores de los individuos de las poblaciones.

Las principales especies vegetales de habito arbóreo y arbustivo acompañantes que se observaron en el campo fueron: canxan (*Terminalia amazonia*), palo de jote (*Bursera Simaruba*), güiscoyol (*Bactris trischophylla*), lancetillo (*Astrocaryum mexicanum*), chechen negro (*Metopium brownei*), pimienta (*Pimenta dioica*), chaltecoco (*Ceasalpinia velutina*) y pucté (*Bucida buceras*).

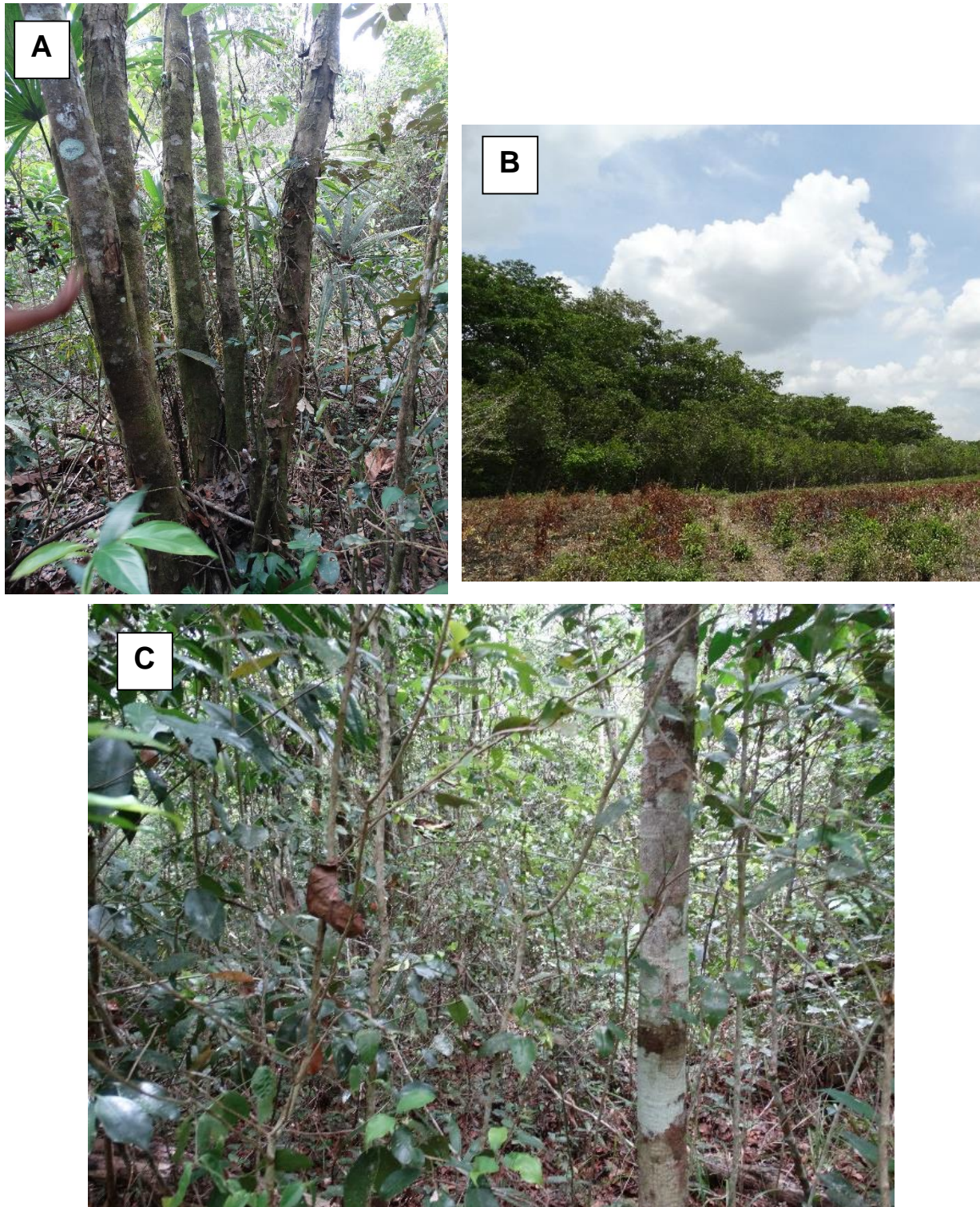


Figura 16. Características del ambiente de donde se desarrolla *D. stevensonii* Standl. A. individuo con crecimiento característica de macolla B. bosque fragmentado colindando con potreros C. sotobosque denso de arbustos y lianas.

B. Descripción Botánica

Árbol alto o mediano, mide entre 15 a 20 m de altura, de copa irregular, con diámetro a la altura del pecho de hasta 41 cm. El fuste principal mide hasta 7 m a la primera rama, es irregular en su forma; las ramas son glabras. Corteza marrón claro con manchas grisáceas, con desprendimiento de placas rectangulares cuando el árbol es maduro (ver figura 17).

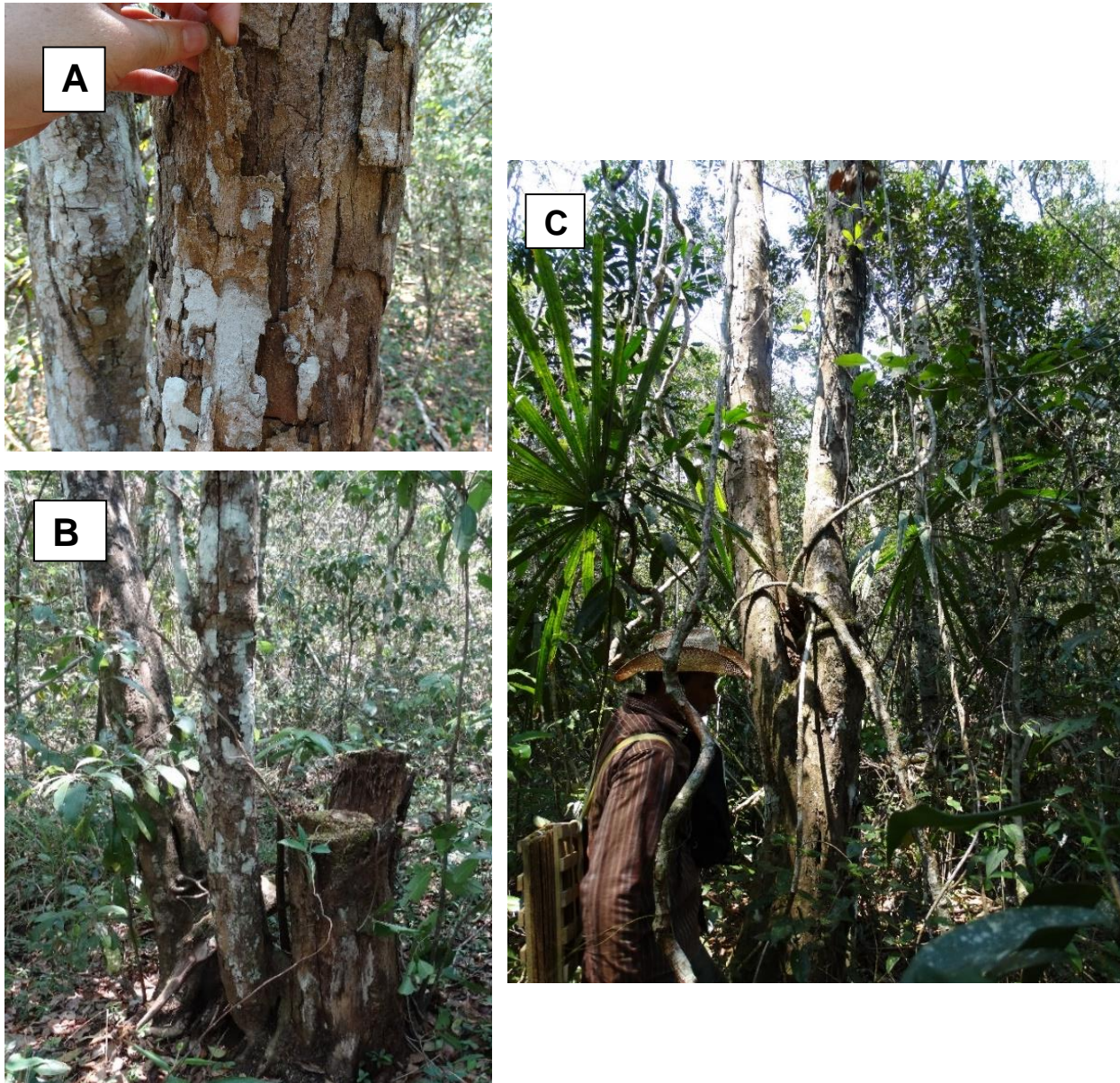


Figura 17. Características del fuste de *Dalbergia stevensonii* Standl. A. corteza fisurada en placas B. Fustes simultáneos de regeneración a partir de un árbol aprovechado. C. Fuste sinuoso y bifurcado a partir de 1.75 m de altura

A. Hojas

Compuestas pinnadas, miden de 6.5 a 9 cm de largo, el peciolo es de 3.5 a 6 mm de largo; con 5-7 foliolos alternos, elípticos u oblongos, de 5.5 a 8.5 cm de largo y 1.5 a 3.6 cm de ancho, obtusos o redondeados en el ápice, algunas veces emarginados, agudo a redondeado-obtuso en la base, de color verde oscuro en el haz, lustroso, glabro, pálido en el envés (ver figura 18).

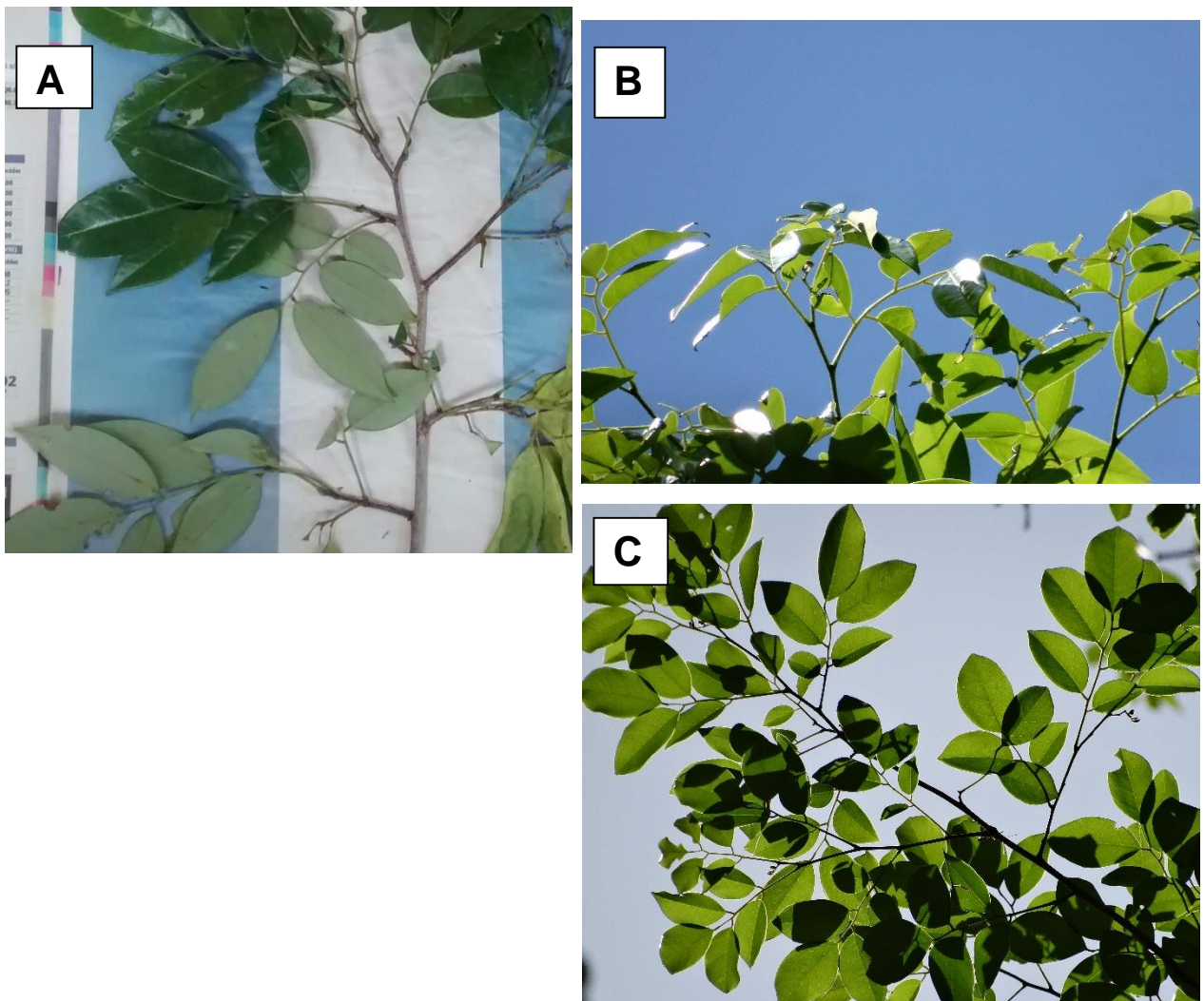


Figura 18. Hoja compuesta de *Dalbergia stevensonii* Standl. A. vista del haz de color verde más oscuro que el envés. B. foliolos lustros, brillantes a la luz del sol. C. foliolos con filotaxia alterna.

B. Flores

Panículas de 4-5.5 cm de largo, cáliz pubescente de 2.5 a 3.5 mm de largo y 1.5 a 2 mm de ancho. Pétalos glabros, subiguales; el estandarte de 4 a 4.5 mm de largo. Con una pequeña pigmentación verde limón en el centro (ver figura 19).

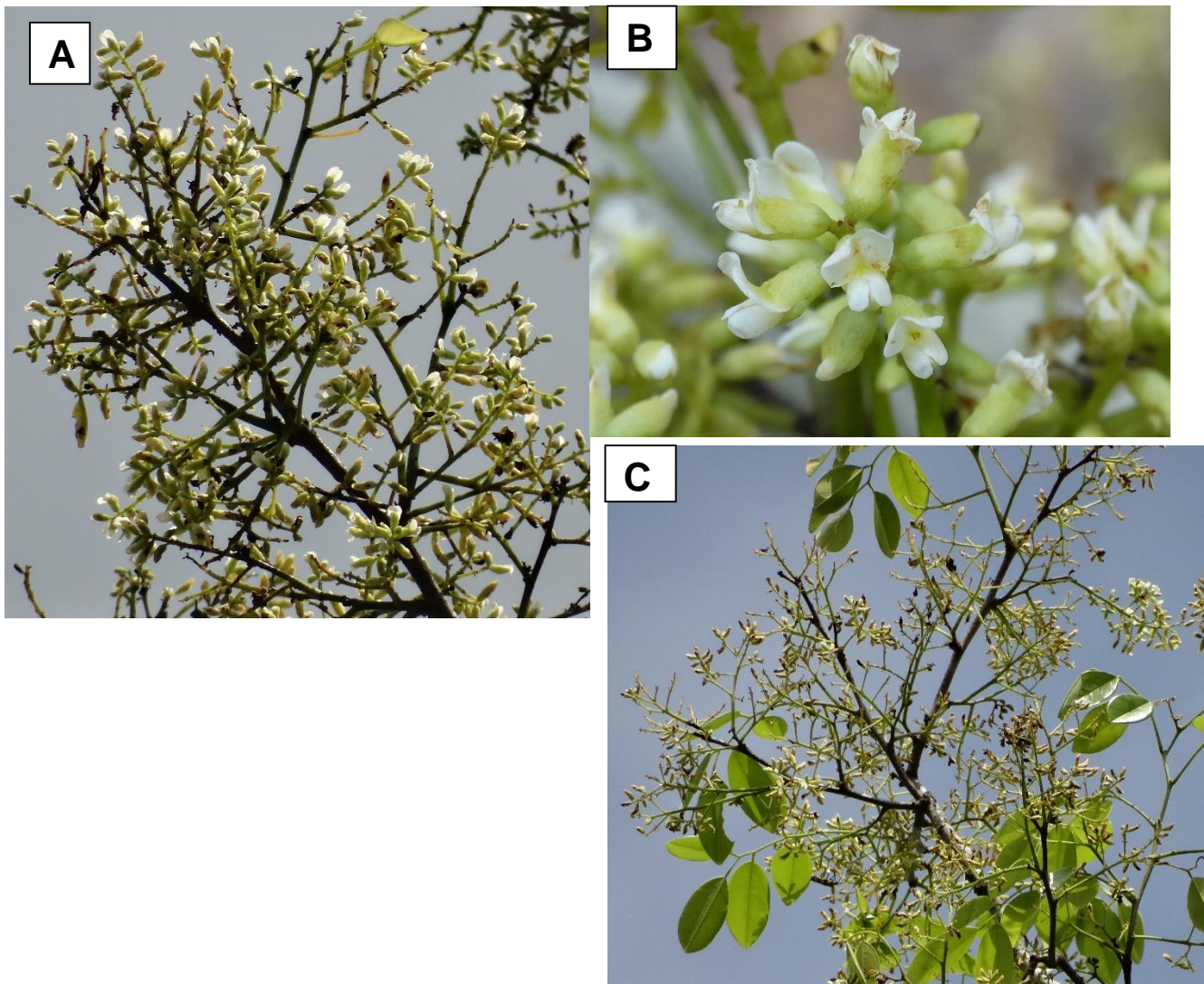


Figura 19. Características de la inflorescencia de *D. stevensonii* A. y C. Inflorescencia de *Dalbergia stevensonii* Standl. A) Flores y su estado vegetativo en completamente defoliados. B) Pigmentación verde limón en el estandarte de la flor.

C. Fruto

Legumbre oblonga pequeña de 5.5 a 6.7 cm de largo, 1.5 a 1.7 cm de ancho redondeada y apiculada en el ápice, aguda en la base, pubescente seríceo-adpreso, con una semilla; de estípites delgado 4 a 5 mm de largo (ver figura 20).

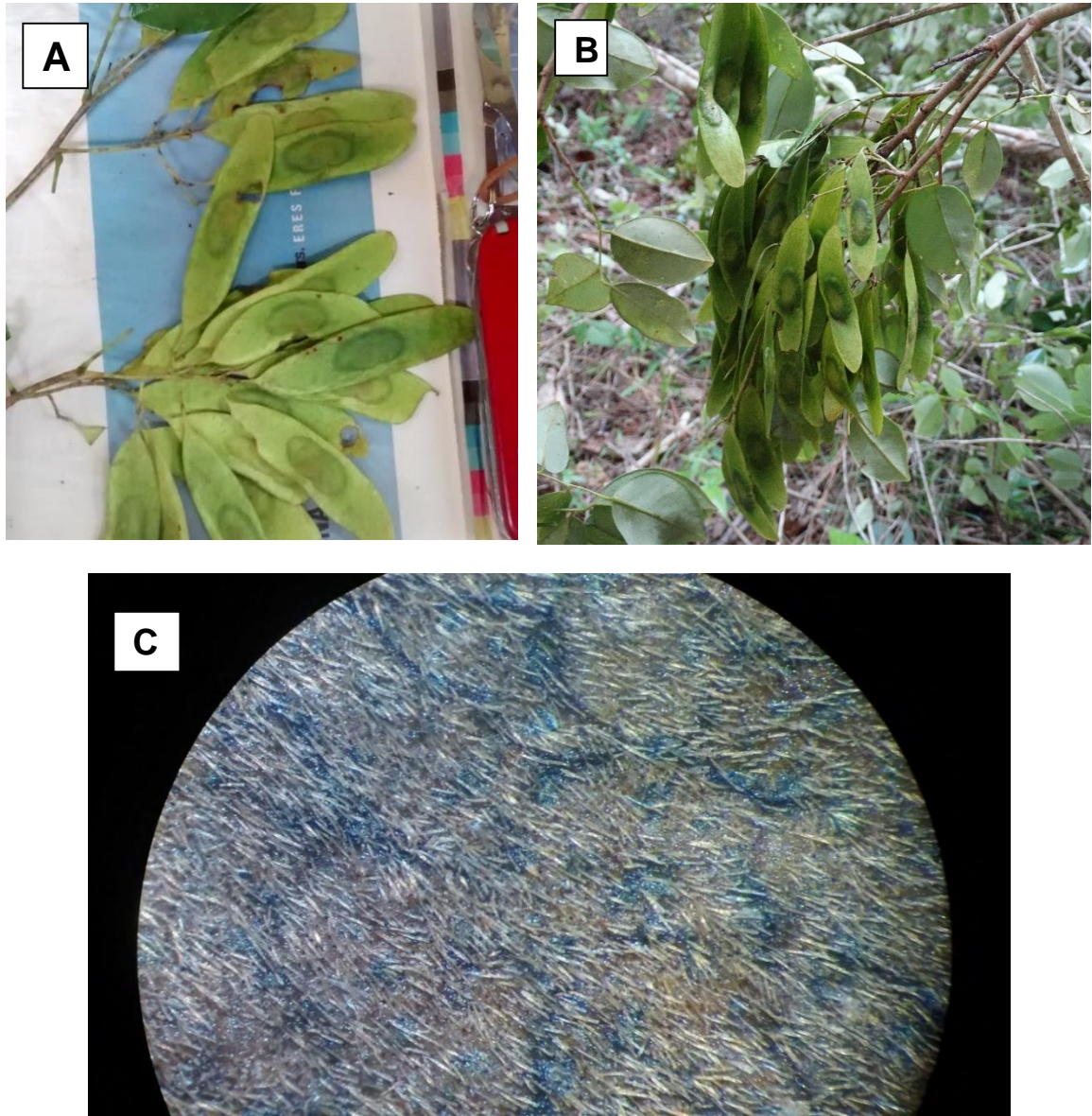


Figura 20. Fruto de *Dalbergia stevensonii* Standl. frutos jóvenes de color verde claro. C. pubescencia seríceo-adpresa de la vaina.

Las mediciones se compararon con los datos botánicos de la Flora de Guatemala, la Flora Mesoamericana y la Flora de Nicaragua. En términos generales las mediciones botánicas tomadas en laboratorio no tienen una variación significativa, sin embargo se encontró que hay una pequeña diferencia en algunas características

El largo de los folíolos varían aproximadamente 1.5 cm siendo más largos las mediciones descritas en este documento, el número de folíolos no varía, se mantiene de 5 a 7 folíolos por hoja.

Con respecto a los frutos, el largo tiene una variación de 1.5 cm y 3 mm de ancho de diferencia. La pubescencia descrita en la Flora de Guatemala menciona que es glabro o casi glabro, sin embargo, la pubescencia observada en un microscopio es seríceo-adpresa. Una característica que no se menciona en la Flora de Guatemala, es que en la flor, el estandarte posee una mancha color verde limón en el centro (ver figura 21).



Figura 21. Mancha color verde limón en el centro del estandarte de la flor de *D. stevensonii* Standl.

2.5.2 Calendario fenológico *Dalbergia stevensonii* Standl.

A. Climadiagrama y calendario fenológico para *Dalbergia stevensonii* Standl. en la zona Media de Petén

En la figura 22, se observa el climadiagrama de la estación de Flores para el año 2015 (INSIVUMEH 2015), ubicada en las coordenadas GTM X=165544 Y=895329 a 150 m s.n.m.

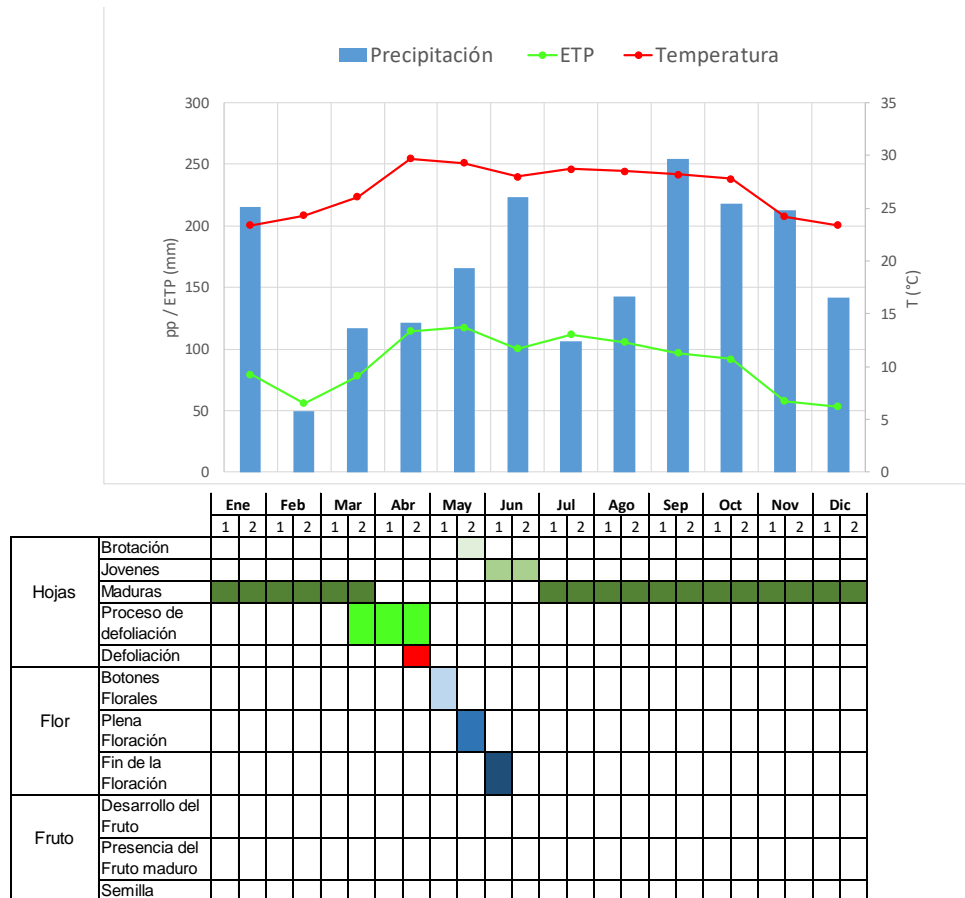


Figura 22. Climadiagrama y cuadro fenológico de *Dalbergia stevensonii* Standl. de la zona Media de Petén.

a. Estado vegetativo.

A finales del mes de marzo al mes de abril se observó que los individuos se encontraban en proceso de defoliación, esto pudo ser causado por la temperatura que aumentó paulatinamente de 26.1 °C hasta llegar a la máxima temperatura registrada en el año de 29.7 °C en el mes de abril, en donde coincide con la total defoliación de los individuos.

Los individuos reaccionan al estrés del cambio de temperatura entrando al proceso de defoliación evitando la pérdida de agua a través de la evapotranspiración de las hojas, esto también pudo deberse al estrés por la falta de agua mostrada durante el mes de febrero.

En el mes de mayo con un descenso de la temperatura se dio el inicio de la brotación de las nuevas hojas, esto puede ocurrir porque la precipitación en el mes de junio alcanza los 22.3 mm, cubriendo las necesidades y requerimiento de agua para que se desarrollen las hojas.

b. Estado de Floración

Para este caso en particular el desarrollo de los botones florales se dio a inicios del mes de mayo para finalizar la floración a inicios de junio. Esto como posible respuesta a las altas temperaturas que se registró en el mes de abril, inician los primeros brotes florales a partir de que la temperatura empieza a disminuir. Además se dio un incremento en la precipitación y disminución de la evapotranspiración.

c. Estado de Fructificación

El desarrollo del fruto debería de iniciar en la época en donde decae paulatinamente la temperatura y la evapotranspiración y aumenta la precipitación, sin embargo no se pudo observar el desarrollo del fruto en ningún sitio de monitoreo. Las posibles causas de por que no se haya desarrollado el fruto podrían ser el ataque de insectos a flores y frutos en sus primeros estadios, ya que se observaron insectos que podrían ser la causa de la ausencia de fructificación.

Por los cambios irregulares del clima en este año, se dió un aborto de las flores por lo que no se dio la presencia de frutos. Asi mismo se encontraron evidencia de raquiz de inflorescencias en las axilas de las hojas, que manifiestaron la falta de condiciones optimas de desarrollo.

B. Climadiagrama y calendario fenológico para *Dalbergia stevensonii* Standl. en la zona Sur de Petén

En la figura 23, se observa el climadiagrama de la estación de Poptún del año 2015 (INSIVUMEH 2015), ubicada en las coordenadas Lat. 16°19'32.37", Long. 89°24'37.54" a 479 m s.n.m.

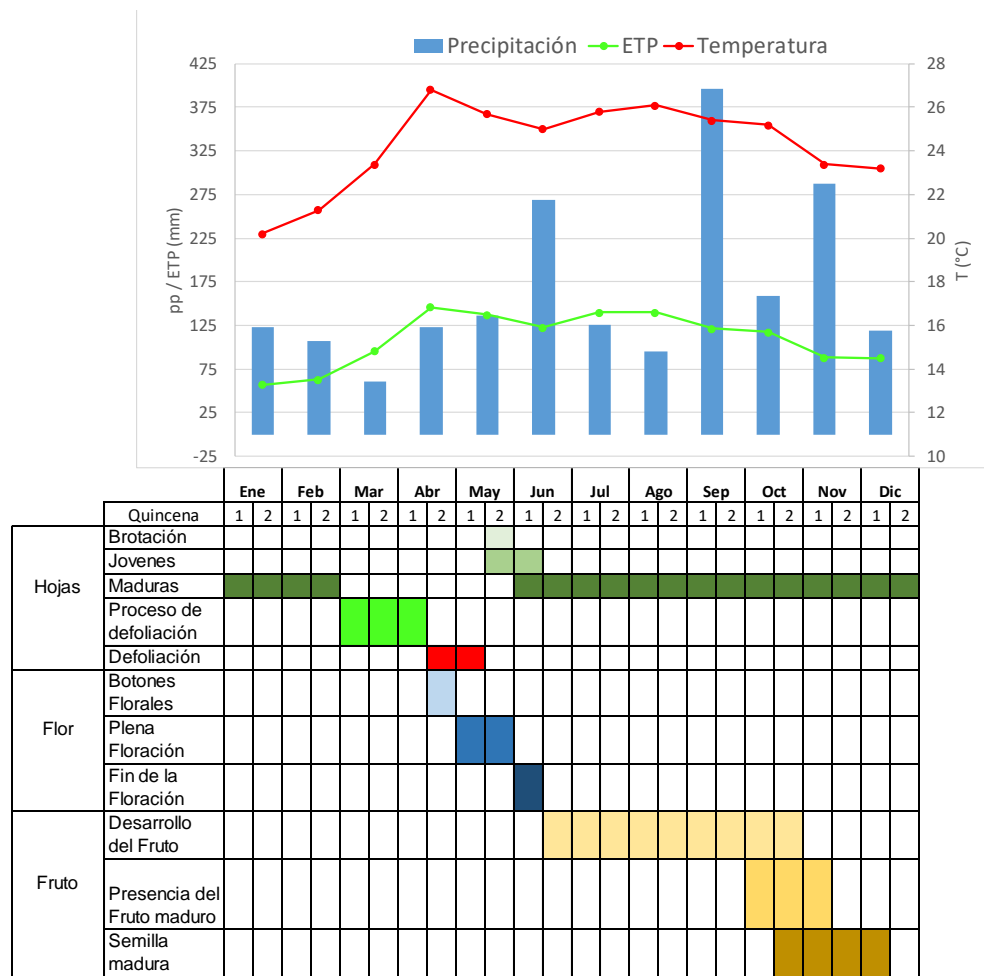


Figura 23. Climadiagrama de la estación Poptún y cuadro fenológico de *Dalbergia stevensonii* Standl. de la zona Sur de Petén.

a. Estado vegetativo.

A inicios del mes de marzo esta especie desarrollada en el área Sur del departamento de Petén mostro un comportamiento de defoliación, en este periodo la temperatura tendía a aumentar y la evapotranspiración superó a la precipitación manifestando un déficit de humedad para las plantas, estimulando la caída de las hojas para evitar más pérdida de agua, hasta llegar al punto de quedarse totalmente defoliados cuando se encontraba la máxima temperatura registrada durante el año.

En el mes de mayo, cuando la temperatura comenzó a declinar, comenzaron los primeros brotes foliares, como respuesta a un incremento de la precipitación y una disminución en la evapotranspiración, la baja de temperatura abrupta crea un estímulo para la brotación de las primeras hojas.

b. Estado de Floración

El período de floración da inicio a finales del mes de abril, aun cuando el estrés hídrico y la temperatura del mes fueron altas, abriendo paso para los primeros botones florales; mientras hubo un decaimiento gradual de la temperatura y de la evapotranspiración, la plena floración ocurrió en el mes de junio

En ese período de tiempo, en la plena floración no se encontró ningún estado vegetativo, los individuos se encontraron totalmente defoliados pero con flor, esto pudo ser debido a que la evapotranspiración fue igual a la precipitación pero la temperatura se encontraba en disminución, por lo que los individuos aprovechando el decaimiento de la temperatura y que no había mayor pérdida de agua, aseguro la floración en lugar de iniciar con los brotes vegetativos.

c. Estado de fructificación

El proceso de formación del fruto perduró durante cuatro meses y medio, durante ese lapso de tiempo, la temperatura se mantuvo en un promedio de 24.7 °C, y la precipitación entre 146.83 mm y 285 mm; durante este lapso de tiempo hubo disponibilidad de agua desde septiembre hasta diciembre, período en que maduró el fruto para tener semilla a finales del año.

Comparando los dos calendarios fenológicos, de la zona Sur y zona media de Petén se puede diferenciar que, en la zona media de Petén en la etapa de floración, se encontró la plena floración con hojas muy jóvenes, en cambio en la zona Sur, la etapa de plena floración los individuos se encontraban totalmente defoliados; la temperatura en la etapa fenológica de floración, en la zona Sur fue de 25.67 °C y la zona ,media fue de 29.7 °C, la diferencia de las dos temperaturas es de 4.03 °C, cabe mencionar que estas temperaturas son temperaturas medias, por lo que las temperaturas máximas diarias pueden ser uno de los factores para que la flor aborte y sea por esa razón que en la parte media de Petén no pudo evidenciar un desarrollo del fruto.

Durante todo el tiempo de monitoreo en la zona media y zona Sur no se encontró regeneración natural a partir de semillas, las posibles causas de que no se desarrollen bien los brinzales son:

1) En los meses de octubre hasta febrero en donde los frutos maduros ya se localizan en el suelo, no se encuentran las condiciones de humedad necesarias para germinar y mucho menos de emerger del suelo.

2) Durante todo el tiempo de monitoreo, aún en la época seca en donde algunas especies arbóreas estaban en proceso de defoliación, el dosel del bosque se encontraba bastante denso, por lo que el ingreso de luz hacia el piso del bosque era limitada, dando la impresión que *D. stevensonii* Standl. sea una especie heliófita. La única regeneración que se encontró fue a partir de rebrotes de tocones de individuos aprovechados y de raíces que se localizaban en la superficie del suelo.

3) En la cavidad de la semilla se encontró un insecto de la familia Curculionidae, al extraerlo se evidenció la falta de cotiledones, por lo que se asume que este insecto se alimenta de ellos. El insecto fue hallado frecuentemente en las muestras botánicas que poseían fruto, otro motivo por el cual esta especie tiende a estar más en peligro de extinción, porque de manera natural no asegura totalmente su reproducción.

2.5.3 *Dalbergia tucurensis* Donn. Smith. (Granadillo)

A. Descripción del ambiente

D. tucurensis se desarrolla en la parte Sur del departamento ubicada en la zona de vida Bosque Muy Húmedo Subtropical (cálido) (Cruz, 1982), a una altura sobre el nivel del mar de 424 m, el relieve irregular con pendientes no mayores de 10 %, suelos pocos profundos de material calcáreo (kárstico) (SEGEPLAN, 2013), con texturas Franca arcillosa, afloramiento rocoso carbonatadas de granito fino.

La única población localizada y monitoreada se encontraba dentro de un potrero, a unos pocos metros de la zona de vida silvestre Xutilhá, área protegida administrada por el CONAP, se encontraron individuos no más de 73 cm de DAP y de 25 m de altura, abundante regeneración natural a las periferias de los individuos. Suelo cubierto totalmente por pasto para alimento de ganado; poca materia orgánica; los individuos presentaban gran cantidad de especies epifitas, como se muestra en la figura 24 y 25.



Figura 24. Plantas epifitas cubriendo parte del fuste de *D. tucurensis* Donn. Smith.

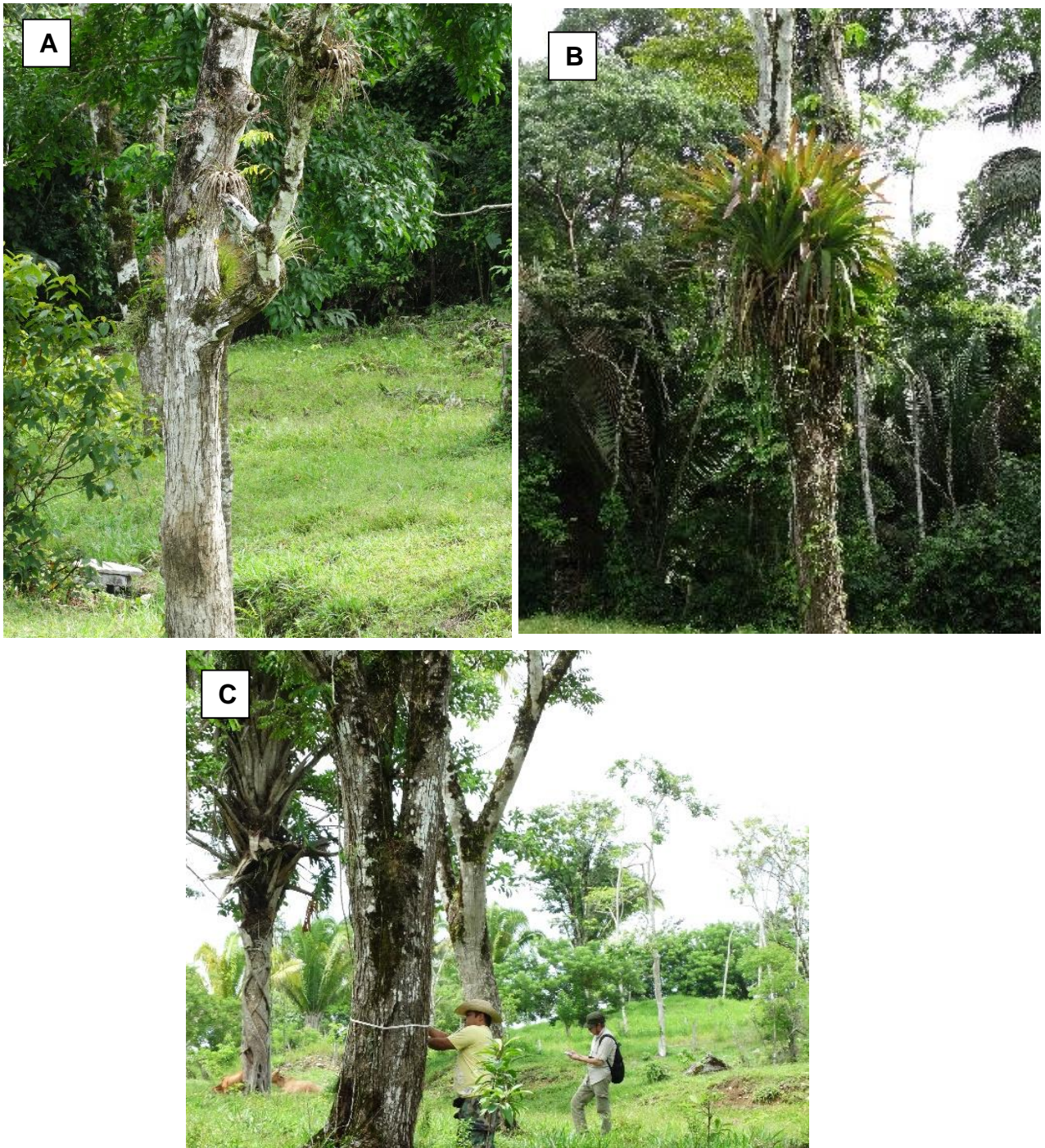


Figura 25. Características del ambiente de donde se desarrolla *D. tucurensis* Donn. Smith. A. suelo cubierto totalmente por pasto, utilizado para alimento para ganado. B. individuo cubierto casi en su totalidad de especies epifitas. C. Individuos ubicada en un potrero.

B. Descripción botánica

Árbol alto o mediano, entre 15 a 25 m de altura, de copa irregular, con diámetros a la altura del pecho hasta de 70 cm. Fuste de forma irregular, cilíndrico, hasta de 8 m a la primera rama; corteza de color grisáceo o manchada con blanco, ligeramente fisurada (ver figura 26).

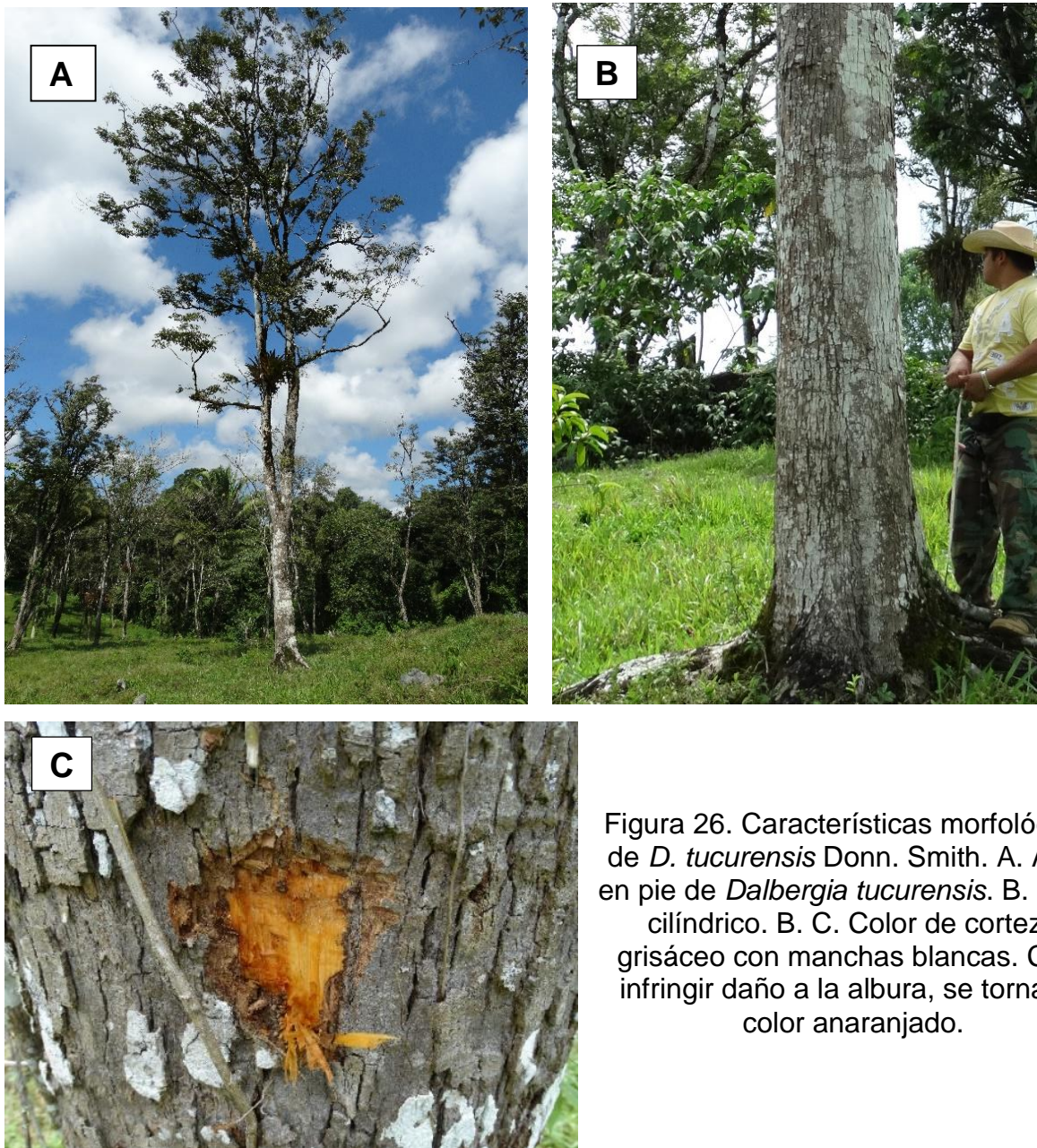


Figura 26. Características morfológicas de *D. tucurensis* Donn. Smith. A. Árbol en pie de *Dalbergia tucurensis*. B. Fuste cilíndrico. B. C. Color de corteza grisáceo con manchas blancas. C. Al infringir daño a la albura, se torna de color anaranjado.

a. Hojas

Compuestas imparipinadas, miden de 15 a 25 cm de largo; generalmente 9 a 15 folíolos alternos, elíptico-ovados, de 7.5 a 9 cm de largo, y 3 a 4.5 cm de ancho, agudo en el ápice, base redondeada, haz de color verde oscuro y envés color verde claro, pubescente pilosa en el envés, raquis pubescente (ver figura 27).

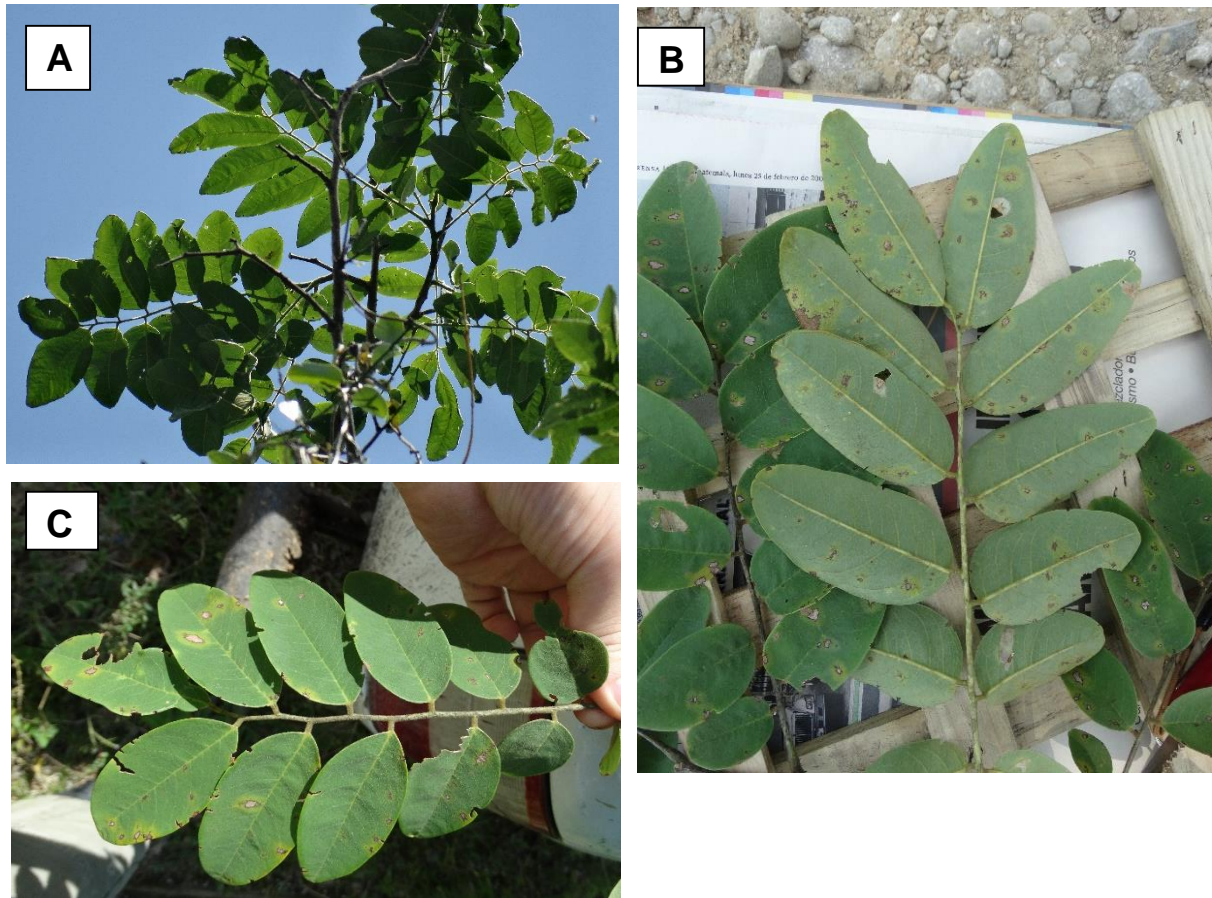


Figura 27. Morfología de la hoja de *D. tucurensis* Donn. Smith. A. Hoja maduras compuestas pinnadas B. Envés de los folíolos de color verde claro. C. Haz de los folíolos de color verde oscuro

b. Fruto

Legumbre oblonga, de 4 a 4.5 cm de largo y 1 a 1.5 cm de ancho, obtuso o redondeado y mucronado en el ápice, agudo en la base, aplanada, glabro, con una sola semilla por vaina (ver figura 28).

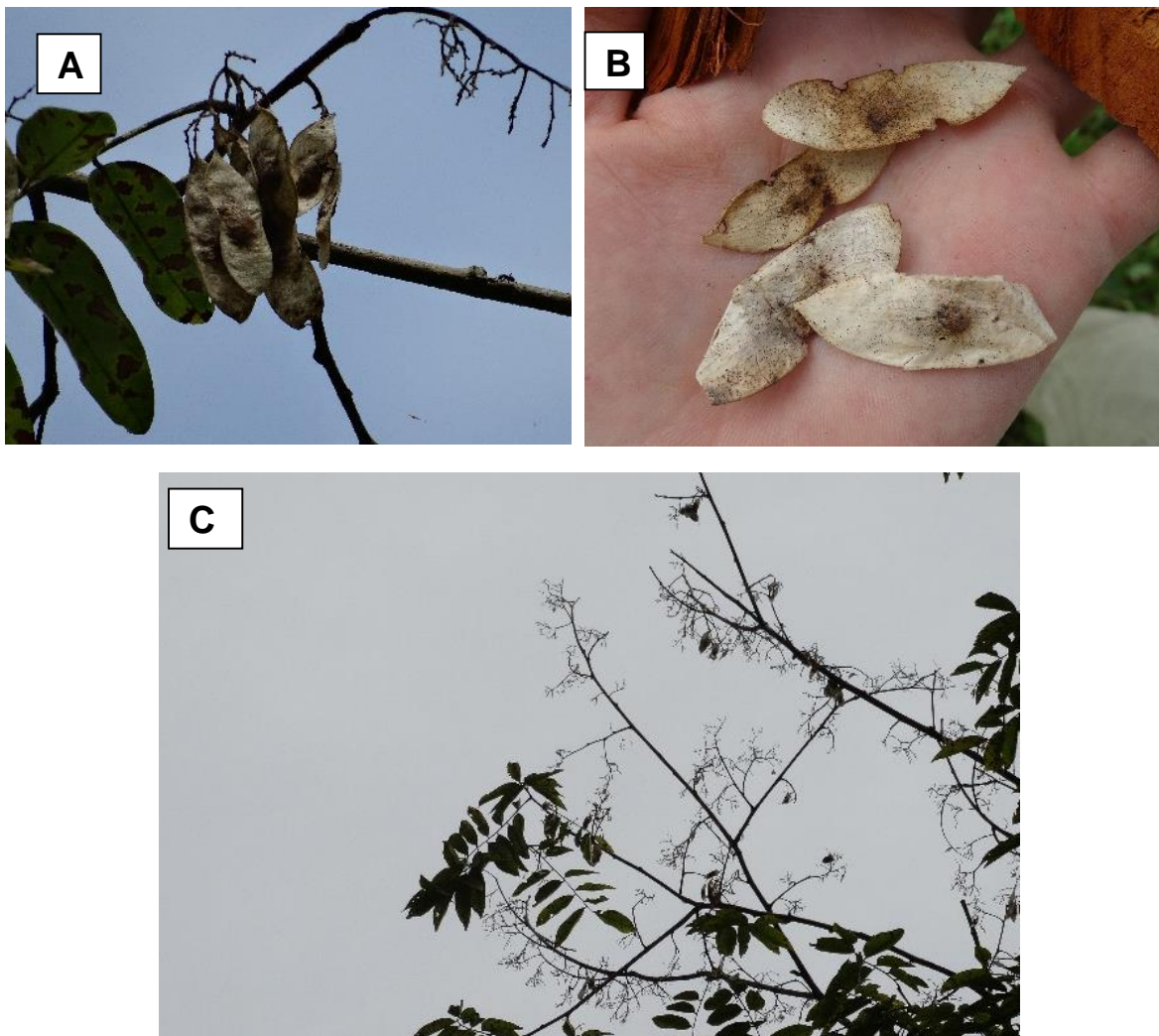


Figura 28. Características morfológicas del fruto de *D. tucurensis* Donn. Smith. A. Frutos maduros. B. Frutos maduros con una sola semilla. C. Raquis del fruto

Comparando las mediciones botánicas con las mediciones de las descripciones descrita en la Flora de Guatemala se tuvo como resultado.

Los números de los foliolos generalmente de 11 a 15, según la Flora de Guatemala, sin embargo generalmente se encontraron de 9 a 15 foliolos; el largo con una diferencia de 1 a 1.5 cm, de igual forma que la anchura de los foliolos, sin embargo aun teniendo esa pequeña diferencia siempre se mantiene una relación ancho-largo de 0.41 a 0.47.

La pequeña variación que se pudo haber obtenido en las mediciones botánicas, pudo haber sido porque las colectas botánicas que se obtuvieron en campo son de hojas de las primeras ramas del árbol, siendo hojas bajas, mucho más maduras y dañadas que las hojas que se encuentran en la parte alta del árbol.

Los frutos cuando están totalmente maduros tienen la característica de ser papirácea, delgados, frágiles al tacto y la textura similar a la del papiro o papel, se encontraron que presentaban daño por insectos en la cavidad de la semilla, probablemente un insecto fitófago que se alimenta de los cotiledones de la semilla, aunque no se encontró evidencia del agente causante.

2.5.4 Calendario Fenológico *Dalbergia tucurensis* Donn. Smith.

A. Climadiagrama y calendario fenológico para *Dalbergia tucurensis* Donn. Smith.

En la figura 29, se observa el climadiagrama de la estación de Poptún del año 2015 (INSIVUMEH 2015), ubicada en las coordenadas Lat. 16°19'32.37", Long. 89°24'37.54" a 479 m s.n.m.

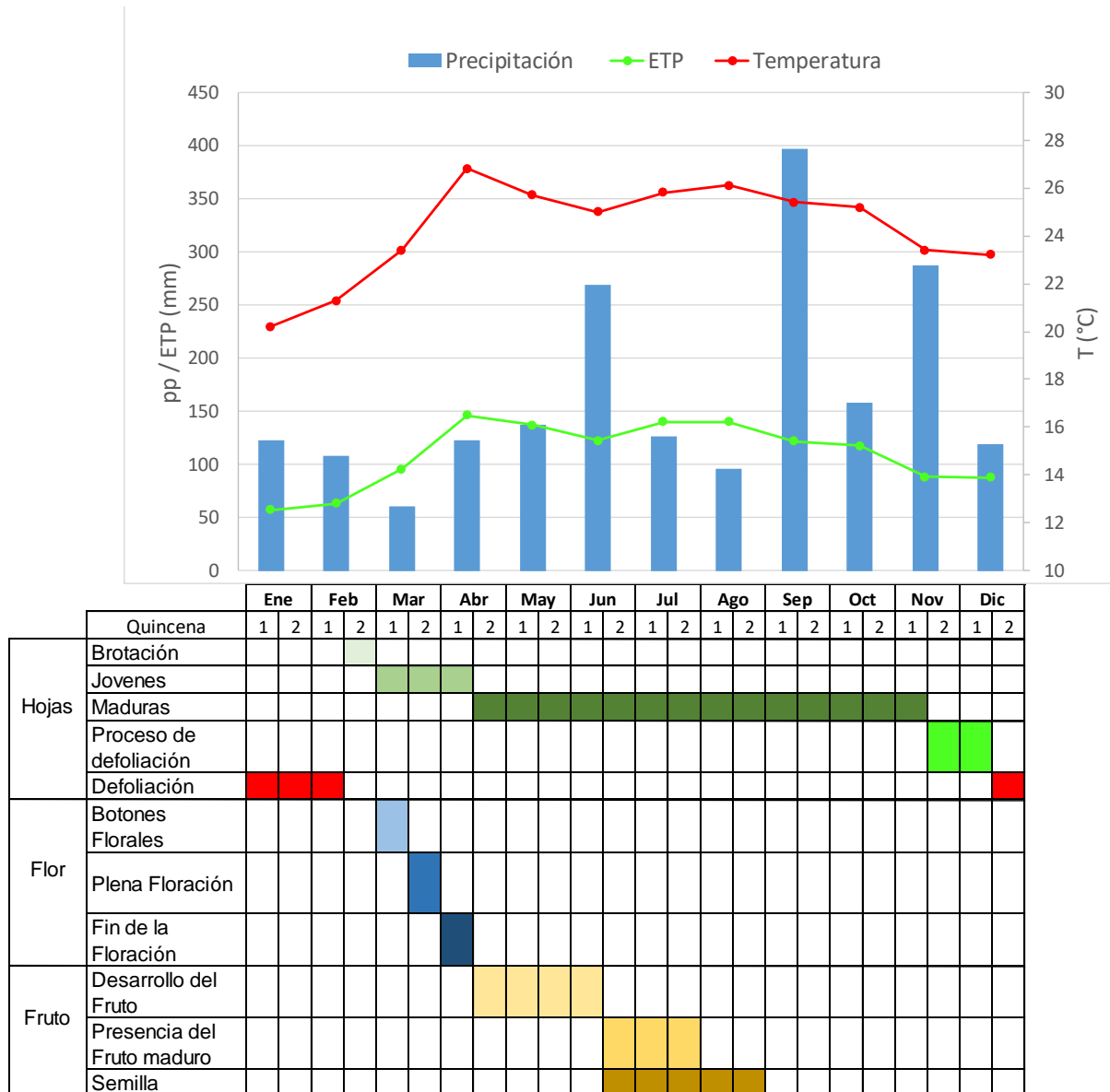


Figura 29. Calendario fenológico *Dalbergia tucurensis* Donn. Smith. para el departamento de Petén.

a. Estado vegetativo

El inicio del período de defoliación inició aproximadamente en la segunda quincena de diciembre, cuando la temperatura paso por los 23.4 °C hasta llegar a los 20.2 °C, en ese período de tiempo, que fue desde diciembre hasta febrero, fueron los meses con la temperatura más baja durante el año, por lo que el proceso de defoliación y la defoliación total, responde a la disminución de la temperatura.

Cuando comienza a incrementar la temperatura inician los primeros brotes foliares, estableciendo las hojas maduras con una temperatura media de 25.71 °C durante siete meses, de abril hasta noviembre.

b. Estado de Floración

En la etapa de floración desde que comienzan los botones florales hasta el fin de la floración existe un déficit de agua promedio de 29 mm de agua, que podría ser causa de la estimulación de esta etapa fenológica. Cabe resaltar que en este corto período se registró la mayor temperatura en el año con 26.8 °C.

c. Estado de Fructificación.

El desarrollo del fruto inició a finales del mes de abril hasta inicios el mes de junio cuando el fruto se encuentra en un estadio inmaduro, a finales del mes de junio se pueden encontrar frutos en estado maduro y en algunos frutos ya se encuentran semillas maduras; durante todo el desarrollo del fruto la temperatura no vario significativamente las temperatura máxima fue 25.67 °C y la mínima fue 25.33 °C y la precipitación desde los 163.13 mm hasta los 213.57 mm.

Haciendo la comparación con el calendario fenológico presentado por Birgit Knoblauch en Honduras en el 2001, describe que la floración se presenta en el mes de febrero hasta el mes abril, estando la mayor concentración de la floración en el mes de febrero, y la fructificación se presenta en el mes de abril, mayo y junio, teniendo la mayor concentración de frutos en el mes de mayo, no varían significativamente con el calendario fenológico para el año 2016 en el departamento de Petén en Guatemala, en donde la floración da inicio en el mes de marzo, su mayor concentración en la segunda quincena de marzo y finaliza a inicios de abril y la fructificación perdura a finales de abril hasta inicios de junio, en donde su mayor concentración de frutos es mayo.

Se evidenció gran cantidad de regeneración natural en el mes de agosto, cabe mencionar que la regeneración natural que se observó, se encontraba dentro y en la periferia de la población, en una zona de potrero, donde los suelos estaban totalmente cubiertos por gramíneas y no había sombra, lo que se puede deducir que *D. tucurensis* Donn. Smith. tiende a ser una especie heliófita, por haber germinado, emergido y desarrollado en un área abierta.

2.5.5 *Swietenia macrophylla* King. (caoba)

A. Descripción del ambiente.

La especie *S. macrophylla* King. se desarrolla en la parte Norte del departamento de Petén, en la zona de vida Bosque húmedo Subtropical Cálido bh-S(c) (Cruz, 1982), en altitudes que oscilan entre 217 m s.n.m a 379 m s.n.m. El relieve es generalmente plana con pendientes irregulares, no mayores a 10 %, suelos poco profundos de material calcáreo (kárstico) (SEGEPLAN, 2013), con textura Franca arcillosa a Franca Arenosa.

Las poblaciones monitoreadas de *S. macrophylla* King. se ubicaron en bosques naturales secundarios; bosques comúnmente llamados “bosque alto o bosque de serranía”; de edad avanzada; dosel muy denso, de altura variable, los árboles de caoba sobresalían dentro del dosel; ambiente húmedo; sotobosques bastante densos de altura hasta de 2.5 m, compuesto de lianas y arbustos; gran cantidad de herbáceas; suelos con poca materia orgánica; suelos poco drenados; presencia de especies parasitas (ver figura 30).

Las especies acompañantes asociadas son: siricote (*Cordia dodecandra*), pucté (*Bucida uceras*), pimienta (*Pimenta dioica*), palo de jiote (*Bursera simaruba*), palo de tinto (*Haematoxylum campechianum*), chico zapote (*Manikara zapota*), chechen negro (*Metopium brownei*), san juan (*Vochysia guatemalensis*), santa maria (*Calophyllum brazilense*).



Figura 30. Características del ambiente en donde se desarrolla *S. macrophylla* King. A. sotobosque denso de altura aproximada de 2.5 m. B. Sotobosque denso y dosel denso. C. Suelo poco profundo, con poca materia orgánica. A.y D. Sotobosque compuesta por plantas herbáceas y lianas

B. Descripción botánica

Árbol alto, 35-45 metros de altura, fuste recto, libre de ramas entre los 18 y 20 metros de altura; diámetro a la altura del pecho hasta 1.83 metros, presenta gambas en árboles maduros; corteza color marrón oscuro, profundamente fisurado, con grietas profundas (ver figura 31).

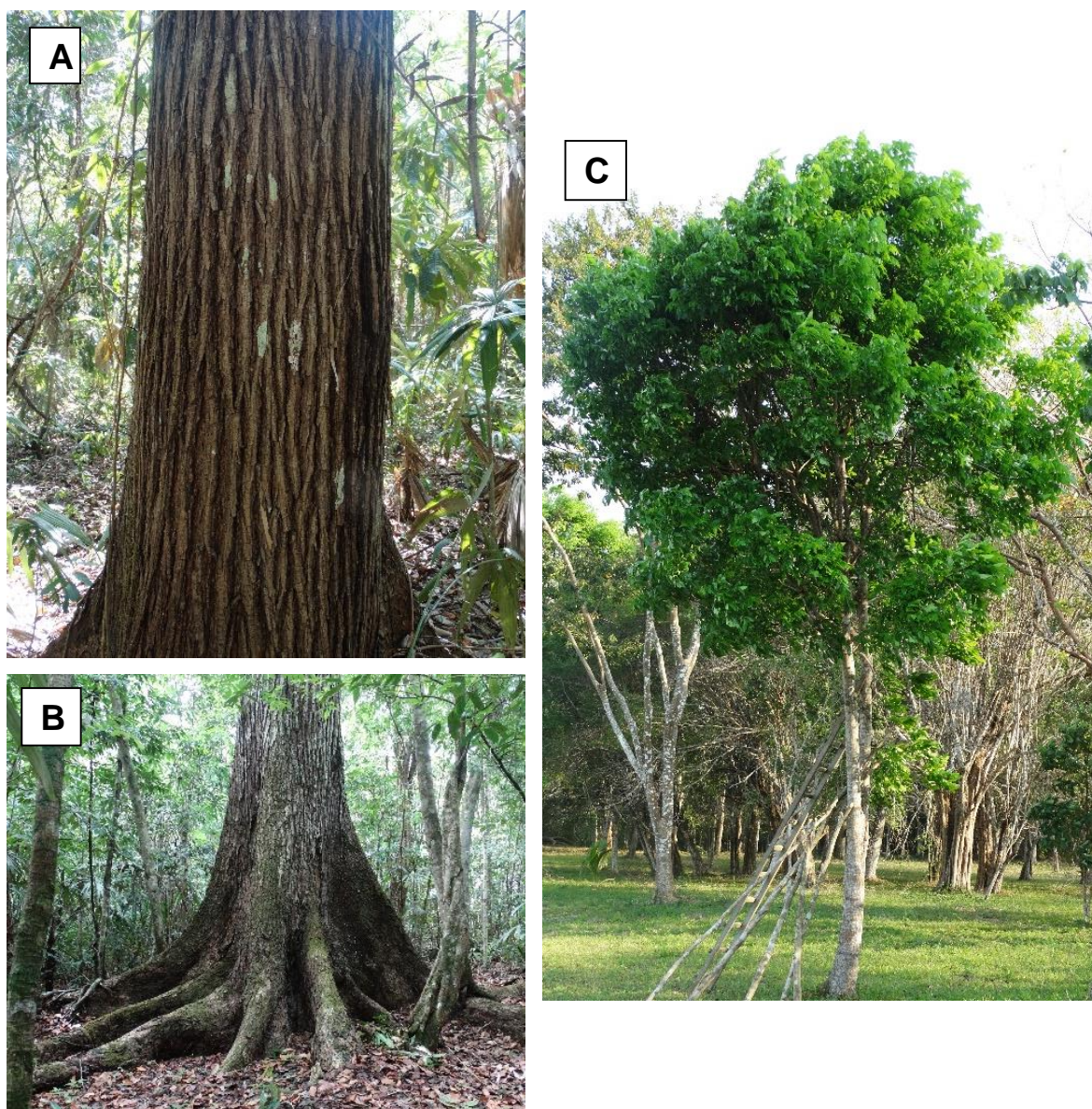


Figura 31. Características morfológicas de *S. macrophylla* King. A. Corteza del fuste de caoba con fisuras profundas. B. Árbol maduro de caoba con gambas. C. Árbol joven de caoba

A. Hojas

Compuestas pinnadas-paripinnadas, miden de 6 a 23 cm de largo, el pecíolo es de 6 a 6.6 cm de largo; con 3 a 6 pares de folíolos opuestos, oblongo a oblongo lanceolados, de 8 a 12 cm de largo y 3.8 a 5 cm de ancho, ápice agudo, oblicuo en la base, de color verde lustroso, glabro en la haz, y verde pálido en el envés (ver figura 32).

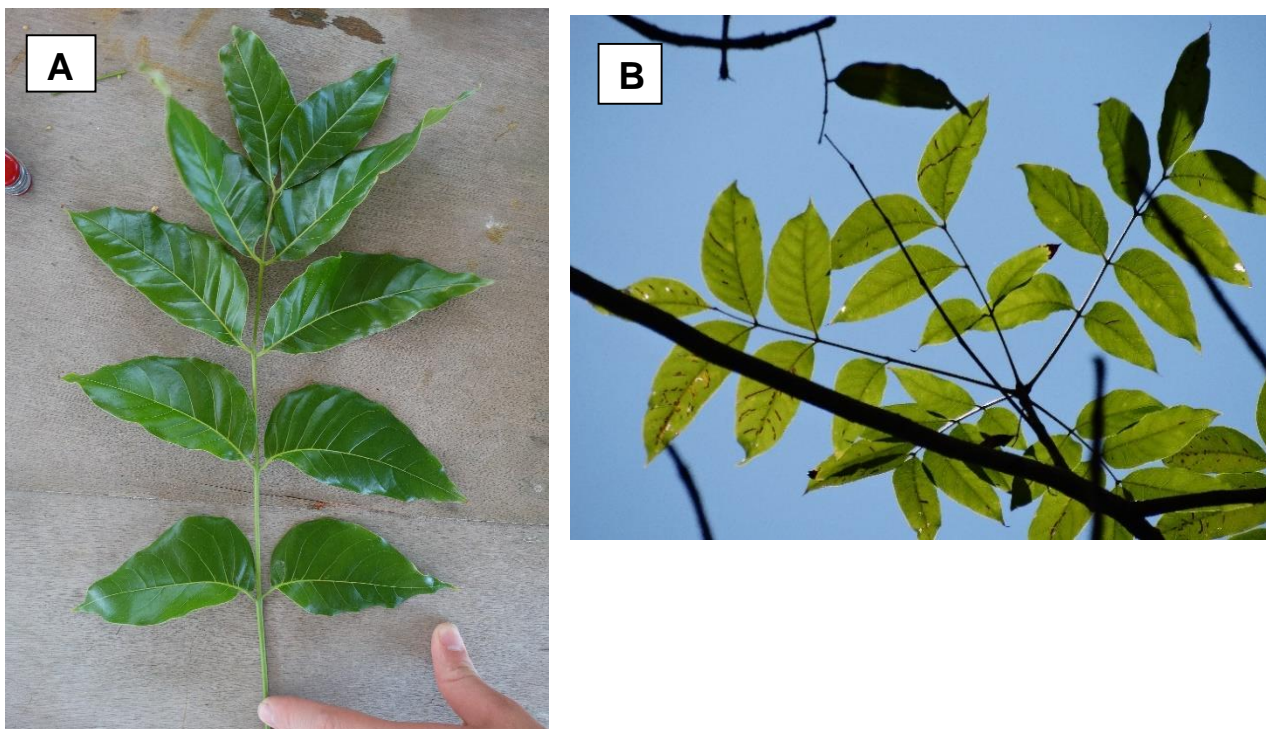


Figura 32. Hoja de *Switenia macrophylla* King. Ay B. Hoja paripinnada con 5 pares de folíolos. A. Haz de Color verde oscuro, lustroso

B. Flores

Panículas de 10 a 20 cm de alto, cáliz glabro de 1 a 2 mm de alto y 1 a 2.5 mm de ancho, pétalos glabros liguliformes a obovados de 3 a 5 mm de largo y 2 a 4mm de ancho, de color blanco- crema, tubo estaminal cilíndrico de 3 a 4 mm de largo, 10 anteras, dentro del tubo estaminal (ver figura 33).

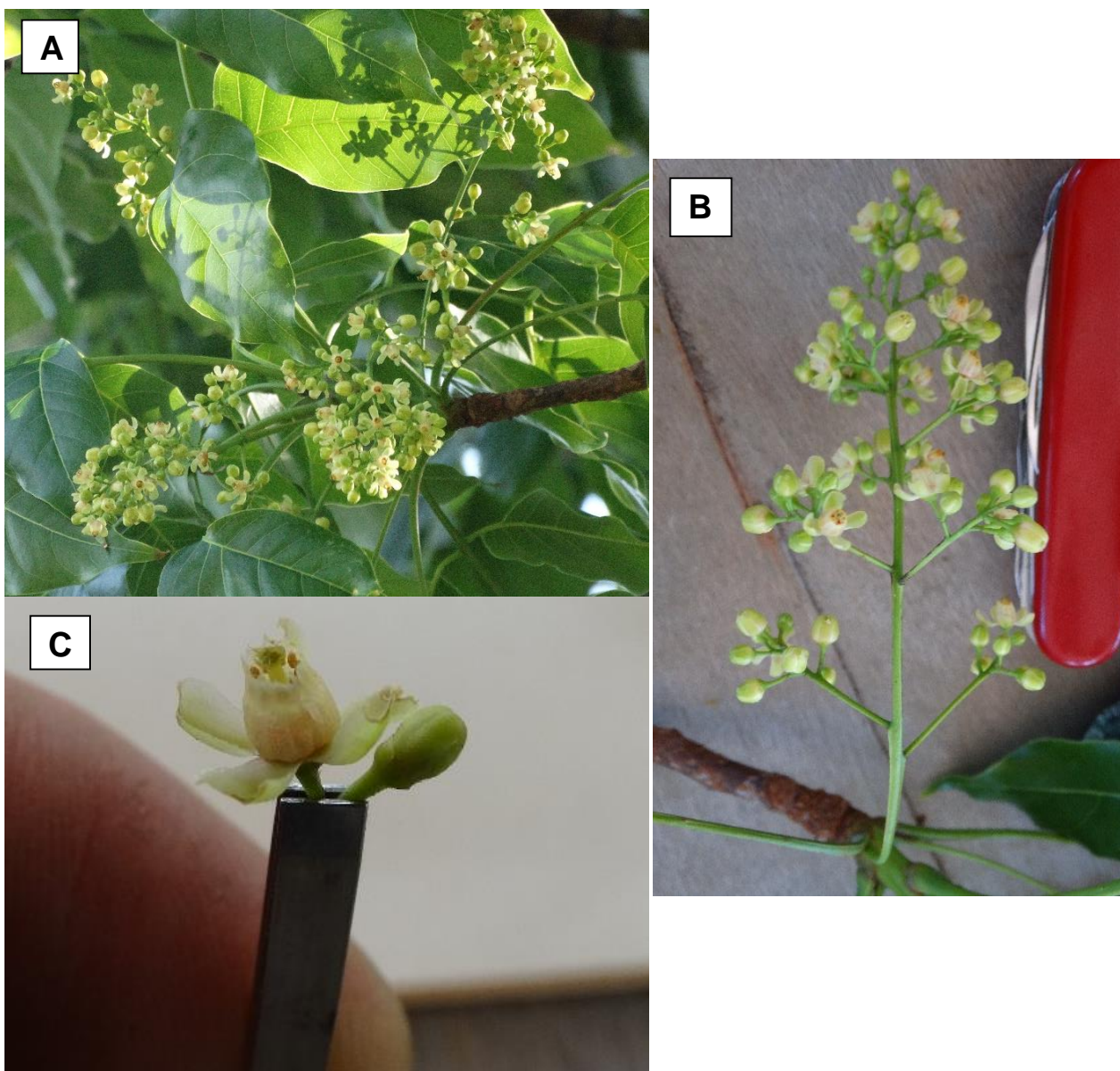


Figura 33. Características morfológicas de la inflorescencia de *S. macrophylla* King. A y B. Inflorescencia en forma de panícula. B. flores pequeñas de color blanco y botones florales. C. flor pequeña de color blanco y botón Floral.

C. Fruto

Capsula ovoide grande, de 9 a 15 cm de largo, 5 a 10 cm y 5 a 8.5 cm ancho, lisa o diminutamente verrugosa, de color café gris pálida, valvas exteriores muy leñosas, valvas interiores más delgadas, con 45 a 70 semillas, de 7.5 a 8.5 cm de largo, aladas, color marrón rojizo (ver figura 34).

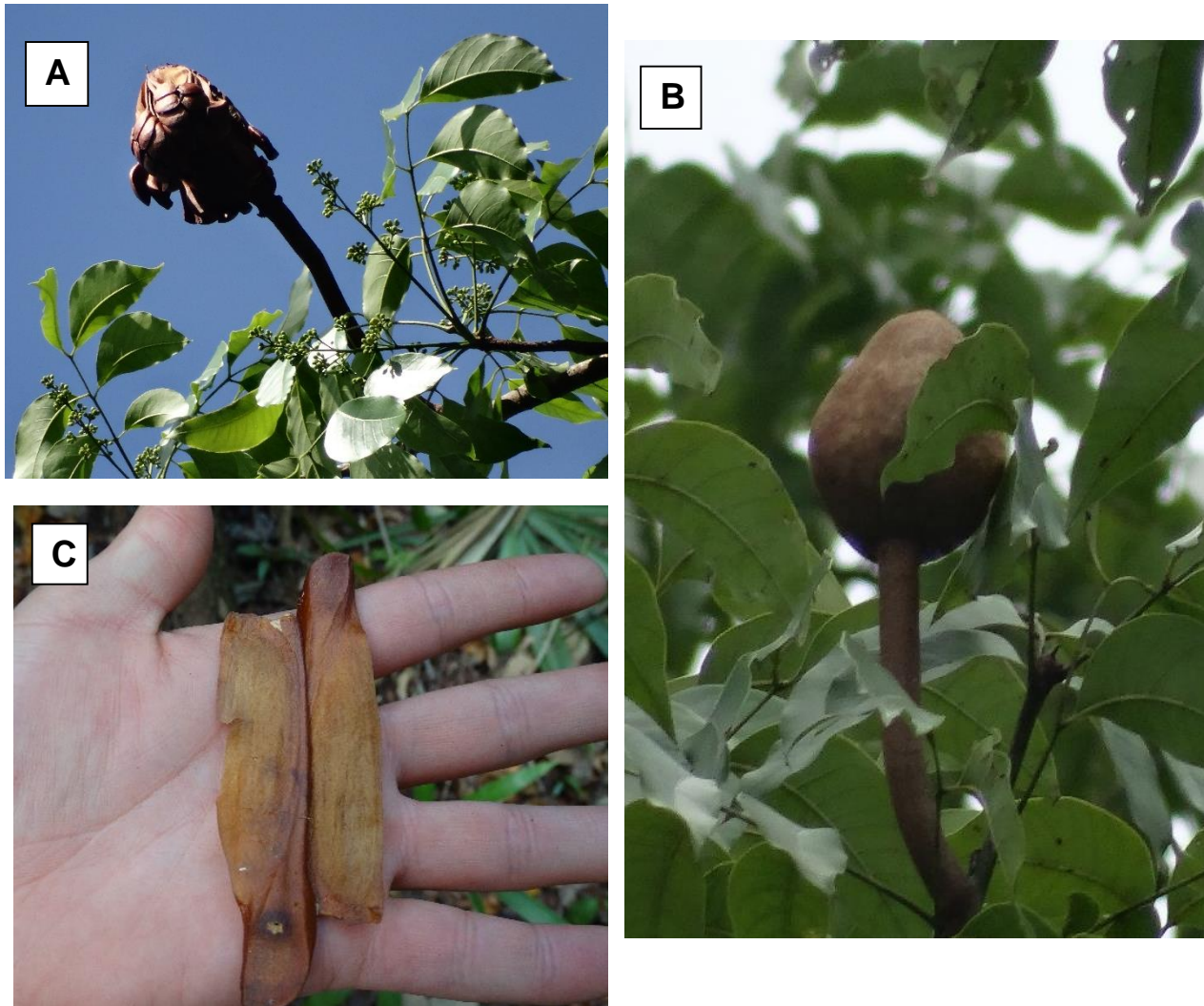


Figura 34. Características morfológicas del fruto de *S. macrophylla* King. A. Fruto totalmente maduro aun adherido al individuo. B. fruto inmaduro adherido al individuo C. semillas aladas, color marrón-rojizo

2.5.6 Calendario Fenológico *Swietenia macrophylla* King.

A. Climadiagrama y calendario fenológico para *Swietenia macrophylla* King. en la zona Norte de Petén

En la figura 35, se observa el climadiagrama de la estación de Tikal para el año 2015 (INSIVUMEH 2015), ubicada en las coordenadas Lat. 171340, Long. 893615 a 200 m s.n.m. Se utilizó la estación Tikal por ser la estación climatológica más cercana a los lugares de monitoreo.

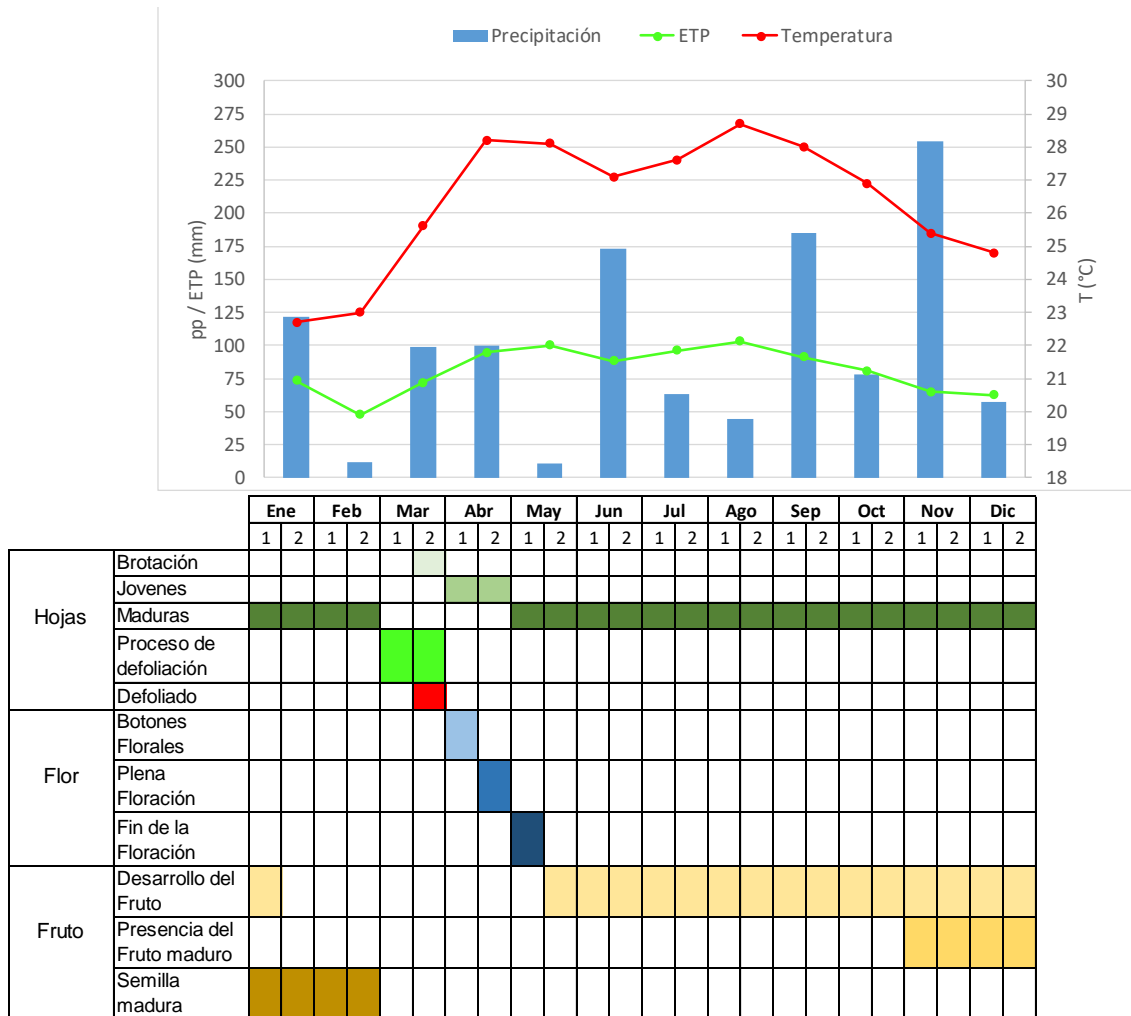


Figura 35. Climadiagrama de la estación Tikal y cuadro fenológico de *Swietenia macrophylla* King.

a. Estado vegetativo

A finales del mes de marzo inicia la etapa de brotación de las hojas, en este inicio de etapa existió un aumento de la evapotranspiración por el incremento de la temperatura, sin embargo, en esta etapa vegetativa, la precipitación cubrió las necesidades de agua.

Durante aproximadamente 10 meses del estado vegetativo de hojas maduras, la temperatura osciló entre los 29 °C hasta los 23 °C; la curva de evapotranspiración tuvo un comportamiento de decaimiento en el transcurso de tiempo pasando de 21.5 °C a los 20.5 °C

b. Estado Floración

El período de Floración en *S. macrophylla* sucede en un período muy corto aproximadamente en un mes y medio, para el año 2015 esta etapa inició en el mes de abril con los botones florales cuando hubo un incremento en la temperatura, pudiendo ser el incremento de la temperatura lo que estimule a la producción de las flores.

c. Estado Fructificación

El desarrollo del fruto de la caoba se dio en un período de tiempo aproximadamente de 7 meses, si se observa la precipitación durante este tiempo, hubo suficiente precipitación que cubrió la demanda de agua para que se desarrollara el fruto, en el mes de diciembre ya se pudieron encontrar los frutos maduros y semillas maduras adheridas a los frutos, en el mes de enero se encontró semillas maduras dispersas alrededor de los individuos.

Se observó que *S. macrophylla* King ha tenido una ligera variación en sus etapas fenológicas, por afirmaciones por parte de personas recolectoras de semillas en el Parque Nacional Tikal, que mencionan que la recolección de semillas iniciaba en los meses de enero, pero en el año 2015 los frutos en el mes de noviembre no estuvieron totalmente maduros por lo que la recolección de semillas se atrasó hasta el mes de febrero 2016.

Los calendarios fenológicos de las especies de *S. macrophylla* King., *D. stevensonii* Standl. y *D. tucurensis* Donn. Smith. responden para el departamento de Petén del año 2015, por lo que estas etapas fenológicas que se describieron pueden estar sujetas a cambio por variaciones climáticas que se den durante cualquier año, o a las variaciones climáticas extremas, como es la temperatura que puede ser un factor determinante para que se desarrolle la plena floración, especialmente la *D. stevensonii* Standl. y pueda cuajar el fruto.

2.6 CONCLUSIONES

2.6.1 Con la información obtenida se actualizaron los descriptores botánicos de *Swietenia macrophylla* King., *Dalbergia stevensonii* Standl., y *Dalbergia tucurensis* Donn. En cuanto a la descripción botánica de *D. stevensonii* Standl., la comparación las mediciones descritas en este documento con la descripción botánica de la Flora de Guatemala no muestran diferencias en cuanto a estado vegetativo; en cuanto a los frutos, la Flora de Guatemala describe que los frutos de *D. stevensonii* son glabros o casi glabros, pero los frutos que se colectaron y que se detallan en el documento, vistos en un estereoscopio, presentaron una pubescencia seríceo-adpresa. La Flora de Guatemala no describe alguna característica relevante en la flor, pero se logró identificar una característica en el estandarte, una puntuación verde limón en el centro. Para *D. tucurensis* Donn. Smith. y para *S. macrophylla* King. no se encontraron diferencias morfológicas.

2.6.2 Se actualizaron los calendarios fenológicos de *S. macrophylla* King., y se elaboraron los de *D. stevensonii* Standl. y *D. tucurensis* Donn. Smith. El calendario fenológico de la especie *Swietenia macrophylla* King., representa la zona Norte de Petén, específicamente en la Reserva de la Biosfera Maya –RBM- en donde se pueden encontrar bosques secundarios y con poblaciones naturales. El calendario fenológico de *Dalbergia stevensonii* Standl., que corresponde a la zona media de Petén no varía significativamente con respecto al calendario fenológico de la zona Sur de departamento, teniendo en consideración que los datos climatológicos que se reportaron para el año 2015 de la estación climatológica Flores y la estación climatológica Poptún, varían significativamente.

Comparando las temperaturas promedio que las estaciones climatológicas de Flores y Poptún reportaron para el año 2015, resulta que la máxima temperatura promedio en el mes de abril fue de 29.7 °C y 25.65 °C, respectivamente; en ambas zonas *D. stevensonii* se encontraba en la etapa de floración, siendo la alta temperatura que se registró en la estación Flores, una de las posibles causas de que no haya desarrollado la fructificación en esa zona, posiblemente porque la flor haya abortado o se haya quemado por la fuerte radiación que hubo en ese período.

Haciendo las comparaciones con el calendario fenológico de *D. stevensonii* descrita por Pedro Utrera en el Parque Nacional Lachúa en el año 2006, y el calendario fenológico de la zona Sur de Petén en el 2015, el período de floración coinciden en el mismo mes, y la fructificación perdura por 8 meses de julio 2006 hasta febrero de 2007, en el monitoreo en el Sur de Petén no se logró monitorear el siguiente año 2016. Sin embargo Utrera no indica

cuáles fueron las condiciones climáticas en el Parque Nacional Lachuá para el período estudiado (2006-2007).

Comparando el calendario fenológico de *D. tucurensis* de Birgit Knoblauch en Honduras en el 2001, menciona que la floración perdura durante tres meses, en febrero que se encuentra en abundancia la floración y declina en abril, no así en Guatemala, específicamente en el Sur de Petén, la floración perdura un mes y medio, siendo en el mes de marzo la mayor abundancia para declinar a inicios de abril.

2.6.3 Se ingresaron un total de veinticuatro vouchers al herbario AGUAT de la Facultad de Agronomía; diez vouchers de *Swietenia macrophylla* King. (números de colección, PR8, PR9, PR13, PR 24, PR27, PR28 y PR33) seis vouchers de *Dalbergia tucurensis* Donn. Smith. (números de colección, PR20, PR21, PR23, PR26, PR31 y PR32) y ocho vouchers de *Dalbergia stevensonii* Standl. (números de colección, PR18, PR19, PR22, PR25, PR29 y PR30). Todos los vouchers poseen hojas jóvenes y maduras, frutos y flores en buen estado; también se ingresaron muestras de flores colocadas en alcohol al 80 % para su preservación y frutos colocados en bolsas de papel. Además se logró coleccionar un insecto fitófago que encontró en varios frutos de *D. stevensonii*, específicamente en la cavidad de la semilla, comiéndose los cotiledones, los insectos están preservados en frascos con alcohol al 80 %.

2.7 RECOMENDACIONES

2.7.1 Se logró observar que *D. stevensonii* Standl. tiene un gran capacidad de propagación asexual en los bosques naturales en donde se encontraron las poblaciones; por lo que se recomienda realizar investigaciones relacionadas con la propagación de esta especie por medio de estacas y/o acodos de individuos que cumplan con las características de árbol PLUS para preservar el material genético y disminuir el riesgo que la especie se extinga.

2.7.2 Ante la importancia económica de las especies arbóreas del género *Dalbergia* y su uso maderable se recomienda monitorear periódicamente las poblaciones naturales, para la actualización constante de los calendarios fenológicos, además, ampliar la zona de exploración para el género *Dalbergia* a nivel nacional y localizar las mejores ejemplares de las poblaciones naturales para preservar el material genético para dar inicio a los primeros huertos semilleros.

2.7.3 Ante la elevada tasa de deforestación de los bosques naturales a causa del cambio de uso de la tierra más la explotación selectiva, se ve en la necesidad de generar información sobre el hábitat en que se desarrolla y la silvicultura del género *Dalbergia* para incentivar plantaciones forestales y darles el manejo silvicultural adecuado para su futuro aprovechamiento.

2.8 BIBLIOGRAFÍA

1. Calvo, JC. 2000. Diagnóstico de la caoba (*Swietenia macrophylla* King) en Mesoamérica, visión general. US, PROARCA / CAPAS. 23 p.
2. CITES, Alemania. 2007. Examen de las propuestas de enmienda a los Apéndices I y II (en línea). La Haya, Países Bajos, Decimocuarta reunión de la Conferencia de las Partes. 14 p. (CoP14 Prop. 32).
3. Fajardo Peláez, IA. 2011. Identificación y determinación de 15 especies maderables para su producción en Pilonos de Antigua S. A, (finca Tierra Maya). Tesis Ing. Agr. Guatemala, Universidad de San Carlos, Facultad de Agronomía. 82 p.
4. Flórez, ML; Pérez, LV; Melgarejo, LM. s.f. Manual calendario fenológico y fisiología del crecimiento y desarrollo del fruto de gulupa (*Passiflora edulis* Sims.) de 3 localidades del departamento de Cundinamarca. Colombia, Universidad Nacional de Colombia. 51 p.
5. FNV (Fundación Naturaleza para la Vida, Guatemala). 2010. Inventario nacional caoba, cedro y rosul, informe final fase I, Convención CITES. Guatemala. 84 p.
6. Font Quer, P. 1979. Diccionario de botánica. Barcelona, España, Península. 1243 p.
7. Gardi, C; Angelini, M; Barceló, S; Comerma, J; Cruz Gaistardo, C; Encina Rojas, A; Jones, A; Krasilnikov, P; Mendonça Santos Brefin, ML; Montanarella, L; Muñiz Ugarte, O; Schad, P; Vara Rodríguez, MI; Vargas. R (eds.). 2014. Atlas de suelos de América Latina y El Caribe. Luxembourg, Comisión Europea, Oficina de Publicaciones de la Unión Europea. 176 p.
8. Heuveldop, J; Pardo, J; Quirós, S; Espinoza, L. 1986. Agroclimatología tropical. Costa Rica, Editorial Universidad Estatal a Distancia. 347 p.
9. IIA (Universidad Rafael Landívar, Instituto de Agricultura Recursos Naturales y Ambiente, Instituto de Incidencia Ambiental, Guatemala). 2004. Perfil ambiental de Guatemala: informe sobre el estado del ambiente y bases para su evaluación sistemática. Guatemala. 319 p.
10. INAB (Instituto Nacional de Bosques, Guatemala). 2015. Puntos de monitoreo de árboles, base de datos. Guatemala. (Tabla Excel).

10. INAB (Instituto Nacional de Bosques, Guatemala); IARNA (Instituto de Agricultura, Recursos Naturales y Ambiente, Guatemala); URL (Universidad Rafael Landívar, Guatemala). 2012. Primer Informe nacional sobre el estado de los recursos genéticos forestales en Guatemala. Guatemala. 186 p.
11. Knoblauch, B. 2001. Estudio ecológico, silvícola y de utilización del granadillo (*Dalbergia tucurensis* J.D. Smith.) en bosques latifoliados de Honduras. Tesis Ing. Agr. Honduras, Escuela Agrícola Panamericana "El Zamorano", Carrera de Desarrollo Socioeconómico y Ambiente. 37 p.
12. Linares, J; Sousa, M. 2007. Nuevas especies de *Dalbergia* (Leguminosae: Papilionoideae: Dalbergiae) en México y Centroamérica. *Ceiba* 48(1-2):61-82.
13. Maita Supliguicha, SM. 2006. Fenología de la floración de las especies *heilbornii*, *cundinamarcensis*, *palandensis* y *stipulaya* del género *Vasconcellea*, en la colección *ex situ* del INIAP, Granja Bullcay, Gualaceo. Tesis MSc. Ecuador, Universidad Técnica de Ambato. 80 p.
14. Mendieta, MR; Zapata, JB; Tom, JA. 1999. Diagnóstico de la caoba (*Swietenia macrophylla* King.) en Mesoamérica. Honduras, CCAD. 31 p. (Informe para el Centro Científico Tropical en el marco del proyecto PROARCA/CAPAS).
15. Pennington, T; Sarukhán, J. 2000. Árboles tropicales de México; manual para la identificación de especies. 3 ed. México, Universidad Autónoma de México. 523 p.
16. Ramírez, J; Álvarez, R. 2000. Estudio fenológico de 28 especies maderables del bosque húmedo tropical de Honduras. Honduras, PROECEN. 44 p.
17. Schulze, M; Whitacre, D. 1999. A Classification and ordination of the tree community of Tikal National Park, Petén, Guatemala. Chicago, US, Florida Museum of Natural History. v. 41, 297 p.
18. SEGEPLAN (Secretaria de Planificación y Programación de la Presidencia de Guatemala, GT). 2013. Diagnóstico territorial de Petén, plan de desarrollo integral de Petén. Guatemala. tomo 1.
19. Stafford, MJ. 2010. Zygophyllaceae. *Flora Mesoamericana* 3(1):13.

20. Standley, PC; Steyermark, JA. 1946. Flora of Guatemala. Chicago, US, Chicago Natural History Museum, Fieldiana Botany. v. 24, part. 5, 502 p.
21. Utrera Granados, LP. 2010. Trabajo de graduación realizado en la ecoregión Lachuá, Cobán, Alta Verapaz, con énfasis en las características morfológicas externas y de la calidad de semilla de cinco especies forestales. Tesis Ing. Agr. Guatemala, USAC, Facultad de Agronomía. 170 p.

2.9 ANEXOS

GLOSARIO

Glabro, bra:	Desprovisto absolutamente de pelo o vello
Foliolo:	Dícese de la lámina foliar articulada sobre el raquis de una hoja o sobre las divisiones del mismo, como en las hojas de los altramuces, de los tréboles.
Obovado:	De forma ovada, pero con la parte ancha en el ápice.
Serícero, a:	Cubierto de pelo fino, generalmente corto y aplicado sobre la superficie del órgano respectivo, que tiene cierto brillo como de seda
Puberulento:	Ligeramente pubescente o con pelitos muy finos, cortos y escasos
Pilosa:	Que tiene pelo, en general.
Adpreso:	Hoja aplicada al tallo, de los pelos aplicados contra la hoja, el tallo, etc.
Panícula:	Racimo que tiene ramitas cortas aproximadas al eje principal
Mucronada:	Órgano que remata de manera abrupta o súbita en una punta corta en un mucrón.
Mucrón:	Punta corta, más o menos aguda y aislada, en el extremo de un órgano cualquiera



Figura 36 A. Inflorescencia de *Swietenia macrophylla* King.



Figura 37 A. Flor, fruto y semilla de *Swietenia macrophylla* King.



Figura 38 A. Frutos, fuste y colecta de *Swietenia macrophylla* King.



Figura 39 A. Inflorescencia de *Dalbergia stevensonii* Standl.



Figura 40 A. Frutos y semillas de *Dalbergia stevensonii* Standl.



Figura 41 A. Corteza, albura (se oxida cuando se infringe daño) y hojas de *Dalbergia stevensonii* Standl.



Figura 42 A. Frutos, corteza (se oxida cuando se infringe daño) y hoja de *Dalbergia tucurensis* Donn. Smith.



Figura 43 A. Hojas y árbol maduro de *Dalbergia tucurensis* Donn. Smith.

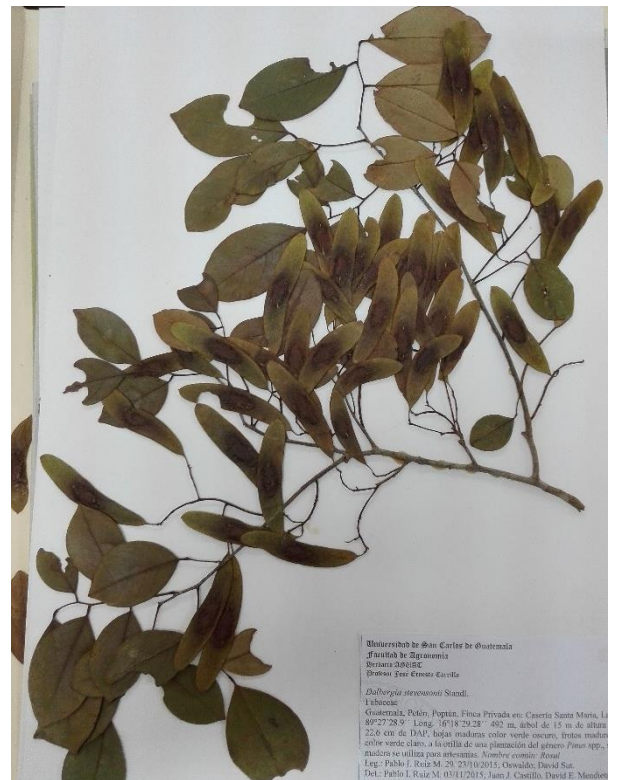
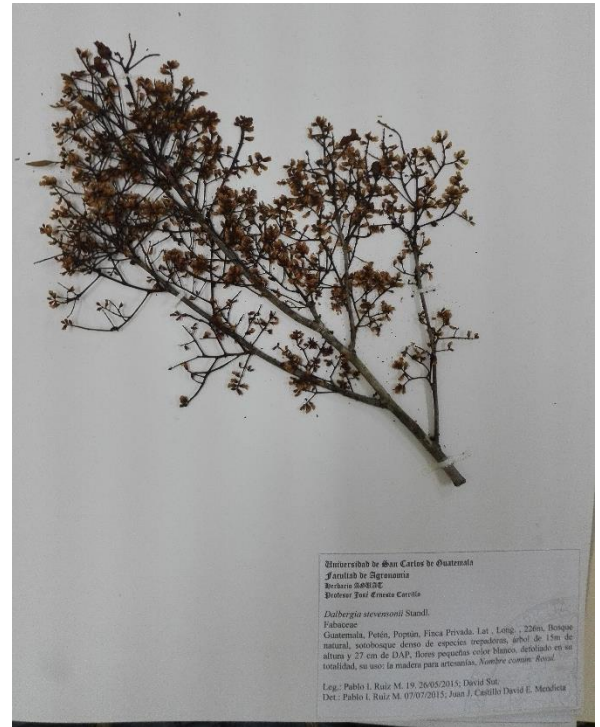
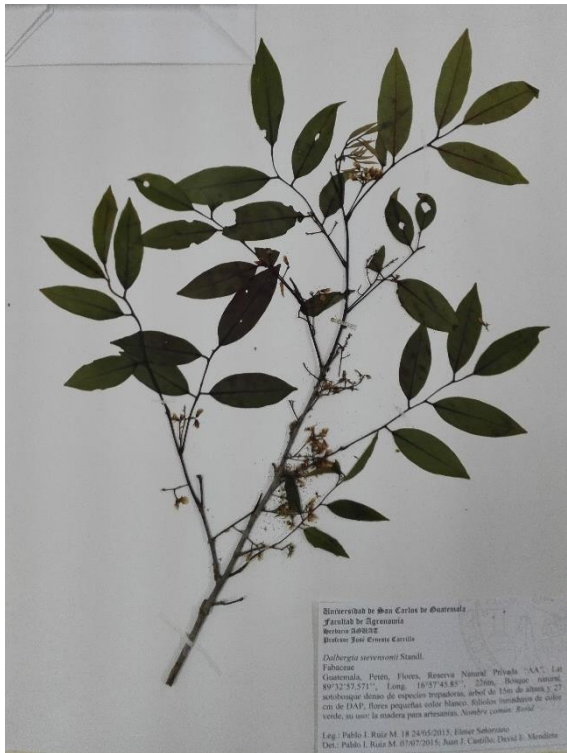


Figura 44 A. Voucher *Dalbergia stevensonii* Standl.

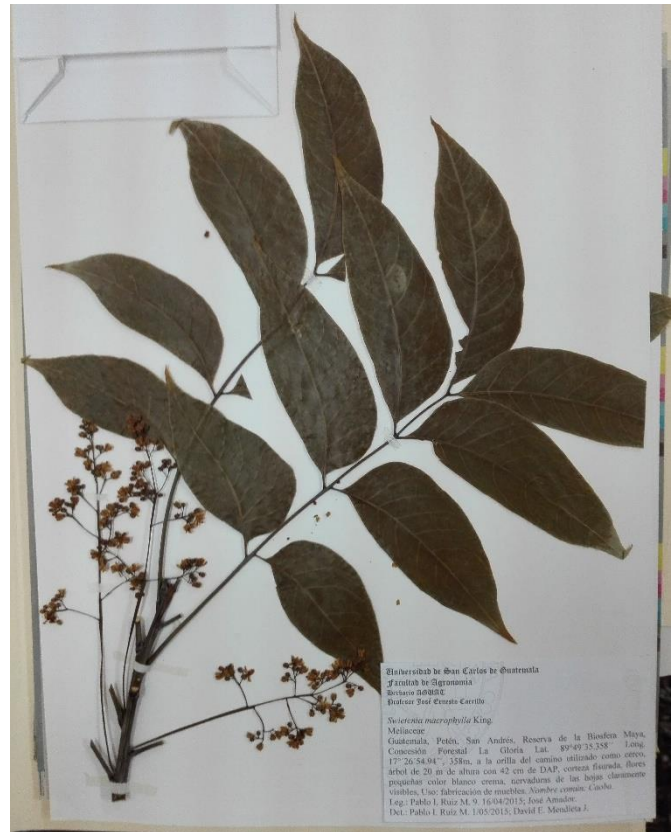
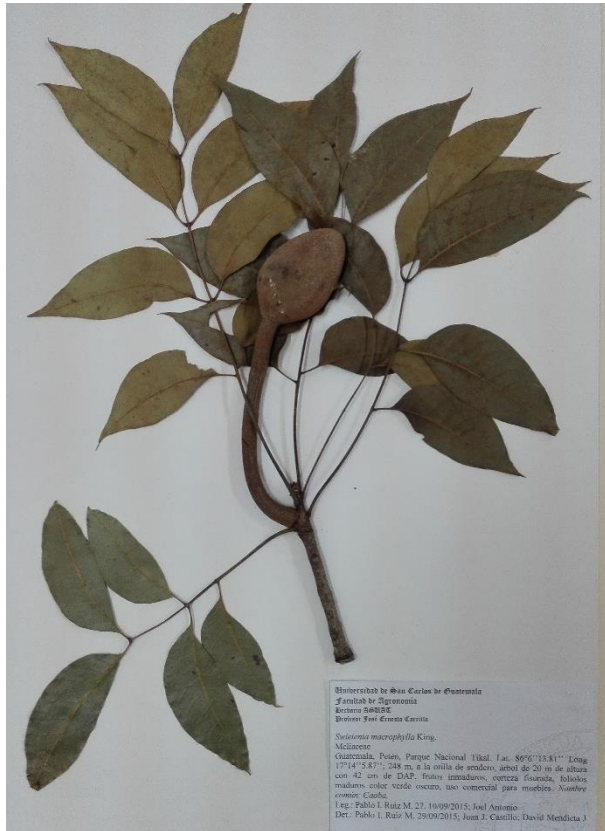


Figura 45 A. Voucher *Swietenia macrophylla* King.

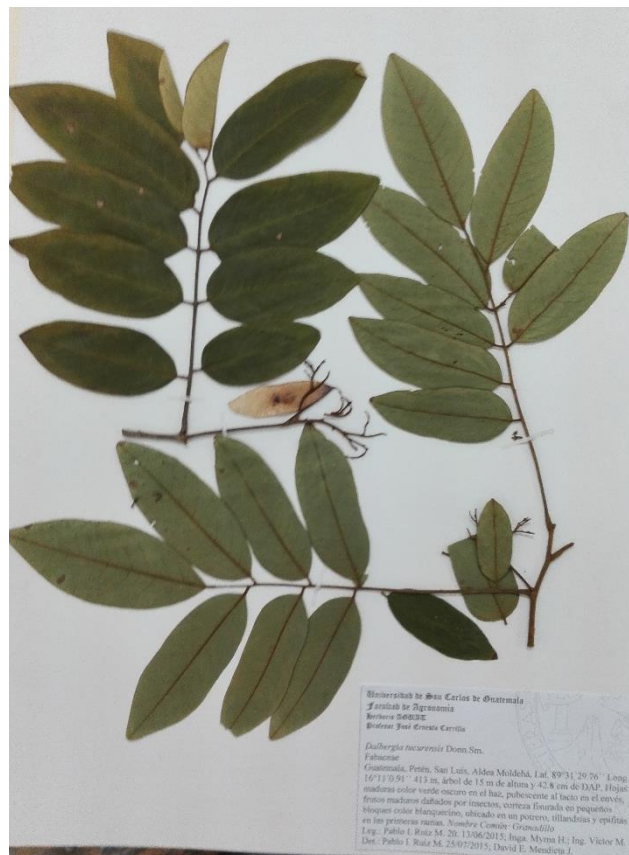
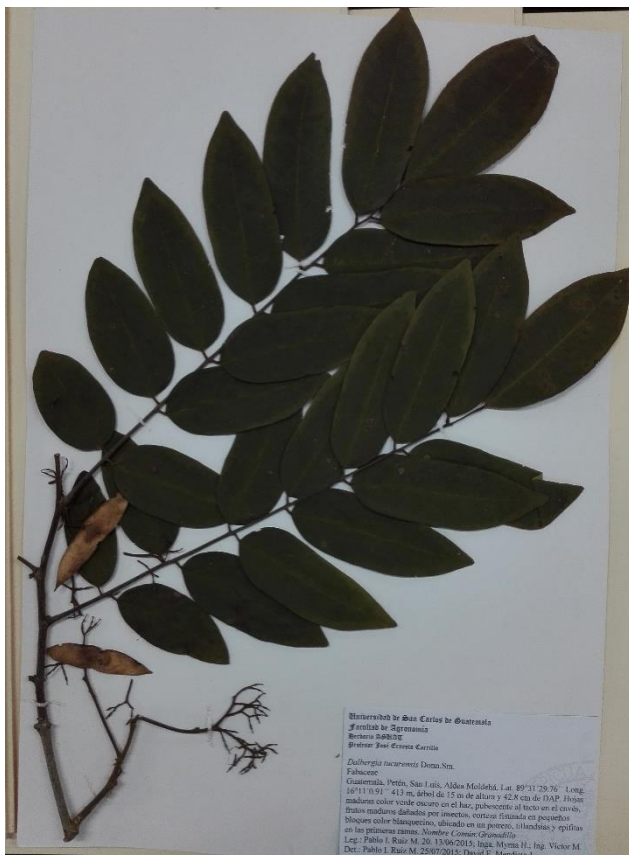


Figura 46 A. Voucher *Dalbergia tucurensis* Donn. Smith.



CAPÍTULO III

INFORME FINAL DE SERVICIOS REALIZADOS EN EL “PROYECTO ESTABLECIMIENTO DE UN LABORATORIO FORENSE PARA LA IDENTIFICACIÓN Y DESCRIPCIÓN DE MADERAS PARA LA APLICACIÓN DE LOS PROCESOS LEGALES Y DE LOS SISTEMAS DE TRAZABILIDAD DE LOS PRODUCTOS INCLUIDOS EN CITES”, GUATEMALA

3.1 PRESENTACIÓN

Describir el hábitat natural de las especies arbóreas del género *Dalbergia* spp. y de *Swietenia macrophylla* King es de transcendencia para conocer la distribución natural y en que partes de Guatemala tiene el potencial para albergar y preservar esta especies que corren el riesgo de estar en peligro de extinción, además, conociendo el hábitat natural se podría realizar exploraciones para seguir buscando mejores ejemplares para la colección de semillas para su futura propagación, asimismo se actualizaron los datos de las colectas botánicas y su descripción botánica en el herbario “Prof. José Ernesto Carrillo” de la Facultad de Agronomía, ya que se cuenta con información desactualizada.

Los servicios que se plantearon se realizaron con el fin de brindar información al proyecto “ESTABLECIMIENTO DE UN LABORATORIO FORENSE PARA LA IDENTIFICACIÓN Y DESCRIPCIÓN DE MADERAS PARA LA APLICACIÓN DE LOS PROCESOS LEGALES Y DE LOS SISTEMAS DE TRAZABILIDAD DE LOS PRODUCTOS INCLUIDOS EN EL CONVENIO SOBRE EL COMERCIO INTERNACIONAL DE ESPECIES AMENAZADOS DE FLORA Y FAUNA (CITES)” que tiene con fin la identificación legal de maderas de especies incluidas en el apéndices II de la CITES y la generación de información fenológica y botánica de las especies, así como la información macroscópica, microscópica, histoquímica y física de la madera.

3.2 ÁREA DE INFLUENCIA

Los servicios fueron prestados en el proyecto “Establecimiento de un laboratorio forense para la identificación y descripción de maderas para la aplicación de los procesos legales y de los sistemas de trazabilidad de los productos incluidos en CITES” en el departamento de Petén, específicamente en los municipios de Flores, Melchor de Mencos, San Luis, Poptún, Sayaxché, San Andrés y San José en donde va a ser el área de trabajo de campo en áreas específicas de exploración y monitoreo que se determinaron con anterioridad y en el herbario de la Facultad de Agronomía AGUAT en donde se llevó a cabo el trabajo de determinación botánica y herborización.

3.3 OBJETIVO GENERAL

Aportar información de interés sobre la especie *Swietenia macrophylla* King y especies arbóreas del género *Dalbergia* para cumplir los objetivos del proyecto “Establecimiento de un laboratorio forense para la identificación y descripción de maderas para la aplicación de los procesos legales y de los sistemas de trazabilidad de los productos incluidos en CITES”

3.4 SERVICIOS PRESTADOS

3.4.1 DESCRIPCIÓN DEL SUELO Y DE CLIMA EN QUE SE DESARROLLA LAS ESPECIES *Swietenia macrophylla* King., *Dalbergia stevensonii* Standl. y *Dalbergia tucurensis* Donn Smith.

3.4.1.1 Presentación

Durante los años sesenta el departamento de Petén ha sido sometido a una fuerte actividad maderera por parte de las industrias forestales, que se dedican exclusivamente a la extracción de madera preciosas como la especie *Swietenia macrophylla* King. y especies arbóreas del género *Dalbergia* y hasta el momento no se ha generado información sobre la descripción del hábitat de estas especies arbóreas en el departamento de Petén, que es trascendental para comprender la dinámica de los estados fenológicos y la creación de calendarios fenológicos.

Conjuntamente se carece de información básica de las características físicas del suelo como textura, color, pH etc. en que se desarrolla naturalmente la especie *Swietenia macrophylla* King. y especies arbóreas del género *Dalbergia*. Al mismo tiempo, también se carecen de información de las variaciones estacionales climatológicas del departamento de Petén para entender la dinámica de los estados fenológicos de estas especies arbóreas.

Por lo que se ve en la necesidad de describir el hábitat natural en que se desarrolla y así tener un panorama más amplio de su distribución natural en Guatemala y poder establecer posibles poblaciones para explorar, monitorear y preservar estas especies que están incluido en el apéndice II del CITES.

3.4.1.2 Objetivos específicos

- A. Descripción de las características edáficas que se presentan en el área de distribución natural de la especie *Swietenia macrophylla* King y especies arbóreas del género *Dalbergia*.
- B. Deducir los efectos de las variaciones climáticas en las etapas fenológicas de la especie *Swietenia macrophylla* King y especies arbóreas del género *Dalbergia*.

3.4.1.3 Metodología

A. Se describieron las características edáficas que se presentan en el área de distribución natural de la especie *Swietenia macrophylla* King y especies arbóreas del género *Dalbergia*

a. Determinación de la textura al tacto.

Técnica operatoria

Se tomó como base la metodología descrita Práctica No 3: Determinación de Textura al tacto de la Universidad Nacional de Ingeniería de Nicaragua, de la Facultad de Construcción del Departamento de Ingeniería Agrícola.

Preparación de la muestra

Paso A

Se tomó en la mano una cantidad de suelo que se pudiera manipular fácilmente

Paso B

Se agregó un poco de agua, de tal forma que se pudiera amasar con facilidad.

Paso C

Se amasó bien el suelo hasta que quedara una masa COMPLETAMENTE HOMOGÉNEA Y SIN GRUMOS.

CLAVE TEXTURAL

PASO 1

Se Intentó formar un rollo del grosor de un lápiz y se trató de doblarlo para formar un círculo, sin que se rompa o se quiebre.

A. No Moldeó (el rollo se rompió al doblarlo o simplemente no formó rollo).

Se fue al Paso 2

B. Sí Moldea (el rollo no se rompe al doblarlo)

Se fue al Paso 3

PASO 2

A. Se formó una bola poco consistente y un rollo que se agrieta o se partió al ser doblada.

Se fue al Paso 4

B. No formó bolas ni rollos.

Se fue al Paso 5

PASO 3

Se tomó un pedazo de suelo en la mano y se agregó agua. Al frotarlo con el dedo índice en la palma de la mano.

A. Se sintió el suelo suave y pantanoso, con algunos granos de arena.

Se fue al Paso 13

B. Se sintió el suelo áspero y con muchos granos de arena.

Se fue al Paso 14

C. Siente el suelo jabonoso y muy liso, sin granos de arena visibles.

Se fue al Paso 15

PASO 4

Se tomó un pedazo de suelo en la mano y se agregó agua. Al frotarlo con el dedo índice en la palma de la mano

A. Se sintió el suelo jabonoso y muy liso, sin granos de arena.

Se fue al Paso 6

B. Se sintió el suelo suave y se observó algunos granos de arena.

Se fue al Paso 7

C. Se sintió el suelo áspero y se observó muchos granos de arena.

Se fue al Paso 10

PASO 5

Y además:

Se notó suelto, sólo se pudo hacer pirámides inestables, no fue pegajoso, no manchó los dedos y se notó cada grano de arena.

ARENOSO (A)

PASO 6

Y además:

Fue muy harinoso (talcoso) y suave, fácil de amasar, opaco, manchó los dedos y no fue pegajoso, al amasarlo fue mantequilloso.

LIMOSO (L)

PASO 7

A agarrar el suelo con el dedo índice y gordo, y al frotarlo.

A. Se sintió suave, harinoso, mantequilloso y muy pegajoso.

Se fue al Paso 8

B. Se sintió blando, aunque se observó y se sintió granos de arena.

Se fue al Paso 9

PASO 8

Y además:

Fue fácil de amasar, manchó mucho los dedos, fue pegajoso, al agregar agua y frotarlo con la mano se observó y se sintieron algunos granos de arena.

FRANCO-LIMOSO (FL)

PASO 9

Fue fácil de amasar, manchó los dedos, fue algo pegajoso, al agregar agua a un pedazo de suelo en la palma de la mano y frotarlo se vieron y se sintieron granos de arena.

FRANCO (F)

PASO 10

Se Intentó formar con mucho cuidado pequeños rollos o cintas entre los dedos pulgar e índice

A. Se formó cintas muy cortas que se rompieron con mucha facilidad y fue un poco pegajoso.

Se fue al Paso 11.

B. No formó cintas y no fue pegajoso.

Se fue al Paso 12

PASO 11

Y además:

Los granos de arena fueron visibles, fue fácil de amasar, manchó las manos, se sintió áspero y talcoso, fue opaco y formó una superficie rizada al raspar con la uña, los terrones se desmenuzaron fácilmente cuando estaba húmedo.

FRANCO-ARENOSO (FA)

PASO 12

Y además:

Fue muy arenoso, blando, manchó poco las manos, fue opaco, al agregar agua y frotarlo con la mano se sintió y observó muchos granos de arena, al raspar con la uña la superficie es rugosa y cuando está húmedo se desmenuzó fácil.

ARENO-FRANCO (AF)

PASO 13

Y además:

Al amasar se sintió algunos grumos, manchó mucho los manos, al raspar con la uña se formó una superficie rizada y cuando se secó dejó una sensación talcosa.

FRANCO-ARCILLOSO (FAr)

PASO 14

Y además:

No fue grumoso, manchó las manos, fue algo pegajoso, al raspar con la uña se formó una superficie rizada y en húmedo los terrones de suelo se desmenuzaron con facilidad o con una fuerza moderada.

ARCILLO-ARENOSO (ArA)

PASO 15

Al amasar el suelo.

A. Se sintió el suelo suave y talcoso.

Se fue al Paso 16

B. Se sintió el suelo duro, liso y muy jabonoso.

Se fue al Paso 17.

PASO 16

Y además:

Formó círculos resistentes y firmes, manchó mucho las manos, fue muy pegajoso, la superficie fue brillante, al raspar con la uña se formó una superficie lisa y brillante, tuvo una consistencia mantequillosa al amasar.

ARCILLO-LIMOSO (ArL)

PASO 17

Y además:

Fue duro de amasar, formó círculos muy resistentes y firmes, manchó los dedos, fue pegajoso, la superficie es muy brillante, al raspar con la uña se formó una superficie lisa y con brillo.

ARCILLOSO (Ar)

b. Determinación de color de suelo

La porción de suelo se almacenó en una bolsa plástica para su traslado del campo hacia el laboratorio

La porción de suelo se secó a temperatura ambiente sobre una hoja de papel periódico durante 3 días, o hasta que se consideró que esté estaba sin humedad.

Se comparó la muestra de suelo en seco y en húmedo con la tabla de colores de Munsell.

B. Entender los efectos de las variaciones climáticas en las etapas fenológicas de la especie *Swietenia macrophylla* King y especies arbóreas del género *Dalbergia*.

a. Análisis e interpretación de información climática

Se realizaron climadiagramas de las estaciones cercanas a los sitios de monitoreo.

Se obtuvieron los datos históricos de temperatura media mensual, precipitación pluvial mensual, de las estaciones climáticas que representen a variabilidad climática del departamento de Petén, los datos se obtuvieron del Instituto Nacional de Sismología, Vulcanología, Meteorología e Hidrología –INSIVUMEH-

Para la variable Evapotranspiración se utilizó la metodología de Evapotranspiración potencial según Thornthwaite.

El calendario fenológico de cada especie presentado, es un calendario global para todo el departamento de Petén.

Se comparó el estado fenológico de cada especie, con la variación climática modelado en un climadiagrama.

El formato utilizado para hacer las comparaciones de los estados fenológicos y de las variaciones climáticas se muestran en la Figura 36.



Figura 47. Formato del climadiagrama

3.4.1.4 Resultados

En la publicación, El Atlas de Suelos de América Latina y el Caribe (2013) detalla que en el departamento de Petén existen ocho órdenes de suelo según la clasificación WRB (Base Referencial Mundial del Recurso Suelo), Vertisols, Leptosols, Luvisols, Ferralsols, Acrisols, Gleysols, Cambisols y Luvisols.

De los ocho órdenes que se encuentran en Petén, los órdenes Vertisols y Leptosols son los más predominantes. Los Vertisoles son suelos muy arcillosos, en los que se forman grietas anchas y profundas desde la superficie hacia abajo cuando se secan y los Leptosoles son suelos muy someros sobre roca continua y suelos extremadamente gravillosos y/o pedregosos.

La descripción de las características edáficas se muestra en los cuadros 9, 10 y 11, en donde están clasificado por municipio, la clase textural y el color en húmedo y el color en seco. La clase textural se obtuvo de la metodología descrita, y el color de la tabla de colores de Munsell.

Cuadro 9. Clase textural y color del suelo en húmedo y seco de los sitios explorados de *Swietenia macrophylla* King.

Sitios Monitoreados de <i>Swietenia macrophylla</i> King.	Municipio	Clase textural	COLOR			
			Húmedo		Seco	
			Código Munsell	Descripción color	Código Munsell	Descripción color
Sitio 1	San José	Franca Arcillosa	5YR 2/1	Negro parduzco	5YR 3/1	Gris muy oscuro
Sitio 2	Flores	Franca Arcillosa	5YR 3/1	Gris muy oscuro	5YR 2/1	Negro parduzco
Sitio 3	Flores	Franca Arcillosa	7.5YR 4/2	Marrón grisáceo	7.5YR 4/1	Gris Parduzco

En las pruebas realizadas de la textura del suelo al tacto, dieron como resultado Franca Arcillosa para los tres sitios muestreados, y con respecto al color todos difieren de la descripción según el código de Munsell, tanto en húmedo como en seco.

Los sitios 1, 2 y 3 pertenecen al orden Vertisols según la ubicación del sitio, por lo que las características texturales son similares, sin embargo, el color del suelo no está relacionado con el orden del suelo por lo que puede diferir en cuanto a tonalidad.

Cuadro 10. Clase textural y color del suelo en húmedo y seco para el sitio explorado de *Dalbergia tucurensis* Donn. Smth.

Sitios Monitoreados de <i>Dalbergia tucurensis</i> Donn.	Municipio	Clase textural	COLOR			
			Húmedo		Seco	
			Código Munsell	Descripción color	Código Munsell	Descripción color
Sitio 4	San Luis	franca arcillosa	5YR 2/1	Negro parduzco	5YR 3/1	Gris muy oscuro

En el sitio explorado en el municipio de San Luis, la clase textural dio como resultado, Franca Arcillosa y en color del suelo en húmedo negro parduzco, y el color en seco Gris muy oscuro. De igual forma, en este sitio posee el mismo orden de suelos que los sitios 1,2, y 3.

Cuadro 11. Clase textural y color del suelo en húmedo y seco para los sitios monitoreados de *Dalbergia stevensonii* Standl.

Sitios Monitoreados de <i>Dalbergia stevensonii</i> Standl.	Municipio	Clase textural	COLOR			
			Húmedo		Seco	
			Código Munsell	Descripción color	Código Munsell	Descripción color
Sitio 5	Flores	Franca arcillosa	5YR 2/1	Negro Parduzco	7.5YR 1/1	Negro
Sitio 3	Flores	Franca arenosa	7.5YR 4/2	Marrón grisáceo	7.5YR 4/1	Gris parduzco
Sitio 6	Poptún	Franca arcillosa	7.5YR 4/4	Marrón	5YR 5/4	Marrón Rojizo opaco
Sitio 7	Poptún	Franca arcillosa	7.5YR 3/4	Marrón oscuro	7.5YR 3/3	Negro oscuro
Sitio 8	Sayaxché	Franca arenosa	5YR 4/4	Marrón rojizo opaco	7.5YR 5/2	Marrón grisáceo

En los sitios de monitoreo 3, 5, 6, y 7 poseen una misma clase textural debido a que, en estos sitios el orden de suelo pertenece a los vertisoles, en cambio el sitio 8 la textura cambió a Franca arenosa, debido a que este sitio pertenece al orden Acrisols, estos suelos tienen más contenido de arcilla en el subsuelo que en el suelo superficial.

Las figuras 48, 49, 50, 51, 52, 53, 54, y 55 muestran cómo afecta las variaciones climáticas en la fenología de las especies de la especie *Swietenia macrophylla* King y especies arbóreas del género *Dalbergia*, según el sitio de observación. Para *Swietenia macrophylla* se utilizó la estación Tikal, localizada en el Parque Nacional Tikal, Lat 171340, Long 893615 a 200 msnm. Para el género *Dalbergia* spp. se utilizaron dos estaciones, para la zona Norte de monitoreo, la estación Flores, localizada en el municipio de Flores, Lat. 165453, Long. 895159 a 123 msnm, y en la zona Sur del departamento de Petén, la estación Poptún, ubicada en el municipio de Poptún, Lat. 16° 19'32.37" Long. 89°24'37.54" a 467 msnm.

Se realizó dos climadiagramas para cada estación, un climadiagrama muestra el comportamiento de los parámetros climatológicos a partir de los registros históricos y el otro climadiagrama muestra el comportamiento de los parámetros climatológicos únicamente para el año 2015, con el fin de comparar el comportamiento de la fenología según las variantes climatológicas históricas y la las variantes climatológicas del años 2015.

Para estación Flores, se tomó un registro histórico de 25 años a partir del año 1990 hasta 2015, para la estación Tikal, se tomó un registro histórico de 13 años a partir del año 2002 hasta el año 2014 y para la estación Poptún, se tomó un registro histórico de 4 años a partir del año 2012 hasta el año 2015.

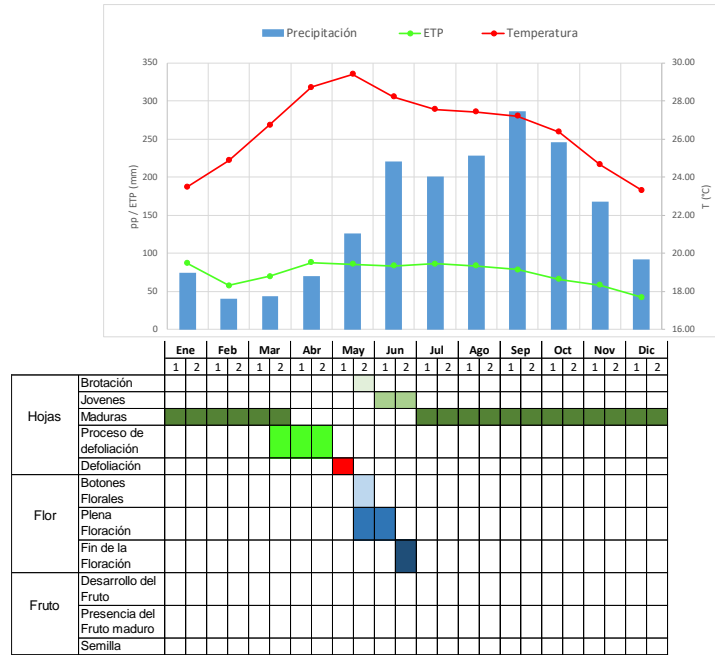


Figura 48. Climadiagrama de la Estación Flores datos históricos del 1990 al 2015 y su relación con el calendario fenológico 2015 de *Dalbergia stevensonii* Standl., en el municipio de Flores, Petén.

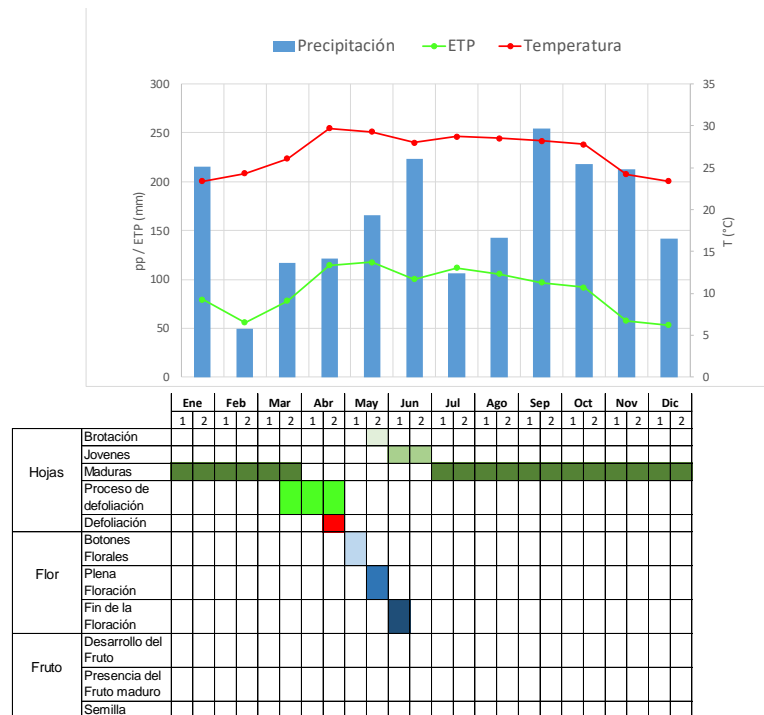


Figura 49. Climadiagrama de la Estación Flores año 2015 y su relación con el calendario fenológico 2015 de *Dalbergia stevensonii* Standl., en el municipio de Flores, Petén.

La figura 48, muestra el climadiagrama de los datos histórico de 25 años, desde 1990 hasta el 2015, en cambio la figura 49 muestra únicamente el climadiagrama del año 2015.

Para la comparación del climadiagrama de los registros históricos 1990 – 2015 y el calendario fenológico 2015, las etapas fenológicas sucedieron de la siguiente forma: en el mes de Marzo, cuando la temperatura empezó a aumentar, los árboles emprendieron el proceso de defoliación, aproximadamente este proceso duró mes y medio, para estar totalmente defoliados en la primera quincena de mayo, la defoliación de los árboles, coincidió con la mayor temperatura del año con 29.39 °C. en la segunda quincena de mayo, con la disminución de la temperatura empezaron los primeros brotes foliares y las hojas jóvenes. Al inicio del declive de la temperatura y el inicio del aumento la precipitación.

Los árboles desarrollaron sus botones florales, y en algunos árboles ya se encontraron en plena floración, el desarrollo de los botones florales y la plena floración de los árboles, duró muy poco tiempo, aproximadamente 30 días. El desarrollo de la fructificación de los árboles en la zona Norte de Petén, no sé logró observar, una de las causas de por qué no se logró observar es que las temperaturas en la zona Norte de Petén alcanzan máximas de 38° C, haciendo que la flor aborte.

Para la comparación del climadiagrama del año 2015 y el calendario fenológico 2015, las etapas fenológicas sucedieron de la siguiente forma: para el mes de marzo cuando la temperatura aumentó, los individuos emprendieron el proceso de defoliación, como respuestas al déficit de agua que se puede observar en la figura 38. Luego pasan a estar totalmente defoliados a inicios del mes de mayo cuando la temperatura estaba en su máximo punto de 29.7°C; cuando la temperatura se mantuvo en un promedio de 28°C empezaron los primeros brotes foliares para establecerse con hojas maduras desde el mes de julio hasta inicios de marzo; de igual forma en el mes de mayo cuando la precipitación aumentó y la temperatura decayó, iniciaron los primeros botones florales cuya respuesta se da por estímulos de las primeras lluvias, para estar en plena floración a finales de mayo e inicios de junio cuando la precipitación alcanzó 223.1 mm, la temperatura fue de 28°C y la evapotranspiración disminuyó hasta 100mm.

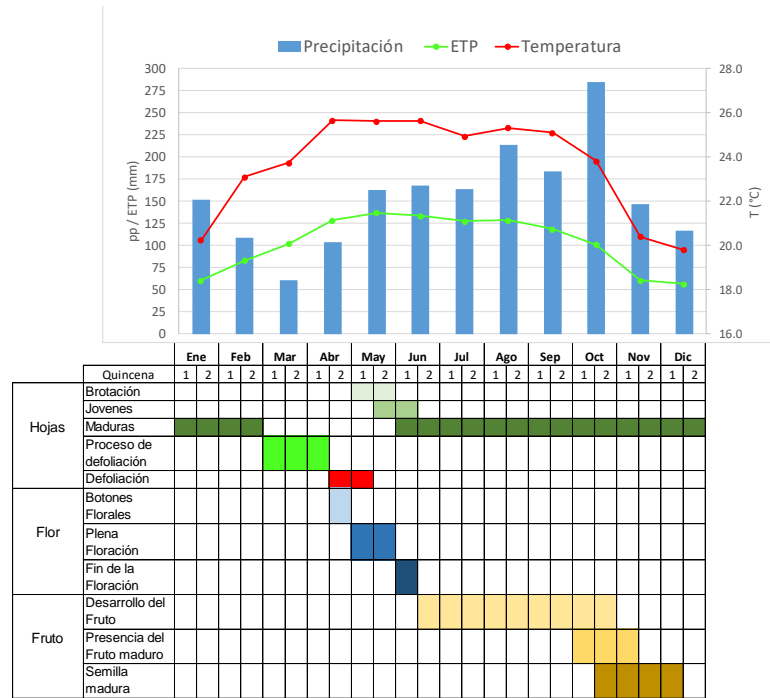


Figura 50. Climadiagrama de la estación Poptún del año 2012 al 2015 y su relación con el calendario fenológico 2015 de *Dalbergia stevensonii* Standl., en el municipio de Poptún

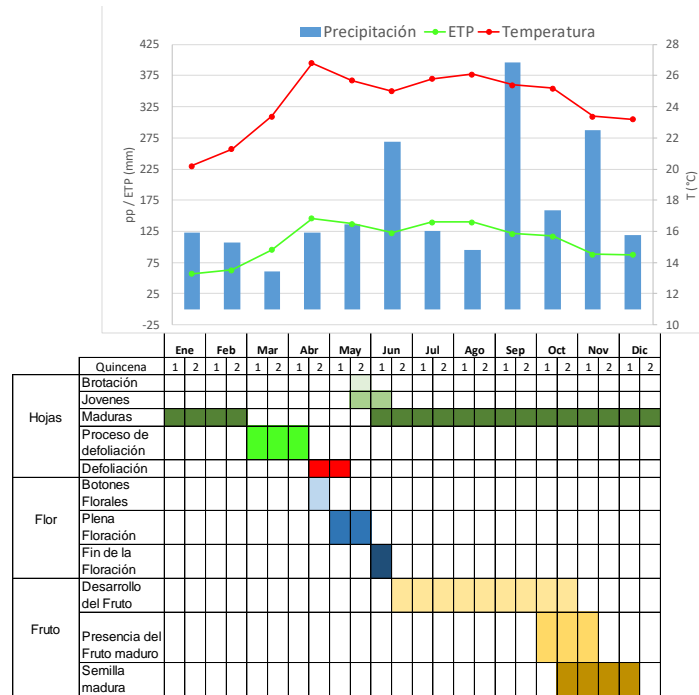


Figura 51. Climadiagrama de la estación Poptún del año 2015 y su relación con el calendario fenológico 2015 de *Dalbergia stevensonii* Standl., en el municipio de Poptún

La figura 50 muestra el climadiagrama de los datos histórico de 4 años, desde 2012 hasta el 2015, en cambio la figura 51 muestra únicamente el climadiagrama del año 2015.

Para la comparación del climadiagrama de los registros históricos 2012 – 2015 y el calendario fenológico 2015, las etapas fenológicas sucedieron de la siguiente forma: El proceso de defoliación inicio en el mes de marzo cuando la temperatura y la evapotranspiración aumentaron, hasta llegar al mes de abril, en donde los árboles ya se encontraron totalmente defoliados. El brote de nuevas hojas inició en el mes de Mayo en donde la temperatura alcanzó a los 23.67 °C y la evapotranspiración alcanzó su mayor pico durante el año con 136.93 mm, durante el resto del año los árboles se encontraron con hojas maduras. En la segunda quincena de abril en donde la temperatura alcanzó su mayor pico con 25.67 °C y con el aumento de la temperatura, los árboles consiguieron desarrollar los botones florales, la plena floración se desarrolló a inicios del mes de mayo, cuando la temperatura se mantuvo en 25.63 °C, la evapotranspiración con su mayor pico de 136.93 mm y el inicio de la época de lluvia. El desarrollo de fruto persistió aproximadamente 5 meses desde la segunda quincena de junio hasta la primera quincena de noviembre, a finales de noviembre y en el mes de Diciembre se pueden encontrar los frutos maduros y a finales de diciembre e inicios de enero se puede colectar la semilla.

Para la comparación del climadiagrama del año 2015 y el calendario fenológico 2015, las etapas fenológicas sucedieron de la siguiente forma : A inicios del mes de marzo inicio el proceso de defoliación cuando la temperatura comenzó a ascender hasta llegar a su punto máximo 26.8°C los individuos se encontraron totalmente defoliados a finales del mes de abril e inicios de mayo, para dar con los primeros brotes foliares al incrementarse la precipitación, desde el mes de junio hasta el mes de febrero se establecieron las hojas maduras; a finales del mes de abril cuando la temperatura está en su punto máximo 26.8°C y la precipitación alcanzó los 123.1mm los botones florales se desarrollaron en un periodo de quince días; cuando la temperatura se encontró entre 25.7°C y 25°C y la precipitación entre 136.9mm y 268.9mm, los individuos se encontraron en plena floración, el periodo de la plena floración persistió alrededor de un mes, específicamente en el mes de mayo, para luego declinar su floración en mes de junio; el desarrollo del fruto perduró alrededor de cinco meses, a finales de junio hasta inicios de noviembre, en este periodo de tiempo, la

temperatura osciló entre los 23.4°C hasta los 25°C, la precipitación entre 136.9mm hasta los 394.7mm y la evapotranspiración fue en declive que pasa de 137.11mm hasta los 88.67mm. la semilla madura se encontró en el mes de diciembre hasta enero.

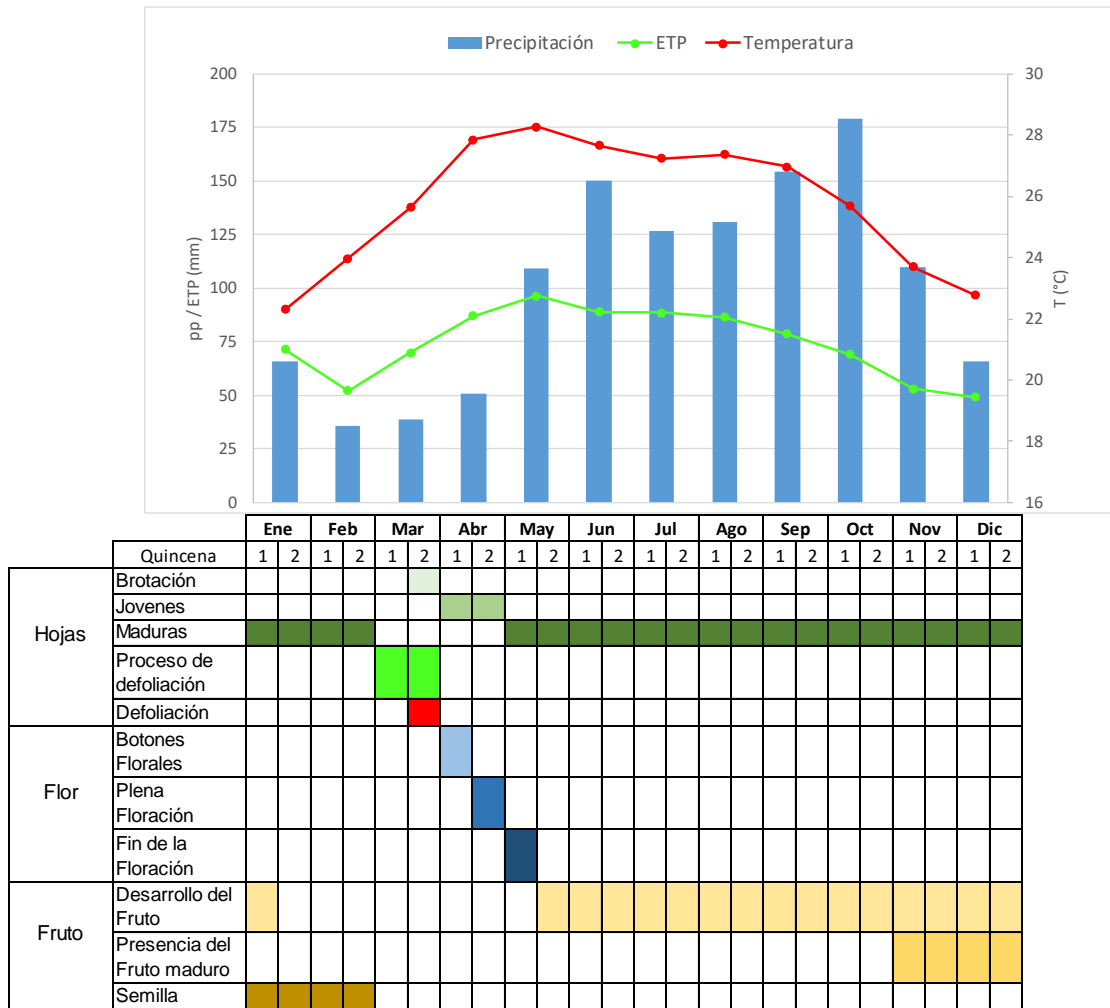


Figura 52. Climadiagrama de la estación Tikal del año 2002 al 2015 y su relación con el calendario fenológico 2015 de *Swietenia macrophylla* King., en el municipio de Flores, Petén.

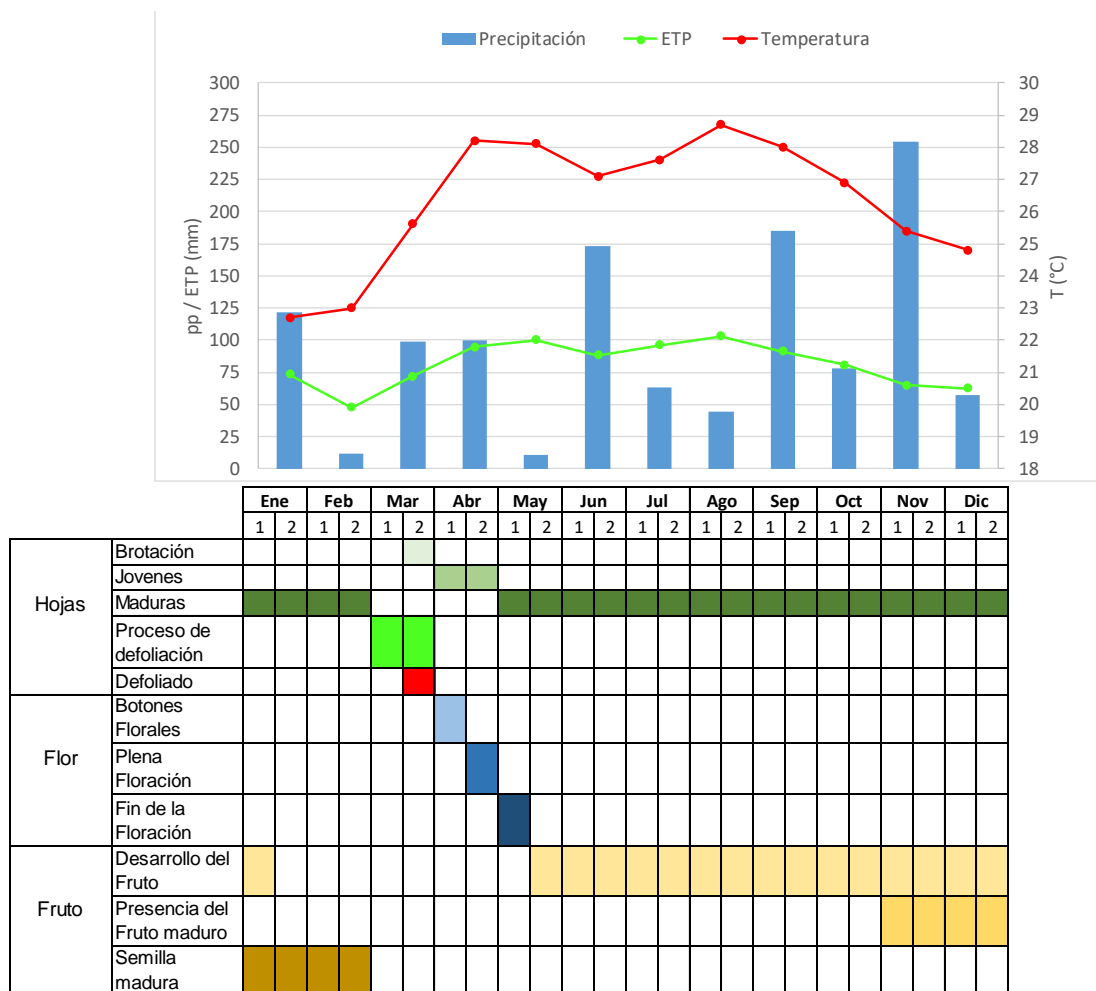


Figura 53. Climadiagrama de la estación Tikal del año 2015 y su relación con el calendario fenológico 2015 de *Swietenia macrophylla* King., en el municipio de Flores, Petén.

La figura 52 muestra el climadiagrama de los datos histórico de 14 años, desde 2002 hasta el 2015, en cambio la figura 53 muestra únicamente el climadiagrama del año 2015.

Para la comparación del climadiagrama de los registros históricos 2002 – 2015 y el calendario fenológico 2015, las etapas fenológicas sucedieron de la siguiente forma: El proceso de defoliación inició en el mes de marzo, mes en donde se encontraba la menor precipitación anual con 38.89mm, y a finales del mes de Marzo la gran mayoría de los árboles se encontraban defoliados, listos para dar inicio al desarrollo de los nuevos brotes foliares, las hojas jóvenes se desarrollaron a finales del mes de marzo y el mes de Abril,

cuando la temperatura y la evapotranspiración aumentaron gradualmente hasta llegar 27.84°C y 87.04 mm respectivamente, al establecerse la época de lluvia, a inicios del mes de Mayo las hojas se han desarrollado bastante hasta llegar a un estado maduro que, permaneció hasta el mes de febrero cuando la precipitación disminuyó y la temperatura aumentó para comenzar el proceso de defoliación. Cuando la temperatura casi alcanza 27.84°C los botones florales se desarrollaron, esto sucedió a principios del mes de Abril; para la segunda quincena del mes de abril ya se encontraba establecida la floración y finalizó a principios de mayo cuando la temperatura alcanzó su punto máximo durante el año con 28.27°C, la evapotranspiración con 96.56mm e inició el aumento de la precipitación. El desarrollo del fruto inició a finales del mes de mayo cuando, la temperatura emprendió su declive y la precipitación va en aumento, esto aproximadamente dura 8 meses que va desde la segunda quincena de mayo hasta la primera quincena de enero, cuando la precipitación osciló entre 109.33mm hasta 178.98mm, y la temperatura y la evapotranspiración iban en declive de 28.27°C hasta 22.3°C y 96.56mm hasta 52.31mm respectivamente.

Para la comparación del climadiagrama del año 2015 y el calendario fenológico 2015, las etapas fenológicas sucedieron de la siguiente forma : El proceso de defoliación de los individuos inició en el mes de marzo cuando la temperatura se encontraba en 25.6°C y la precipitación 98.6mm, para estar totalmente defoliados a finales del mes; las hojas jóvenes inició en el mes de abril cuando la temperatura esta en 28.20°C y la precipitación se encontró en 100.2mm, para establecerse desde inicios de mayo hasta el mes de febrero hojas maduras. En el mes de abril los individuos iniciaron sus primeros botones florales, y a finales del mes abril, cuando la temperatura estuvo en 28.20°C, la evapotranspiración en 94.52mm se encontró la plena floración; el declive de la floración sucedió a inicios del mes de mayo cuando la temperatura se encontró a 28.27°C, la evapotranspiración más alta durante el año con 99.91mm y la precipitación en 10.81mm; con respecto al desarrollo del fruto persistió durante el mes de junio hasta enero cuando la temperatura osciló entre 22.7°C hasta 28.7°C y la precipitación entre 44.4mm hasta 254.7mm.

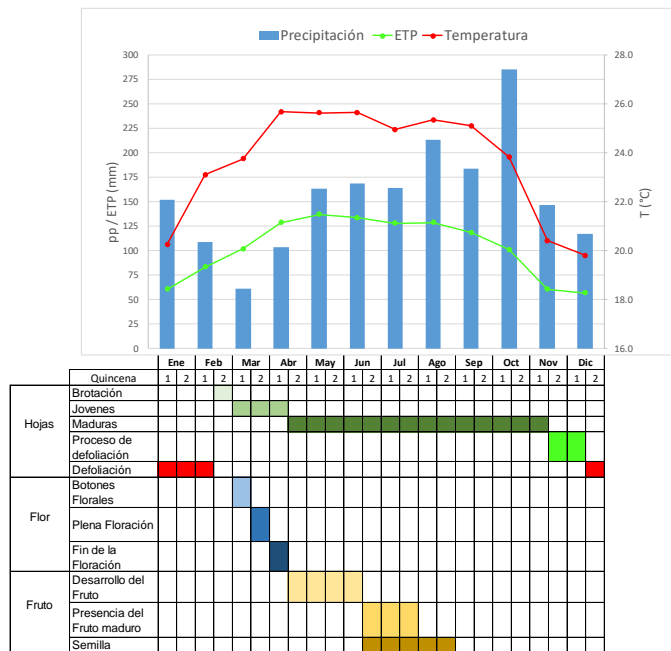


Figura 54. Climadiagrama de la estación Poptún del año 2012 al 2015 y su relación con el calendario fenológico 2015 de *Dalbergia tucurensis* Donn., en el municipio de San Luis, Petén

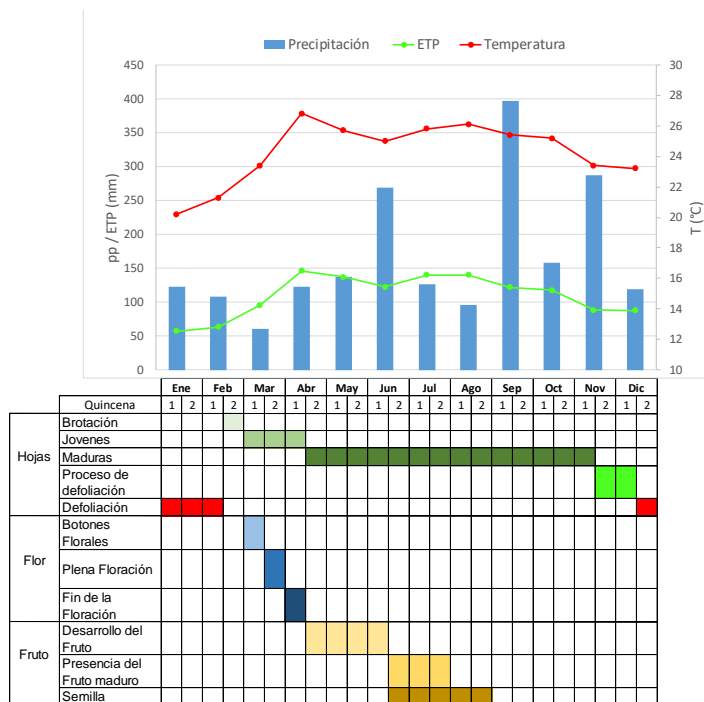


Figura 55. Climadiagrama de la estación Poptún del año 2015 y su relación con el calendario fenológico 2015 de *Dalbergia tucurensis* Donn., en el municipio de San Luis, Petén

La figura 54 muestra el climadiagrama de los datos histórico de 4 años, desde 2012 hasta el 2015, en cambio la figura 55 muestra únicamente el climadiagrama del año 2015.

Para la comparación del climadiagrama de los registros históricos 2012 – 2015 y el calendario fenológico 2015, las etapas fenológicas sucedieron de la siguiente forma: a finales del mes de noviembre cuando la temperatura se encuentra en 20.40°C y la precipitación en 146.8 mm da inicio al proceso de defoliación, que perdura aproximadamente un mes; a finales del mes de diciembre hasta inicios de febrero los individuos se encontraron totalmente defoliados; a finales del mes de febrero inició el proceso de brotación cuando la temperatura iba en aumento y la precipitación declinaba, hasta llegar aproximadamente a los 60mm; para cuando se estableció la precipitación durante el año, a finales del mes de abril, se establecieron las hojas maduras que perduraron hasta inicios de noviembre; cuando la temperatura se encontraba en 23.75°C inició los primeros botones florales a desarrollarse y la precipitación estaba en su punto mas bajo con 60.2mm; la plena floración se estableció cuando la temperatura se encontraba en su punto máximo en 25.67°C, la evapotranspiración aproximadamente a los 130mm y se estableció el periodo de precipitación durante el año; para luego, a principios del mes de abril declinó la floración; el proceso de fructificación perdura al menos 2 meses, de mayo a junio para tener en el mes de julio, presencia de fruto maduro y semilla madura.

Para la comparación del climadiagrama del año 2015 y el calendario fenológico 2015, las etapas fenológicas sucedieron de la siguiente forma: el proceso de defoliación sucedió a finales del mes de noviembre cuando la temperatura oscilaba entre los 23°C°C y a precipitación entre 287mm hasta los 118.mm; los individuos se encontraban totalmente defoliados aproximadamente dos meses, desde a finales de diciembre hasta inicios de febrero; cuando la temperatura comenzó a incrementarse se inició el proceso de brotación, para pasar a las hojas jóvenes cuando temperatura alcanzó su punto máximo durante al año de 26.8°C y la evapotranspiración de igual forma con 146.2mm; las hojas maduras se establecieron durante el mes de mayo hasta inicios de noviembre con temperaturas y precipitación que oscilaban entre 26°C hasta 23.4°C y 396.7mm hasta 95mm respectivamente; el inicio de los botones florales dio inicio cuando la temperatura y la evapotranspiración comenzaron a incrementarse a inicios del mes de marzo, para establecer la plena floración, a finales del mes de marzo cuando la precipitación oscilaba entre 23°C y 26°C, y la precipitación en su menor punto durante el año con 60mm, para decaer a inicios de abril; el proceso de fructificación inició a mediados de abril hasta el mes de junio, con temperaturas y precipitaciones que oscilaron entre 25°C hasta los 26°C y 268mm hasta 123mm, para encontrar semilla madura en los meses de junio hasta agosto.

3.4.1.5 Evaluación

En todos los sitios monitoreados a pesar de que se encontraban en bosques naturales exceptuando en el municipio de Sayaxché; presentaba diferentes condiciones edáficas, con dos clases texturales marcadas que son, Franca Arcillosa y Franca Arenosa. En los sitios de monitoreo de *Swietenia macrophylla* King. la clase textural fue Franca Arcillosa y en los sitios monitoreados de *Dalbergia stevensonii* Standl., dos sitios se determinó con franca arenosa y 3 sitios con franca arcillosa, para el sitio de monitoreo de *Dalbergia tucurensis* Donn. la clase textural fue Franca Arcillosa. Con respecto al color, en todos los sitios monitoreados difirieron con el color tanto en húmedo como en seco.

Con respecto a las etapas fenológicas de *Dalbergia stevensonii* Standl. en la parte Norte de Petén, no hay un cambio significativo en las etapas fenológicas de hojas y flor, con respecto al clima del registro histórico de 25 años con los registros climatológicos del año 2015, mantiene un mismo comportamiento.

Las etapas fenológicas de *Dalbergia stevensonii* Standl. en la parte Sur de Petén, específicamente en el municipio de Poptún, no se encontró ningún cambio significativo en el desarrollo de las etapas fenológicas de hojas, flor y frutos con las variantes climatológicas del registro histórico de 4 años con las variantes climatológicas del año 2015.

Las etapas fenológicas de *Swietenia macrophylla* King. no muestran ningún cambio significativo de hojas, flor y fruto con las variantes climatológicas del registro histórico de 13 años con las variantes climatológicas del año 2015.

Comparando los dos puntos de monitoreo de *Dalbergia stevensonii* Standl. en la parte Norte y Sur de Petén, la plena floración en la parte Norte, sucede cuando la temperatura alcanza aproximadamente los 30°C y 26°C en la parte Sur de Petén, según los registros del año 2015 y de igual forma para los registros climatológicos históricos; con respecto a la fructificación la temperatura registrada en el año 2015 en la parte Norte fue de 31°C y 25°C en la parte Sur de Petén, teniendo una diferencia de 6°C, pudiendo ser la causa de las altas temperaturas que no cuajo el fruto en la zona Norte de Petén.

3.4.1.6 Constancias



Figura 56. Textura del suelo, suelo arcilloso, agrietado en la superficie

3.4.2 COLECTA Y HERBORIZACIÓN DE LAS ESPECIES ARBÓREAS ASOCIADAS A *Swietenia macrophylla* King., *Dalbergia stevensonii* Standl y *Dalbergia tucurensis* Donn Smith.

3.4.2.1 Presentación

La escasez información que se ha generado para la descripción de hábitat natural en que se desarrolla la especie *Swietenia macrophylla* King. *Dalbergia stevensonii* Standl y *Dalbergia tucurensis* Donn Smith., crea una incertidumbre sobre su distribución natural en el país, no obstante, contar con información sobre especies arbóreas que se asocian a estas especies arbóreas en su hábitat natural, da un panorama más amplio de su hábitat y su distribución natural.

Las muestras botánicas que se encuentran en el herbario de la facultad de Agronomía AGUAT, son colectas muy antiguas y algunas colectas se encuentran en mal estado o simplemente no se encuentran, por lo que enriquecer al herbario con muestras botánicas es de beneficio para que haya una instancia que tenga esa información de las especies arbóreas asociadas a *Swietenia macrophylla* King., *Dalbergia stevensonii* Standl., y *Dalbergia tucurensis* Donn Smith., ya que puede ser especies indicadoras para la distribución y hábitat natural.

3.4.2.2 Objetivo específico

- A. Colectar y proveer de especímenes botánicos de las especies arbóreas asociadas a la especie *Swietenia macrophylla* King., *Dalbergia stevensonii* Standl. y *Dalbergia tucurensis* Donn Smith.

3.4.2.3 Metodología

A. Colecta de especímenes arbóreas asociadas a la especie *Swietenia macrophylla* King., *Dalbergia stevensonii* Standl. y *Dalbergia tucurensis* Donn Smith.

Se seleccionaron árboles maduros que se encontraron siempre presentes en todas las áreas de monitoreo de la especie *Swietenia macrophylla* King., *Dalbergia stevensonii* Standl. y *Dalbergia tucurensis* Donn Smith.

La colecta se realizó de cada uno de los árboles, preferiblemente que presentaron flores y frutos.

Se anotó el número de colecta en la hoja de papel periódico de la prensa botánica y en la libreta

B. Herborización de especímenes arbóreas asociadas a la especie *Swietenia macrophylla* King., *Dalbergia stevensonii* Standl. y *Dalbergia tucurensis* Donn Smith.

Se prensó en una prensa botánica de cintas en medio de dos periódicos y cartones.

Se dejó secar el espécimen durante tres días con un secador y una secadora en el herbario de la facultad de Agronomía

C. Determinación botánica de las especies arbóreas asociadas

Se determinó botánicamente las especies utilizando las claves botánicas de:

- La flora de Guatemala
- La flora de Mesoamerica
- Flora de Costa Rica

Se depositaron los especímenes botánicos de las especies arbóreas asociadas a la especie *Swietenia macrophylla* King y especies arbóreas del género *Dalbergia*. al Herbario AGUAT de la Facultad de Agronomía.

Los especímenes montados tuvieron las siguientes características

- Poseían flores y/o frutos
 - Las flores en buen estado (no podridas ni dañadas por patógenos o insectos)
- Frutos en buen estado.
- Hojas y folíolos
 - Las hojas y folíolos (se encontraron en buen estado, no podridas o dañadas por patógenos o insectos)

Se ingresaron los especímenes al Herbario "AGUAT" de la Facultad de Agronomía, con su correspondiente ficha de descripción, en donde se anotó el nombre científico del espécimen, la familia a la que pertenece, la ubicación de donde se colectó el espécimen con sus coordenadas geográficas y su altitud, una breve descripción del espécimen y del hábitat, el nombre común, el nombre completo del colector y la fecha de cuando se colectó y los nombres completos de los determinadores y la fecha de la determinación.

4.2.4 Resultados

Cuadro 12. Especies asociadas a *Swietenia macrophylla* King. colectadas al herbario AGUAT

no.	Nombre Común	Nombre Científico	Familia	replicas	Vouchers
1	Siricote	<i>Cordia dodecandra</i> A.DC.	Boraginaceae	3	3
2	Pucté	<i>Bucida buceras</i> L.	Combretaceae	3	1
3	Pimienta	<i>Pimenta dioica</i> (L.) Merr.	Myrtaceae	2	2
4	Palo de jote	<i>Bursera simaruba</i> (L.) Sarg.	Burseraceae	0	2

Las especies que se muestran en el cuadro 12. son especies arbóreas que siempre se encontraban asociadas a *Swietenia macrophylla* King. en bosques naturales de Petén, que se ingresaron al herbario AGUAT de la facultad de Agronomía, USAC.

Cuadro 13. Especies asociadas a *Swietenia macrophylla* King. observadas en el campo

No.	Nombre Común	Nombre Científico	Familia
1	—	<i>Polygala paniculata</i> L.	Polygalaceae
2	Palo de tinto	<i>Haematoxylum campechianum</i> L.	Leguminosae
3	Chico zapote	<i>Manilkara zapota</i> (L.) P.Royen	Sapotaceae
4	Chechen negro	<i>Metopium brownei</i> (Jacq.) Urb.	Anacardiaceae

Las especies que se describen en el cuadro 13 son las especies asociadas a *Swietenia macrophylla* King. que se observaron en el campo, estas especies no se puede obtener muestra botánica debido a que las condiciones de los individuos no lo permitían.

Cuadro 14. Especies asociadas a *Dalbergia stevensonii* Standl. Ingresadas al herbario AGUAT

no.	Nombre Común	Nombre Científico	Familia	replicas	Vouchers
1	Pucté	<i>Bucida buceras</i> L.	Combretaceae	2	2
2	Pimienta	<i>Pimenta dioica</i> (L.) Merr.	Myrtaceae	2	2
3	Palo de jiote	<i>Bursera simaruba</i> (L.) Sarg.	Burseraceae	0	2
4	Chaltecoco	<i>Caesalpinia velutina</i> (Britton & Rose) Standl.	Leguminosae	4	2
5	----	<i>Senna bacillaris</i> (L.f.) H.S.Irwin & Barneby	Leguminosae	2	2

El cuadro 14, muestra las especies arbóreas asociadas a *Dalbergia stevensonii* Standl. Ingresadas al herbario AGUAT de la Facultad de Agronomía, USAC

Cuadro 15. Especies asociadas a *Dalbergia stevensonii* Standl. observadas en campo.

No.	Nombre Común	Nombre Científico	Familia
1	Canxán	<i>Terminalia amazonia</i> (J.F.Gmel.) Exell	Combretaceae
2	Chechen negro	<i>Metopium brownei</i> (Jacq.) Urb.	Anacardiaceae

Las especies que se describen en el cuadro 15, son las especies asociadas a *Dalbergia stevensonii* Standl. que se observaron en el campo, estas especies no se pueden obtener muestra botánica debido a que las condiciones de los individuos no lo permitían.

4.2.5 Evaluación

Se encontraron quince especies arbóreas que regularmente se encontraban presentes en todas las poblaciones monitoreadas del género *Dalbergia* y *Swietenia macrophylla* King.

Siete especies para *D. stevensonii* Standl., de las cuales únicamente cinco especies se colectaron e ingresadas al herbario AGUAT; las dos especies que no se colectaron fue causa a que el individuo no lo permitía o por las condiciones climatológicas del día.

Las especies asociadas a *S. macrophylla* King., únicamente cuatro fueron colectadas e ingresadas al herbario AGUAT; las otras cuatro especies no se pudieron colectar a causa de que las características de el o los individuos no lo permitieron y no se contaba con el equipo y personal capacitado.

3.4.3 DISTRIBUCIÓN GEOGRÁFICA DE *Swietenia macrophylla* King. *Dalbergia stevensonii* Standl. y *Dalbergia tucurensis* Donn Smith. EN EL DEPARTAMENTO DE PETÉN.

3.4.3.1 Presentación

La desactualización de los mapas de la distribución natural de *Swietenia macrophylla* King. *Dalbergia stevensonii* Standl. y *Dalbergia tucurensis* Donn Smith., imposibilita que los procesos de investigación, se realicen de una manera más eficiente y confiable, por la inexistencia y desactualización de la misma, de este modo se tiene la incertidumbre de la distribución potencial que podrían poseer y así poder explorar el área y confirmar la existencia o no.

Le necesidad de tener mapas actualizados de la distribución geográfica se torna cada vez más grande por ser el género *Dalbergia*, un género con poca información de la distribución natural, en cambio *Swietenia macrophylla* King. la información es muy amplia, pero generar información sobre la distribución actual, contribuye más sobre el estado actual y como se ha comportado durante cierto tiempo.

3.4.3.2 Objetivo específico

- A. Crear mapas de las áreas monitoreadas de la especie *Swietenia macrophylla* King, *Dalbergia stevensonii* Standl. y *Dalbergia tucurensis* Donn Smith., del departamento de Petén

3.4.3.3 Metodología

Toma de datos necesarias para el área de Petén.

Colecta de en campo

Se tomaron datos de *Swietenia macrophylla* King. y especies arbóreas del género *Dalbergia*., y se tabularon en un formato específico, cuadro 16

Cuadro 16. Variable a tomar en campo

▪ Coordenadas	▪ Sitio de colecta
▪ Altitud	▪ Fecha de colecta
▪ Grado de pendiente	▪ Vegetación acompañante

Para la toma de coordenadas y la altitud se utilizó un GPS marca Garmin, el cual se tomó las coordenadas en GTM y la altitud en metros. Todos los datos se anotaron en la libreta de campo.

Se ordenó la información de la distribución actual de los sitios con presencia *Swietenia macrophylla* King., *Dalbergia stevensonii* Standl. y *Dalbergia tucurensis* Donn Smith.

- Sistematizar en cuadros de Excel toda la información obtenida en campo.
- De la información sistematizada en la hoja Excel se analizó en un plataforma digital de sistemas de información geográfica para elaborar los mapas de la distribución actual en el departamento de Petén.

3.4.3.4 Resultados

Con los datos obtenidos en campo se obtuvieron los mapas de exploración y de las áreas monitoreadas distribución geográfica en el departamento de Petén.

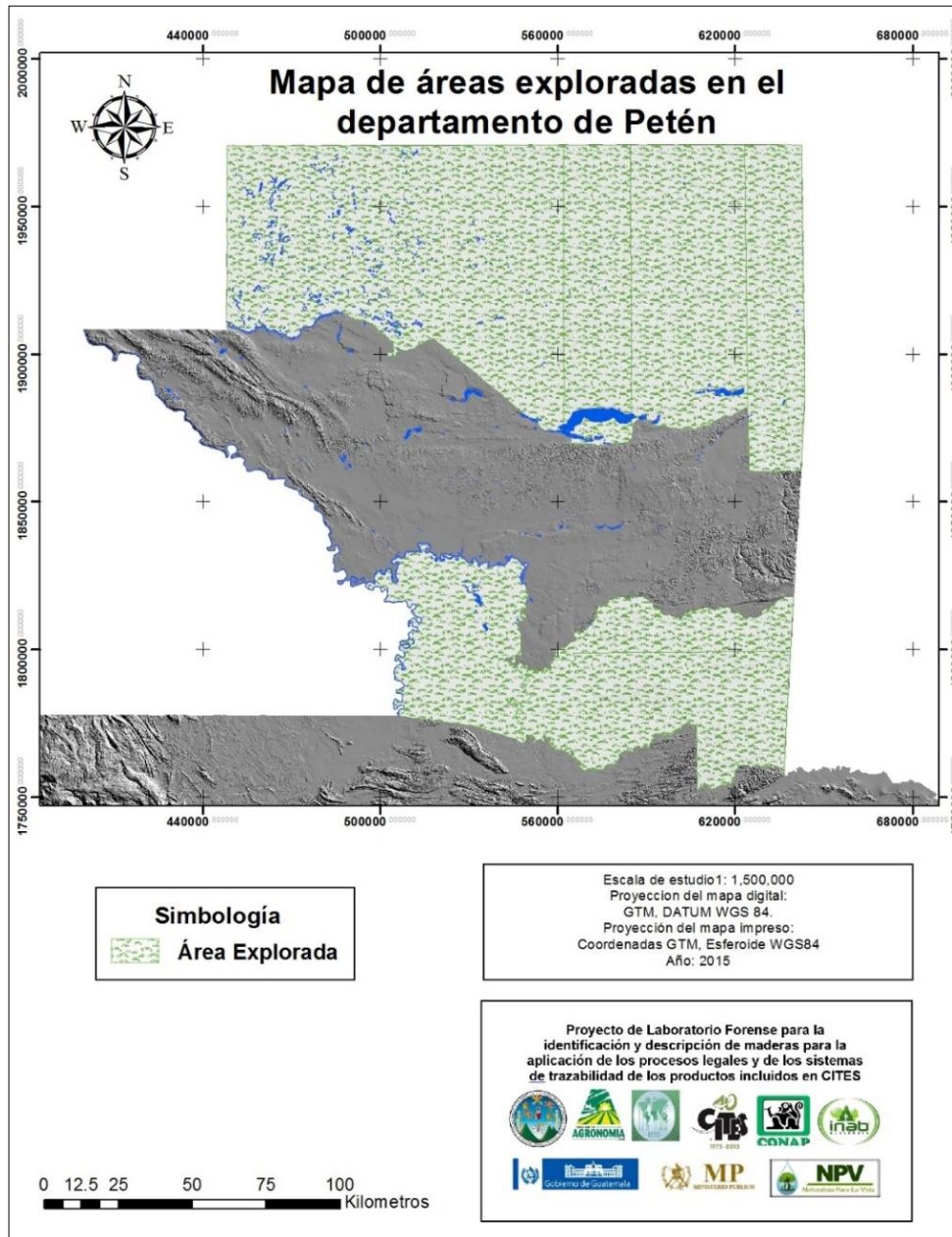


Figura 57. Mapa de exploración *Swietenia macrophylla* King, *Dalbergia stevensonii* Standl. y *Dalbergia tucurensis* Donn. Smth., en el departamento de Petén.

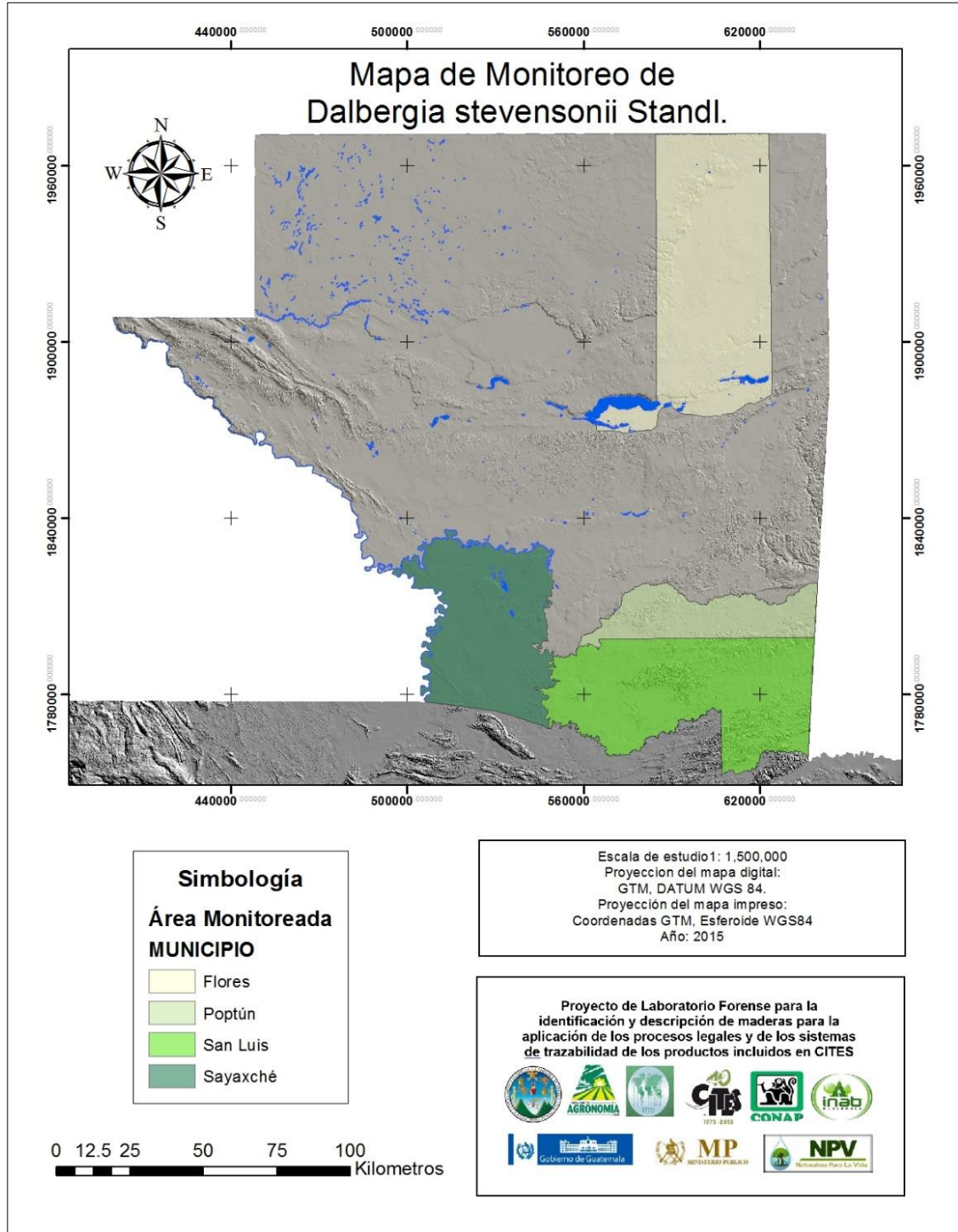


Figura 58. Mapa de monitoreo de *Dalbergia stevensonii* Standl. en el departamento de Petén

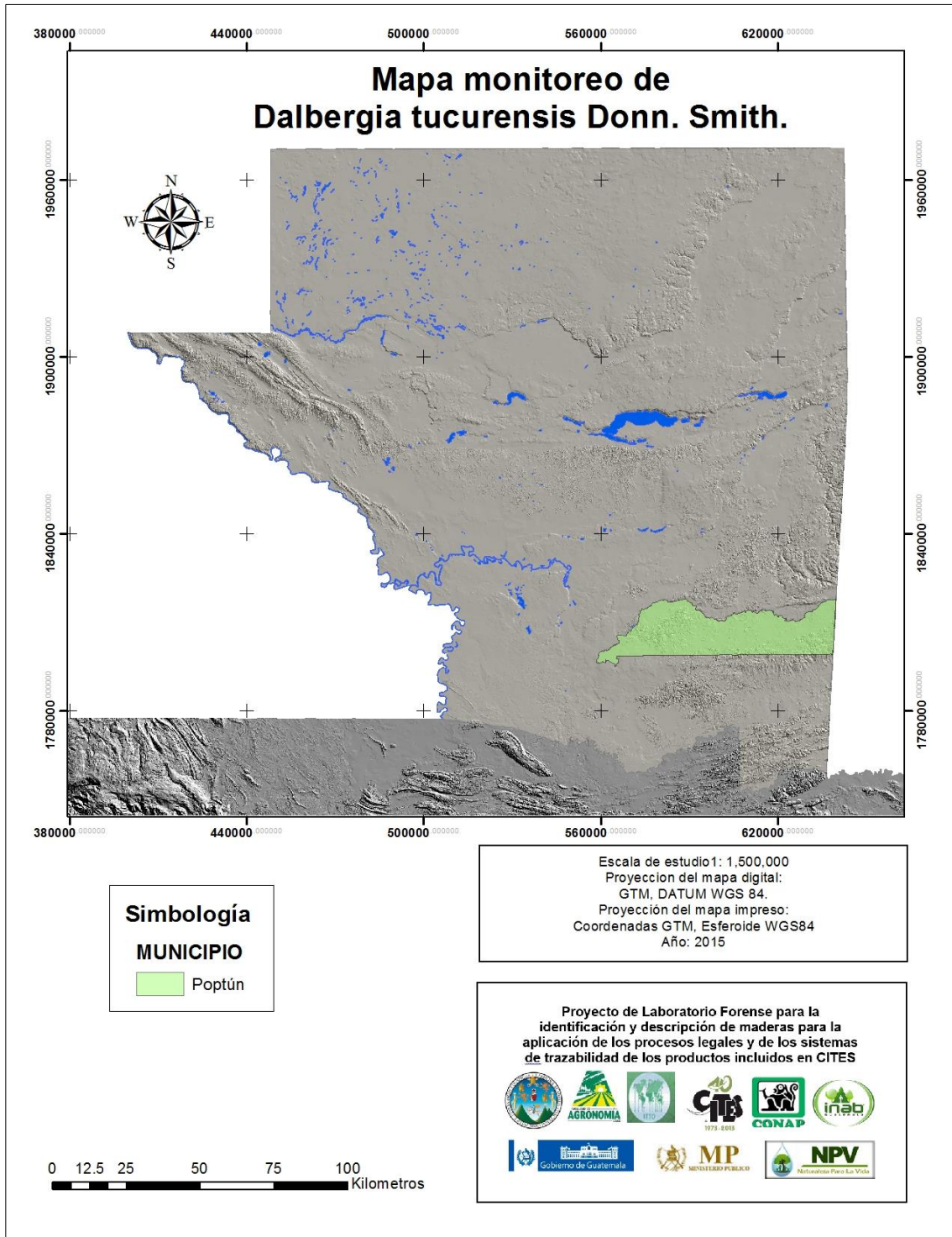


Figura 59. Mapa de monitoreo de *Dalbergia tucurensis* Donn. Smith. en el departamento de Petén.

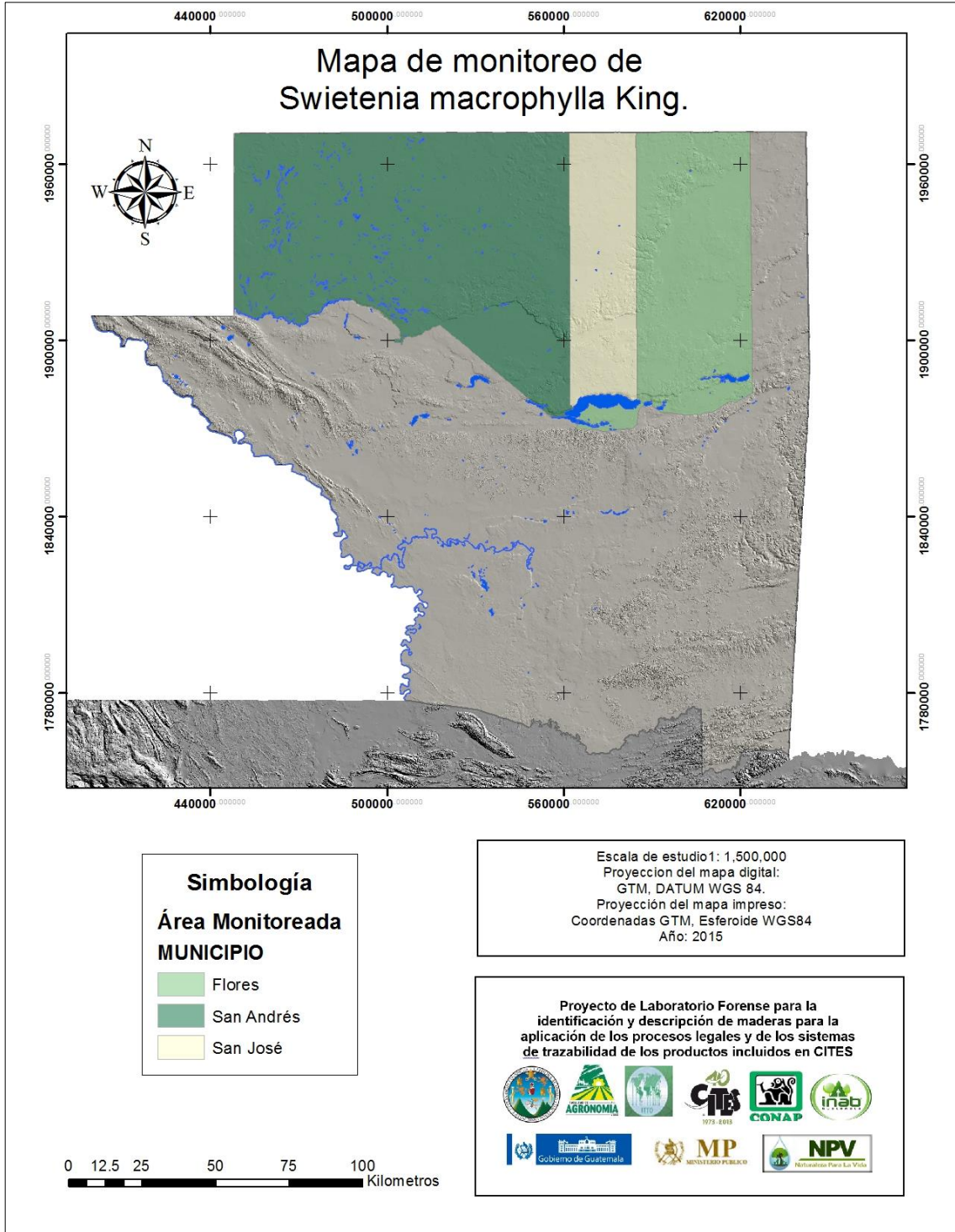


Figura 60. Mapa de monitoreo del *Swietenia macrophylla* King. en el departamento de Petén.

3.4.3.5 Conclusión

Se elaboró un mapa general en donde se muestra todo el área explorada, en búsqueda de *Swietenia macrophylla* King., *Dalbergia stevensonii* Standl. y *Dalbergia tucurensis* Donn Smith. en el departamento de Petén. Y mapas de monitoreo para *Swietenia macrophylla* King., *Dalbergia stevensonii* Standl. y *Dalbergia tucurensis* Donn Smith. en el departamento de Petén

3.5 EVALUACIÓN GENERAL

Para el servicio Descripción del suelo y de clima en que se desarrolla la especie *Swietenia macrophylla* King y especies arbóreas del género *Dalbergia*. se tienen como medios de verificación fotografías de los diferentes sitios y de la determinación de la textura en campo y laboratorio. En relación a las variaciones climáticas se obtuvieron climadiagramas y los calendarios fenológicos de cada *Dalbergia stevensonii* Standl y *D. tucurensis* Donn, y *Swietenia macrophylla* King. más la descripción de cada una, exponiendo los cambios fenológicos de cada género según los cambios climáticos, representados en climadiagramas. Además se entregaron los cuadros en un formato Excel de toda la información recopilada y sintetizada en el campo y en el laboratorio.

Se realizaron mapas actuales de la distribución natural de *Swietenia macrophylla* King, *Swietenia humilis* Zucc., *Guaicum sanctum* L., y se entregó a la coordinación del proyecto, la información en un formato Excel.

3.6 BIBLIOGRAFÍA

1. Domínguez Soto, JM; Román Gutiérrez, AD; Prieto García, F; Acevedo Sandoval, O. 2011. Evaluación de color en suelos del Cerro de Denganthza, municipio de Francisco I. Madero, Hidalgo (en línea). Consultado 8 dic. 2015. Disponible en <http://www.actauniversitaria.ugto.mx/index.php/acta/article/viewFile/42/29>
2. INSIVUMEH (Instituto Nacional de Sismología, Vulcanología, Meteorología e Hidrología, Guatemala.). 2015. Estación Flores Petén (en línea). Guatemala. Consultado 20 jun. 2015. Disponible en www.insivumeh.gob.gt/estaneismet.html
3. Munsell Color. 2011. Munsell soil color description terms (en línea). Consultado 8 dic. 2015. Disponible en <http://soils.ifas.ufl.edu/wgharris/SEED/Munsell%20Soil%20Color%20Description%20Terms.pdf>
4. Munsell Color. 2011. Revised standard soil color charts (en línea). Consultado 10 dic. 2015. Disponible en <http://biophysics.sbg.ac.at/protocol/soilchart.pdf>
5. Ovalle Viani, FA. 2003. El color del suelo: definiciones e interpretación. (en línea). Consultado 2 dic. 2015. Disponible en http://sian.inia.gob.ve/repositorio/revistas_tec/ceniaphoy/articulos/n3/texto/fovalles.htm

