

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE AGRONOMÍA
ÁREA INTEGRADA



ANDREA ELIZABETH SAUCEDO CASTELLANOS

GUATEMALA, ABRIL DE 2021

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE AGRONOMÍA
ÁREA INTEGRADA

TRABAJO DE GRADUACIÓN

IMPACTO DE QUEMAS PRESCRITAS EN MASA ARBÓREA Y SOTOBOSQUE EN
PLANTACIONES DE TECA *Tectona grandis* L.F. DE SIETE Y NUEVE AÑOS DE
ESTABLECIDAS, DIAGNÓSTICO Y SERVICIOS PRESENTADOS A TRIPAN
GUATEMALA S.A. EN LAS CRUCES, PETÉN, GUATEMALA.

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

POR

ANDREA ELIZABETH SAUCEDO CASTELLANOS

EN EL ACTO DE INVESTIDURA COMO
INGENIERA AGRÓNOMA

EN

RECURSOS NATURALES RENOVABLES
EN EL GRADO ACADÉMICO DE
LICENCIADA

GUATEMALA, ABRIL DE 2021

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE AGRONOMÍA



RECTOR EN FUNCIONES
Dr. Gustavo Enrique Taracena Gil

JUNTA DIRECTIVA DE LA FACULTAD DE AGRONOMÍA

DECANO	Ing. Agr. Waldemar Nufio Reyes
VOCAL I	Dr. Marvin Roberto Salguero Barahona
VOCAL II	Dra. Gricelda Lily Gutiérrez Álvarez
VOCAL III	Ing. Agr. M.A. Jorge Mario Cabrera Madrid
VOCAL IV	P. Agr. Marlon Estuardo González Álvarez
VOCAL V	Br. Sergio Wladimir González Paz
SECRETARIO	Ing. Agr. Walter Aroldo Reyes Sanabria

GUATEMALA, ABRIL DE 2021

Guatemala, abril de 2021

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

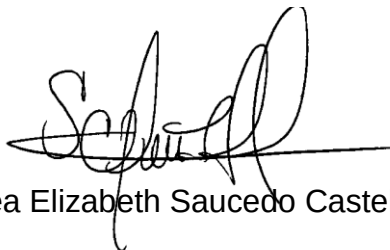
Honorables miembros:

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 titulado **“Impacto de quemas prescritas en masa arbórea y sotobosque en plantaciones de Teca *Tectona grandis* L.f. de siete y nueve años de establecidas, diagnóstico y servicios prestados a Tripan Guatemala S.A. en Las Cruces, Petén, Guatemala.”** como requisito previo a optar al título de Ingeniera Agrónoma en Recursos Naturales Renovables, en el grado académico de Licenciada.

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

Atentamente,

“ID Y ENSEÑAD A TODOS”

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'Andrea Elizabeth Saucedo Castellanos', with a horizontal line drawn through the middle of the signature.

Andrea Elizabeth Saucedo Castellanos

ACTO QUE DEDICO

- A DIOS:** Sus propósitos son perfectos, lo ha demostrado cada segundo de mi vida; por amarme y bendecirme incondicionalmente otorgándome la oportunidad de ser su hija y darme la salvación. A Él sea la gloria y honra.
- A MIS PADRES:** Jonathan Saucedo y Amalia Castellanos de Saucedo, por guiarme en los caminos de Dios, instruirme con amor incondicional y paciencia, por sus oraciones y su arduo trabajo para apoyarme en alcanzar mis sueños.
- A MIS HERMANOS:** Daniel Isaac (Q.E.P.D) y Jonathan Josué, por el amor brindado.
- A MIS ABUELAS:** Amalia Paula De León Rodríguez (Q.E.P.D) y Alberta Galicia de Saucedo (Q.E.P.D) por su amor, sé que desde el cielo este logró lo atesoran como suyo.
- A MIS TIOS:** En especial a Rudy, Carmen, Ligia, Noemí y Julia por su amor, consejos y apoyo fundamental en mi vida, los quiero mucho.
- A MIS PRIMOS:** Anderson, Pablo, Merary, Shirley, Erick, Kimberly, Alejandro, Abigail, Dániel, Samuel y Dulce, con mucho cariño les insto a tomar a Dios en primer lugar y observar como de la mano de él, los sueños se cumplen.
- A MIS AMIGOS Y COMPAÑEROS:** En especial a Dayana Morales, Mirna Palomo, Fernanda Jocol, Randy Canel, Jenifer Merlos, Diana Marroquín, Nery Salvatierra, Analy López, Cristian Méndez, Sony Marroquín y Alejandra Paiz. Gracias por lo compartido, forman parte importante en mi vida, los aprecio y deseo muchas bendiciones en todas las áreas de vida.

TRABAJO DE GRADUACIÓN QUE DEDICO

A:

Guatemala, tu nombre inmortal.

Universidad de San Carlos de Guatemala.

Facultad de Agronomía

Instituto Nacional Experimental de Educación Básica con Orientación Ocupacional
Prof. Héctor Nery Castañeda Calderón.

AGRADECIMIENTOS

DR. BORIS MÉNDEZ PAIZ	Por contribuir en mi formación académica y profesional, por el apoyo y confianza depositada en mí para alcanzar esta meta.
DR. MARCO VINICIO FERNÁNDEZ	Por su valiosa asesoría y apoyo brindado para alcanzar esta meta.
A MIS DOCENTES	Por contribuir en mi formación académica, en especial al Ing. Agr. Marino Barrientos, Dr. Eugenio Orozco, Dr. Marvin Salguero, Ing. Agr. Fermín Velásquez, Ing. Agr. Carlos Búcaro, Ing. Agr. Carlos Gonzáles, Ing. Ftal. Mario Saravia; por sus consejos y amistad.
TRIPAN GUATEMALA S.A.	Por abrir las puertas de la empresa y apoyarme durante el Ejercicio Profesional Supervisado, en especial al Ing. Agr. Estuardo Vaides, MSc. Alejandro Morales y Sergio Batún.
MARCO TULIO CONTRERAS DÍAZ	Por su apoyo, amistad sincera y por compartir sus conocimientos.
SEFOR, SERVIFOREST Y SERVICIOS Y MANTENIMIENTOS MEDINA S.A.	Por el apoyo en la facilitación del equipo, y el desarrollo de actividades en etapa de campo en especial a Francisco Choc, Rigoberto Pérez, Ever Paau, Edgar Santos y José Saravia.

ÍNDICE GENERAL

CONTENIDO	PÁGINA
CAPÍTULO I	1
DIAGNÓSTICO TRIPAN GUATEMALA S.A.	1
1.1. PRESENTACIÓN	3
1.2. OBJETIVOS	4
1.2.1. General.....	4
1.2.2. Específicos	4
1.3. METODOLOGÍA Y RECURSOS	5
1.3.1. Estructura organizativa.....	5
1.3.2. Logros en materia forestal	5
1.3.3. Áreas de influencia	5
1.3.4. Identificación de problemáticas y su jerarquización.....	6
1.4. RESULTADOS	7
1.4.1. Antecedentes históricos	7
1.4.2. Marco referencial.....	7
A. Localización.....	7
B. Vías de acceso	10
C. Aspectos biofísicos.....	11
D. Flora y fauna.....	17
1.4.3. Principales actividades del operador forestal	18
A. Compra de tierras.....	19
B. Establecimiento y manejo de plantaciones forestales	20
C. Producción y comercialización	21
D. Protección forestal.....	22
1.4.4. Estructura organizativa.....	24
A. Gerencia forestal	25
B. Gerencia técnica.....	27
C. Gerencia de operaciones	28
1.4.5. Logros en materia forestal	30
1.4.6. Áreas de influencia	33

CONTENIDO	PÁGINA
A. Salud	34
B. Educación	34
C. Infraestructura y servicios	34
1.4.7. Identificación de problemáticas	36
1.4.8. Jerarquización de la problemática.....	36
A. Incendios forestales	38
B. Perturbación de los recursos naturales en las áreas de influencia del operador forestal	40
C. Conflictos sociales	43
1.5. CONCLUSIONES	45
1.6. BIBLIOGRAFÍA	46
1.7. ANEXOS	48
1.7.1. Matriz de identificación de problemáticas.....	49
CAPÍTULO II	51
IMPACTO DE QUEMAS PRESCRITAS EN MASA ARBÓREA Y SOTOBOSQUE EN PLANTACIONES DE TECA <i>Tectona grandis</i> L.f. DE SIETE Y NUEVE AÑOS DE ESTABLECIDAS EN LAS CRUCES, PETÉN, GUATEMALA.	51
2.1. PRESENTACIÓN	53
2.2. MARCO TEORICO	55
2.2.1. Marco conceptual.....	55
2.2.1.1. El fuego	55
2.2.1.2. El fuego como herramienta	55
2.2.1.3. Combustibles forestales	56
2.2.1.4. Incendio forestal	56
2.2.1.5. Tipos de incendios	57
2.2.1.6. Ecosistema forestal	57
2.2.1.7. Impactos de los incendios forestales	58
A. Daños a los árboles	59
B. Daños en las áreas de regeneración	59
C. Impacto sobre el suelo	59

CONTENIDO	PÁGINA
2.2.1.8. Causas de los incendios forestales	61
2.2.1.9. Brechas cortafuego	61
2.2.1.10. Técnicas de quema	61
2.2.1.11. Fuego prescrito.....	62
2.2.1.12. Piroecología.....	63
2.2.1.13. Desarrollo de estrategias frente a perturbación	63
2.2.1.14. Selvicultura preventiva	63
2.2.1.15. Quema prescrita	63
2.2.1.16. Importancia de las quemas prescritas	63
2.2.1.17. Condiciones ideales para realizar quemas prescritas	64
2.2.1.18. Consideraciones en la realización de quemas prescritas	64
B. Pendiente	64
2.2.1.19. Requerimientos para la realización de quemas prescritas	65
2.2.1.20. Plan de quema prescrita.....	66
2.2.1.21. Factores a tomar en cuenta en quemas prescritas.....	67
2.2.1.22. Plantas arvenses	68
2.2.1.23. Las especies arvenses en ecosistemas forestales.....	69
2.2.1.24. Documentos institucionales en materia de fuego	70
2.2.2. Marco referencial	71
2.2.2.1. Investigaciones relacionadas con la aplicación de quemas prescritas en ecosistemas forestales	71
2.2.2.2. Antecedentes históricos de la teca (<i>T. grandis</i>) en Guatemala	73
2.2.2.3. Descripción de la especie <i>Tectona grandis</i> L.f.	74
2.2.2.4. Características del área de estudio	76
2.2.2.5. Ubicación del área de estudio	91
2.2.2.6. Características de las áreas de quema	92
2.3. OBJETIVOS	99
2.3.1. Objetivo general	99
2.3.2. Objetivos específicos.....	99
2.4. METODOLOGIA.....	100

CONTENIDO	PÁGINA
2.4.1. Cuantificación del efecto del fuego en relación a la cantidad de combustibles sobre el suelo	100
2.4.1.1. Determinación del área a muestrear	100
2.4.1.2. Generación de mapas	100
2.4.1.3. Muestreo de combustibles	101
2.4.1.4. Determinación del peso de muestras	101
2.4.1.5. Determinación del peso de combustible total por finca	102
2.4.1.6. Estimación de las tasas de incremento de combustible	102
2.4.1.7. Determinación del peso post-quema.....	103
2.4.2. Determinación de la influencia de la quema en la cobertura del suelo por plantas arvenses.....	103
2.4.2.1. Generación de mapas	103
2.4.2.2. Muestreo de combustibles	104
2.4.2.3. Estimación del porcentaje de cobertura por categoría	105
2.4.3. Evaluación del impacto de la quema dirigida en la altura y corteza del arbolado así como en la generación de brotes	106
2.4.3.1. Determinación del tamaño y número de muestras.....	106
2.4.3.2. Generación de mapas	108
2.4.3.3. Toma de datos dasométricos	108
2.4.4. Descripción de las variables.....	111
2.4.4.1. Carga de combustibles (t/ha)	111
2.4.4.2. Influencia de la quema dirigida en plantas arvenses.....	112
2.4.4.3. Impacto de la quema dirigida en el arbolado.....	112
2.4.4.4. Quema prescrita.....	112
2.4.4.5. Monitoreo de quema para la determinación del comportamiento del fuego	114
2.4.4.6. Condiciones ambientales	116
2.4.5. Tratamientos y repeticiones	117
2.4.6. Unidad experimental	118
2.4.7. Manejo del experimento	118
2.4.8. Muestreo	120

CONTENIDO	PÁGINA
2.4.9. Análisis de la información	120
2.5. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	121
2.5.1. Cuantificación del efecto del fuego en relación a la cantidad de combustibles sobre el suelo	121
2.5.2. Influencia de la quema en la cobertura por especies arvenses	125
2.5.3. Evaluación del impacto de la quema dirigida en el arbolado	129
2.5.3.1. Finca 111 sitio clon	129
2.5.3.2. Finca 186 sitio semilla	136
2.6. Monitoreo de la quema para la determinación del comportamiento del fuego...	141
2.6.1. Condiciones atmosféricas y comportamiento del fuego	142
2.6.1.1. Relación altura de llama y humedad relativa	142
2.6.1.2. Relación altura de llama y temperatura	144
2.6.1.3. Relación altura de llama y velocidad del viento	145
2.6.1.4. Velocidad de propagación	147
2.6.1.5. Relación temperatura, humedad relativa y velocidad del viento	148
2.7. CONCLUSIONES	150
2.8. RECOMENDACIONES	151
2.9. BIBLIOGRAFÍA	152
2.10. ANEXOS	159
2.10.1. Trabajo de campo	159
2.10.2. Datos dasométricos	164
2.10.3. Boleta de comportamiento del fuego	165
2.10.4. Boleta de datos dasométricos	165
2.10.5. Boleta de variables climáticas	166
2.10.6. Boleta de carga de combustibles	167
2.10.7. Boleta de datos de cobertura	168
2.10.8. Plan de prescripción de quema	169
CAPÍTULO III.	171
SERVICIOS REALIZADOS EN TRIPAN GUATEMALA S.A.	171
3.1. PRESENTACIÓN	173

CONTENIDO	PÁGINA
3.2. ÁREA DE INFLUENCIA	174
3.3. OBJETIVOS	174
3.3.1. Objetivo general	174
3.4. SERVICIOS REALIZADOS	175
3.4.1. Estimación de la productividad de las plantaciones de <i>T. grandis</i> , mediante la simulación de la corta final	175
3.4.1.1. Definición del problema.....	175
3.4.1.2. Objetivos	175
3.4.1.3. Metodología	176
3.4.1.4. Resultados y discusión.....	180
3.4.1.5. Medios de verificación.....	184
3.4.2. Aplicación de producto biológico Trompa®, para el control de <i>Atta cephalotes</i> en finca 68.....	185
3.4.2.1. Definición del problema.....	185
3.4.2.2. Objetivo	185
3.4.2.3. Metodología	185
3.4.2.4. Resultados y discusión.....	187
3.4.2.5. Medios de verificación.....	190
3.4.3. Establecimiento de parcelas permanentes de medición en áreas con daño de <i>Atta cephalotes</i> en <i>Tectona grandis</i> L.f.	191
3.4.3.1. Definición del problema.....	191
3.4.3.2. Objetivos	191
3.4.3.3. Metodología	192
3.4.3.4. Resultados y discusión.....	195
3.4.3.5. Medios de Verificación	201
3.5. ANEXOS	202
3.5.1. Establecimiento de parcelas permanentes de medición en fincas 144 y 68	212
3.6. BIBLIOGRAFÍA	213

ÍNDICE DE FIGURAS

CONTENIDO	PÁGINA
Figura 1. Distribución del área administrada por Tripan Guatemala S.A.....	8
Figura 2. Vías de acceso del área administrada por Tripan Guatemala S.A.....	10
Figura 3. Curvas a nivel del área administrada por Tripan Guatemala S.A.....	12
Figura 4. Cobertura forestal del área administrada por Tripan Guatemala S.A.....	13
Figura 5. Áreas protegidas del área administrada por Tripan Guatemala S.A.	14
Figura 6. Zonas de vida del área administrada por Tripan Guatemala S.A.	16
Figura 7. Estadística temporada de incendios forestales 2019.	23
Figura 8. Organigrama de Tripan Guatemala.....	29
Figura 9. Uso de la superficie administrada por Tripan Guatemala S.A.	32
Figura 10. Porcentaje de área de influencia por municipio.....	35
Figura 11. Árbol de causas y efectos de incendios forestales.....	38
Figura 12. Árbol de causas y efectos de perturbación de los recursos naturales.....	41
Figura 13. Árbol de causas y efectos de conflictos sociales.	43
Figura 14A. Recorridos en torres de vigilancia.....	48
Figura 15A. Mesas de diálogo para identificación de problemáticas.....	48
Figura 16. Triángulo del fuego.....	55
Figura 17. Ubicación del área de estudio.	76
Figura 18. Ubicación de estaciones meteorológicas.	78
Figura 19. Distribución de pluviómetros en la región Las Cruces.....	80
Figura 20. Precipitación pluvial (mm) promedio anual.....	81
Figura 21. Temperatura promedio anual °C.	83
Figura 22. Temperatura promedio mensual °C.	85
Figura 23. Humedad relativa promedio anual %.	86
Figura 24. Humedad relativa promedio mensual.....	87
Figura 25. Climadiagramas estaciones meteorológicas.	89
Figura 26. Meses con déficit hídrico.....	90
Figura 27. Ubicación de finca 111.....	94
Figura 28. Plantación de T. grandis establecida en 2012.....	95

CONTENIDO	PÁGINA
Figura 29. Ubicación de finca 186.....	97
Figura 30. Plantación de <i>T. grandis</i> establecida en 2010.	98
Figura 31. Plano de muestreo de combustible.....	101
Figura 32. Plano de muestreo de transectos.	104
Figura 33. Representación de parcela de muestreo.	106
Figura 34. Distribución de parcelas.....	108
Figura 35. Curvas de temperatura diaria °C.....	114
Figura 36. Diagrama de estimación del comportamiento del fuego.	115
Figura 37. Distribución de parcelas.....	118
Figura 38. Combustible total sobre el suelo (t/ha).....	123
Figura 39. Comparación pre y post quema de combustible (t/ha).....	124
Figura 40. Cobertura del suelo pre y post quema prescrita.	126
Figura 41. Dinámica de la cobertura de especies arvenses.....	128
Figura 42. Rebrote en fuste 5 meses después de la quema prescrita.	132
Figura 43. Efecto del fuego en árboles cercanos a combustibles pesados.	133
Figura 44. Medición de corteza y corte transversal.....	135
Figura 45. Medición de corteza y corte transversal.....	141
Figura 46. Relación de la variación de la altura de llama y de humedad relativa.....	143
Figura 47. Relación de la variación de la altura de llama y de temperatura.....	144
Figura 48. relación de la variación de la altura de llama y de velocidad de viento.....	146
Figura 49. Velocidad de propagación (km/h).	147
Figura 50. Relación temperatura, humedad relativa y velocidad del viento.	148
Figura 51A. Proceso del muestreo de combustibles forestales.	159
Figura 52A. Muestreo de cobertura.	160
Figura 53A. Proceso pre-quema prescrita.	160
Figura 54A. Proceso ejecución quema prescrita.....	161
Figura 55A. Proceso de recolección de datos dasométricos.	162
Figura 56A. Proceso extracción y medición de placa de corteza.....	163
Figura 57. Curvas de índice de sitio de acuerdo al volumen producido con relación al tiempo de establecido.	182

CONTENIDO	PÁGINA
Figura 58. Porcentaje de troneras activas y no activas según tratamiento.	189
Figura 59. Relación altura de planta - daño por defoliación en finca 144.....	199
Figura 60. Relación altura de planta - daño por defoliación en finca 68.....	200
Figura 63A. Marcaje de árboles límite de parcelas, medición de área de parcelas.....	212
Figura 64A. Panorámica de parcela permanente de medición en finca 144.	212

ÍNDICE DE CUADROS

CONTENIDO	PÁGINA
Cuadro 1. Especies arbóreas protegidas.	17
Cuadro 2. Fauna registrada por avistamiento en Tripan Guatemala S.A.	18
Cuadro 3. Superficie plantada administrada por Tripan Guatemala S.A.	31
Cuadro 4. Jerarquización de problemáticas	36
Cuadro 5. Clasificación de la velocidad de propagación del fuego.	68
Cuadro 6. Características de estaciones meteorológicas.	79
Cuadro 7. Precipitación pluvial (mm) promedio anual.	81
Cuadro 8. Precipitación pluvial promedio mensual (mm).	82
Cuadro 9. Temperatura promedio anual °C.	83
Cuadro 10. Temperatura promedio mensual °C.	84
Cuadro 11. Humedad relativa promedio anual %.	86
Cuadro 12. Humedad relativa promedio mensual en porcentaje.	87
Cuadro 13. Características de finca 111.	92
Cuadro 14. Características de finca 186.	96
Cuadro 15. Porcentaje de combustibles según categoría.	122
Cuadro 16. Altura de influencia del fuego en el fuste.	130
Cuadro 17. Porcentaje de rebrotes en arbolado.	131
Cuadro 18. Corteza quemada (mm).	134
Cuadro 19. Altura de influencia del fuego en el fuste.	137
Cuadro 20. Porcentaje de rebrotes en arbolado.	138
Cuadro 21. Corteza quemada (mm).	139
Cuadro 22. Clasificación de índice de sitio según volumen total.	179
Cuadro 23. Volumen estimado de siete rodales de la finca 85.	180
Cuadro 24. Clasificación de los rodales de la finca 85 según el volumen estimado.	181
Cuadro 25. Clasificación de volumen de acuerdo a circunferencia de troza (cm).	183
Cuadro 26. Estado de troneras según tratamiento aplicado.	188
Cuadro 27. Escala de daño de acuerdo al porcentaje de copa afectada por A. cephalotes.	194

CONTENIDO	PÁGINA
Cuadro 28. Estimación del número y porcentaje de ramas por estrato en la finca 144. ..	195
Cuadro 29. Estimación del número y porcentaje de ramas por estrato en la finca 68.	196
Cuadro 30. Porcentaje y escala de daño por defoliación en parcelas de finca 144.	197
Cuadro 31. Porcentaje y escala de daño por defoliación en parcelas de finca 68.	198
Cuadro 32A. Información del estado activo e inactivo de troneras finca 68.....	202
Cuadro 33A. Estimación de número de ramas por estrato por finca.....	205
Cuadro 34A. Datos recopilados de estimación de daño por estrato en finca 144.....	206
Cuadro 35A. Datos recopilados de estimación de daño por estrato en finca 68.....	209

TRABAJO DE GRADUACIÓN
IMPACTO DE QUEMAS PRESCRITAS EN MASA ARBÓREA Y SOTOBOSQUE EN
PLANTACIONES DE TECA *Tectona grandis* L.f. DE SIETE Y NUEVE AÑOS DE
ESTABLECIDAS, DIAGNÓSTICO Y SERVICIOS PRESTADOS A TRIPAN GUATEMALA
S.A. EN LAS CRUCES, PETÉN, GUATEMALA.

RESUMEN

Tripan Guatemala S.A. es una empresa forestal ubicada en el departamento de Petén, sus actividades se centran principalmente en el manejo forestal, el cual tiene objetivo el aprovechamiento y comercialización de madera de teca; todas las actividades bajo la certificación del Forest Stewardship Council.

La empresa posee diversos logros en cuanto a materia forestal, además de una estructura organizativa compuesta por departamentos y unidades que hacen posible la administración de una superficie de 20,000 hectáreas, de las cuales cerca del 94 % está ocupada por plantación forestal, bosques nativos y bosques de alto valor de conservación; área que según el diagnóstico realizado, es susceptible a diversas problemáticas tales como las plagas y enfermedades, tala de especies protegidas, caza, conflictos sociales por tramos o caminos e incendios forestales causados intencionalmente, o por quemas agrícolas y de pastos fuera de control.

Al considerar los incendios forestales como una de las problemáticas principales, se determinó evaluar una herramienta con fines de minimización de efectos negativos, para ello, se evaluó el impacto de quemas prescritas en masa arbórea y sotobosque en plantaciones de teca de siete y nueve años de establecidas, estudio que contribuye a conocer los efectos del fuego aplicado mediante conocimientos meteorológicos, topográficos y de combustibles.

En el tema de la dinámica del fuego prescrito, se conoce muy poco en los ecosistemas forestales de especies latifoliadas en Guatemala, para ello este estudio aplicó fuego

prescrito en plantaciones de teca, estudiando los efectos del mismo en la masa arbórea y especies arvenses, además de estudiar el comportamiento del fuego a través de la altura de llamas y velocidades de propagación.

Se logró determinar que los efectos de la aplicación del fuego a través de quemas prescritas, minimizan los efectos negativos en masa arbórea, reduce el combustible forestal disponible e incrementa la cobertura de especies arvenses; sin embargo se debe estudiar más respecto a los efectos en el suelo y las repercusiones en el tema de plagas y/o enfermedades a mediano y largo plazo.

Los servicios prestados durante el Ejercicio Profesional Supervisado consistieron en proyecciones de volúmenes mediante el Sistema de Información Forestal SIF TRIPAN, ensayos enfocados en el control y determinación de daños provocados por *Atta cephalotes*.



1.1. PRESENTACIÓN

El presente documento trata sobre aspectos descriptivos de la empresa Tripan Guatemala S.A. la cual cuenta con oficinas centrales en 1ra avenida 2-18, Zona 1, Santa Elena, Flores, Petén.

Tripan Guatemala S.A. la cual se denominará a partir de este apartado como “operador forestal o empresa”, se dedica a la gestión forestal con fines comerciales, brindando servicios tales como: adquisición de fincas, establecimiento de plantaciones, manejo y comercialización de productos forestales, esto tras la administración de 14,282 hectáreas de *Tectona grandis* L.f. propiedad de los fondos forestales Ceibal S.A. y Chaklum S.A. cuyas plantaciones se encuentran distribuidas en los municipios La Libertad, Las Cruces y Sayaxché del departamento de Petén.

La empresa ha basado su gestión forestal adoptando los principios y criterios del Consejo de administración forestal (FSC) por sus siglas en inglés Forest Stewardship Council™; los cuales fomentan el manejo forestal ambientalmente responsable, socialmente beneficioso y económicamente viable.

Las actividades que desarrolla el operador forestal se enfocan en el manejo forestal responsable, propiciando la conservación y protección de bosques dentro del área bajo su administración, contribuyendo con el desarrollo social de las comunidades cercanas, siendo fuente importante de empleo y desarrollo de proyectos enfocados en la salud y educación.

Es por ello que con la finalidad de conocer la situación del operador forestal se presenta información general, referente a la estructura organizativa, logros en materia forestal, áreas de influencia y la identificación de problemáticas con algunas propuestas para su mejora en los ámbitos que engloba.

1.2. OBJETIVOS

1.2.1. General

1. Conocer la situación actual de Tripan Guatemala S.A. mediante un diagnóstico general.

1.2.2. Específicos

1. Describir la estructura organizativa para conocer las áreas en las que se divide la empresa.
2. Conocer los logros en materia forestal para determinar la importancia de su gestión.
3. Conocer las áreas de influencia para comprender la importancia social de la empresa.
4. Identificar las principales problemáticas que afecten el desarrollo de las actividades de la empresa.
5. Jerarquizar la problemática encontrada.

1.3. METODOLOGÍA Y RECURSOS

Para la obtención de información general, tal como: antecedentes históricos, marco referencial y aspectos biofísicos se realizaron consultas de fuentes secundarias y primarias tales como revisión de tesis, entrevistas a personal de la empresa y recorridos en campo.

A continuación se describe la metodología utilizada para cada objetivo:

1.3.1. Estructura organizativa

Para conocer la estructura organizativa se realizó la consulta de fuentes de información secundaria, específicamente tesis realizadas en la institución, además de ello solicitud de documentos descriptivos de la empresa.

Posterior a ello, se realizaron lecturas y análisis de documentos, para plasmar en el diagnóstico la estructura organizativa del operador forestal, lo cual permitió identificar los departamentos que conforman dicha institución.

1.3.2. Logros en materia forestal

Para conocer los logros del operador forestal, se realizaron distintas actividades tales como entrevistas informales a vecinos y a personal de la empresa, revisión de documentos, acceso a bases de datos, recorridos en las instalaciones administrativas y productivas.

1.3.3. Áreas de influencia

Para conocer las áreas de influencia se obtuvo acceso a los mapas oficiales elaborados por el departamento de Mensura y Cartografía, se visitaron algunas comunidades cercanas, se realizaron entrevistas informales a vecinos, acompañamiento a personal encargado de

proyectos sociales en las comunidades y recopilación de información mediante la revisión documentos.

Se consideró para dicho objetivo la opinión de algunos miembros de los consejos comunitarios de desarrollo, con respecto a los beneficios que genera la empresa a sus comunidades; esto se llevó a cabo de manera general en la capacitación dirigida a COCODES “quemados programados”.

1.3.4. Identificación de problemáticas y su jerarquización

Para la identificación de problemáticas que afectan el desarrollo de las actividades de la empresa se realizó a lo largo del ejercicio profesional supervisado, una serie de actividades, las cuales consistieron en observaciones de algunos procesos y actividades, entrevistas con el personal, asistencia a reuniones con autoridades de comunidades vecinas a las plantaciones forestales y mesas de diálogo con personal de campo.

Posterior a conocer la percepción de las personas involucradas en la empresa, se tabuló y analizó la información, lo cual permitió la creación de árboles de problemas los cuales se discutieron.

Se jerarquizó la problemática según la frecuencia en la cual fueron mencionadas por los participantes de reuniones y entrevistas.

1.4. RESULTADOS

1.4.1. Antecedentes históricos

Según (Tripan Guatemala 2018) el operador forestal pertenece al grupo Tripan, el cual presta servicios y consultorías forestales; posee una larga experiencia en mejoramiento genético, viveros, operaciones silvícolas y de producción.

Inició con la administración de los patrimonios forestales Ceibal S.A. y Chaklum S.A. a partir del año 2014, a través de la gestión relacionada con la compra de propiedades, establecimientos de plantaciones, manejo y comercialización de productos forestales; es preciso mencionar que la empresa ha mejorado constantemente en cada fase de sus actividades operativas y gerenciales, adoptando los principios y criterios del Forest Stewardship Council (FSC), los cuales velan por el cumplimiento de la legislación nacional vigente aplicable a las operaciones forestales, bajo los pilares ambiental, social y económico.

1.4.2. Marco referencial

A. Localización

El área en el cual se encuentran las plantaciones forestales, se ubica al Norte de Guatemala en el departamento de Petén, departamento que cuenta con una extensión territorial de 35,854 km², limitando al Noroeste con México; al Este con Belice y al Sur con los departamentos de Alta Verapaz e Izabal.

La empresa se divide según sus áreas de operación: las oficinas centrales se encuentran a una distancia de 569 km de la Ciudad de Guatemala, ubicadas en 1ra avenida 2-18, Zona

1, Santa Elena, Flores, Petén; y la oficina técnica se encuentra en la comunidad Josefinos, Las Cruces. (Tripan Guatemala 2018).

El área administrada por el operador forestal se distribuyen en tres municipios del departamento de Petén, a continuación se presenta la figura 1.

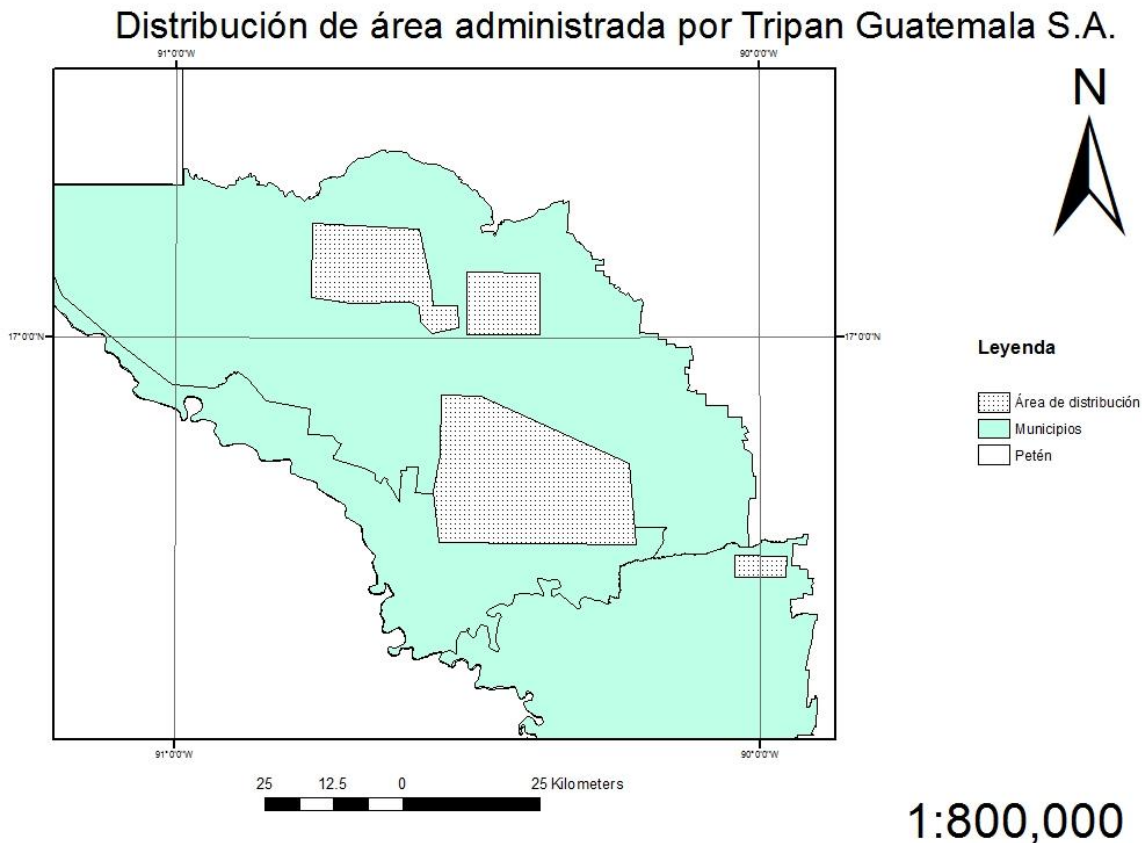


Figura 1. Distribución del área administrada por Tripan Guatemala S.A.

Según la figura 1, las áreas delimitadas y rellenas con puntos representan las áreas administradas por la empresa, dichas áreas se encuentran dentro de los municipios La Libertad, Las Cruces y Sayaxché; cabe resaltar que las áreas delimitadas son representan los patrimonios administrados considerando plantaciones forestales, bosques de protección, entre otros; a continuación se describe brevemente cada municipio.

a. Municipio La Libertad

El municipio La Libertad está situado en la parte Oeste del departamento de Petén, limita al Norte con el municipio de San Andrés, al Este con San Francisco y al Norte con Las Cruces; posee una altura de 190 msnm y se encuentra a una distancia de 532 km de la ciudad de Guatemala (Xól Chocooj 2017).

En dicho municipio existen áreas de producción forestal administrados por el operador forestal, siendo las regiones productivas de San Julián, Sagrado Corazón, Los Cerritos, Las Cruces A y B; sectores a los cuales se tiene acceso por medio de la carretera asfaltada que conduce hacia el municipio de La Libertad y la carretera asfaltada que conduce hacia el municipio de Las Cruces.

b. Municipio Las Cruces

Según (Xól Chocooj 2017) el municipio Las Cruces, limita con los siguientes municipios: al Norte con La Libertad, al Este con San Francisco y al Sur con Sayaxché; posee una altura de 130 msnm; se encuentra a una distancia de 569 km de la ciudad de Guatemala.

En dicho municipio existen áreas de producción forestal, por lo que se ha dividido a nivel interno del operador forestal, los sectores de Las Cruces B y Las Cruces C.

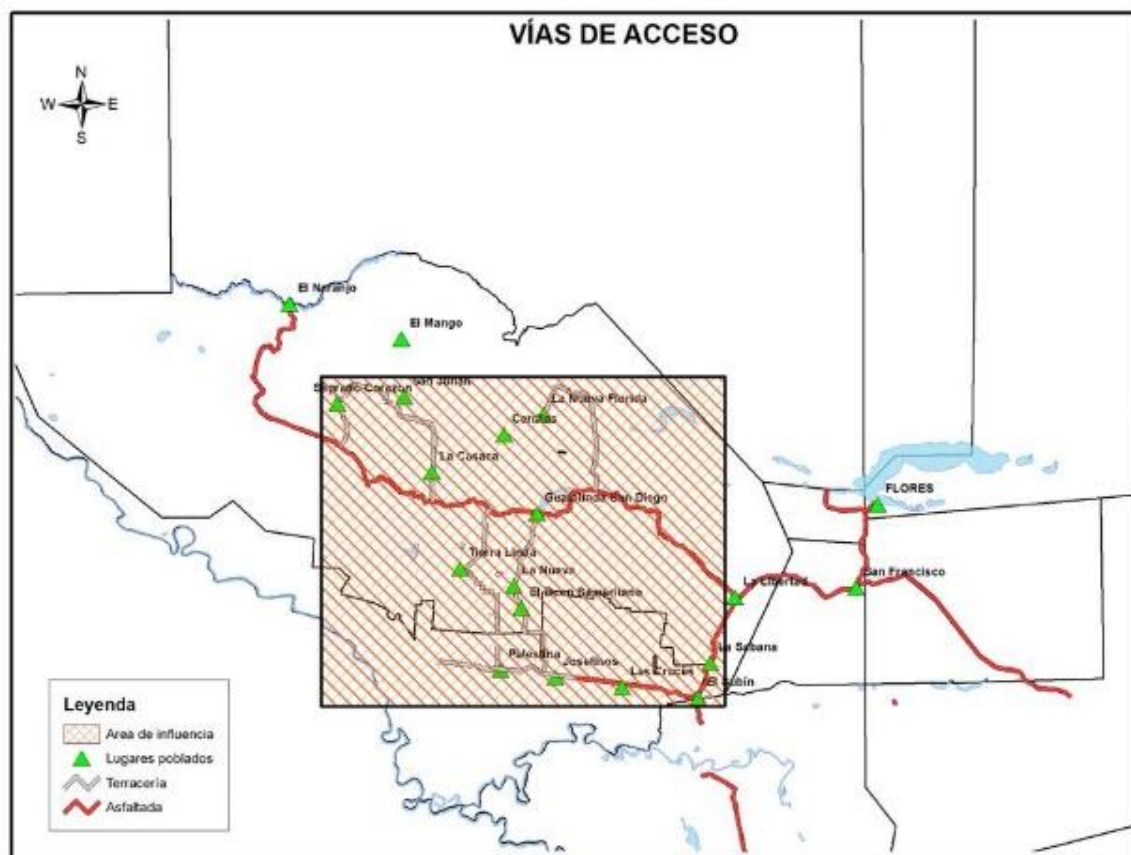
c. Municipio Sayaxché

La cabecera municipal se encuentra a 401 km de distancia del departamento de Guatemala, limita al Norte con los municipios Las Cruces y San Francisco y al Este con los municipios Dolores, Poptún y San Luis; posee una altura de 125 msnm. (Xól Chocooj 2017)

El municipio posee áreas productivas, propiedad de los fondos forestales administrados por el operador forestal, siendo la región La Colorada.

B. Vías de acceso

Las vías de acceso para el área de plantaciones forestales se representan en la figura 2, la cual muestra las principales vías de acceso pavimentadas y de terracería del área de producción.



Fuente: Tripan Guatemala, Mensura y Cartografía, 2019.

Figura 2. Vías de acceso del área administrada por Tripan Guatemala S.A.

La figura 2, muestra las principales vías de acceso de las regiones productivas administradas por el operador forestal; para el sector Sagrado Corazón y San Julián, el acceso principal desde la cabecera departamental, Flores, Petén, se encuentra aproximadamente a 38 km conduciendo por la carretera asfaltada ruta a La Libertad; luego

se recorren 88 km de carretera asfaltada con dirección a la comunidad Nuevo Edén, posterior a ello se conduce 13 km de carretera de terracería con dirección a Sagrado Corazón. (López Juárez 2015).

Los Cerritos, cuenta con acceso desde Flores a 38 km conduciendo con dirección al municipio de La Libertad, luego se conduce 35 km de carretera asfaltada con dirección a la comunidad Las Cuaches y se toma un cruce recorriendo 31 km de carretera de terracería hacia la comunidad La Nueva Florida. (López Juárez 2015).

El sector de Las Cruces, posee acceso mediante la ruta que se conduce a San Diego a aproximadamente a 45 km, luego se recorren aproximadamente 14 km de carretera de terracería con dirección a la comunidad La Nueva; otra de las vías de acceso desde la carretera asfaltada que conduce del municipio de La Libertad a 37 km, luego se recorren 11km de terracería con dirección a la comunidad Palestina, por último se puede acceder recorriendo 16 km con dirección a la comunidad de La Nueva. (López Juárez 2015).

Para acceder a La Colorada, se conducen 16 km en carretera asfaltada desde Flores con dirección al municipio de San Francisco, luego se recorren 48 km de terracería con dirección a San Valentín, luego se toma la ruta que conduce hacia la finca GM-85 aproximadamente 2km. (López Juárez 2015).

C. Aspectos biofísicos

Considerando los aspectos biofísicos, se presentan una serie de figuras, las cuales presentan rasgos generales, algunas de las características de las áreas en las cuales se distribuyen las plantaciones forestales de Teca.

a. Curvas a nivel

Las curvas a nivel indican los puntos más altos y bajos del área en la cual se encuentran distribuidas las plantaciones forestales administradas por el operador forestal; a continuación, se presenta la figura 3.

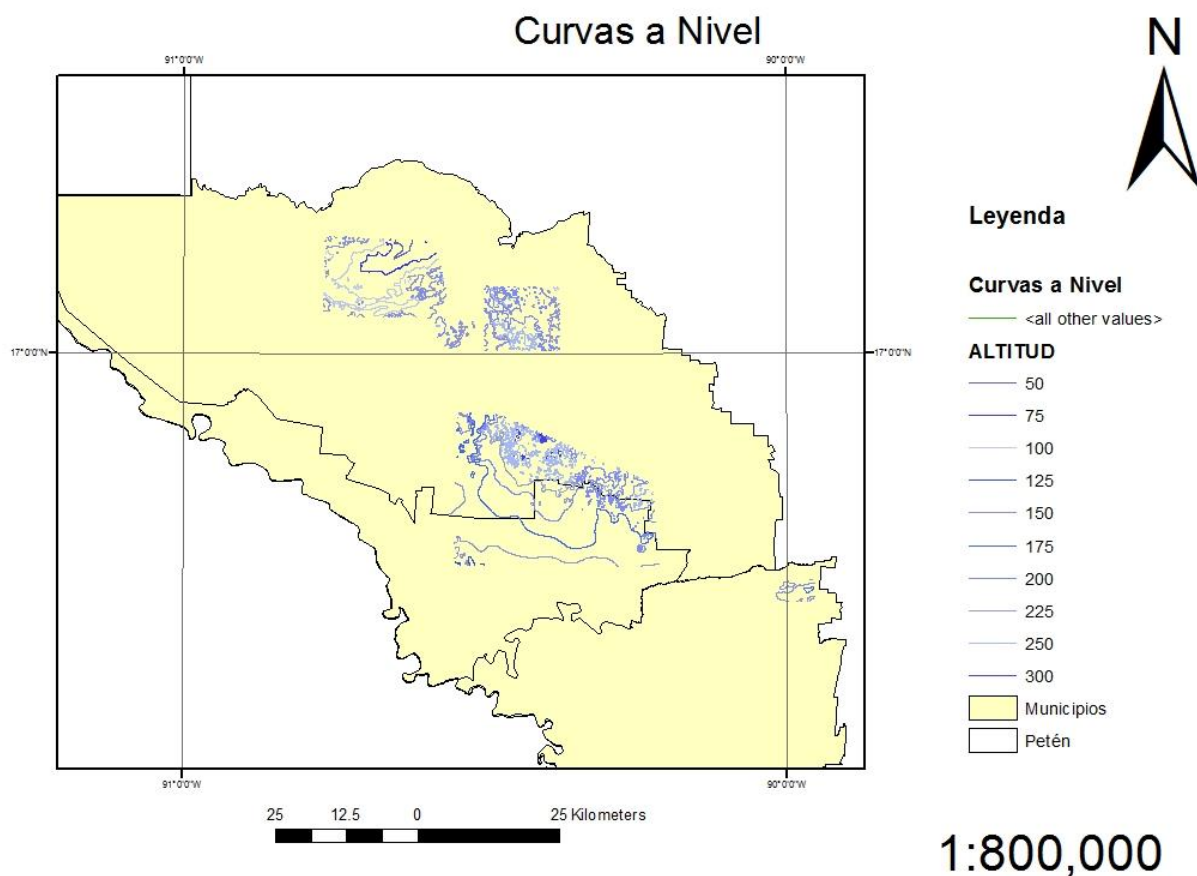


Figura 3. Curvas a nivel del área administrada por Tripan Guatemala S.A.

La figura 3, muestra a través de curvas a nivel, que el área de influencia del operador forestal, en las cuales se encuentran establecidas las plantaciones forestales de teca poseen un relieve predominantemente plano; esto considerando que las curvas oscilan entre los 50 m.s.n.m. - 300 m.s.n.m.

b. Cobertura forestal

Guatemala es catalogado como un país de vocación forestal, es por ello que se considera como aspecto importante, conocer de manera general la situación de cobertura forestal en el área de influencia; para ello se presenta la figura 4.

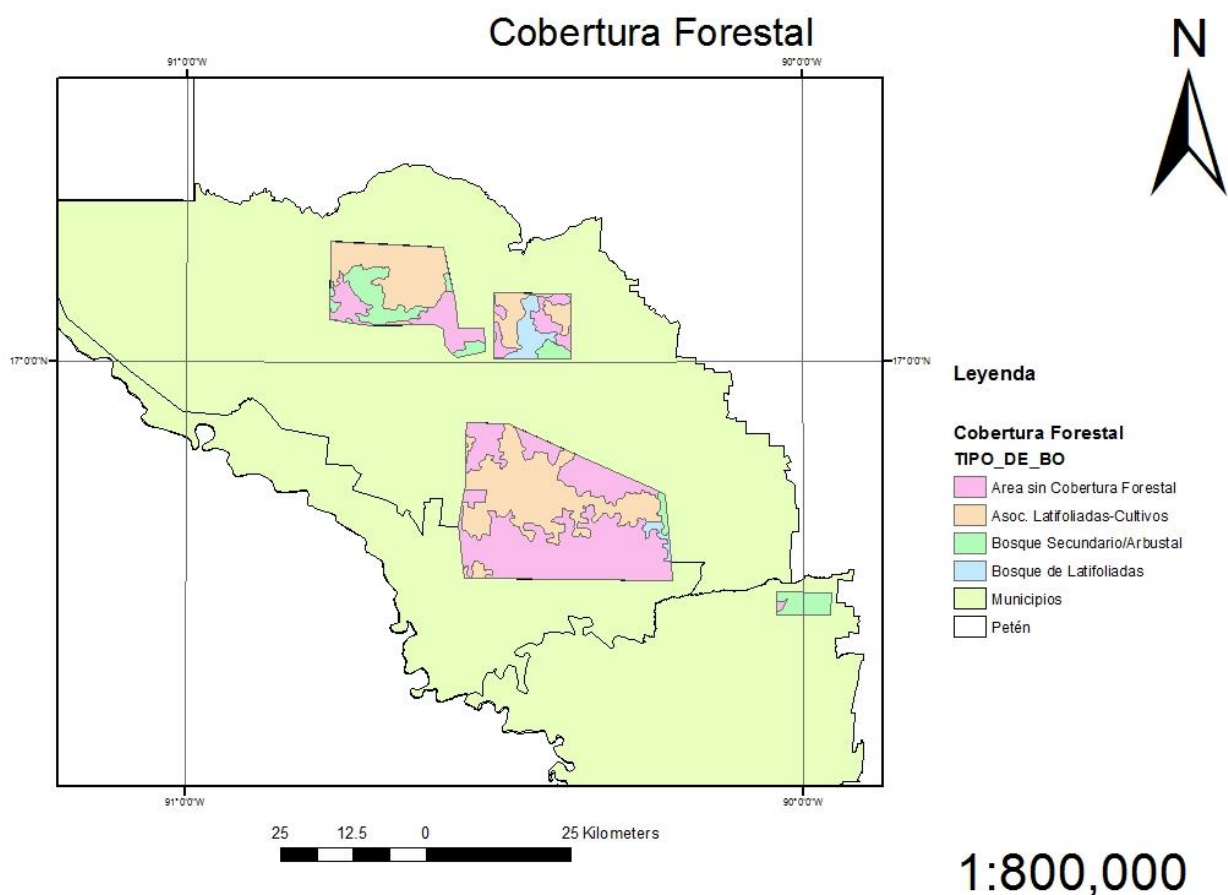


Figura 4. Cobertura forestal del área administrada por Tripan Guatemala S.A.

De acuerdo a la figura 4, la cual presenta el mapa de cobertura forestal INAB, para el área de influencia, se determina que la mayor parte del área no cuenta con cobertura forestal; también se observa que en el área predomina la cobertura en asocio latifoliadas con cultivos, seguida por el bosque secundario/arbustal y el bosque de latifoliadas.

Sin embargo dicha información se generó a partir de bases de datos del año 2010, año en el cual la superficie cubierta por plantación forestal ascendió a 9,675.57 ha; es importante mencionar que a la fecha, el operador forestal administra una superficie de 19,253.11 hectáreas, de las cuales 14,511.64 hectáreas representan el 75.37 % de la superficie total poseen plantación forestal.

c. Áreas protegidas

Parte del área administrada por el operador forestal se encuentra en área protegida, para ello se presenta la figura 5, la cual brinda una referencia respecto al área administrada y su relación con áreas protegidas.

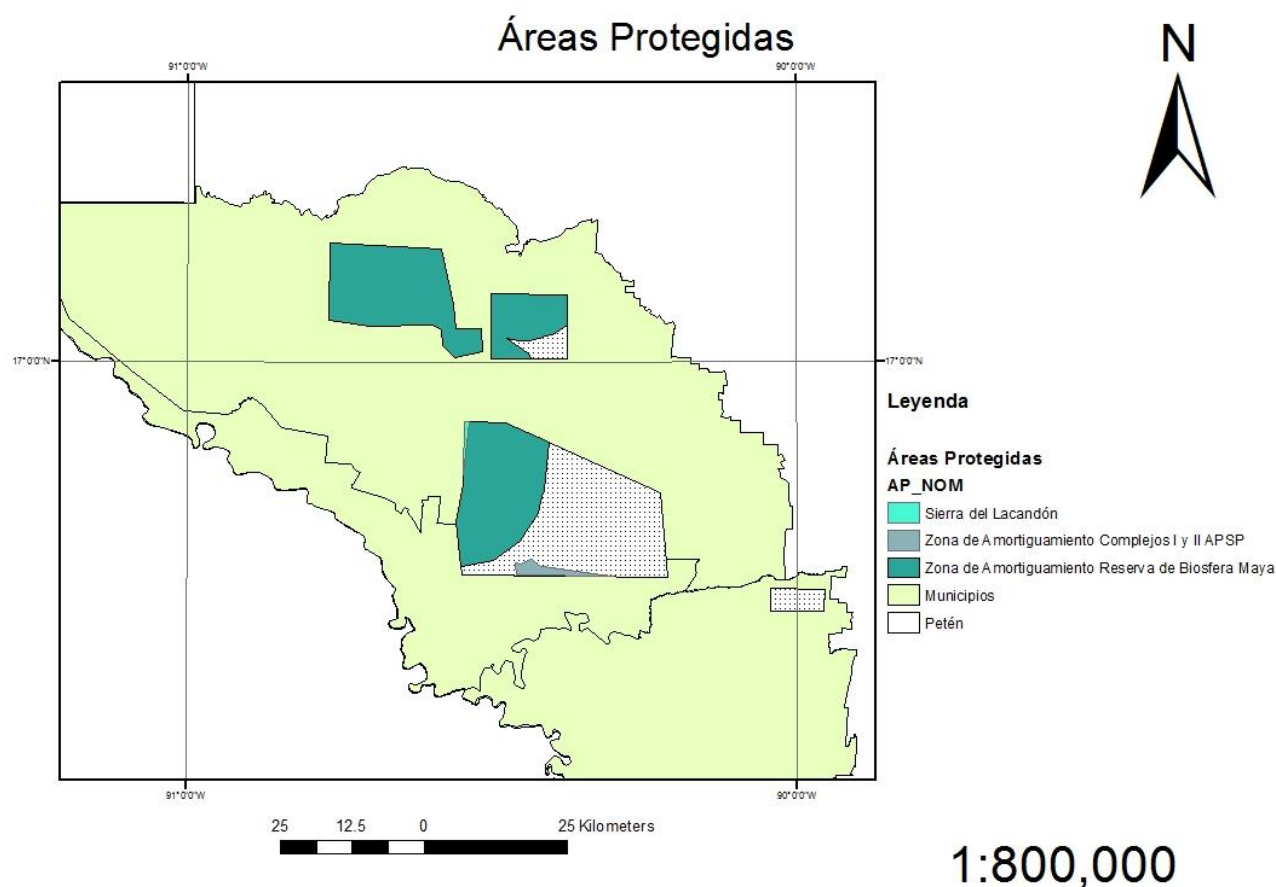


Figura 5. Áreas protegidas del área administrada por Tripan Guatemala S.A.

Según la figura 5, el área administrada por la empresa con respecto a áreas protegidas, se encuentra en tres categorías; las principal de acuerdo al área que ocupa, es la Zona de Amortiguamiento de la Reserva de la Biosfera Maya, en la cual están distribuidas las regiones productivas Sagrado Corazón, parte Norte – Suroeste de Los Cerritos y parte Noroeste de Las Cruces.

Fuera de áreas protegidas, se encuentra parte del Sur de la región productiva Los Cerritos, Suroeste – Noreste de la región Las Cruces.

Considerando lo anterior, los patrimonios forestales se encuentran distribuidos principalmente en la Zona de Amortiguamiento de la Reserva de la Biosfera Maya (RBM), la cual es denominada como la zona que debiese aliviar la presión sobre los recursos de la RBM, mediante incentivos que promuevan el uso adecuado de la tierra y los recursos en ella; orientando a las comunidades a la utilización sustentable de la tierra con la finalidad de disminuir la dependencia directa de los recursos naturales de la RBM.

Según (FIPA & USAID 2001) la Zona de Amortiguamiento corresponde al 24 % del área total de la Reserva de la Biosfera Maya.

d. Zona de vida

De acuerdo a las características climáticas que presenta el área administrada por el operador forestal, se presenta la figura 6, la cual hace referencia a La zona de vida de dicha área.

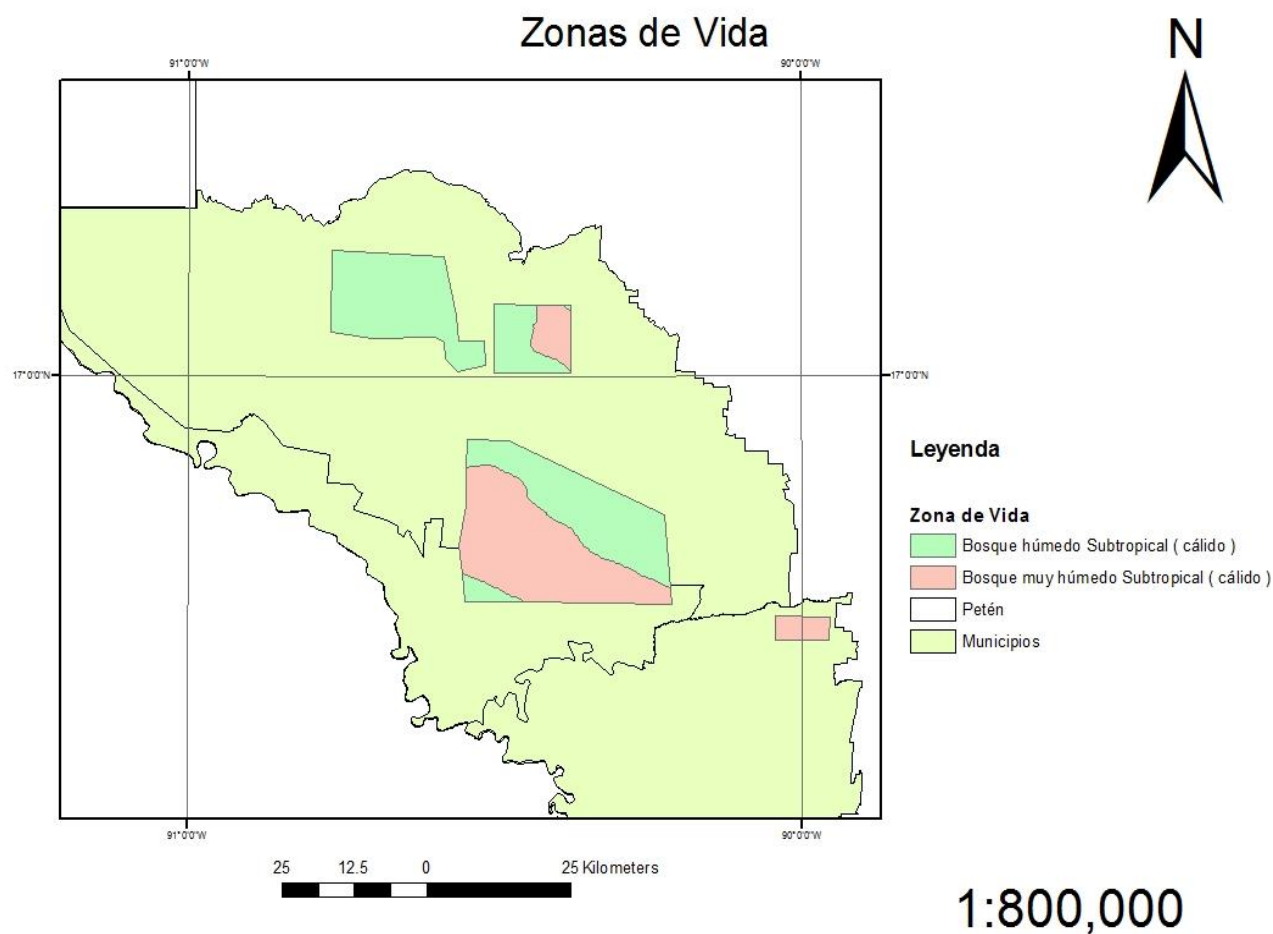


Figura 6. Zonas de vida del área administrada por Tripan Guatemala S.A.

Según la figura 6, el área administrada por la empresa se encuentra distribuida en dos zonas de vida según el sistema de clasificación Holdridge, siendo la zona de vida Bosque Húmedo Subtropical (cálido), y el Bosque muy Húmedo Subtropical (cálido).

La región productiva Sagrado – San Julián, Noroeste y Suroeste de Los Cerritos y el Norte y Suroeste de Las Cruces se encuentran en la zona de vida Bosque Húmedo Subtropical (cálido) (bh-S(c)); según (De La Cruz 2013) dicha zona de vida presenta precipitación pluvial promedio anual entre los 1,160 mm - 1,700 mm; temperaturas sobre los 30 °C; relieve relativamente plano, según varía de los 50 m.s.n.m. a los 275 m.s.n.m.

El Noreste de la región productiva Los Cerritos, el Este y Oeste de Las Cruces y La Colorada se encuentran en la zona de vida, Bosque muy Húmedo Subtropical (cálido) (bmh-S(c)); la cual se destaca por tener temperaturas por encima de los 30 °C, la precipitación pluvial promedio anual oscila entre los 1,578 mm – 2,066 mm; por su parte el relieve es predominantemente plano, sin embargo también existen áreas con relieve accidentado, la elevación varía entre los 80 m.s.n.m. y 1,600 m.s.n.m. (De La Cruz 2013).

D. Flora y fauna

Según (Tripan Guatemala 2018) el operador forestal cuenta con un sistema de parcelas permanentes de monitoreo tanto en plantación como en bosque las cuales se miden de forma semestral, además del monitoreo en plantación mediante parcelas permanentes de medición, también se realizan una identificación y monitoreo de especies protegidas; entre 2015 y 2016 se realizó la identificación de especies arbóreas protegidas, las cuales hasta la actualidad se les da seguimiento a través del registro cartográfico.

En el cuadro 1, se presentan algunas de las especies arbóreas protegidas que se encuentran dentro del área administrada por la empresa.

Cuadro 1. Especies arbóreas protegidas.

Nombre científico	Nombre común	Cantidad
<i>Spathodea campanulata</i>	Amapola	2
<i>Cedrela odorata</i>	Cedro	24
<i>Ceiba sp.</i>	Ceiba	94
<i>Manilkara zapota</i>	Chico	152
<i>Melina arborea</i>	Melina	1
<i>Calophyllum brasiliense</i>	Santa María	7
Total		280

Elaboración propia con base en datos de Tripan Guatemala 2018.

Respecto a la fauna, el personal de la empresa reporta avistamientos casuales dentro del patrimonio que se administra, dichos avistamientos registran los datos en una “Planilla de Avistamiento casual” la cual es administrada por la Central de Operaciones.

El operador forestal participa activamente con la fundación Naturaleza Para la Vida, con el fin de tener una sistematización de la evaluación de fauna en los remanentes del bosque natural en la época lluviosa y seca del año.

A continuación se presenta el cuadro 2, el cual describe las especies que se han observado con mayor frecuencia según los registros de avistamientos 2018 - 2019.

Cuadro 2. Fauna registrada por avistamiento en Tripan Guatemala S.A.

Nombre científico	Nombre común	Cantidad
<i>Columba livia</i>	Espumuy	1519
<i>Psittacara sp.</i>	Perico coludo	511
<i>Ortalis sp.</i>	Chachalaca	486
<i>Amazona albifrons</i>	Loro frente blanca	381
<i>Ateles sp.</i>	Mico araña	273
<i>Patagioenas flaviorostris</i>	Paloma pico rojo	232
<i>Sciurus yucatanensis</i>	Ardilla de Yucatán	216
<i>Amazona viridgenialis</i>	Loro frente roja	208
<i>Rostrhamus sociabilis</i>	Gavilán caracolero	175
<i>Alouatta pigra</i>	Saraguate	139

Elaboración propia con base en datos de Tripan Guatemala 2019.

1.4.3. Principales actividades del operador forestal

El operador forestal realiza diversas actividades dentro de los patrimonios forestales bajo a su administración, es por ello que se presenta de manera breve las principales actividades.

A. Compra de tierras

Según (Tripan Guatemala 2015) el operador forestal cuenta con un protocolo que detalla los procesos de adquisición de tierras, tomando en cuenta consideraciones tales como: la ubicación respecto a áreas protegidas, categoría de manejo, calidad de sitios; las etapas y fases que se consideran en la adquisición de tierras, son:

a. Etapa operativa

Consiste en la medición, evaluación de fincas, manejo de Sistemas de Información Geográfica.

b. Etapa jurídica

Consiste en la consulta en el Registro General de la Propiedad Inmueble de la República de Guatemala, además del análisis de situaciones legales que puedan perjudicar la adquisición de la tierra.

c. Etapa de investigación catastral

Considera la ubicación de la finca mediante coordenadas y ortofotos; además del análisis de la ubicación de la finca con respecto a áreas protegidas y/o sitios arqueológicos.

d. Etapa de campo

Consiste en la corroboración de la información inscrita en el Registro General de la Propiedad mediante mediciones con GPS de agrimensura, autorizados por el Registro de Información Catastral –RIC-.

e. Clasificación de la finca

En dicha etapa se clasifican las áreas productivas y no productivas; denominando como áreas productivas a aquellas de relieve plano o de pendiente leve, factible de plantar, áreas de pastos, vegetación nativa arbustiva que no se clasifique como bosque nativo, o áreas que no tengan ningún obstáculo para plantar.

Las áreas no productivas son aquellas áreas con pedregosidad, problemas de drenaje y/o bosques nativos, pendientes mayores al 25 %, espacios ocupados por infraestructura, rondas, zonas de protección.

f. Muestreo de suelo

Consiste en el muestreo de suelos en áreas plantables, esto para el análisis químico y físico de las muestras.

g. Etapa de supervisión

Consiste en la validación de la información técnica, legal y catastral mediante recorridos en campo; posterior a ello se da el visto bueno y autorización para la compra o en su defecto el rechazo de la misma.

B. Establecimiento y manejo de plantaciones forestales

Según (Tripan Guatemala 2018) *Tectona grandis*, una especie de crecimiento rápido, se encuentra en el listado de especies a utilizar en proyectos de reforestación, del Instituto Nacional de Bosques (INAB) y además de ello se encuentra como especie permitida por el Consejo Nacional de Áreas Protegidas (CONAP), en la (ZAM) de la Reserva de la Biosfera Maya; tomando en cuenta esas consideraciones es que el operador forestal consideró el

manejo de las plantaciones de Teca, por lo cual se describen a rasgos generales, los procesos desde la preparación del suelo, hasta el manejo silvicultural.

La preparación del suelo consistió en el arado de la tierra mediante la implementación de maquinaria; posterior a dicha actividad se seleccionó material genético modificado, el cual fue producido en condiciones de vivero considerando especificaciones técnicas.

En los primeros años, después del establecimiento se considera importante el control de arvenses e insectos plaga, dichos controles se realizan con agroquímicos permitidos por el Consejo de Administración Forestal (FSC), velando siempre por la aplicación óptima de los mismos, considerando la seguridad de los trabajadores, asistiendo a los mismos con equipo de protección personal de acuerdo a la actividad que realicen.

Uno de los objetivos de la empresa es propiciar manejo forestal que permita madera libres de nudos, por lo que se realizan tratamientos silviculturales tales como raleos y podas; el ciclo de la plantación es alrededor de 20 años, ciclo en el cual se realizan tres podas, la última se realiza a una altura de 5.5 metros; se realizan cuatro raleos antes de la corta final, los cuales tienen la finalidad de maximizar el crecimiento en diámetro de los árboles; el cuarto raleo se realiza con el objetivo de obtener una densidad final entre los 180 y 200 árboles/ha. (Tripan Guatemala 2018)

C. Producción y comercialización

Considerando la producción y comercialización, se realizan programas productivos que permiten optimizar la productividad al menor costo, asegurando siempre la seguridad del personal y del medio ambiente.

Así mismo se buscan nuevas oportunidades comerciales, brindando una relación de confianza con clientes a largo plazo, para ello se realizan diversidad de actividades, entre ellas:

- Estudios de demanda y oferta según productos requeridos.
- Búsqueda y desarrollo de clientes internos.
- Estudios de diferentes esquemas de producción y carga, costos, rendimientos.
- Desarrollo de contratistas. (Tripan Guatemala 2018)

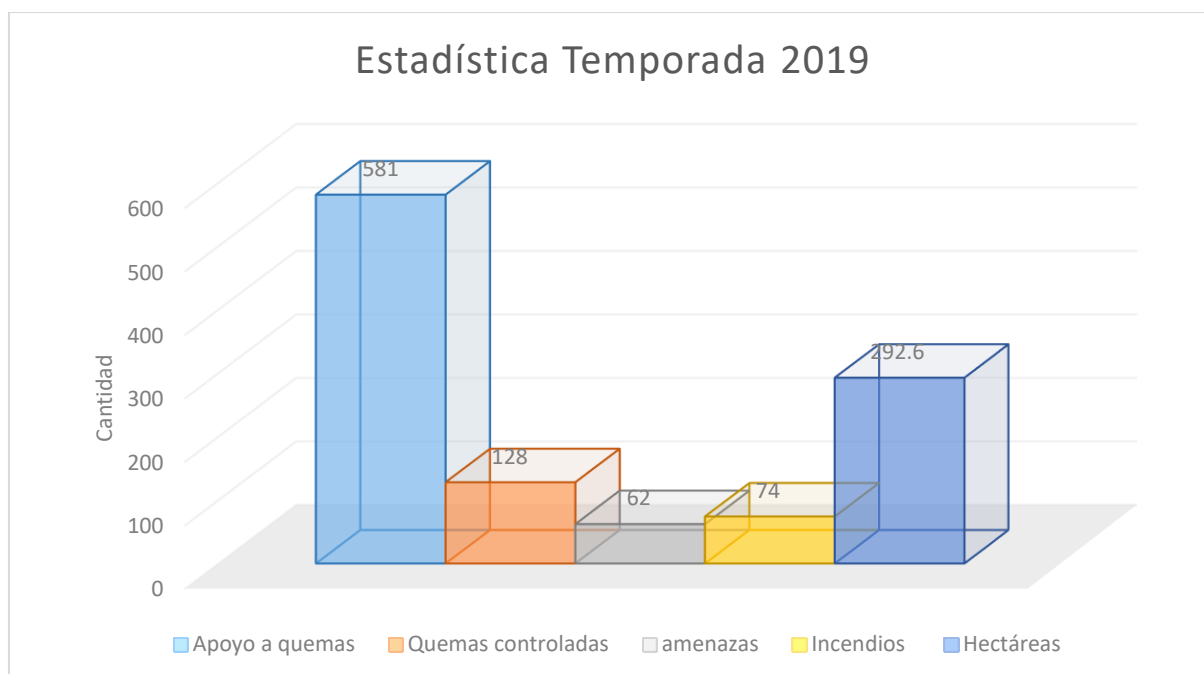
D. Protección forestal

Las actividades de protección forestal que se realizan en los patrimonios forestales administrados por la empresa buscan minimizar los riesgos por pérdida o daño; se dividen en dos aspectos:

a. Manejo integrado del fuego (MIF)

Uno de los principales problemas en las plantaciones forestales administradas por la empresa, está dado por los incendios forestales, principalmente en los meses de febrero a mayo, razón por la cual se realizan diversas actividades de prevención, monitoreo y control de incendios, entre ellas: apoyo a quemas, reuniones preventivas con miembros de COCODE, aplicación de quemas prescritas, detección oportuna, despacho de recursos de combate, investigación de incidentes, combate seguro y efectivo, supresión y combate directo.

Durante las temporadas de incendios forestales, la central de operaciones bajo la administración del departamento de protección forestal lleva registros de la ocurrencia; por lo que en la figura 7 se presentan los resultados de la temporada 2019.



Fuente: elaboración propia con base en datos de ocurrencia de central de operaciones 2019.

Figura 7. Estadística temporada de incendios forestales 2019.

La figura 7, muestra la estadística ocurrida en la temporada de incendios forestales 2019; se logró determinar que se realizaron 581 apoyos a quemas, dichos apoyos consisten en la intervención de brigadas forestales, vigilantes motorizados, o demás personal contratado para el apoyo de los vecinos en las quemas agrícolas o de pastos.

128 quemias controladas, las cuales se definen como aquellas quemias las cuales se realizan de manera controlada, sin intervención de personal contratado por la empresa; 62 amenazas, las cuales se definen como aquellos incendios que ocurrieron fuera de los patrimonios forestales administrados por la empresa, o aquellos que se originaron fuera de las plantaciones y antes de la propagación del fuego dentro de las plantaciones, se logró control; se registraron 74 incendios forestales dentro de las plantaciones de Teca, siendo afectadas 292.6 hectáreas.

b. Manejo integrado de plagas y enfermedades (MIPE)

El manejo integrado de plagas y/o enfermedades, está orientado a la implementación de técnicas o métodos que permitan mantener a las poblaciones de plagas bajo el umbral de daño económico. (Batún López 2018)

El operador forestal cuenta con un manual de plagas, el cual brinda información respecto a las principales plagas y/o enfermedades dentro de las plantaciones de teca, así como también los criterios técnicos y formas de control. Así mismo se cuenta con controladores fitosanitarios, guardabosques, técnicos, los cuales evalúan la sanidad de las plantaciones de teca, realizando programaciones de control y monitoreo.

Es importante mencionar que respecto a las plagas y/o enfermedades que afectan el patrimonio forestal administrado por la empresa, se destacan:

- *Coptotermes sp.*
- *Hyblaea puera*
- *Atta cephalotes*
- *Rabdopterus sp.*
- *Maconellicoccus hirsutus* Green
- *Olivea tectonae*

1.4.4. Estructura organizativa

La organización de la empresa está constituida por la gerencia, departamentos y unidades funcionales para todas las actividades que se realizan; se detallan a continuación se detallan los cargos en función de la gerencia, departamentos y unidades que lo conforman:

A. Gerencia forestal

Según (Guzmán 2018) la gerencia forestal tiene como principal objetivo la administración de la empresa, considerando para la realización de las actividades la implementación de tecnologías sin descuidar el presupuesto asignado.

a. Unidad de gestión seguridad, ambiente, social

La unidad de gestión seguridad, ambiente, social, según (Tripan Guatemala 2018) tiene como objetivo primordial la coordinación de actividades que gestionen la seguridad de los trabajadores de la empresa y sus respectivas empresas contratistas.

Así también, busca crear vínculos con las comunidades, vecinos y municipios con el propósito de alcanzar y mantener buenas relaciones de largo plazo que den sustentabilidad a las inversiones forestales, a través de actividades tales como:

- Mejoramiento y ampliación de proyectos de educación y salud con las comunidades.
- Procedimiento de comunicaciones y de relación con las comunidades.
- Mejoramientos de caminos con apoyo de vecinos.
- Implementación de proyectos productivos.
- Monitoreo de régimen salarial para cumplir con la ley.
- Desarrollo de auditorías.
- Velar por las óptimas instalaciones para cumplir con los criterios internacionales de GFP.
- Condiciones de trabajo y normas de seguridad.
- Asesoría para revisión regular de las condiciones de los trabajadores.

b. Unidad de auditoría y control

La unidad de auditoría y control, tiene a su cargo la realización de auditorías internas; estos procedimientos buscan verificar el cumplimiento legal de las operaciones, así como los

estándares de seguridad y ambientales definidos en los procedimientos de trabajo. (Xól Chocooj 2017); tiene a su cargo velar por la actualización de bases legales y el notariado.

c. Departamento de comercialización

Según (Guzmán 2018) el departamento de comercialización tiene entre sus principales funciones la comercialización de madera de manera justa creando una comunicación directa con clientes y contratistas de producción.

d. Departamento de administración

El departamento de administración tiene a su cargo el control de las actividades administrativas; según (Guzmán 2018) realiza y analiza documentos contables con el objetivo de asegurar la administración de recursos humanos y financieros de manera óptima para el cumplimiento de objetivos y metas.

e. Asistentes administrativos

Los asistentes administrativos tienen a su cargo la documentación de pagos, finiquitos y contratos.

f. Secretaria

Tiene como objetivo la planificación, organización y coordinación de recursos humanos y financieros

g. Logística

El área de logística tiene a su cargo garantizar la higiene de las instalaciones, asegurando un buen ambiente y salud ocupacional. (Guzmán 2018)

B. Gerencia técnica

La gerencia técnica tiene a su cargo el control de la planificación y coordinación de los sistemas de las operaciones silvícolas, de protección y producción.

a. Departamento de mensura forestal, cartografía e investigación

Según (Tzunún Ulario 2019) el departamento de mensura, cartografía e investigación se dedica a diversas actividades, entre las cuales se destacan, la elaboración de mapas, seguimiento del catastro en el área de influencia de los patrimonios forestales; la cuantificación y medición del estado actual de los patrimonios forestales a través de inventarios forestales, posterior a ello los inventarios son analizados y evaluados.

b. Departamento de protección forestal

Según (Choc Cuc 2019), el departamento de protección forestal tiene a su cargo resguardar los patrimonios forestales, principalmente de incendios forestales, plagas y enfermedades que perjudiquen las plantaciones de teca.

Las actividades que se desarrollan tienen como objetivo la prevención, monitoreo y control, a través de las relaciones con la comunidad, uso del fuego, educación y manejo de combustibles, apoyo en quemas a vecinos, quemas prescritas etc.

c. Asistente de protección forestal

Según (Guzmán 2018) el asistente de protección forestal tiene como principal objetivo, ser el apoyo del jefe del departamento de protección forestal, realizando supervisiones de las actividades que se llevan a cabo en dicho departamento.

d. Departamento de planificación e investigación

El departamento de planificación realiza proyecciones del producto a obtener en distintos momentos mediante la evaluación e implementación de distintos esquemas de manejo, los cuales se refieren a los diversos tratamientos silviculturales tales como raleos, mediante el Sistema de Información Forestal (SIF).

Así mismo, tiene dentro de sus responsabilidades la planificación y el desarrollo de ensayos con la finalidad de mejorar la gestión forestal a través de los resultados de investigaciones y modificaciones de las prácticas operacionales. (Xól Chocooj 2017)

C. Gerencia de operaciones

Según (Guzmán 2018) la gerencia de operaciones tiene como objetivo principal el velar por el desarrollo de las operaciones silviculturales y de producción dentro de los patrimonios forestales; tiene a su cargo las unidades de:

a. Logística

Tiene a su cargo el control de volumen y condición de madera en bacadilla de cada finca, además de la supervisión de la carga, despacho y transporte de madera.

b. Jefes de área

Los Jefes de área tienen diversas actividades a su cargo, siendo la principal, la supervisión de manejo forestal en las plantaciones de Teca.

c. Guardabosques

Los guardabosques desempeñan actividades de monitoreo y supervisión permanente, con el fin de poseer el conocimiento de lo que sucede en campo.

Considerando los puestos de trabajo del operador forestal, se presenta en la figura 8, el organigrama.

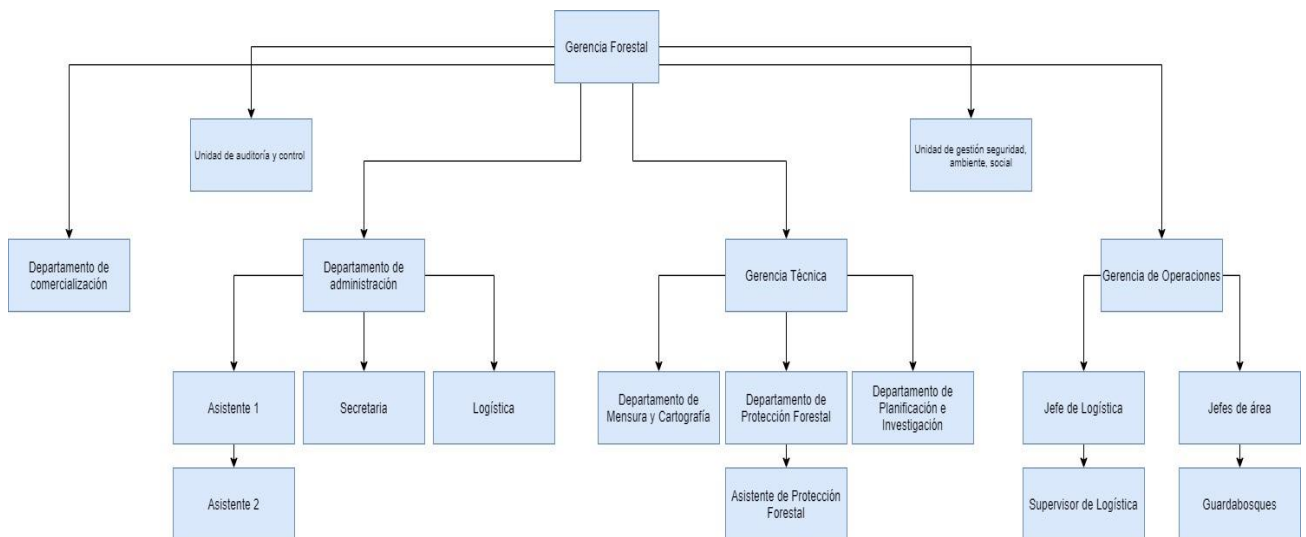


Figura 8. Organigrama de Tripan Guatemala.

1.4.5. Logros en materia forestal

El operador forestal ha desarrollado diversidad de actividades a través de los departamentos que hacen posible su gestión, logrando así cumplir con una serie de metas propuestas en materia forestal, las cuales se describen a continuación:

- Implementación del mejor material genético, oportuno control de la competencia de malezas y una adecuada nutrición para asegurar buenos crecimientos, rendimientos y acortar el período de rotación.
- El establecimiento de las plantaciones de Teca se realizaron a partir de material genético altamente mejorado y producido en vivero según estrictas prescripciones técnicas. (Tripan Guatemala 2018)
- Implementación de prácticas de forestación responsables que cumplen con las normas de certificación pertinentes en cada ubicación geográfica.
- Se cuenta con Licencia Ambiental aprobada por el Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales –MARN-; aprobaciones del servicio forestal correspondiente tales como el Instituto Nacional de Bosques (INAB), o bien del Consejo Nacional de Áreas Protegidas (CONAP); a partir de las cuales se implementan las actividades correspondientes al manejo de las fincas plantadas con Teca.
- Las plantaciones son administradas según las normas globales de sostenibilidad forestal y medio ambiente (independientemente de contar o no con la certificación). Se cuenta con la certificación del Consejo de Administración Forestal (FSC) desde el año 2011. (Tripan Guatemala 2018)
- Según (López Juárez 2015) Tripan Guatemala S.A. posee 158.06 hectáreas de Bosques de Alto Valor de Conservación (BAVC).

- Los patrimonios administrados a través del operador forestal, mantienen un estricto procedimiento de evaluación de compra de fincas, respecto de la correcta clasificación de áreas con bosque nativo; clasificando dichas áreas como bosque nativo para promover el restablecimiento del bosque autóctono. (Tripan Guatemala 2018)
- Plantaciones con Incremento Medio Anual (IMA) en volumen total superior a 13 m³/ha/año.
- IMA en Dap superior a 2 cm/año; IMA en altura total en los primeros años superior a 3 m/año. (Tripan Guatemala 2018)
- La superficie plantada administrada por la empresa, asciende a las 14,282.54 ha de *Tectona grandis* L.f, a continuación se presenta el cuadro 3, el cual describe las hectáreas plantados por año por patrimonio forestal:

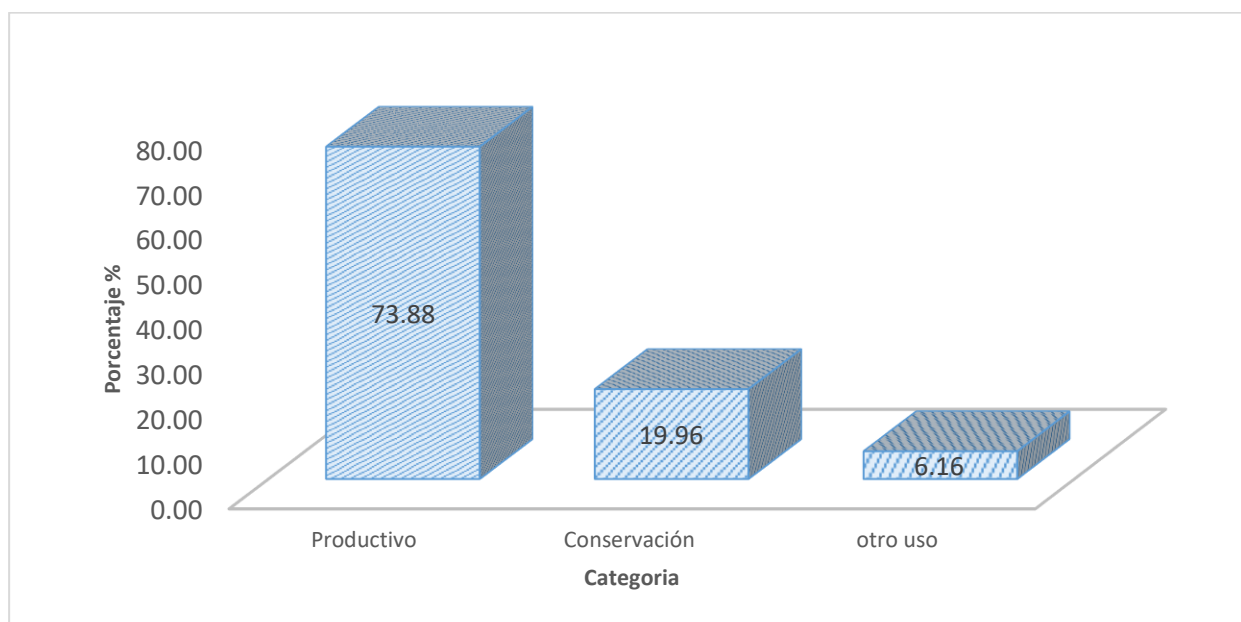
Cuadro 3. Superficie plantada administrada por Tripan Guatemala S.A.

Año	Forestal Ceibal (Ha)	Forestal Chaklum (ha)	Ha Total
2004	85.60		85.60
2005	91.00		91.00
2006	156.96		156.96
2007	1214.81		1,214.81
2008	1320.05		1,320.05
2009	1589.58	1104.95	2,694.53
2010	1727.49	1178.17	2,905.66
2011	1672.21	1023.96	2,696.17
2012	876.08	592.13	1,468.21
2013	44.87	606.64	651.51
2014		264.38	264.38
2015	87.39	58.24	145.63
2016	289.15		289.15
2017	298.89		298.89
TOTAL	9,454.07	4,828.47	14,282.54

Elaboración propia con base en datos de Tripan Guatemala 2018.

Considerando el cuadro 3, se logra determinar que el patrimonio forestal con mayor superficie plantada es Forestal Ceibal S.A.; área la cual representa el 66.2% de las plantaciones forestales administradas por el operador forestal.

Es importante considerar como administra la empresa la superficie que tiene a su disposición, para lo cual se presenta la figura 9.



Elaboración propia con base en datos de Tripan Guatemala 2018.

Figura 9. Uso de la superficie administrada por Tripan Guatemala S.A.

Considerando la figura 9, la cual brinda una representación gráfica de la distribución del área propiedad de los fondos forestales, según su uso, se determina que las dos principales categorías son: área productiva y área de conservación.

Siendo el área productiva el 73.88 % del total del área administrada, compuesta por plantaciones forestales de *T. grandis*; así mismo el área de conservación representa el 19.96

% el área total administrada por la empresa, se compone principalmente de bosques nativos, bosques de alto valor de conservación.

El 6.16 % del área total está siendo utilizado como áreas de cortafuegos, caminos, sectores de campamento, banco de materiales (Tripan Guatemala 2018)

1.4.6. Áreas de influencia

Se denominan áreas de influencia a aquellas comunidades que mantienen relación con la empresa, esto de acuerdo a su ubicación con respecto al área administrada por el operador forestal; según (López Juárez 2015) las áreas de influencia de la empresa las conforman diversas comunidades, las cuales se enlistan a continuación:

- | | | |
|------------------------|------------------|-----------------|
| • Sagrado Corazón | • Palestina | • Los Ángeles |
| • San Julián | • Josefinos | • La Pista |
| • La Nueva | • Las Cruces | • La Limonada |
| • El Buen Samaritano | • Nuevo Progreso | • Los Cerritos |
| • Tierra Linda Zapotal | • La Colorada | • Nueva Florida |
| • San Diego | • Nueva Aurora | • El Silbal |
| • Nueva Formación | • Herencia Maya | • Vista Hermosa |
| • Los Manueles | • La Leona | |

En dichas comunidades se realizan diversos proyectos, los cuales buscan contribuir con el desarrollo social de la población, sumado a ello la búsqueda de una buena relación empresa-vecino, según (López Juárez 2015), se ha desarrollado una estrategia de relación social, la cual tiene como pilares principales:

- Canales de comunicación.
- Impacto negativo cero.
- Acciones de beneficio mutuo.

- Apoyo al desarrollador local.

A continuación se presentan los principales proyectos por categoría (salud, educación, infraestructura y servicios) que se han desarrollado en las áreas de influencia:

A. Salud

- Apoyo en construcción de la clínica médica.
- Disposición de enfermera permanente en comunidad El Buen Samaritano.
- Disposición de médico general rotativo por comunidades de influencia.
- Abastecimiento de medicamento.
- Charlas de salud preventiva a grupos de mujeres y capacitación a los niños.
- Apoyo al programa de vectores.
- Donación de suero antiofídico en caso de emergencias por mordedura de serpientes a vecinos.

B. Educación

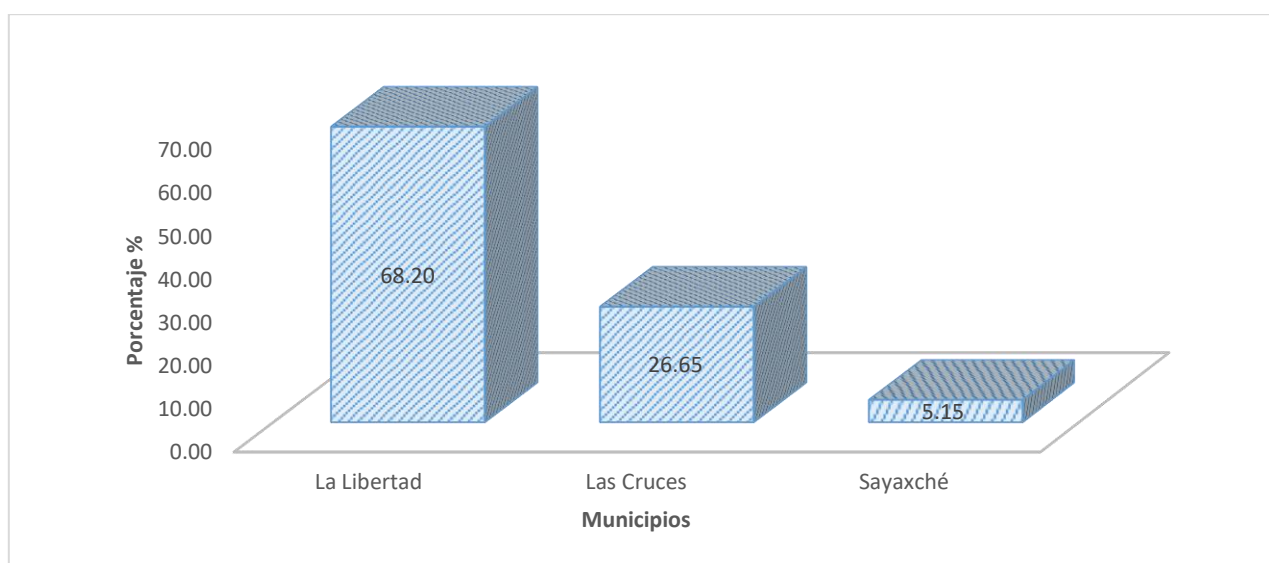
- Construcción de escuela de párvulos Na'ajeb' Li Kok'al (Casa de los Niños).
- Capacitación a maestros, donación de materiales y observación de clases.
- Biblioteca en escuela pública de Tierra Linda y El Buen Samaritano.
- Grupos de alfabetización con el Comité Nacional de Alfabetización (CONALFA).
- Programa de educación ambiental.
- Aporte en materiales para construcción de escuelas.

C. Infraestructura y servicios

- Talleres ocupacionales con grupos de mujeres con Moscamed.

- Mantenimiento de caminos comunales.
- Donación de agua.
- Apoyo en proyectos hídricos.
- Donación de leña.
- Apoyo en quemas agrícolas y de pastos.

Considerando el desarrollo de actividades productivas y múltiples proyectos, es importante hacer mención de la influencia del operador forestal a nivel municipal, para ello se presenta la figura 10:



Elaboración propia con base en datos de Tripan Guatemala 2018.

Figura 10. Porcentaje de área de influencia por municipio.

Tomando en cuenta la figura 10, el operador forestal posee mayor influencia en el municipio de La Libertad, siendo la influencia del mismo del 68.20 %, seguido por la influencia media en el municipio de Las Cruces con un 26.65 % y Sayaxché con 5.15 % de la influencia total;

esto se atribuye principalmente a la extensión de área ocupada por patrimonio forestal en cada municipio.

1.4.7. Identificación de problemáticas

La identificación de problemáticas se considera de mucha importancia en el ámbito de los recursos y personal que forman parte del operador forestal; por lo tanto, mediante mesas de diálogo y matrices esquematizadas, con el personal de la empresa, se logró la identificación de las problemáticas principales, las cuales se enlistan a continuación:

- Conflictos sociales.
- Perturbación de los recursos naturales en las áreas de influencia del operador forestal.
- Incendios forestales.

1.4.8. Jerarquización de la problemática

Considerando las tres problemáticas principales definidas participativamente, se realizó la jerarquización de las problemáticas, la cual consideró la frecuencia de mención de las causas o bien de las problemáticas identificadas.

En el cuadro 4, se presentan las problemáticas con la ponderación definida mediante las mesas de diálogo y matrices esquematizadas.

Cuadro 4. Jerarquización de problemáticas

Problemáticas	Frecuencia	Ponderación %
Incendios forestales	18	56
Perturbación de los recursos naturales en las áreas de influencia del operador forestal	10	31
Conflictos sociales	4	13

Mediante la jerarquización de la problemática se pudo determinar, que la percepción del 56 % de los participantes a través de la participación en mesas de diálogo y matrices esquematizadas posiciona a los incendios forestales como la problemática principal y de mayor importancia.

La perturbación de los recursos naturales en las áreas de influencia del operador forestal se consideró como la problemática media con una ponderación de 31 %, y por último con una ponderación del 13 % se posicionó a los conflictos sociales.

El análisis de factores ambientales, sociales y económicos es de suma importancia para percibir parte de la dinámica de la población y su interacción con el medio que la rodea, para ello se presentan árboles de problemas, los cuales están formados por causas y efectos enfocados en las problemáticas identificadas.

A. Incendios forestales

Los incendios forestales se consideraron como una problemática identificada y ponderada como la de mayor importancia desde el punto de vista de las personas que laboran en la empresa.

En la figura 11 se presenta el árbol de causas y efectos.

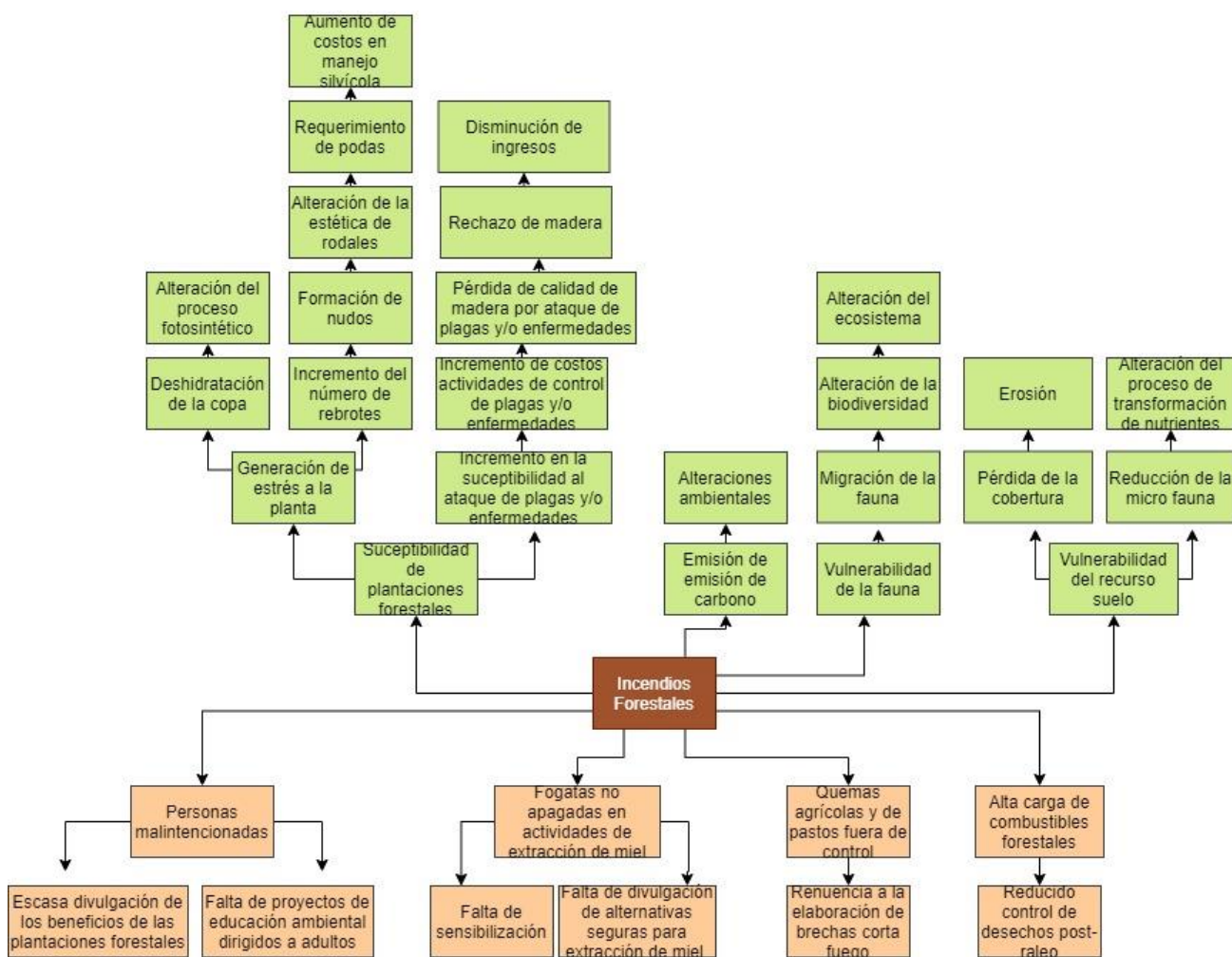


Figura 11. Árbol de causas y efectos de incendios forestales.

Los incendios forestales se consideran como una de las problemáticas de mayor importancia, esto considerando la susceptibilidad de las plantaciones forestales, las cuales al ser expuestas a intensidades severas del fuego, se genera estrés en la planta, propiciando el incremento de rebrotes y deshidratación de copa, situaciones las cuales desencadenan efectos tales como la formación de nudos, lo cual repercute en el incremento de rebrotes, originando la formación de nudos, propiciando la alteración de la estética de los rodales, haciendo necesario una intervención de podas lo cual pudiese incrementar los costos del manejo silvícola.

La intensidad del fuego puede incrementar la susceptibilidad de las plantaciones al ataque de plagas y/o enfermedades, las cuales pueden repercutir en el incremento de costos en actividades de prevención, monitoreo y control, o en casos más severos, las pérdidas de la calidad de la madera, lo que puede dar pauta al rechazo de la madera disminuyendo los ingresos por ventas.

Algunos de los efectos de los incendios forestales se presentan tales como la emisión de dióxido de carbono el cual repercute ambientalmente, respecto a la fauna, los incendios propician la migración, lo cual trae consigo la alteración del ecosistema y biodiversidad; considerando el recurso suelo como uno de los recursos de mayor importancia, la problemática de los incendios vulnera dicho recurso al eliminar la cobertura superficial facilita la erosión, la reducción de la micro fauna lo cual altera los procesos de transformación de nutrientes.

Como causas de los incendios forestales se presentan aquellas de carácter intencional, los cuales se atribuyen a la escasa divulgación de los beneficios de plantaciones y así mismo la falta de proyectos de educación ambiental dirigida a adultos; otras causas son las fogatas no apagadas por colmeneros, los cuales demuestran la escasa sensibilización y falta de divulgación de alternativas seguras para la extracción de miel.

Las quemas agrícolas y de pastos fuera de control, se consideran causas primarias de incendios forestales, estos incrementan los costos en actividades realizadas por el departamento de protección forestal y la empresa contratista Servicios Forestales (SERVIFOREST), la presión ejercida sobre dicho recurso relacionada a los incendios forestales ocasionados por la relación entre variables climáticas como la baja precipitación y las altas temperaturas en la temporada seca (marzo-mayo) además de la gran cantidad de combustibles dispuestos en la superficie (desechos de raleo, hojarasca) los cuales son producto de la falta de organización de donación y control en los desechos de raleos, los cuales incrementan el riesgo de las plantaciones a sufrir daños mayores puesto que los combustibles influyen directamente en el comportamiento del fuego.

Así mismo la escasa educación ambiental que poseen algunos de los vecinos los cuales son renuentes a la realización de brechas corta fuego conlleva en algunos casos a las quemas agrícolas y de pastos fuera de control incrementando el número de incendios forestales dentro de los patrimonios forestales.

B. Perturbación de los recursos naturales en las áreas de influencia del operador forestal

La superficie administrada por la empresa cuenta con diversidad de recursos naturales, los cuales a través de la identificación de problemáticas se pudo determinar que son perturbados por diversas actividades.

Dicha problemática fue considerada de importancia media; a continuación se presenta en la figura 12, el árbol de causas y efectos.

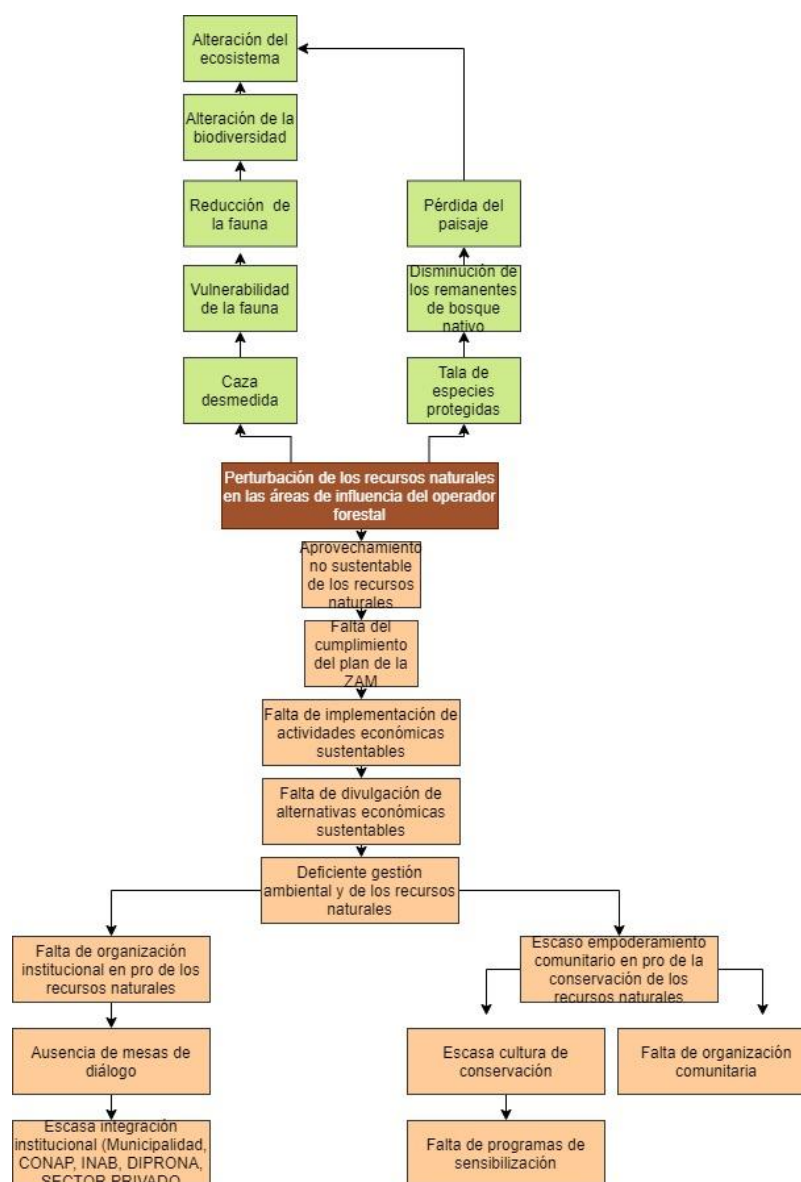


Figura 12. Árbol de causas y efectos de perturbación de los recursos naturales.

La problemática identificada como perturbación de los recursos naturales en las áreas de influencia del operador forestal está dada principalmente por un aprovechamiento no sustentable de los recursos naturales; una gran parte del área administrada por la empresa se encuentra dentro de la Reserva de la Biosfera Maya, específicamente en la Zona de Amortiguamiento, sin embargo a pesar de que en dicha zona debiesen desarrollarse

actividades que promuevan el uso adecuado de la tierra y los recursos a través de una utilización sostenible y sustentable, se dan situaciones tales como la caza desmedida y la tala de especies protegidas por parte de personas que no son conscientes de la importancia de la conservación, lo cual se considera una falta al cumplimiento del plan de la ZAM de la RBM, repercutiendo en los recursos naturales administrados por Tripan Guatemala S.A.

Este tipo de actividades se interrelaciona de alguna manera con los aspectos culturales y económicos de la población, esto considerando que no cuentan con algunas alternativas económico sustentables, así como la divulgación e implementación de las mismas; lo cual refleja una deficiente gestión ambiental y de los recursos naturales, puesto que no existe una organización solida por parte de las instituciones gubernamentales e incluso de empoderamiento comunitario que vele por la conservación de los recursos.

Los recursos naturales considerados son: los remanentes de bosques naturales y su directa relación con las especies de fauna y flora que habitan en las áreas administradas por la empresa; cada uno de los recursos mencionados principalmente los remanentes de bosque natural y las especies de fauna, presentan una dinámica de degradación constante relacionada a la caza y tala de especies protegidas, lo cual contribuye a la vulnerabilidad, reduciendo las poblaciones a causa de la migración en lo referido a la fauna; y la disminución de los remanentes de bosque nativo, lo cual se ve directamente relacionado con la pérdida del paisaje y a la alteración del ecosistema y la biodiversidad.

Tripan Guatemala S.A. es una empresa forestal comprometida con la conservación de bosques naturales dentro de su área de administración para así asegurar la conservación de especies enlistadas en la Convención sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestres (CITES) de flora y fauna amenazada, por lo que dispone del 19.96 % de su área para dicho uso; además de ello ha llevado a cabo la georreferenciación de dichas especies de flora, sin embargo el hurto de madera es uno de los efectos del escaso apoyo de instituciones tales como la División de Protección a la Naturaleza (DIPRONA) para el control y monitoreo de las mismas, es importante mencionar que no se abordó profundamente en dicha causa puesto que son causalidades

institucionales tales como el presupuesto destinado para la entidad mencionada, aspecto que queda fuera de las manos de la misma institución y más aun de la empresa forestal.

C. Conflictos sociales

Los conflictos sociales se consideraron como una problemática en última prioridad según la jerarquización realizada mediante mesas de diálogo y matrices esquematizadas; en la figura 13 se presenta el árbol de causas y efectos.

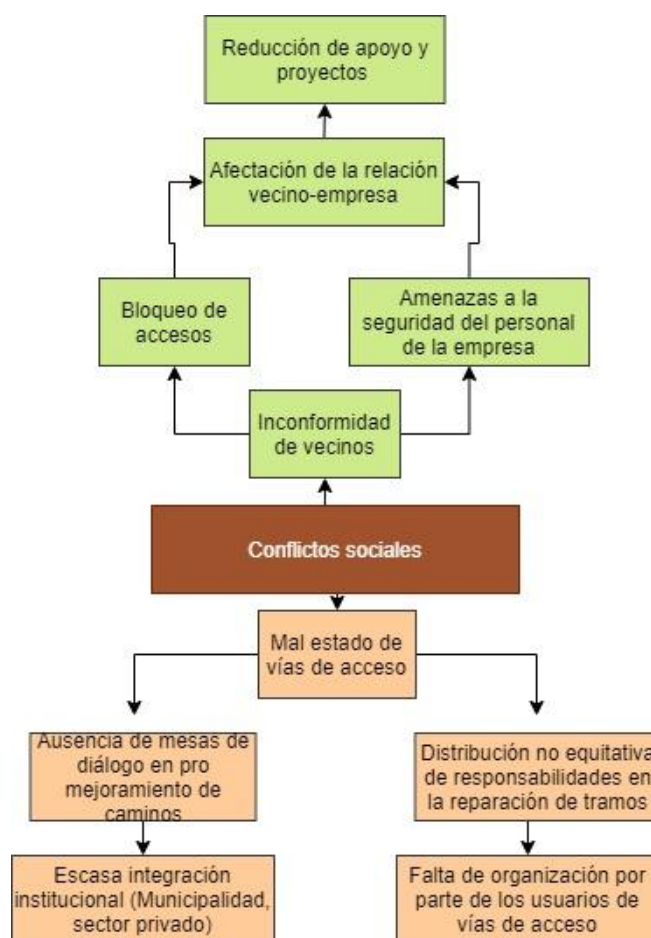


Figura 13. Árbol de causas y efectos de conflictos sociales.

La problemática con enfoque social, considera los conflictos sociales principalmente por mal estado en algunos tramos o vías de acceso, esto considerando que la situación compromete la relación empresa - vecinos, lo cual se trata por parte de la empresa que sea siempre amigable, buscando el bienestar común.

Sin embargo la ausencia de mesas de diálogo y la distribución no equitativa de responsabilidades son reflejos de la escasa integración institucional y la falta de organización de los usuarios de las vías de acceso, centrando la presión principalmente en la empresa, la cual ha percibido amenazas a la seguridad del personal, bloqueo de accesos, situaciones que comprometen la relación empresa- vecinos, propiciando la reducción total o parcial de proyectos de salud y educación que lo único que buscan es el desarrollo social de las comunidades en las áreas de influencia del operador forestal.

1.5. CONCLUSIONES

1. El operador forestal posee una organización formada por unidades y departamentos, los cuales hacen posible la administración mediante el establecimiento, manejo, y aprovechamiento de las plantaciones forestales de teca.

Es importante mencionar que además de la estructura del operador forestal, participan empresas contratistas para el desarrollo de diversas actividades.

2. La importancia de la gestión del operador forestal radica en la innovación respecto a la producción forestal, cumpliendo siempre con leyes nacionales y buscando constantemente la mejora de sus procesos operacionales, además de poseer la certificación del FSC.
3. Tripan Guatemala S.A. posee influencia en 23 comunidades pertenecientes a los municipios de Las Cruces, La Libertad y Sayaxché del departamento de Petén; es considerada como fuente de oportunidades para la población de dichas comunidades, considerando que es fuente activa de empleos y beneficios tales como donación de leña, proyectos educativos y de salud.
4. Las problemáticas identificadas en orden jerarquizado son: los incendios forestales, la perturbación de los recursos naturales en las áreas de influencia del operador forestal y los conflictos sociales.

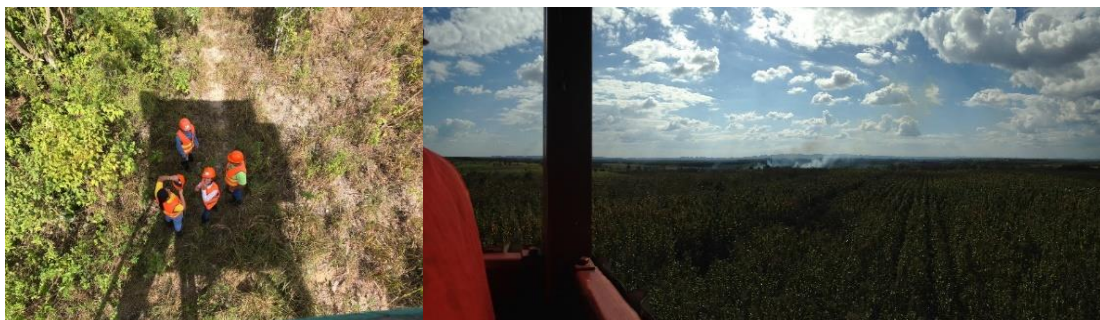
1.6. BIBLIOGRAFÍA

1. Batún López, S. G. (17 de diciembre de 2018). Manual de plagas y enfermedades forestales en teca. Manejo integrado de plagas. Guatemala: Tripan Guatemala, Departamento de Protección Forestal. Santa Elena, Petén, Guatemala.
2. Choc Cuc, F. S. (19 de febrero de 2019). Funciones del Departamento de Protección Forestal, Tripan Guatemala. (A. E. Saucedo Castellanos, Entrevistador) Guatemala.
3. De La Cruz, R. (2013). *Clasificación de zonas de vida de Guatemala, basada en el sistema Holdridge*. Obtenido de Guatemala: Universidad de San Carlos de Guatemala, Centro Universitario de Oriente (CUNORI): https://www.academia.edu/10497202/CLASIFICACIÓN_DE_ZONAS_DE_VIDA_DE_E_GUATEMALA
4. Fondo de Investigación Pesquera y de Acuicultura, USA (FIPA); Agencia de los Estados Unidos para el Desarrollo Internacional, USA (USAID). (2001). *Marco estratégico para la intervención en la Zona de Amortiguamiento (ZAM) de la Reserva de la Biosfera Maya (RBM)*. Obtenido de Guatemala: FIPA / USAID: <https://rmportal.net/library/content/tools/environmental-policy-and-institutionalstrengthening-epiq-iqc/epiq-environmental-policy-and-institutional-strengthening-cdvol-1/epiq-cd-1-tech-area-biodiversity-conservation/marco-estrategico-para-laintervencn->
5. Guzmán, Á. (30 de Octubre de 2018). Reg. 01 y 02, TAG 02, Descripción de cargos y competencias Tripan Guatemala. Santa Elena, Flores, Petén, Guatemala. Recuperado el 1 de mayo de 2019
6. López Juárez, D. E. (2015). *Prescripción del segundo raleo en plantaciones de teca (Tectona grandis L.f.) en los municipios de La Libertad y Las Cruces, Petén. Sistematización de práctica profesional*. Obtenido de (Tesis Ing. Forestal, Universidad Rafael Landívar, Facultad de Ciencias Agrícolas y Ambientales: Cobán, Guatemala): <http://recursosbiblio.url.edu.gt/tesiseortiz/2015/06/22/Lopez-Dilia.pdf>
7. Tripan Guatemala, Guatemala. (enero de 2015). Protocolo: Compra de tierras. Santa Elena, Petén, Guatemala.

8. Tripan Guatemala, Guatemala. (noviembre de 2018). Forestal Ceibal, S.A. (GFA-FM/COC002090) Forestal Chaklum, S.A. (GFA-FM/COC-002089), (Diapositiva 2-14). Flores, Petén, Guatemala.
9. Tripan Guatemala, Guatemala. (Enero de 2018). Resumen plan de manejo forestal Ceibal S.A. / Forestal Chaklum S.A. Santa Elena, Petén, Guatemala. Recuperado el 16 de marzo de 2019
10. Tripan Guatemala, Mensura y Cartografía, Guatemala. (marzo de 2019). Mapa de ubicación empresa Tripan Guatemala. (F. Enríquez, Ed.) Flores, Petén, Guatemala.
11. Tzunún Ulario, J. G. (16 de marzo de 2019). Descripción de actividades del Departamento de Mensura y Cartografía, Tripan Guatemala. (A. E. Saucedo Castellanos, Entrevistador)
12. Xól Chocooj, L. A. (2017). *Evaluación del volumen de plantaciones forestales de teca (Tectona grandis L.f.) San Juan Chamelco, Alta Verapaz, Guatemala*. Recuperado el 14 de abril de 2019, de (Tesis Ing. Forestal, Universidad Rafael Landívar, Facultad de Ciencias Agrícolas y Ambientales: Cobán, Guatemala): <http://recursosbiblio.url.edu.gt/tesiseortiz/2017/06/22/Xol-Luis.pdf>

 Rolando Barrios

1.7. ANEXOS



Fuente: elaboración propia 2019.

Figura 14A. Recorridos en torres de vigilancia.



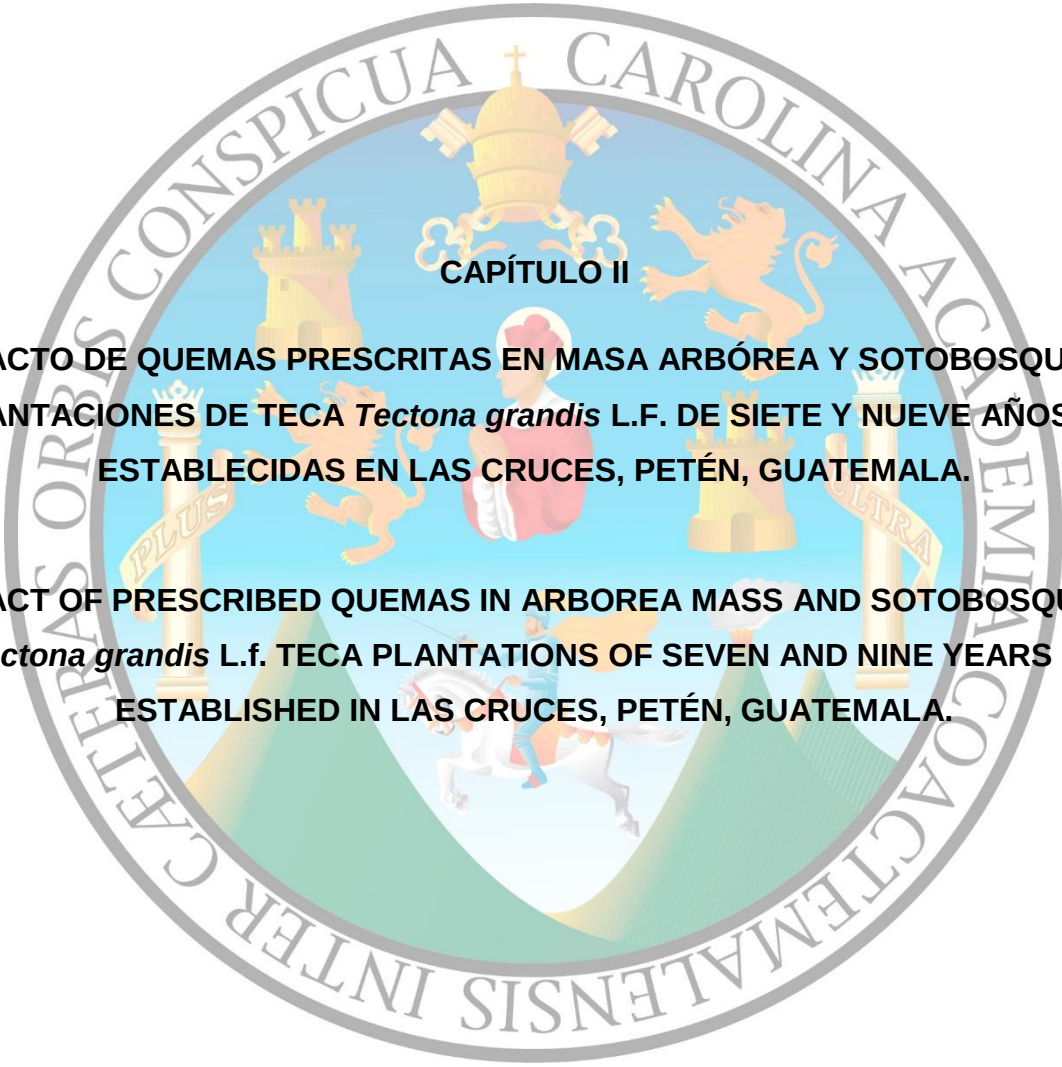
Fuente: elaboración propia 2019.

Figura 15A. Mesas de diálogo para identificación de problemáticas.

1.7.1. Matriz de identificación de problemáticas

ÁREA	NECESIDADES DETECTADAS	¿PORQUÉ CONSIDERA QUE OCURRE?	¿PORQUÉ ES IMPORTANTE RESOLVER LA SITUACIÓN?	¿QUÉ SE NECESITA PARA MEJORAR?
GERENCIA GENERAL				
UNIDAD DE GESTIÓN SEGURIDAD AMBIENTE SOCIAL				
UNIDAD DE AUDITORIA Y CONTROL				
DEPARTAMENTO COMERCIALIZACIÓN				
ÁREA	NECESIDADES DETECTADAS	¿PORQUÉ CONSIDERA QUE OCURRE?	¿PORQUÉ ES IMPORTANTE RESOLVER LA SITUACIÓN?	¿QUÉ SE NECESITA PARA MEJORAR?
DEPARTAMENTO DE ADMINISTRACIÓN				
GERENCIA TÉCNICA				
DEPARTAMENTO DE MANEJO FORESTAL, CANTONAL/A				
DEPARTAMENTO DE PLANIFICACIÓN E INVESTIGACIÓN				
ÁREA	NECESIDADES DETECTADAS	¿PORQUÉ CONSIDERA QUE OCURRE?	¿PORQUÉ ES IMPORTANTE RESOLVER LA SITUACIÓN?	¿QUÉ SE NECESITA PARA MEJORAR?
DEPARTAMENTO DE PROTECCIÓN FORESTAL				
CENTRAL DE OPERACIONES				
GERENCIA DE OPERACIONES				
LOGÍSTICA				
ÁREA	NECESIDADES DETECTADAS	¿PORQUÉ CONSIDERA QUE OCURRE?	¿PORQUÉ ES IMPORTANTE RESOLVER LA SITUACIÓN?	¿QUÉ SE NECESITA PARA MEJORAR?
JEFES DE ÁREA				
GUARDABOSQUES				

Fuente: elaboración propia 2019.

The seal of the Academia Coactemalenensis is a circular emblem. It features a central shield with a blue background. Inside the shield, there is a golden papal tiara at the top, a golden castle on the left, a golden lion on the right, and a central figure of a person in a red and white robe. Below the shield, there is a white horse with a rider. The shield is flanked by two golden columns with banners that read 'PLUS' and 'ULTRA'. The outer ring of the seal contains the text 'ACADEMIA COACTEMALENSIS' at the bottom and 'ORBIS CONSPICUA CAROLINA' at the top.

CAPÍTULO II

IMPACTO DE QUEMAS PRESCRITAS EN MASA ARBÓREA Y SOTOBOSQUE EN PLANTACIONES DE TECA *Tectona grandis* L.F. DE SIETE Y NUEVE AÑOS DE ESTABLECIDAS EN LAS CRUCES, PETÉN, GUATEMALA.

IMPACT OF PRESCRIBED QUEMAS IN ARBOREA MASS AND SOTOBOSQUE IN *Tectona grandis* L.f. TECA PLANTATIONS OF SEVEN AND NINE YEARS OF ESTABLISHED IN LAS CRUCES, PETÉN, GUATEMALA.

2.1. PRESENTACIÓN

El fuego ha sido un factor clave para el desarrollo humano, sin embargo el uso irresponsable ha generado diversidad de complicaciones tales como los incendios forestales; según (Agustín 2018) los registros del Instituto Nacional de Bosques (INAB) y de la Coordinadora Nacional para la Reducción de Desastres (CONRED) el promedio histórico de incendios reportados y atendidos de 2001 a 2018 es de 721 incidentes, afectando 27,267 ha anualmente.

Según (INAB 2017) Petén es uno de los departamentos más afectados por incendios forestales, pues registra 3,654.76 ha de masa forestal con daño.

Tripan Guatemala S.A., definido a partir de este apartado como operador forestal de plantaciones de Teca (*Tectona grandis* L.f.) cuya duración típica de rotación oscila entre 15 y 20 años, no es la excepción; según (Central de Operaciones 2019) de 2017 a 2019 han sido afectadas 496.70 ha.

Siendo para los tres escenarios las principales causas, las de manera intencional, quemas agrícolas y de pastos fuera de control.

En el patrimonio forestal administrado por la empresa, los incendios forestales ocurren con mayor frecuencia en la temporada seca, esto debido a las condiciones climáticas, cantidad de biomasa foliar dispuesta en el suelo producto de la característica caducifolia de la especie; por lo que el departamento de protección forestal desarrolla diversidad de actividades con la finalidad de prevenir, mitigar y controlar los incendios forestales.

Dentro de las acciones que se desarrollan se encuentran las quemas prescritas, realizadas con la finalidad de reducir combustibles y de esta manera, incendios de mayores proporciones que arriesguen las plantaciones forestales, razón por la cual se evaluaron los efectos de la primera aplicación del fuego mediante quemas prescritas en dos plantaciones jóvenes de teca de siete y nueve años, logrando determinar que el fuego contribuye con la

reducción de combustibles forestales, facilita el desarrollo de especies arvenses y no arriesga la sobrevivencia del arbolado.

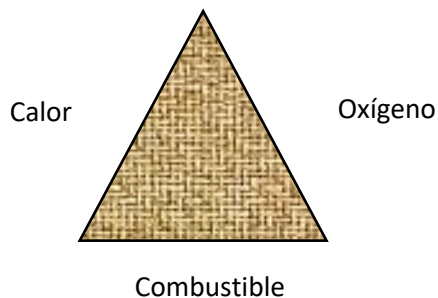
2.2. MARCO TEORICO

2.2.1. Marco conceptual

2.2.1.1. El fuego

Según (Ortiz De La Cruz 2009) el fuego es una reacción química en cadena con desprendimiento de luz y calor producido para la combustión de un cuerpo, para su desarrollo es imprescindible la interacción de tres factores, siendo: combustible, oxígeno y calor.

La figura 16 representa el modelo del triángulo del fuego, según (Flores Garnica *et al.* 2011) dicho triángulo posee en cada uno de sus lados a los elementos que lo hacen posible.



Fuente: elaboración propia 2019.

Figura 16. Triángulo del fuego.

2.2.1.2. El fuego como herramienta

El fuego desempeña un papel importante en los ecosistemas terrestres al contribuir en la definición de la estructura y composición de los paisajes silvestres, algunos de los

ecosistemas dependen del fuego para su regeneración o sanidad, por lo que es importante comprender la relación ecosistema-fuego (Agustín 2018).

Si se consideran correctamente las estrategias y/o acciones para la aplicación del fuego, este puede ser una herramienta que propicie innumerables ventajas tales como: reducción del combustible, regeneración, mejoramiento de hábitats, control de plagas y enfermedades, entre otras.

2.2.1.3. Combustibles forestales

Se denominan combustibles forestales a los materiales vegetales con capacidad de hacer combustión, tales como: hojas, ramas, conos, zacates, leños y troncos.

Las características de contenido de humedad, tamaño y compactación, según Aguirre 1978, citado por (Flores Garnica et al. 2011) determinan la posibilidad de iniciarse un fuego.

Es importante considerar que el inicio y propagación de los incendios forestales dependen principalmente del tipo de combustible disponible, por lo que el conocimiento del tipo de combustible se constituye un punto importante en el tema de protección contra incendios.

2.2.1.4. Incendio forestal

Según (Ortiz De La Cruz 2009) incendio forestal es aquel fuego que se produce en el bosque en forma natural, accidental o intencional y que avanza sin ningún control normalmente a favor de la pendiente y de la dirección del viento.

Los incendios se ven influenciados por variables climáticas y antropogénicas; y representan diversidad de amenazas en los ecosistemas, ambiente, economía y en los humanos (Coordinadora Nacional para la Reducción de Desastres (CONRED) 2019).

2.2.1.5. Tipos de incendios

Según la (Comisión Nacional Forestal (CONAFOR) 2010) existen diferentes tipos de incendios, los cuales se describen a continuación:

A. Incendios superficiales

Son aquellos incendios que se desarrollan en la superficie de un plano horizontal, pueden alcanzar hasta 1.5 m de altura; afectando a combustibles vivos y muertos.

B. Incendio subterráneo

Los incendios subterráneos ocurren bajo la superficie, afectando materia orgánica acumulada, las raíces, e incluso afloramientos rocosos; una de las características importantes es que no producen llamas y la emisión de humo es mínima.

C. Incendios de copa o aéreos

Los incendios aéreos son considerados como los más dañinos, esto debido a que en dichos incendios el fuego consume la mayor parte de la vegetación; la propagación del fuego en algunos casos inicia a nivel del suelo y continúa verticalmente, exponiendo las copas de los árboles.

2.2.1.6. Ecosistema forestal

Según (CONAFOR 2010) se denomina ecosistema forestal a la unidad funcional básica de interacción de los recursos forestales entre sí y de éstos con el ambiente, en un espacio y tiempo determinados; los ecosistemas forestales se clasifican según el régimen del fuego, siendo:

A. Ecosistema sensible al fuego

En dichos ecosistemas el fuego no representa un elemento indispensable para el mantenimiento del ecosistema, según (CONAFOR 2010) cuando ocurre un incendio, este es catastrófico y es necesario un lapso grande de tiempo para la recuperación de la vegetación mediante sucesión ecológica.

B. Ecosistemas dependientes del fuego

En los ecosistemas dependientes del fuego las especies son influenciadas a la regeneración; cuando el fuego ha removido la barrera de zacate y materia orgánica acumulada, propicia el contacto semilla-suelo mineral; asimismo cuando parte de la copa ha sido afectada ocurre la recuperación de follaje.

Dichos ecosistemas cuentan con especies con corteza gruesa, aislante, que protege al bosque de las temperaturas letales del fuego (CONAFOR 2010).

C. Ecosistemas independientes del fuego

Los ecosistemas independientes del fuego, tal y como su nombre lo indica no necesitan del fuego para favorecer ciertos procesos propios de dichos ecosistemas; según (CONAFOR 2010) son característicos de áreas secas o húmedas sin continuidad de combustibles para la propagación del fuego.

2.2.1.7. Impactos de los incendios forestales

Según la (Comisión Centroamericana de Ambiente y Desarrollo, El Salvador (CCDA) 2006) los principales impactos de los incendios forestales son:

A. Daños a los árboles

Las características de los árboles, tales como la edad, espesor de corteza, especie e incluso ser latifoliada o conífera permite un bajo o alto grado de resistencia contra el fuego (Ortiz De La Cruz 2009).

Según (De Camino & Morales 2013) *T. grandis* se considera una especie resistente al fuego, esto considerando la baja probabilidad de que muera por influencia del fuego; sin embargo este puede provocar daños a la corteza por donde pueden ingresar hongos que infectan la madera y provocan daños mayores; de acuerdo con (De Camino & Budowski 1998) se desarrollan cortezas gruesas resistentes al fuego, después de la etapa juvenil.

B. Daños en las áreas de regeneración

En las áreas de regeneración natural según (Ortiz De La Cruz 2009) los árboles de menos de 2 m de altura sufren daños graves al desaparecer casi totalmente por efecto del fuego; los bosques jóvenes generalmente presentan mal desarrollo y alta susceptibilidad al ataque de plagas y/o enfermedades.

C. Impacto sobre el suelo

Se da principalmente por la pérdida de las sustancias orgánicas, lo cual propicia una alteración en la estructura; al quemarse la cobertura vegetal, se reduce la productividad y la capacidad de retención de agua del suelo, lo cual provoca la pérdida de la capacidad de recarga de los acuíferos y control de arrastre de sedimentos (Ortiz De La Cruz 2009).

D. Impacto sobre la fauna

(Ortiz De La Cruz 2009) citando a CCDA 2006, menciona que el impacto sobre la fauna se da principalmente por la modificación de la estructura y composición de los hábitats, lo cual

genera la muerte de las especies por heridas, disminución de hábitats y de fuentes de alimento, desplazamiento de especies a otras áreas, desequilibrio ecológico tras la disminución de poblaciones que hacen control biológico.

E. Impacto sobre la flora

Según la (Agencia de los Estados Unidos para el Desarrollo Internacional (USAID) 2006) el impacto biológico en la flora, se relaciona con la gravedad de las heridas, las cuales pueden propiciar la muerte inmediata, sin embargo si la lesión es leve cicatriza con el paso del tiempo y desaparece todo rastro.

(CCDA 2006) destaca como principales efectos:

- La quema parcial de corteza.
- Daño total o parcial de las coronas o copas de los árboles.
- Daño en las raíces superficiales, quedando expuestas a insectos y enfermedades.
- Enfermedades y plagas.

F. Impacto sobre el paisaje

El impacto sobre el paisaje que señala (USAID 2006) se refiere a la alteración del paisaje y el aspecto de desolación que ofrece un bosque quemado.

G. Impacto social

Los impactos sociales que ejercen los incendios forestales se consideran desde efectos de carácter económico al disminuirse el ecoturismo y las fuentes de empleo, así mismo al aumentar los índices de desempleo, lo cual puede propiciar la migración y en condiciones más extremas las pérdidas humanas (CCDA 2006).

H. Impacto en la economía

Según (CCDA 2006) algunos de los impactos que ejercen presión en la economía van desde la disminución de la calidad de productos forestales, pérdida de infraestructura, e incluso disminución de actividades turísticas originadas principalmente por la alteración de la belleza escénica.

Se menciona también la disminución de actividades productivas, e incluso la disminución o pérdida de incentivos forestales y/o compensación por servicios ambientales.

2.2.1.8. Causas de los incendios forestales

Según los registros de ocurrencia de incendios forestales, los incendios son originados principalmente por quemas agrícolas y de pastos fuera de control; sin embargo, se consideran causas secundarias las actividades realizadas por cazadores, colmeneros e incluso fumadores (Tripan Guatemala 2019).

2.2.1.9. Brechas cortafuego

Se denomina como brecha cortafuego a las fajas de terreno, de largo y ancho variable, construidas en la trayectoria del fuego y en la cual se corta y extrae todo el combustible, aéreo, superficial y subterráneo (CONAFOR 2010).

2.2.1.10. Técnicas de quema

Según (Pico Coronel 2018) las técnicas de quema dependen de los objetivos de las quemas, se implementan según las condiciones meteorológicas, topográficas y de material combustible; las principales técnicas de quema son:

A. Quema a favor del viento

Se desarrolla en la misma dirección del viento; se considera de mayor intensidad debido a su alta tasa de propagación generando las mayores longitudes de las llamas.

B. Quema contra el viento

Es la técnica más fácil y segura siempre y cuando la dirección y velocidad del viento sean constantes; sin embargo, el tiempo para su implementación suele ser relativamente prolongado debido a su baja tasa de propagación.

Suele ser de intensidad baja y pequeña longitud de las llamas; es necesario que el viento tenga velocidades de 6.5 km/h - 16 km/h para que el humo se disipe y el calor no suba directamente hacia la copa de los árboles.

C. Quema de flancos

Se mueve formando un ángulo recto con el viento, presenta intensidades intermedias entre la quema a favor y la quema contra el viento.

2.2.1.11. Fuego prescrito

El fuego prescrito según (Grillo Delgado et al. 2012) es la aplicación de fuego a la vegetación forestal bajo conocimientos meteorológicos, topográficos y de combustibles

En una quema prescrita se hace uso del fuego con fines silvícolas, preventivos o de mitigación tomando en cuenta que no se amenazan vidas humanas, propiedades o recursos.

2.2.1.12. Piroecología

Se define como el éxito o fracaso de regeneración, propagación o muerte de una especie vegetal sometida al fuego en un hábitat determinado (Grillo Delgado et al. 2012).

2.2.1.13. Desarrollo de estrategias frente a perturbación

Según (Grillo Delgado et al. 2012) algunas de las especies vegetales tienden a desarrollar mecanismos o estrategias adaptativas ante la perturbación por el fuego, tales como: cortezas gruesas, yemas apicales con desarrollo acelerado, auto poda, floración precoz, alta producción de semillas, temperamento heliófilo, semillas que al ser expuestas al fuego incrementan los porcentajes de germinación, entre otros.

2.2.1.14. Selvicultura preventiva

Se refiere al ordenamiento de combustibles forestales, consiste en la modificación de la vegetación y se lleva a cabo para el establecimiento eficaz de áreas cortafuegos, la creación de modelos de combustibles en los cuales el fuego encuentre dificultades para su propagación (Grillo Delgado et al. 2012).

2.2.1.15. Quema prescrita

Según (CCDA 2006) es la aplicación programada y planeada del fuego en un área determinada, considerando factores tales como: condiciones atmosféricas, combustible y relieve del área, esto con la finalidad de anticipar el comportamiento del fuego.

2.2.1.16. Importancia de las quemas prescritas

Las quemas prescritas minimizan los efectos considerados dañinos en los ecosistemas o en las especies de interés por incendios forestales.

Entre los objetivos de la aplicación del fuego a través de quemas prescritas se encuentra, la reducción de combustibles, minimización de efectos provocados por incendios forestales, control de especies invasoras y/o nativas, restauración de ecosistemas, control de plagas y enfermedades, entre otros (CCDA 2006).

2.2.1.17. Condiciones ideales para realizar quemas prescritas

Según (Hudson & Salazar 1981) los rangos de las condiciones ideales para la realización de quemas prescritas son:

- Humedad Relativa: 20 % - 50 %.
- Temperatura: 20°C - 25 °C.
- Velocidad del viento: 10 km/h - 20 km/h.

2.2.1.18. Consideraciones en la realización de quemas prescritas

(Hudson & Salazar 1981) menciona algunas consideraciones a tomar en cuenta en la realización de quemas prescritas, los cuales son:

A. Exposición

La exposición determina el grado de radiación solar que recibe determinada área en función de los puntos cardinales.

B. Pendiente

La pendiente determina la cantidad de calor transferido por radiación y convección, influyendo así mismo en la velocidad de propagación.

C. Horarias

La hora de la quema se considera de influencia en el comportamiento del fuego, según (Ortiz De La Cruz 2009) la temperatura llega a su máximo en las primeras horas de la tarde y a su mínimo en la madrugada, dicho comportamiento influencia a otras variables climáticas, entre ellas, la humedad relativa, la cual influye en la humedad de los combustibles forestales y por ende su capacidad de inflamabilidad.

(Rodríguez Trejo & Cruz Reyes 2012) mencionan que las quemas prescritas de baja intensidad (temprano por la mañana, en contra de viento y pendiente) prácticamente no generan mortalidad en árboles jóvenes, mientras que la quema intensa (por la tarde y a favor de viento y pendiente), que simula un incendio, elimina más de 80 % de los individuos.

D. Cantidad de combustible

Respecto a la cantidad de combustible, se conoce como una regla general, que la altura del follaje chamuscado de los árboles será seis veces la altura de las llamas.

2.2.1.19. Requerimientos para la realización de quemas prescritas

Según (Ortiz De La Cruz 2009) antes de iniciar un programa de quemas es necesario contar con un plan de manejo integral del fuego, personal capacitado, política que apoye el uso del fuego y apoyo de las comunidades locales.

(CCDA 2006) adiciona los conocimientos en la ecología del fuego, combustibles, topografía, meteorología y comportamiento del fuego; además de contar con el equipo necesario.

2.2.1.20. Plan de quema prescrita

Un plan de prescripción o plan de quema prescrita se define como una guía, la cual desglosa las tareas a desarrollar antes, durante y después de la quema, con la finalidad de alcanzar los objetivos sin peligro.

Además de ello, considera el logro de metas específicas en el manejo y conservación de recursos, se mantiene dentro de los parámetros de prescripción y cumple con requisitos y/o responsabilidades de planificación (Ortiz De La Cruz 2009).

(CCDA 2006) menciona que los formatos de quemas prescritas varían de acuerdo a los objetivos, sin embargo se consideran como elementos básicos:

- Objetivos medibles.
- Rangos cuantificados para parámetros de la prescripción.
- Conformidad con las leyes y las restricciones.
- Planes operacionales y de contingencia.
- Procesos de monitoreo, documentación, autorización y revisión.
- Ubicación de la quema.
- Fuentes de asistencia.
- Permisos y notificación de vecinos.
- Descripción de la Unidad (con mapas).
- Justificación.
- Prescripción del combustible y las condiciones meteorológicas.
- Narrativa y comportamiento del fuego anticipado.
- Plan de manejo del humo.
- Equipo y su organización.
- Duración y manejo de la quema.
- Seguridad y contingencias.
- Evaluación.

Tomando en cuenta que el día de la quema debe tenerse las respectivas autorizaciones del ente responsable, notificaciones, pronóstico meteorológico, sesión informativa con el equipo, entre otras.

En cuanto a la sesión informativa, es muy importante que todo el equipo involucrado esté consciente del trabajo a efectuar, por tal razón la sesión informativa pretende dar a conocer aspectos de superficie y combustibles, propósitos de la quema, riesgos, revisión de equipo y actividades, ubicación, seguridad, entre otras (CCDA 2006).

2.2.1.21. Factores a tomar en cuenta en quemas prescritas

A. Tiempo atmosférico

Según (Flores Garnica et al. 2011) las condiciones del tiempo atmosférico son de influencia en el comportamiento y el impacto de las quemas prescritas; siendo las altas temperaturas, y la baja humedad relativa las condiciones favorables para que un incendio forestal se presente, debido a que dichas condiciones propician que los combustibles forestales pierdan agua, secándose rápidamente, lo cual hace ardan con más facilidad.

La humedad relativa se define como la cantidad de vapor de agua presente en el ambiente, de esta manera los combustibles muertos tienen la capacidad de absorber humedad de la atmósfera, por lo que cuando la humedad del ambiente es mayor que la humedad contenida en el combustible, este último absorbe la humedad del aire.

La relación entre la humedad relativa y la temperatura es una relación inversa; mientras que el viento se considera como un factor influyente en el ritmo de evaporación, lo cual tiene relación con la humedad de los combustibles forestales, así mismo la velocidad del viento influye en el comportamiento del fuego y el secado de los combustibles forestales.

B. Topografía

Flores 1993 citado por (Flores Garnica et al. 2011) menciona que la inclinación de los terrenos es determinante, ya que, combinada con otros agentes como el viento, influyen directamente sobre la velocidad de propagación del fuego.

C. Comportamiento del fuego

El comportamiento del fuego se refiere a la velocidad de propagación, dirección de avance, forma, largo de llamas, intensidad, probabilidad de que se produzcan fuegos secundarios, se convierta de superficial a incendio de copas (Flores Garnica et al. 2011).

La velocidad de propagación se define como la distancia recorrida del fuego en un tiempo determinado; (Aguirre Briones 2001) establece una clasificación, la cual se presenta en el cuadro 5.

Cuadro 5. Clasificación de la velocidad de propagación del fuego.

Velocidad	Kilómetros/ Hora (km/h)
Lenta	0 - 0.12
Media	0.18 - 0.6
Alta	0.66 - 4
Extrema	> 4

Fuente: elaboración propia con base en Aguirre Briones 2001.

2.2.1.22. Plantas arvenses

Se definen como arvenses a aquellas plantas que no generan beneficio económico, sino que por el contrario suelen interferir negativamente en otras especies ya sean agrícolas y/o forestales de interés.

Según (Donoso et. al. 2015) las arvenses en plantaciones forestales pueden propiciar la deformación del tallo, e incluso intensificar los efectos negativos de incendios forestales debido a la acumulación y continuidad vertical y horizontal de combustibles; además de considerarse como uno de los principales problemas en la fase de establecimiento de plantaciones forestales.

2.2.1.23. Las especies arvenses en ecosistemas forestales

(Hernández Rodríguez 2017) citando a Garro Alfaro 2002 menciona que en los primeros años del establecimiento de plantaciones, el suelo es susceptible al desarrollo de plantas arvenses, las cuales han desarrollado características tales como la facilidad germinativa, la composición del sistema radicular, entre otras; las cuales les permiten cierta ventaja al competir por nutrientes, agua, luz e incluso espacio.

(Hernández Rodríguez 2017) Citando a Medrano et al. 1999 considera imperativo el control de arvenses, de lo contrario los rendimientos disminuirían cerca de un 30 %.

Así mismo considera de importancia la interacción árbol - arvense, y más aún la gestión de las mismas en los sistemas productivos, esto debido a las repercusiones desfavorables que podría conllevar el no manejo de las mismas al cultivo de interés, siendo entre ellas, el riesgo a incendios forestales debido a composición pudiendo servir como combustible de escalera, aumento de plagas y/o enfermedades al servir como hospederos, entre otras.

Sin embargo las arvenses no necesariamente causan situaciones desfavorables, (Blanco & Leyva 2007) mencionan que al desarrollar normas de convivencia con el cultivo de interés tras un manejo adecuado de arvenses considerando el periodo crítico de competencia, estas pueden ser benéficas tras desarrollar funciones que contribuyan con la regulación de comunidades de entomofauna, los cuales perjudiquen lo menos posible al cultivo de interés, así mismo contribuyen en la disminución de los niveles de erosión, entre otras.

2.2.1.24. Documentos institucionales en materia de fuego

El operador forestal, posee documentos que rigen la implementación del fuego en las áreas productivas, dicha información está recopilada mediante los siguientes documentos:

A. Procedimiento de quemas controladas e incendios forestales TGT-09

Según (Batún López 2016) el procedimiento de quemas controladas tiene como objetivo normar el apoyo a quemas controladas e incendios forestales que ocurren dentro y en las colindancias de las áreas productivas; dicho documento describe los procesos para:

- Ejecución de quemas controladas.
- Apoyo a quemas.
- Combate de incendios forestales.
- Formación de brigadas para el combate de incendios.

Así mismo detalla los recursos que contribuyen en actividades de detección de incendios mediante vigilancia y detección terrestre móvil, radiocomunicaciones, equipo de protección personal para el combate de incendios.

B. Instructivo de quemas controladas e incendios forestales INS-24

Según (Batún López 2016) el instructivo de quemas controladas e incendios forestales, establece la normativa referente al apoyo en la realización de quemas controladas, la prevención y el control de incendios forestales en las operaciones de protección forestal, esto con el propósito de evitar accidentes y enfermedades ocupacionales, así como impactos al medio ambiente y a las comunidades locales.

2.2.2. Marco referencial

2.2.2.1. Investigaciones relacionadas con la aplicación de quemas prescritas en ecosistemas forestales

Se han realizado diversidad de investigaciones en el tema del fuego aplicado mediante quemas prescritas como herramienta para la reducción de combustibles con la finalidad de disminuir la posibilidad de incendios en diferentes ecosistemas forestales; entre ellas se destacan investigaciones realizadas en *Quercus magnoliifolia* desarrollada por (López Moctezuma, et al. 2015); (Ortiz de la Cruz et al. 2009), en *Pinus oocarpa* Schiede; en *Eucalyptus camaldulensis* desarrollada por (Rodríguez Trejo 2002); en *Pinus hartwegii* desarrollada por (Rodríguez Trejo 2007) y a (Martínez Becerra et al. 2004) en *Pinus tropicalis*.

Considerando los autores citados, se mencionan los efectos en arbolado de los diferentes ecosistemas forestales en los cuales se aplicaron quemas prescritas, para el caso las quemas de baja severidad en *Quercus magnoliifolia* se determinó que las mismas propician en los árboles como respuesta al daño a parte de la copa, la recuperación parcial o total del follaje; así mismo si el daño recibido es severo, se estimula la emisión de rebrotes desde la base del tronco, sin embargo al existir un daño extremo, los árboles mueren.

En *Pinus oocarpa* Schiede y en bosques naturales de *Pinus tropicalis*, las quemas prescritas contribuyen a la disminución de combustibles, reduciendo la susceptibilidad de la biodiversidad y pérdidas económicas provocadas por incendios forestales; en *Eucalyptus camaldulensis* las quemas prescritas de baja intensidad propician el crecimiento en diámetro lo cual se relaciona con los cambios en el ambiente y el aporte de cenizas. Así mismo se determinó que el uso del fuego a baja intensidad (altura de la llama menor a 1 m) no estimula el rebrote.

En el ecosistema de *Pinus hartwegii* se logró determinar que los chamuscados de copa $<1/3$ favorecen mayor crecimiento secundario el siguiente año, y respecto la influencia de las

quemadas prescritas en las especies del sotobosque, el fuego propicia el desarrollo y el aumento de diversidad de especies.

Investigaciones evaluando la influencia de las quemadas prescritas, tal como la desarrollada por (Grillo Delgado *et al.* 2012) en la cual se estableció que se estimula la producción de semillas y frutos, aumentan los rebrotes, la calidad de la hierba y abren claros, mejorando la alimentación y el hábitat de especies cinegéticas.

En el caso de *T. grandis* se han realizado investigaciones de la influencia del fuego mediante quemadas prescritas; (De Camino & Morales 2013) reporta que en la región de América latina en años anteriores dicha especie era sometida al fuego con la intención de propiciar la regeneración en plantaciones pobres de uno o dos años de edad, así mismo se favorecía la liberación de nutrientes y el aprovechamiento energético de las raíces al absorberlos, esto conllevaba a la producción de plantas vigorosas que, en poco tiempo, sobrepasaban el crecimiento que hubieran alcanzado sin el fuego; sin embargo dicha práctica ya no se aplica en la actualidad, pues se considera que el fuego puede provocar pérdida de nutrientes y daños a la corteza por donde pueden ingresar hongos que infectan la madera y provocan daños mayores.

En Jipijapa, región tropical de Ecuador se realizó una quema prescrita con el objetivo reducir el combustible acumulado en árboles con valores medios de diámetro de 15 cm, y una altura promedio de 13.42 m, para lo cual se logró determinar que el combustible dispuesto en el suelo se estimaba en 11.17 t/ha; la altura de llamas de 0.54 m - 0.76 m. y alturas de secado letal de 1.38 m - 4.20 m., estos valores no representan peligro para los árboles, sino se cree que dicha actividad permite aumentar la belleza de la madera, mientras que para otros, permite incrementar el crecimiento en diámetro de los árboles (Ramos Rodríguez *et al.* 2018).

Así mismo en fuegos de alta intensidad, las plantas de teca responden emitiendo gran cantidad de ramas e incluso, rebrotando a partir de la base del árbol, por lo que, si no se

hacen las intervenciones silviculturales oportunas, puede afectarse la calidad de la madera y los rendimientos por hectárea.

(Weaver 1993) citando a Murray 1961 menciona que la teca es resistente al fuego, debido a la particularidad en que ocurren los incendios forestales, puesto que avanzan con rapidez y no alcanzan temperaturas muy altas. Así mismo, es importante hacer mención que, según la ecología de la teca, la especie posee adaptaciones evolutivas las cuales le permiten cierto grado de resistencia a quemadas de baja intensidad.

Sin embargo, se sabe que el fuego estimula el crecimiento de rebrotes en los troncos inferiores y el chamuscamiento deja la madera expuesta y provee de acceso a los hongos patógenos (Weaver 1993) Citando a Ross 1959.

2.2.2.2. Antecedentes históricos de la teca (*T. grandis*) en Guatemala

Guatemala no ha sido la excepción a los cambios de uso de la tierra los cuales van de áreas forestales a áreas de uso agrícola y/o pecuario, propiciando la deforestación del bosque tropical; considerando los antecedentes, el Instituto Nacional de Bosques ha desarrollado iniciativas tendientes a conservar y/o aumentar la cobertura boscosa en Guatemala, tales como la implementación de incentivos forestales.

En el departamento de Petén, según (Calel De la Cruz 2016) citando a Rodas 2006, se han buscado especies de alto valor comercial, óptimo rendimiento y rápido crecimiento como la teca (*T. grandis*), con fines comerciales.

La madera de dicha especie es utilizada principalmente para construcción de embarcaciones, acabados interiores y mueblería de lujo; Zamora y Barrera 2010 citado por (Calel De la Cruz 2016) menciona que la producción de teca en Guatemala, tiene como principal destino la exportación de trozas a Asia.

El operador forestal clasifica las trozas por calidad, los principales criterios se basan en la forma del fuste, ausencia o presencia de defectos biológicos o provocados por actividades operacionales, calidad del desrame, cantidad de trozas que se pueden obtener del árbol, diámetro a la altura del pecho mínimo siendo este de 16 cm, y duramen mínimo del 50 % en la cara menor de la troza.

Los criterios tales como: cantidad de trozas diámetro a la altura del pecho varían de acuerdo a las órdenes de producción emitidas por el departamento de comercialización las cuales son influenciadas por los requerimientos de los clientes.

INAB 2016 citado por (Calel De la Cruz 2016) reporta en los registros de Programa de Incentivos Forestales (PINFOR), para el año 2013 se registraron 18,222.36 ha plantadas con teca, representado una inversión del Estado de Q. 211, 238,309.78 por concepto de incentivo forestal, sin embargo para el mes de agosto del año 2019, (Registro Nacional Forestal 2019) reporta 39,964.3 ha plantadas con *T. grandis*, siendo el 66 % de las mismas bajo programas de incentivos forestales PINFOR; lo que manifiesta un incremento de 8,327.57 ha con plantación de teca en los últimos 6 años.

El 49 % de las plantaciones de Teca se encuentran establecidas en el departamento de Petén, principalmente los municipios de La Libertad, Las Cruces, Sayaxché, Dolores y San Francisco; el resto se distribuye en Izabal, Escuintla, Suchitepéquez y Alta Verapaz.

El operador forestal, tiene bajo su administración 14,282.53 ha de teca, de las cuales según (Registro Nacional Forestal 2019) 7,713.32 ha están beneficiadas por programas de incentivos forestales PINFOR, estas representan el 54 % del patrimonio total.

2.2.2.3. Descripción de la especie *Tectona grandis* L.f.

T. grandis según (Pandey & Brown 2000) es una especie latifoliada de hojas caducifolias de gran tamaño con una copa redondeada, la cual en condiciones favorables desarrolla un fuste cilíndrico alto y limpio.

La raíz principal es gruesa, larga y pivotante, las raíces laterales se encuentran generalmente a menos de 30 cm de profundidad del suelo; los frutos presentan un exocarpo delgado, algo carnosos y tomentosos cuando fresco; el endocarpo es grueso, óseo, corrugado con cuatro celdas que encierran generalmente 1 o 2 semillas, las cuales son de 5 mm de longitud en promedio, las semillas fértiles se presentan entre los 15 y 20 años.

En Guatemala, específicamente en las regiones forestales II (Las Verapaces), III (Nororiente), VIII (Petén) y IX (Costa Sur) en plantaciones jóvenes comprendidas entre los 2.6 y 7 años, la floración ocurre en los meses de junio a septiembre y la producción de frutos al inicio de la época seca, en los meses de febrero a abril de cada año (Vaides López (2004).

Según el (Fondo Nacional de Financiamiento Forestal de Costa Rica (FONAFIFO) 2004) la especie presenta dominancia apical, la cual se pierde con la madurez o cuando florece a temprana edad, lo cual propicia el desarrollo de una copa amplia con ramas numerosas.

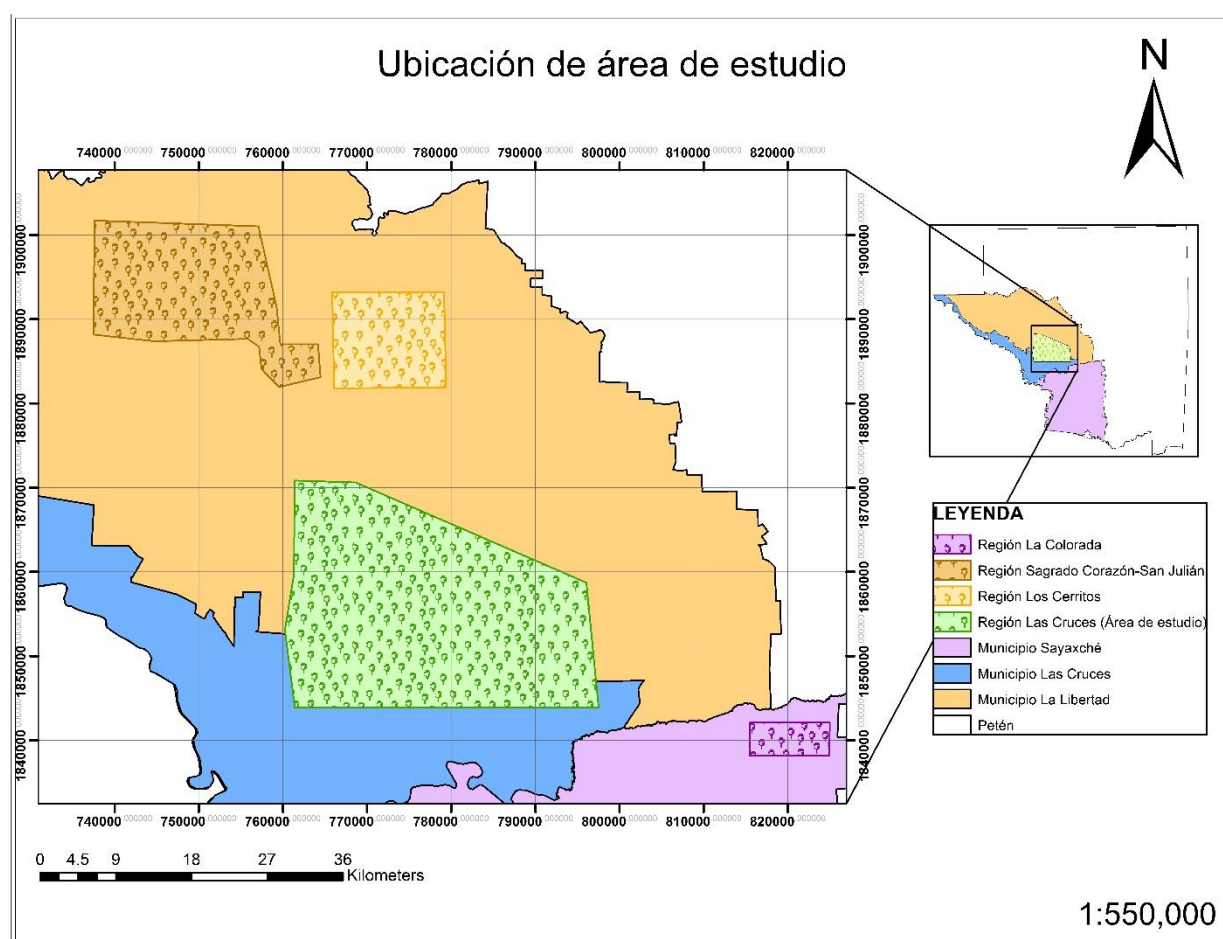
Estudios realizados por (Gutiérrez Rosa 2008) determinaron que las hojas son opuestas, de 11 cm - 85 cm de longitud y de 6 cm - 50 cm de ancho, con pecíolos gruesos, limbos membranáceos o subcoriáceos, nervios prominentes en ambas caras; la madera posee una densidad media de 0.64 g/cm, y la albura es angosta, de tonalidad clara y bien delimitada del duramen, el cual es de color dorado-marrón intenso y brillante y se torna oscura al aire libre.

En Guatemala, se han observado árboles que alcanzan hasta los 35 m de altura y 45 cm de diámetro a la altura del pecho, en los mejores sitios a una edad base de 10 años; generalmente *T. grandis* es considerada como una de las mejores y más bellas maderas, la cual por su calidad presenta una extraordinaria durabilidad natural y resistencia al ataque de insectos y de hongos (Vaides López 2004).

2.2.2.4. Características del área de estudio

A. Distribución

Las plantaciones forestales de *Tectona grandis* L.f. administradas por el operador forestal, se encuentran distribuidas en los municipios La Libertad, Las Cruces y Sayaxché del departamento de Petén, se presenta la figura 17 la cual hace referencia a la ubicación de dichas áreas.



Fuente: elaboración propia 2019.

Figura 17. Ubicación del área de estudio.

La figura 17 muestra las cuatro regiones productivas administradas por el operador forestal, siendo: Las Cruces, La Colorada, Sagrado-San Julián y Los Cerritos.

Es importante mencionar que se consideró la región Las Cruces como área de estudio debido a que es el área productiva que posee la mayor cantidad de fincas, representando aproximadamente el 64 % del total de las plantaciones forestales administradas por el operador forestal.

B. Características biofísicas

Según (Xól Chocooj 2017) el área productiva se encuentra una altura promedio de 160 m s.n.m. - 200 m s.n.m.

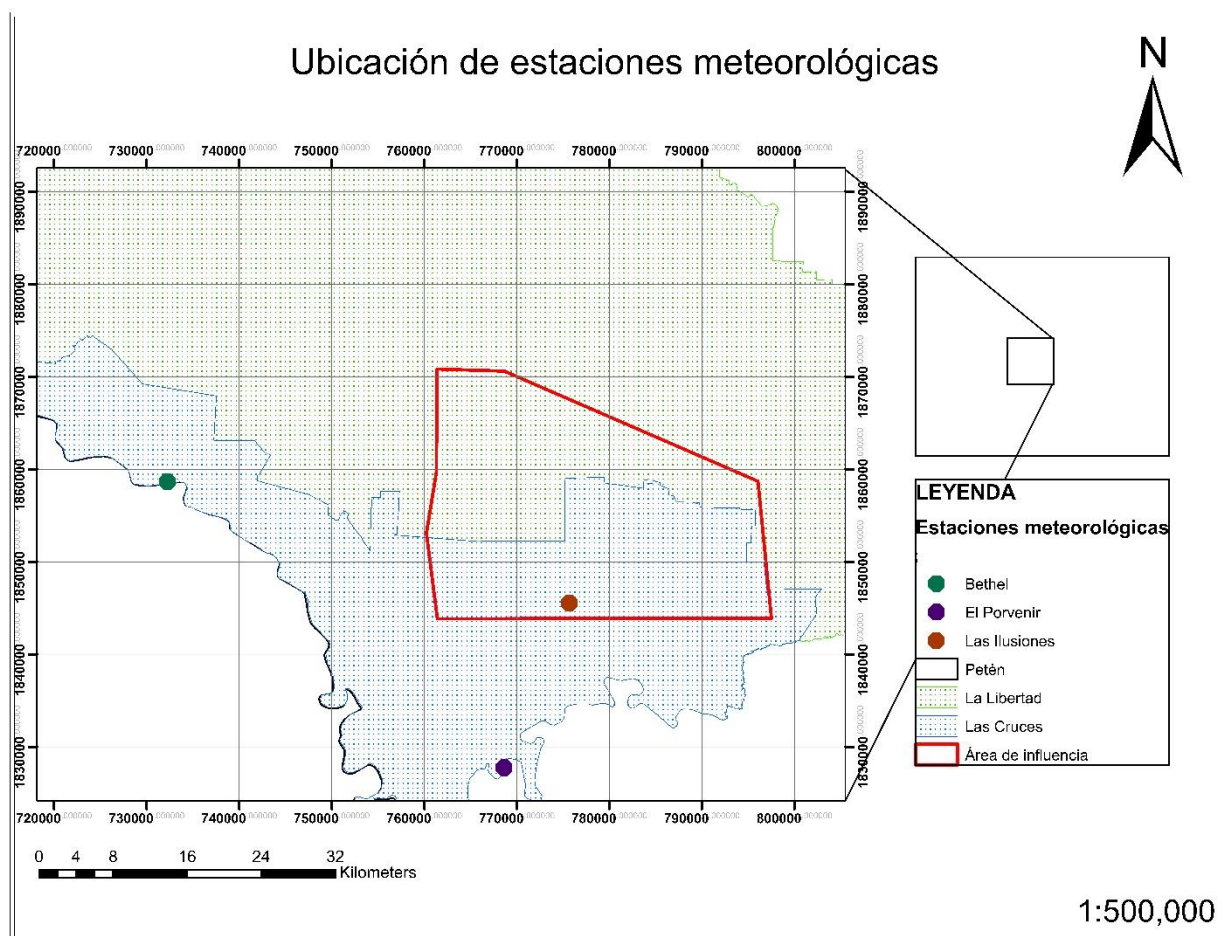
El 72 % de las plantaciones se encuentran distribuidas en el municipio de La Libertad, municipio el cual según (Juárez Carrera 2015) presenta en su mayoría suelos pertenecientes a la serie Quinil, el cual posee características de suelos profundos, bien drenados, de textura arcillosa, con estructura granular y moderado contenido de materia orgánica.

C. Información meteorológica

Se presenta una síntesis de las variables climáticas de la región Las Cruces, área en la cual se encuentran las fincas de estudio y además de ello, se encuentra distribuida la mayor cantidad de fincas propiedad de los patrimonios forestales administrados por el operador forestal; las variables tomadas en cuenta fueron:

- Precipitación pluvial (mm).
- Temperatura (° C).
- Humedad relativa. (%).

Se consideraron tres estaciones meteorológicas las cuales se consideran como las fuentes de información climática más cercanas al área Las Cruces; la figura 18 hace referencia a la ubicación de las estaciones meteorológicas.



Fuente: elaboración propia con base en datos de Barquín Durán 2018.

Figura 18. Ubicación de estaciones meteorológicas.

La figura 18 muestra la distribución de estaciones meteorológicas, así mismo se observa la ubicación del área delimitada con una línea roja, la cual hace referencia al área en la cual se encuentran distribuidas las plantaciones forestales de la región productiva Las Cruces.

El cuadro 6 detalla características generales de las estaciones meteorológicas consideradas para la descripción de la temperatura y humedad relativa; el orden en el cual se colocaron fue en función de la cercanía al área productiva.

Cuadro 6. Características de estaciones meteorológicas.

No.	Propiedad	Nombre	Ubicación	Elevación (m s.n.m.)	Coordenadas	Años de registros	Distancia (km)
1	Tripan Guatemala S.A.	Las Ilusiones	Las Cruces	130	16°40'35"N, 90°24'54"O	3.5	--
*2	INSIVUMEH	El Porvenir	Las Cruces	125	16°31'00"N, 90°29'00"O	5	15.80
*3	INSIVUMEH	Bethel	Las Cruces	100	16°47'59.31"N 90°49'5.15"O	5	28.26

Fuente: elaboración propia, con base en datos de Barquín Durán 2018.

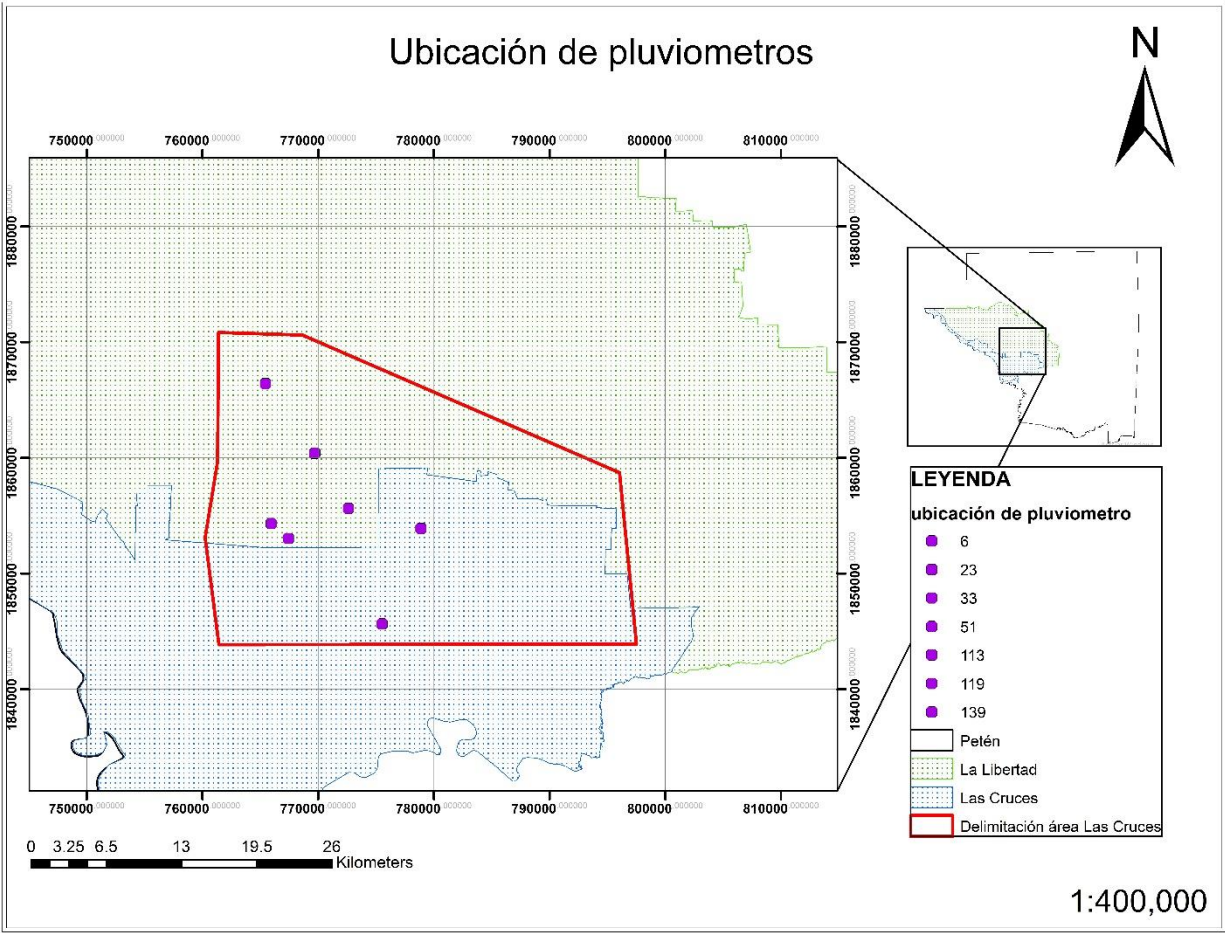
Según los datos del cuadro 6, las estaciones están ubicadas en el municipio Las Cruces; la estación Las Ilusiones es la más cercana al área de plantaciones forestales de la región productiva definida como área de estudio, sin embargo estuvo bajo situaciones imprevistas de carácter técnico en la recolección y procesamiento de información durante los años 2014 - 2018; por lo que no se consideran datos precisos sino puramente estimaciones.

Se consideró la información generada por dos estaciones del INSIVUMEH, las cuales presentaron información completa y precisa a partir del año 2014 al 2018; a continuación se presentan las variables consideradas:

a. Precipitación pluvial

Referente a la precipitación pluvial, se realizó la recolección de información mediante la consulta en los registros de pluviómetros del área de Las Cruces, dichos registros datan del año 2014 al año 2018.

En la figura 19 se muestra la distribución de pluviómetros en la región Las Cruces.



Fuente: elaboración propia con base en datos Central de Operaciones 2019.

Figura 19. Distribución de pluviómetros en la región Las Cruces.

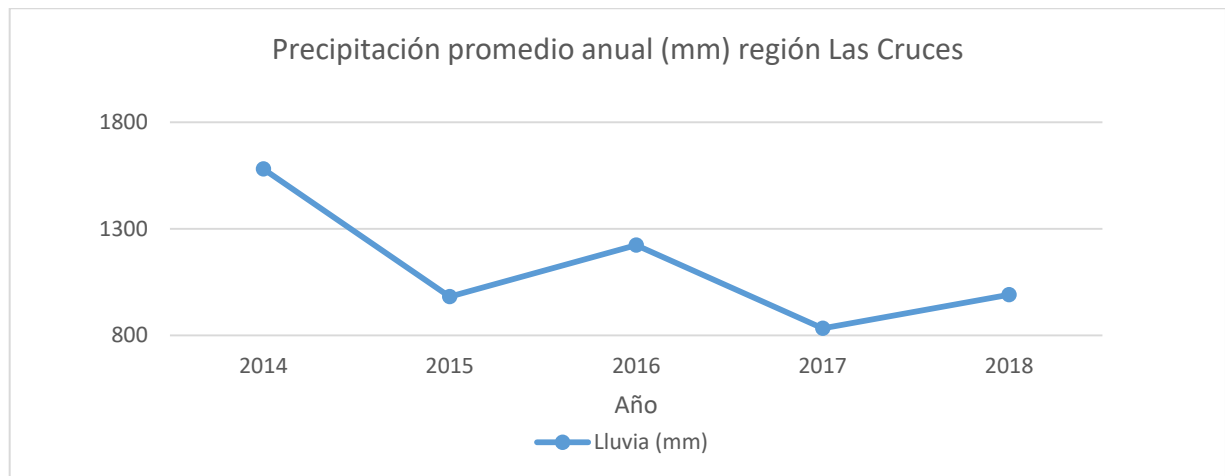
La figura 19 muestra una aproximación de la delimitación del área en la cual se encuentran distribuidas las plantaciones forestales del área de estudio, considerando la información de siete pluviómetros distribuidos en el patrimonio administrado por el operador forestal, se logró estimar la cantidad de lluvia anual, la cual se presenta en el cuadro 7.

Cuadro 7. Precipitación pluvial (mm) promedio anual.

Año	Lluvia (mm)
2014	1,580.93
2015	980.90
2016	1,222.30
2017	833.26
2018	990.24

Fuente: elaboración propia con base en datos pluviómetros Central de Operaciones 2019.

Los datos del cuadro 7 se obtuvieron sumando la precipitación mensual disponible en el registro de información pluviométrica anual de la Central de Operaciones, así mismo se presenta la figura 20, muestra la tendencia histórica anual de lluvia en la región Las Cruces.



Fuente: elaboración propia con base en datos pluviómetros Central de Operaciones 2019.

Figura 20. Precipitación pluvial (mm) promedio anual.

La figura 20 muestra que la precipitación pluvial registrada desde el año 2014 al año 2018, osciló entre 800 mm - 1,600 mm, la cual a través del tiempo ha tendido a decrecer.

Según (De La Cruz 1982) con base en Holdridge, el área en el cual se distribuyen las plantaciones de teca corresponde a la zona de vida Bosque Húmedo Subtropical cálido bs-S (c); la cual se caracteriza por registrar precipitaciones pluviales anuales entre 1,160 mm - 1,700 mm.

Se presenta en el cuadro 8 la estimación de la precipitación pluvial mensual en la región Las Cruces, dichas estimaciones se realizaron con datos del año 2014 al 2018.

Cuadro 8. Precipitación pluvial promedio mensual (mm).

Mes	Precipitación pluvial promedio mensual (mm)
Enero	96.17
Febrero	72.37
Marzo	93.56
Abril	44.75
Mayo	129.24
Junio	138.46
Julio	155.66
Agosto	151.54
Septiembre	135.00
Octubre	119.59
Noviembre	74.41
Diciembre	54.55
Total anual	1,265

Fuente: elaboración propia con base en datos pluviómetros Central de Operaciones 2019.

Considerando los datos del cuadro 8, se determina que el comportamiento de la precipitación pluvial promedio mensual de los años 2014 - 2018 presentan comportamientos similares, considerando que en el año se ven marcadas dos épocas muy importantes; la primera denominada época seca, la cual está comprendida de noviembre - abril, meses en los cuales, la precipitación pluvial promedio mensual no supera los 100 mm ; la segunda época se denomina lluviosa, comprendida de mayo - octubre, en dichos meses la precipitación pluvial promedio mensual es de 138 mm.

b. Temperatura

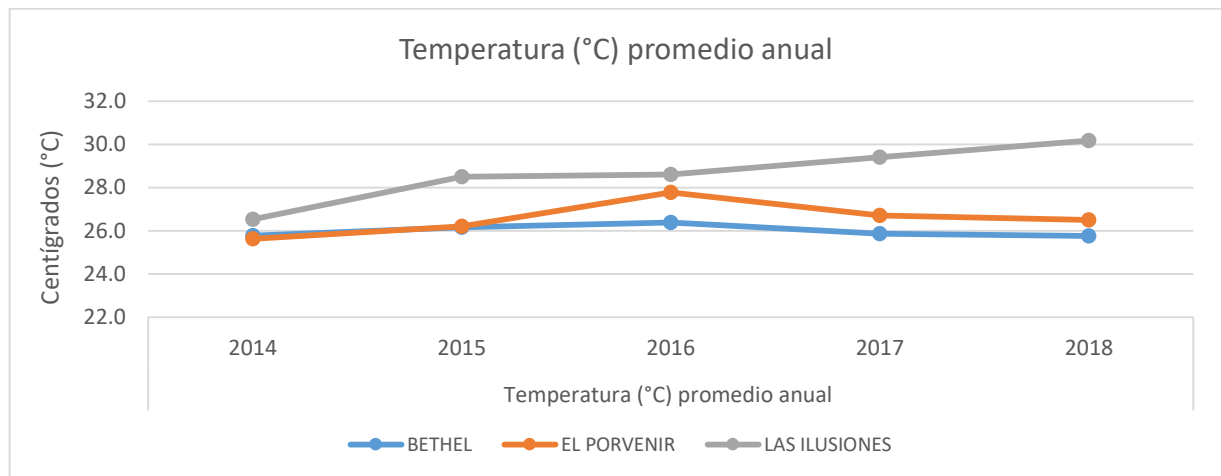
La temperatura es una de las variables meteorológicas importantes a considerar en el desarrollo o propagación del fuego; en el cuadro 9 se presentan los registros promedios anuales de tres estaciones meteorológicas.

Cuadro 9. Temperatura promedio anual °C.

Estación	Temperatura (°C) promedio anual				
	2014	2015	2016	2017	2018
Bethel	25.8	26.2	26.4	25.9	25.8
El Porvenir	25.6	26.2	27.8	26.7	26.5
Las Ilusiones	26.5	28.5	28.6	29.4	30.2

Fuente: elaboración propia con base en datos de Barquín Durán 2018, Central de Operaciones 2019.

El cuadro 9 muestra en promedio los registros anuales de temperatura por estación meteorológica; tomando en cuenta los datos, se presenta la figura 21 la cual muestra gráficamente el comportamiento a través de los años.



Fuente: elaboración propia, con base en datos de Barquín Durán 2018, Central de Operaciones 2019.

Figura 21. Temperatura promedio anual °C.

Según la figura 21 el comportamiento de la temperatura en las tres estaciones muestra variaciones entre sí, las cuales oscilan entre 25 °C - 31 °C, sin embargo se puede observar un comportamiento similar en las tres estaciones entre los años 2014 - 2016, pues se muestra una tendencia al incremento.

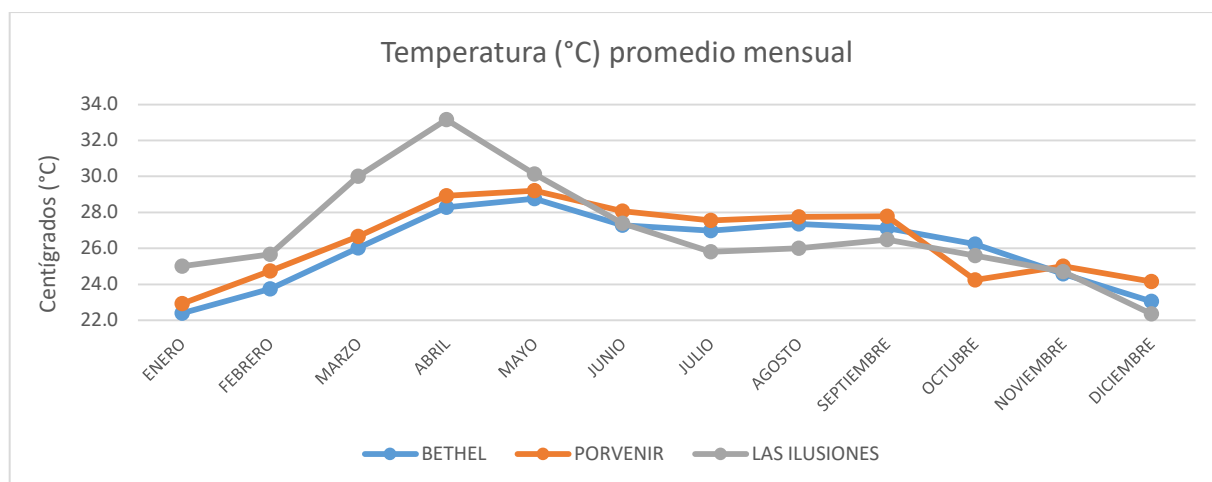
Se presenta el cuadro 10 el cual describe los datos promedios de temperatura mensual; es importante mencionar que para la obtención de los datos se consideró la información de temperatura del año 2014 al año 2018.

Cuadro 10. Temperatura promedio mensual °C.

Mes	Estaciones meteorológicas		
	Bethel	El Porvenir	Las Ilusiones
Enero	22.4	22.9	25.0
Febrero	23.7	24.8	25.7
Marzo	26.0	26.7	30.0
Abril	28.3	28.9	33.2
Mayo	28.8	29.2	30.1
Junio	27.3	28.1	27.4
Julio	27.0	27.6	25.8
Agosto	27.4	27.8	26.0
Septiembre	27.1	27.8	26.5
Octubre	26.2	24.3	25.6
Noviembre	24.6	25.0	24.7
Diciembre	23.1	24.2	22.4

Fuente: elaboración propia, con base en datos de Barquín Durán 2018, Central de Operaciones 2019.

Considerando los datos del cuadro 10, se presenta la figura 22 la cual brinda un resumen gráfico respecto a la temperatura mensual promedio de los datos registrados en cada una de las estaciones meteorológicas.



Fuente: elaboración propia, con base en datos de Barquín Durán 2018, Central de Operaciones 2019.

Figura 22. Temperatura promedio mensual °C.

Según la figura 22 los registros de temperatura promedio mensual presentan un comportamiento similar, considerando que los meses de marzo, abril y mayo presentan las temperaturas más altas del año, mientras que en los meses de octubre a febrero se presentan las temperaturas más bajas del año.

c. Humedad relativa

La humedad relativa se refiere a la cantidad de vapor de agua que contiene el ambiente, entre su importancia resalta la relación inversa que mantiene con la temperatura y la influencia en los combustibles forestales, la cual contribuye a predisponer o no la combustión de los mismos.

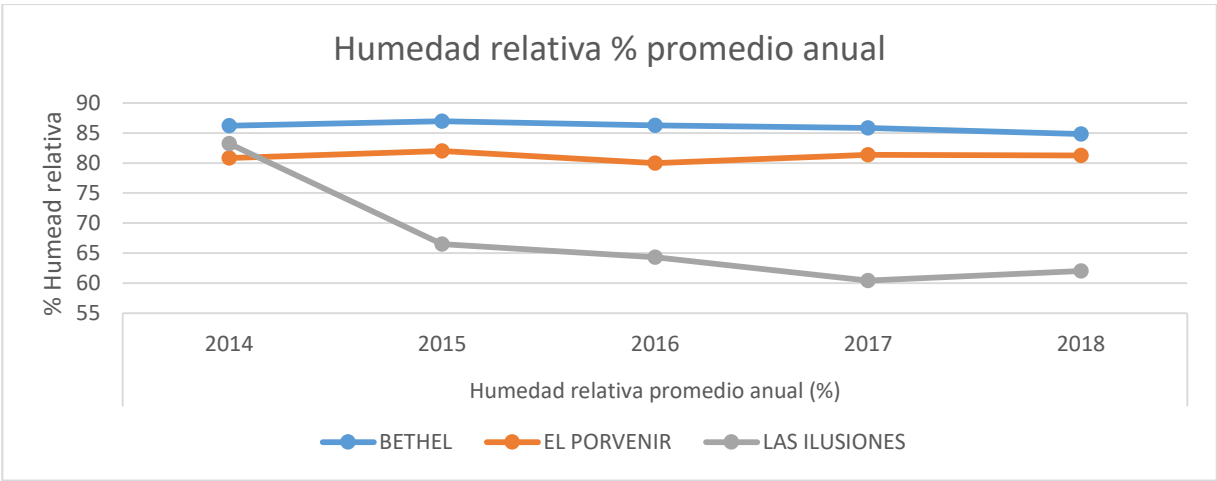
Se presenta el cuadro 11 con datos de humedad relativa registrados desde el año 2014 al 2018 en las tres estaciones consideradas.

Cuadro 11. Humedad relativa promedio anual %.

Estación	Humedad relativa promedio anual %				
	2014	2015	2016	2017	2018
Bethel	86.2	87	86.3	85.8	84.8
El Porvenir	80.8	82	80	81.4	81.3
Las Ilusiones	83.2	66.5	64.3	60.4	62

Fuente: elaboración propia, con base en datos de Barquín Durán 2018, Central de Operaciones 2019.

El cuadro 11 detalla la humedad relativa promedio anual registrada en las estaciones El Porvenir, Bethel y Las Ilusiones; con dicha información se presenta la figura 23.



Fuente: elaboración propia, con base en datos de Barquín Durán 2018, Central de Operaciones 2019.

Figura 23. Humedad relativa promedio anual %.

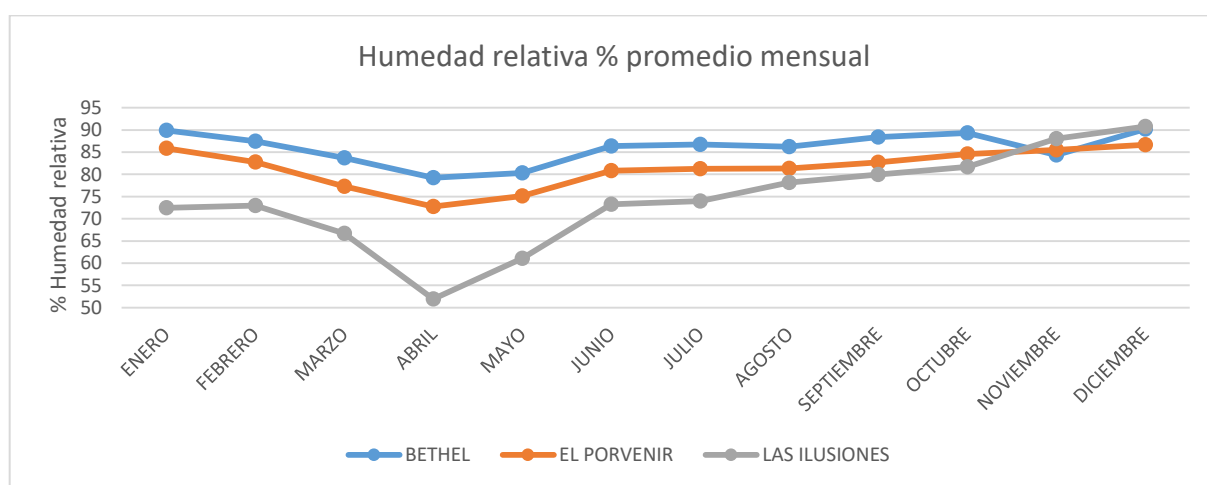
La figura 23 muestra la tendencia a disminuir de la humedad relativa, lo cual concuerda con (Flores Garnica *et al.* 2011) el cual menciona que la humedad relativa tiene una relación inversa con la temperatura, lo cual se comprueba para el área de Las Cruces; se presenta el cuadro 12, el cual describe los datos de humedad relativa mensual promedio.

Cuadro 12. Humedad relativa promedio mensual en porcentaje.

Mes	Estaciones meteorológicas		
	Bethel (%)	El porvenir (%)	Las ilusiones (%)
Enero	89.9	85.9	72.5
Febrero	87.5	82.8	73
Marzo	83.7	77.3	66.7
Abril	79.2	72.8	51.9
Mayo	80.3	75.1	61.1
Junio	86.4	80.8	73.2
Julio	86.7	81.3	74
Agosto	86.3	81.3	78.2
Septiembre	88.4	82.7	80
Octubre	89.3	84.6	81.7
Noviembre	84.4	85.5	88
Diciembre	90.2	86.7	90.8

Fuente: elaboración propia, con base en datos de Barquín Durán 2018, Central de Operaciones 2019.

Considerando los datos de humedad relativa, se presenta la figura 24 la cual muestra los registros de humedad relativa promedio mensual de los últimos cinco años.



Fuente: elaboración propia, con base en datos de Barquín Durán 2018, Central de Operaciones 2019.

Figura 24. Humedad relativa promedio mensual.

Según la figura 24, para cada una de las estaciones consideradas se presenta un comportamiento similar respecto a los registros promedios de humedad relativa, la tendencia general de la variable climática muestra que los primeros cinco meses (enero-mayo) del año presentan los valores más bajos comparados con el resto de meses en los cuales se presenta un alza.

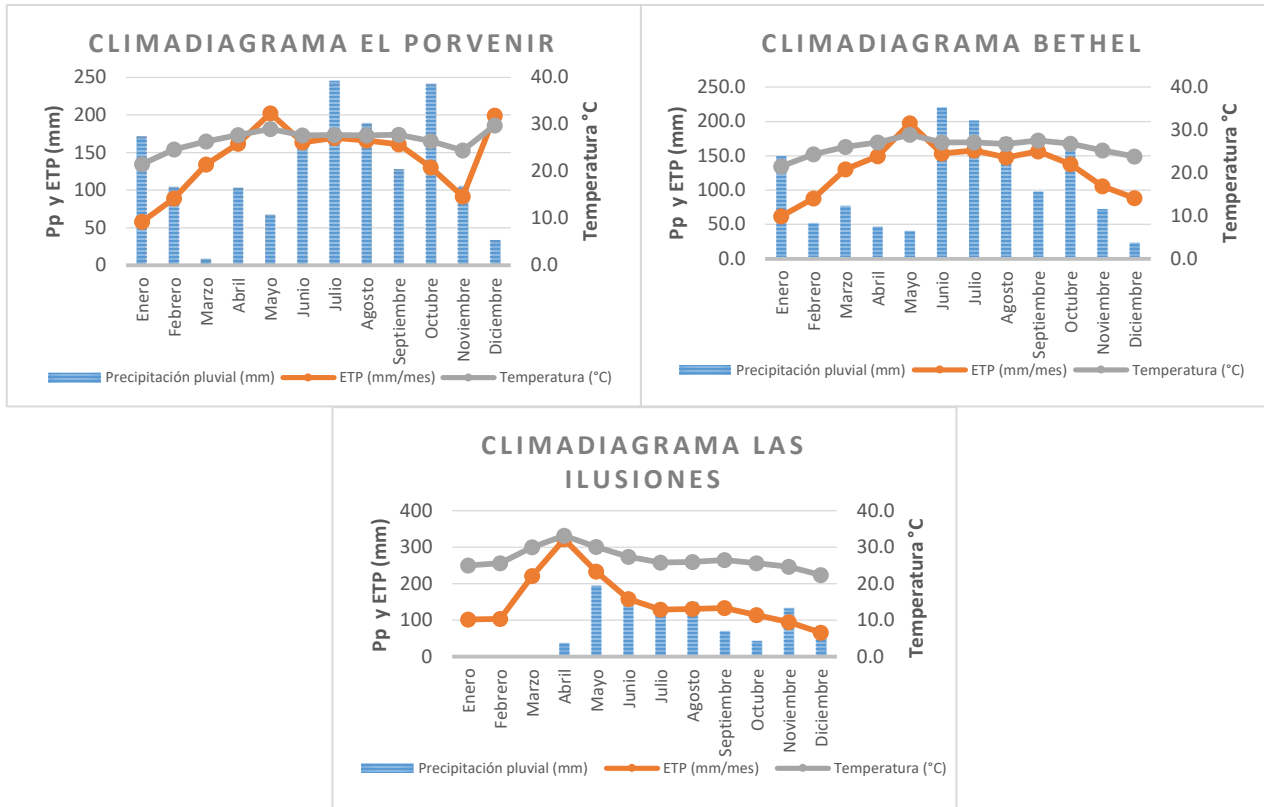
De acuerdo a las variables climáticas anteriormente descritas es importante mencionar que los meses que forman parte de la época seca, principalmente los meses comprendidos de febrero - mayo, es donde se presentan la mayor cantidad de incendios forestales dentro del patrimonio; esto considerando las altas temperaturas, baja humedad relativa y precipitación promedio mensual por debajo de los 100 mm, así mismo la cantidad de biomasa foliar dispuesta en el suelo, producto de la característica caducifolia de la especie, la cual al ser sometida ante estrés hídrico defolia la copa completamente.

Estas condiciones son consideradas favorables para el desarrollo de incendios forestales, por el bajo contenido de humedad que contienen los combustibles forestales, las altas temperaturas que incrementan la capacidad de combustión de los combustibles y la poca o nula precipitación pluvial la cual influye como la humedad relativa en la cantidad de agua disponible en los combustibles y en el ambiente.

d. Climadiagrama

Se define como climadiagrama a las representaciones graficas de variables climáticas que se presentan en determinada región; está dado por datos promedios mensuales de temperatura °C, precipitación pluvial mm y la evapotranspiración potencial mm.

La figura 25 presenta tres climadiagramas, correspondientes a cada estación meteorológica considerada con los registros del año 2018.



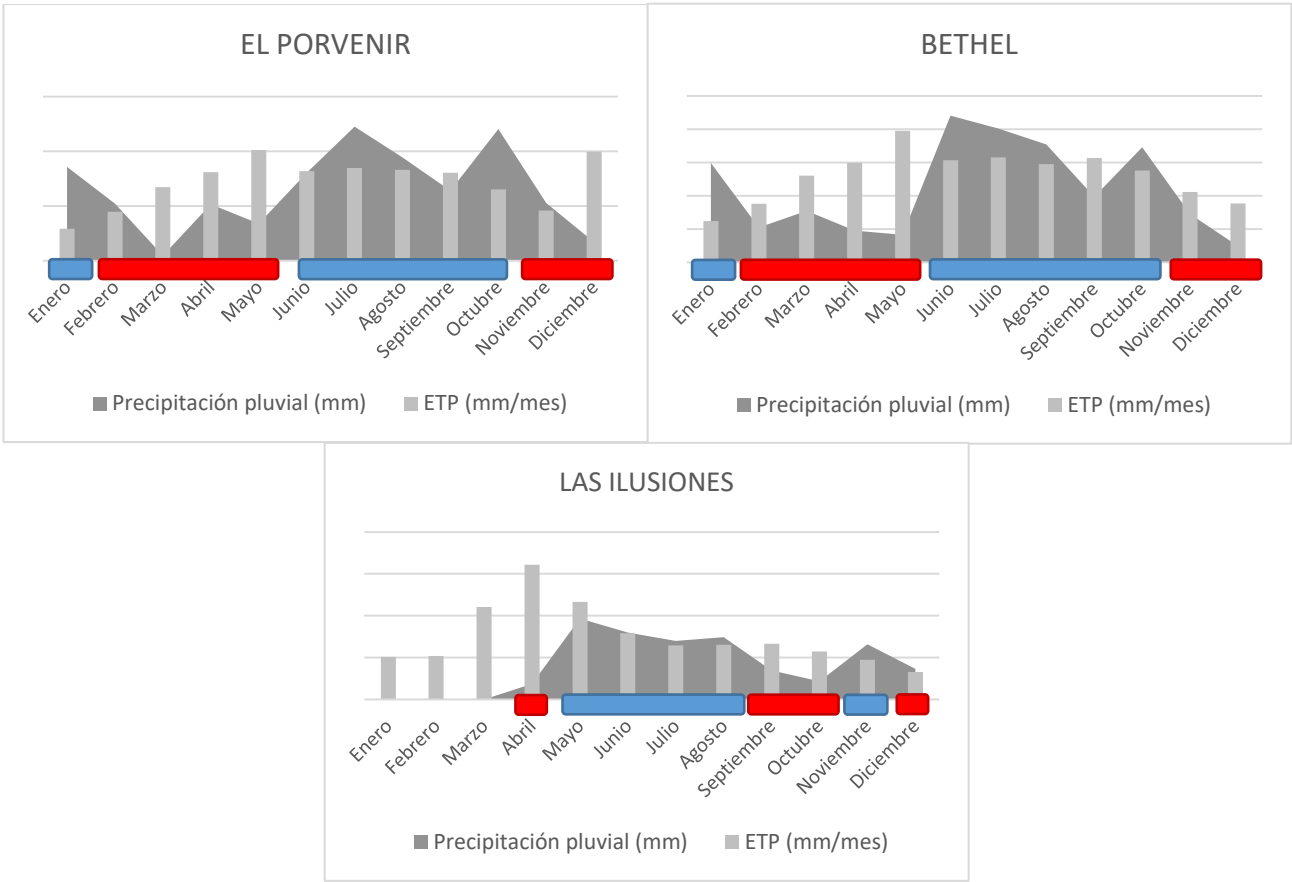
Fuente: elaboración propia, con base en datos de Barquín Durán 2018, Central de Operaciones 2019.

Figura 25. Climadiagramas estaciones meteorológicas.

La figura 25 muestra climadiagramas de las estaciones Bethel, El Porvenir y Las Ilusiones; es importante resaltar que el climadiagrama Las Ilusiones se realizó con fines de referencia puesto que es la estación más cercana al área de estudio; sin embargo, los datos utilizados son estimaciones debido a las complicaciones de carácter técnico en la recolección de datos.

Los climadiagramas de las estaciones Bethel y El Porvenir representan con mayor certeza los datos de las variables utilizadas.

Considerando lo anterior, se presenta la figura 26.



Fuente: elaboración propia, con base en datos de Barquín Durán 2018, Central de Operaciones 2019.

Figura 26. Meses con déficit hídrico.

La figura 26 presenta gráficamente mediante los valores mensuales de precipitación pluvial y evapotranspiración potencial, los meses con déficit hídrico representados con barras horizontales de color rojo y meses con precipitación pluvial y baja evapotranspiración potencial representados con una barra horizontal de color azul.

Los datos de la estación Las Ilusiones representan una referencia en el área, puesto que carece de datos de precipitación en los primeros meses del año; los datos de las estaciones Bethel y El Porvenir, datos considerados de mayor confiabilidad se observa que los meses con déficit hídrico en ambas figuras inician en febrero al mes de mayo, así como también

noviembre y diciembre, meses que se consideran época seca del año, además debido a la escasa precipitación, estos meses se consideran de crecimiento no favorable para la teca.

Es importante mencionar que en los meses de la época seca, principalmente los meses de febrero a mayo, ocurre la mayor cantidad de incendios forestales, esto debido a que se presentan las condiciones climáticas favorables para la propagación del fuego, considerando las altas temperaturas, bajas o nulas precipitaciones, mayores valores de evapotranspiración potencial.

La acumulación de combustible liviano producto de la respuesta al estrés hídrico de la especie *T. grandis* al defoliar la copa por completo; así como la temporada en la cual las personas realizan sus quemas agrícolas y de pastos para el desarrollo de actividades agrícolas y/o ganaderas.

Se presentan también meses en los cuales la precipitación aumenta y la evapotranspiración potencial disminuye, dicha época se denomina lluviosa y se da en ambas estaciones según los climadiagramas en los meses de junio a octubre y el mes de enero; dichos meses son considerados meses favorables para el crecimiento de la teca.

2.2.2.5. Ubicación del área de estudio

El área de estudio se ubica en el municipio Las Cruces del departamento de Petén, en plantaciones forestales de *T. grandis*

El estudio se enfocó en la aplicación de fuego mediante quemas prescritas en dos fincas ubicadas en la comunidad La Nueva, y aldea Josefinos, perteneciente a la región de Las Cruces del municipio Las Cruces.

2.2.2.6. Características de las áreas de quema

A. Caracterización finca 111

La finca 111 cuenta con plantación de *Tectona grandis*, según (Peláez 2019) la plantación fue establecida en el año 2012 en la época lluviosa.

El cuadro 13 presenta una serie de características de la plantación, las cuales se lograron determinar a partir del levantamiento de datos dasométricos, muestreos, entrevistas y trabajo de gabinete.

Cuadro 13. Características de finca 111.

Sitio clon	Finca 111	Tratamientos aplicados*	Fertilizaciones
Comunidad	La Nueva		Limpias mecánicas y químicas
Municipio	La Libertad		Deshijes
Vegetación	Tectona grandis L.f.		Poda de formación fustal a una altura de 3 m
Composición	66 % clon, 34 % semilla		Raleo de saneamiento
Edad	7.4 años		Poda de levante a 4 m
Densidad	633 árboles/ha		Elaboración anual de rondas cortafuego
Diámetro a la altura del pecho	19.90 cm		Control de plagas
Altura	15.38 m		
Raleos	1		
Área basal	19.56 m²/ha		
Incremento medio anual altura	2.08 m/año		
Incremento medio anual Dap	2.69 cm/año		
Elevación	2		
Coordenadas	Latitud 16°47’31.0” Longitud -90°29’29.4”		
Superficie	27.21 ha		
Combustible forestal acumulado	15.91 t/ha		
Incremento medio anual combustibles forestales	2.15 t/ha/año		
Altura de ramas bajas (m)	4		

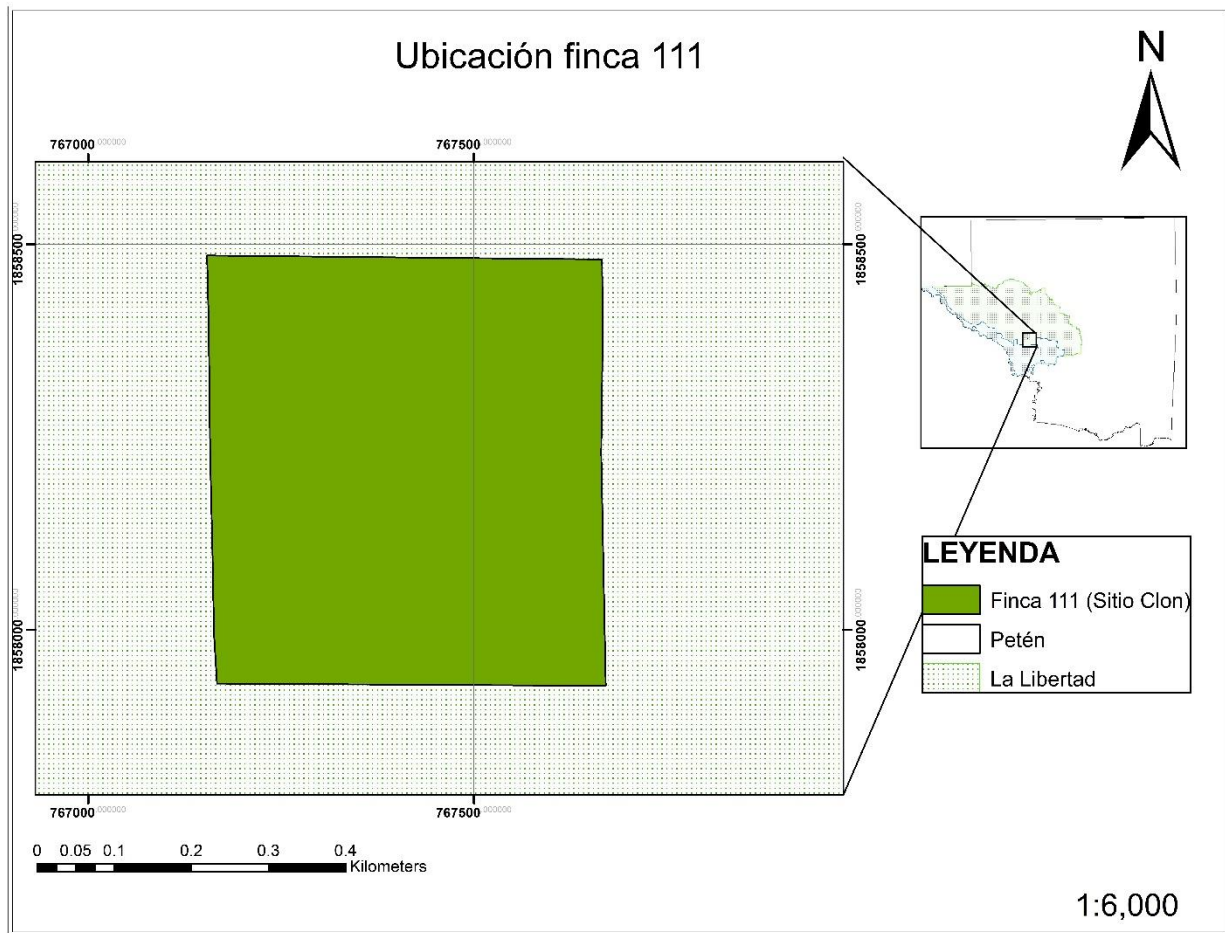
Fuente: elaboración propia con base en datos de Peláez 2019.

a. Caracterización de la vegetación

Corresponde a plantación forestal de *T. grandis*, de 7.4 años de establecida; la composición de la finca se estableció inicialmente con un 66 % a partir de propágulos reproducidos vegetativamente de plantas genéticamente modificadas (clones), y el 34 % restante de origen semilla.

La finca presenta residuos leñosos indicios del manejo silvicultural al que dicha finca ha sido sometida, es importante mencionar que según los muestreos, los materiales leñosos representan el 12 % del peso de combustible forestal total, y en su mayoría se encuentran dispersos en la superficie, así mismo se determinó que el 3 % del peso de combustible forestal se conformó por especies arvenses, incluidas en dicha categoría los arbustos, hierbas o pastos; la especie de mayor predominancia corresponde a una gramínea comúnmente conocida como caminadora.

La figura 27 muestra la ubicación de la finca 111, la cual se ubican en el área de la comunidad La Nueva del municipio de La Libertad del departamento de Petén.



Fuente: elaboración propia 2019.

Figura 27. Ubicación de finca 111.

La figura 28 presenta un panorama representativo de la plantación forestal de la finca 111, en ella se observa la uniformidad de la plantación y las características del combustible disponible en el suelo, conformado principalmente por hojarasca.



Fuente: elaboración propia 2019.

Figura 28. Plantación de *T. grandis* establecida en 2012.

B. Caracterización finca 186

La finca 186 cuenta con plantación de *Tectona grandis*, según (Peláez 2019) la plantación fue establecida en el año 2010.

En el cuadro 14 se presenta una serie de características de la plantación, las cuales se lograron determinar a partir del levantamiento de datos dasométricos, muestreos, entrevistas y trabajo de gabinete.

Cuadro 14. Características de finca 186.

Sitio semilla	Finca 186	Tratamientos aplicados*	Desguamilado
Comunidad	Los Josefinos		Aplicación de herbicidas
Municipio	Las Cruces		Chapeos
Vegetación	Tectona grandis L.f.		Deshije liviano
Composición	100% semilla		Poda de formación fustal
Edad	9.4 años		Poda de levante a 5.5 m
Densidad	466 árboles/ha		Control de plagas
Diámetro a la altura del pecho	19.08 cm		Raleo pre comercial
Altura	15.94 m		Elaboración anual de rondas cortafuego
Raleos	2		
Área basal	13.26 m ² /ha		
Incremento medio anual altura	1.70 cm/año		
Incremento medio anual Dap	2.03 cm/año		
Elevación	1		
Coordenadas	Latitud 16°42'45.4" Longitud - 90°24'04.5"		
Superficie	44.16 ha		
Combustible forestal acumulado	20.5 t/ha		
Incremento medio anual combustibles forestales	2.18t/ha/año		
Altura de ramas bajas (m)	5.5		

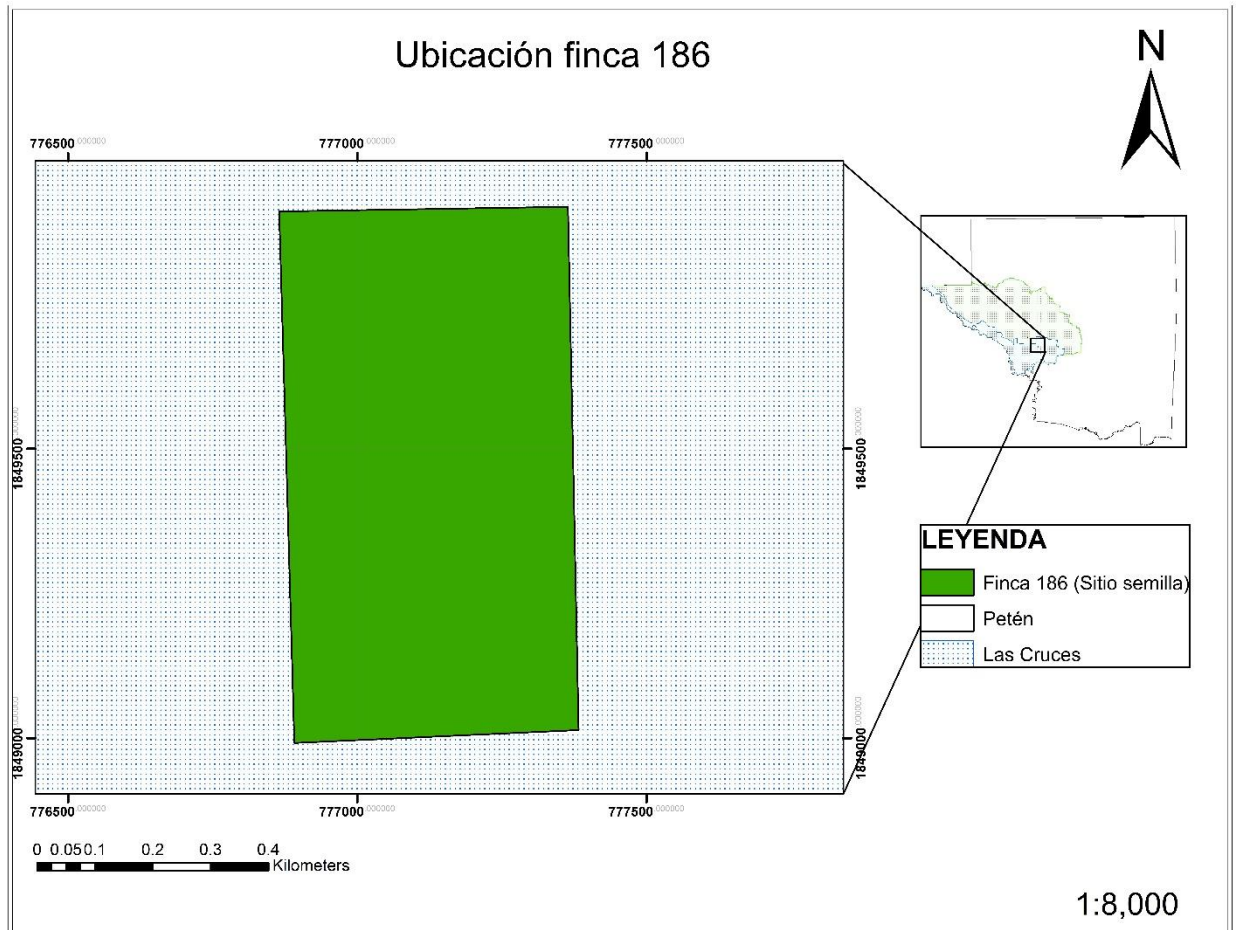
Fuente: elaboración propia con base en datos de Peláez 2019.

a. Caracterización de la vegetación

Corresponde a plantación forestal de *T. grandis*, de 9.4 años de establecida; la composición de la finca se definió en un 100 % de individuos de origen semilla.

Según los recorridos y muestreos realizados, la plantación presenta residuos leñosos indicios del manejo silvicultural al que dicha finca ha sido sometida, es importante mencionar que según los muestreos, los materiales leñosos representan el 17 % del peso total de combustible forestal los cuales en mayoría se encuentran dispersos en la superficie, así mismo se determinó que el 7 % del peso del combustible forestal se conformó por especies arvenses, incluidas en dicha categoría los arbustos, hierbas o pastos.

La figura 29 muestra la ubicación de la finca 186, la cual forma parte de las fincas que se ubican dentro del área de la comunidad Los Josefinos, del municipio de Las Cruces del departamento de Petén.



Fuente: elaboración propia 2019.

Figura 29. Ubicación de finca 186.

La figura 30 presenta un panorama representativo de la plantación forestal de la finca 186, en ella se observa la uniformidad de la plantación y las características del combustible disponible, conformado principalmente por hojarasca y especies arvenses.



Fuente: elaboración propia 2019.

Figura 30. Plantación de *T. grandis* establecida en 2010.

2.3. OBJETIVOS

2.3.1. Objetivo general

Evaluar los efectos de quemas prescritas en árboles y arvenses en dos tipos de plantación joven de *Tectona grandis* como herramienta de prevención de incendios forestales en Las Cruces, Petén.

2.3.2. Objetivos específicos

1. Cuantificar el efecto del fuego en relación a la cantidad de combustibles sobre el suelo.
2. Determinar la influencia de la quema en la cobertura del suelo por plantas arvenses.
3. Evaluar el impacto de la quema dirigida en la altura y corteza del arbolado así como en la generación de rebrotes.

2.4. METODOLOGIA

2.4.1. Cuantificación del efecto del fuego en relación a la cantidad de combustibles sobre el suelo

Para la cuantificación del efecto del fuego en relación a la cantidad de combustibles sobre el suelo se realizaron diversas actividades, las cuales se describen a continuación:

2.4.1.1. Determinación del área a muestrear

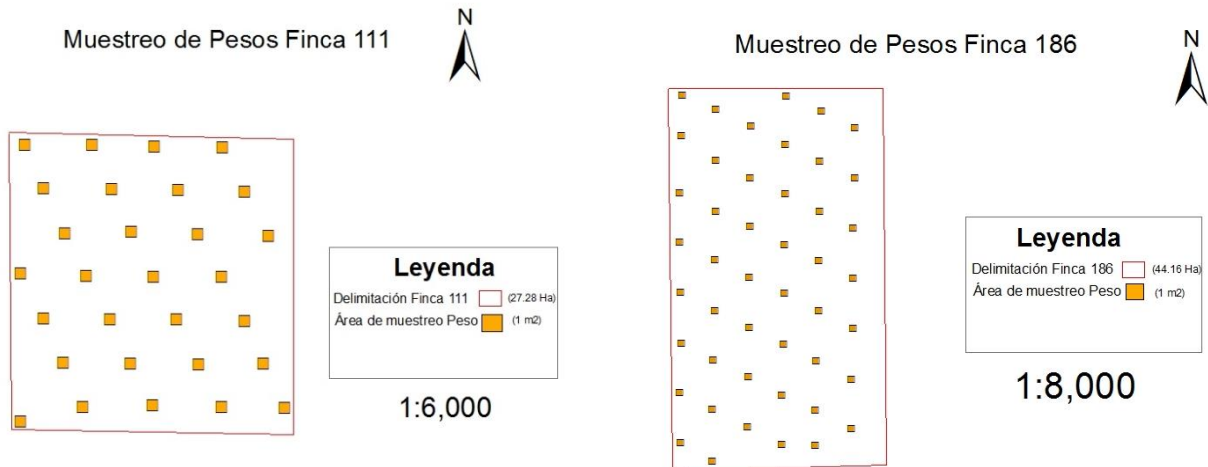
Se consideró el área de cada finca para la determinación del número de muestras a realizar; el muestreo se realizó a una intensidad del 0.01 %, lo cual correspondió a una muestra de 1 m²/ha.

Considerando el área de las fincas 111 y 186 se realizaron 29 y 44 muestreos respectivamente antes de realizar las quemas prescritas.

2.4.1.2. Generación de mapas

Mediante la solicitud de información cartográfica al Departamento de Mensura y Cartografía, se realizaron los mapas de las fincas de estudio, en los cuales se puntearon sistemáticamente las áreas de muestreo para cada finca.

La figura 31 presenta gráficamente el plano con los respectivos puntos de muestreo.



Fuente: elaboración propia 2019.

Figura 31. Plano de muestreo de combustible.

2.4.1.3. Muestreo de combustibles

Se ubicó previamente cada punto de muestreo mediante la exportación de los mapas a la aplicación AVENZA MAPS® ubicando los respectivos puntos en cada una de las fincas.

Se utilizaron marcos de policloruro de vinilo y de madera con las medidas previamente establecidas para formar 1 m²; posterior a ello se recolectó el combustible disponible, implicando el combustible con disposición horizontal y vertical hasta alcanzar el suelo mineral, en bolsas de nylon para el resguardo del material, las cuales se etiquetaron según el código asignado por finca, considerando el número de hectárea representado por muestreo.

2.4.1.4. Determinación del peso de muestras

Se determinó el peso de los combustibles colocando cada muestra recabada en la báscula; anotando los pesos obtenidos en kilogramos por metro cuadrado (kg/m²).

Determinado el peso por unidad de área en kg/m², se promedió el dato realizando una sumatoria de los pesos, dato el cual se dividió por la cantidad total de muestras por finca; al obtener un dato promedio por finca se calculó la carga del combustible en toneladas por hectárea (t/ha), mediante la siguiente ecuación

$$\text{Combustible en t/ha} = \frac{\text{kg} \cdot 10,000 \text{m}^2 \cdot 1 \text{ t}}{\text{m}^2 \cdot 1 \text{ ha} \cdot 1000 \text{ kg}}$$

2.4.1.5. Determinación del peso de combustible total por finca

Posterior a la obtención del dato de combustible en t/ha, se multiplicó dicho dato por la cantidad de hectáreas de cada finca, esto para determinar la carga de combustible total.

2.4.1.6. Estimación de las tasas de incremento de combustible

Al obtener el dato de peso de combustible total por finca, se dividió el dato por la edad de la plantación, lo cual permitió estimar la tasa de incremento anual.

Considerando las categorías de combustibles, se promedió con 10 muestras por finca el porcentaje del peso de los combustibles según la categoría hojarasca, arvense, material leñoso.

Tomando en cuenta que para el caso de las dos fincas el combustible más abundante fue la categoría hojarasca, se estimó para dicha categoría, la tasa de incremento anual mediante la siguiente ecuación:

$$\text{Tasa de incremento (t/ha/año)} = \frac{\text{Porcentaje de peso hojarasca} \cdot \text{tasa de incremento anual por ha/año}}{100}$$

2.4.1.7. Determinación del peso post-quema

Tomando en cuenta el dato de peso en porcentaje por categoría, se logró estimar la cantidad de combustible liviano al mes post-quema, esto considerando que era el combustible de mayor abundancia en las dos áreas de estudio; dicho cálculo se realizó mediante la siguiente ecuación:

$$\text{Tasa de incremento (t/ha/mes)} = \frac{\text{Tasa de incremento de hojarasca t/ ha/año}}{12}$$

Una semana posterior a la quemas prescritas, se realizó un monitoreo en las áreas en las cuales se logró estimar mediante caminamientos en el área, el porcentaje de combustible liviano de tipo hojarasca disponible aún en la superficie, lo cual se validó con la estimación post- quema.

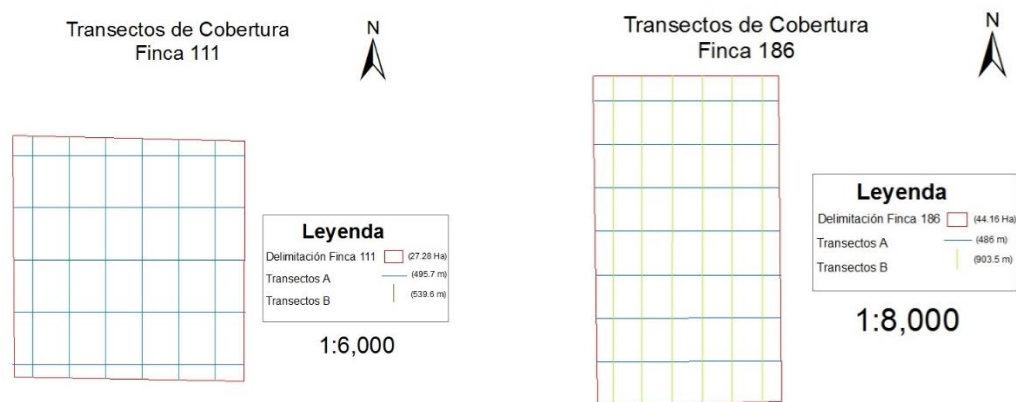
2.4.2. Determinación de la influencia de la quema en la cobertura del suelo por plantas arvenses.

Para la determinación del porcentaje de cobertura de plantas arvenses, se propuso la metodología planteada por (Medina Fernández & Muñoz Astaíza 2006) para la estimación del porcentaje de cobertura del suelo, la metodología se denomina “Punta del zapato”.

2.4.2.1. Generación de mapas

Mediante la solicitud de información cartográfica al Departamento de Mensura y Cartografía, se realizaron los mapas de las fincas de estudio, en los cuales se trazaron las líneas transecto de Norte a Sur y de Oeste a Este.

La figura 32 presenta gráficamente el plano con los respectivos transectos.



Fuente: elaboración propia 2019.

Figura 32. Plano de muestreo de transectos.

Como se observa en la figura 32, se realizó una distribución de transectos los cuales se conformaron de la siguiente manera:

-Finca 111

- 6 transectos de Norte a Sur con una longitud cada uno de 539.6 m.
- 5 transectos de Este a Oeste 5 con una longitud de 495.7 m.

-Finca 186

- 6 transectos de Norte a Sur con una longitud de 903.5 m.
- 7 transectos de Oeste a Este con una longitud de 486 m.

2.4.2.2. Muestreo de combustibles

Se ubicó previamente cada transecto de muestreo mediante la exportación de los mapas a la aplicación AVENZA MAPS® para cada una de las fincas.

Se realizaron los caminamientos siguiendo los transectos que se observan en la figura 17, a cada 5 pasos se registró el tipo de cobertura la cual se encontró bajo una línea del zapato previamente marcada; así mismo, se registró en una boleta (anexo 2.10.7) el tipo de cobertura observada por punto tomado; este procedimiento se repitió hasta completar los transectos previamente establecidos en gabinete.

Se registró el tipo de cobertura, según la categoría pre-establecida, siendo:

- Arvense.
- Hojarasca.
- Rama o ramilla, semilla.
- Suelo desnudo.

Se consideró agrupar en una categoría general denominada “arvenses” a las especies de arbustos, hierbas o pastos, de acuerdo con (Morfín Ríos *et al.* 2007) el cual los categoriza como sotobosque.

Se realizó un muestreo de cobertura antes de realizar las quemas prescritas con la finalidad de conocer la cobertura pre-quema, dos y cuatro meses después de la quema prescrita se realizaron los muestreos de cobertura post-quema.

2.4.2.3. Estimación del porcentaje de cobertura por categoría

Posterior al trabajo de recolección de información en campo, se contabilizaron los puntos totales por finca, y se estimó la proporción por categoría de cobertura mediante la siguiente ecuación:

$$\text{Porcentaje cobertura de categoría} = \frac{\sum \text{de puntos categoría} * 100}{\sum \text{total de puntos transecto 1,2,3,4 n...}}$$

Considerando la información recabada en los tres muestreos realizados, se realizó un análisis de la dinámica de cobertura de arvenses para cada una de las áreas de estudio.

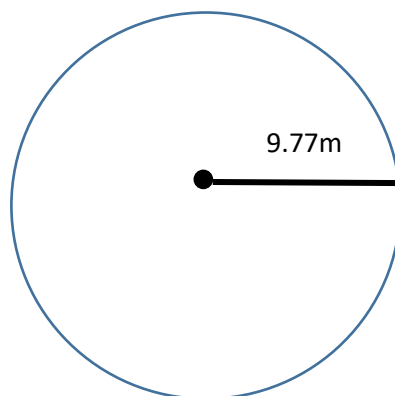
2.4.3. Evaluación del impacto de la quema dirigida en la altura y corteza del arbolado así como en la generación de brotes

Para la determinación del impacto de la quema en la altura, corteza y generación de brotes en el arbolado se realizaron diversas actividades, las cuales se describen a continuación:

2.4.3.1. Determinación del tamaño y número de muestras.

Considerando el instructivo de inventarios forestales del operador forestal INS-19 el cual establece que los levantamientos de parcelas de muestreo deben ser circulares con un área de 300 m² por cada 4 ha (0.75 % intensidad de muestreo) lo cual ha propiciado datos confiables al optimizar la precisión de datos y la relación altura-diámetro de los árboles.

Tomando en cuenta lo anterior, en la figura 33 se representa el radio de la parcela circular la cual cuenta con un radio de 9.77 m, para obtener un área de muestreo de 300 m².



Fuente: elaboración propia 2019.

Figura 33. Representación de parcela de muestreo.

La ecuación utilizada para determinar el número de parcelas a establecer para la evaluación de los efectos del fuego es la siguiente:

$$Am = AT * (I.M./100)$$

$$n = Am / Tp$$

Donde:

I.M.=intensidad de muestreo.

AT=área total a evaluar en m².

Am=área de muestreo en m².

Tp=área de la parcela en m².

n=número de parcelas.

Tomando en cuenta el área de las fincas de estudio, se determinó el tamaño y numero de parcelas para cada localidad.

A. Localidad 1

Área de la finca: 27.221 ha.

Tamaño de la muestra: 2,040.75 m².

Número de parcelas: 6.8025 = 7.

B. Localidad 2

Área de la finca: 44.16 ha.

Tamaño de la muestra: 3,312 m².

Número de parcelas: 11.04 = 11.

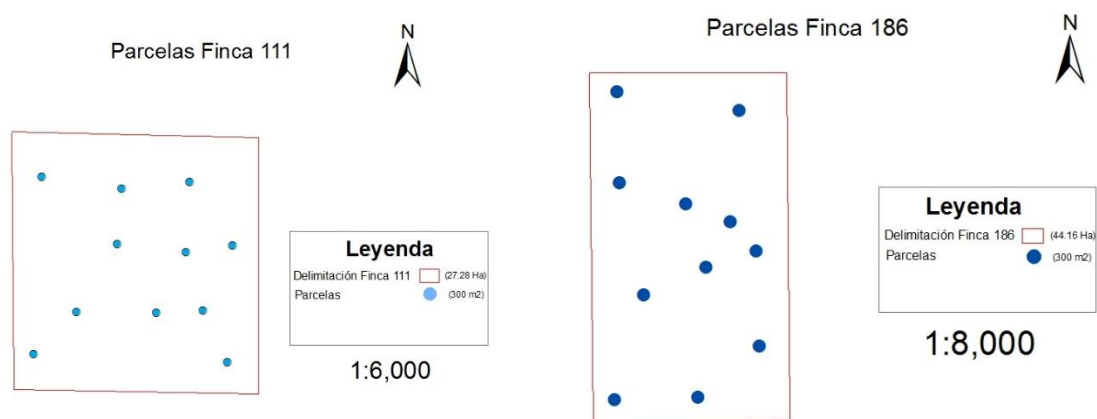
Determinado el número de parcelas a levantar por finca según la metodología del instructivo de inventarios forestales del operador forestal INS-19; se planteó tomar datos de las

variables de altura de influencia del fuego y espesor de corteza quemada, para lo cual se determinó realizar el levantamiento de 11 parcelas por finca.

2.4.3.2. Generación de mapas

Mediante la solicitud de información cartográfica al Departamento de Mensura y Cartografía, se realizaron los mapas de las fincas de estudio, realizando una distribución aleatoria de 11 puntos, los cuales fueron las coordenadas para las parcelas por cada área de estudio para la recopilación de información dasométrica y de influencia del fuego.

Se presenta la figura 34 la cual muestra el plano de parcelas realizadas en cada finca.



Fuente: elaboración propia 2019.

Figura 34. Distribución de parcelas.

2.4.3.3. Toma de datos dasométricos

Se ubicó previamente cada parcela representada por las coordenadas mediante la exportación de los mapas a la aplicación AVENZA MAPS® para cada una de las fincas.

Al ubicar la coordenada respectiva se inició ubicando una estaca en el centro de la parcela, posterior a ello haciendo uso de una cinta métrica se midió el radio de la parcela circular para determinar la cantidad de árboles que serían considerados para el levantamiento de datos dasométricos.

Para la medición de alturas se utilizó el hipsómetro *Suunto*, con el cual se midió la altura total m, y altura de poda m, de los árboles dentro de cada parcela, dicha medición se realizó a una distancia horizontal de 15 m.

Los valores de dap cm, se tomaron a una altura aproximada de 1.30 m, midiendo el diámetro del árbol mediante una cinta diamétrica; es importante mencionar que en promedio por parcela se tomaron los datos de 26 árboles.

A. Evaluación del impacto de la quema dirigida en la altura fustal del arbolado

La evaluación del impacto de la quema dirigida en la altura fustal del arbolado dentro de las parcelas establecidas, se midió dos semanas posteriores a la aplicación de la quema prescrita en cada área de estudio; para ello se realizó la medición de la altura fustal quemada, utilizando la siguiente metodología:

Se midió la altura fustal quemada por efecto de radiación de la llama en los cuatro puntos cardinales (N, S, E, O) de cada árbol expuesto dentro de la parcela, mediante una cinta métrica, se calculó el promedio de fuste quemado por árbol mediante la siguiente ecuación:

$$\text{Promedio de altura fustal quemada} = ha + hb + hc + hd$$

Posterior a la determinación del promedio de la altura fustal quemada por árbol, se determinó el porcentaje de altura fustal quemada, para lo cual se utilizaron los datos de altura total, recabados en el establecimiento de las parcelas, e implementando la siguiente ecuación:

$$\% \text{ altura de influencia del fuego en el fuste} = \frac{\text{área afectada (m)} \times \text{Altura}}{\text{altura total (m)}} * 100$$

Luego de realizar el cálculo del porcentaje de la altura de influencia del fuego, se realizó un promedio general de los datos de la muestra por parcela, el cual brindó en conjunto con los datos promedios de las demás parcelas el dato general de la altura de influencia del fuego en metros (m) y porcentaje (%) por finca.

B. Evaluación del impacto de la quema dirigida en la corteza del arbolado

Para la evaluación del impacto de la quema dirigida en la corteza del arbolado, se planteó determinar el espesor de corteza quemada en 22 árboles por finca, lo cual equivale a 2 árboles por parcela de muestreo; los árboles se seleccionaron según indicaciones de los supervisores silvícolas, los cuales aprobaron la metodología en árboles suprimidos y/o con características defectuosas tales como bifurcaciones, torceduras, entre otras.

Dicha metodología consistió en la selección del área del árbol con mayor altura de quemado, posterior a ello se midió desde la base del árbol un tramo entre 0.2 m - 0.9 m, se realizó una marca haciendo uso de una navaja y una regla; realizada la marca se realizó el corte de la placa de corteza de 5 cm².

Se codificó el corte y se registró la siguiente información:

- Fincas.
- Número de parcela.
- Altura de extracción.
- Coordenadas.

Posterior a la extracción de la placa, se aplicó yodo en el área de extracción, esto con la finalidad de minimizar los riesgos de propagación de hongos y/o bacterias las cuales pudieran poner en riesgo a los árboles.

Se trasladaron las muestras de corteza, se pulieron los extremos de las placas para la determinación del espesor quemado en milímetros (mm) por efecto del fuego.

C. Evaluación del impacto de la quema dirigida en la generación de rebrotes

Referente a la estimación de rebrotes pre y post quema, se realizó un levantamiento de datos, el cual consistió en contabilizar el número de rebrotes en la base y en el fuste de los árboles dentro de cada parcela antes de la realización de las quemas prescritas; posterior a la aplicación del fuego, se realizó nuevamente la cuantificación de rebrotes y se estimó el porcentaje de incremento promedio por parcela, para luego estimar un porcentaje promedio general por finca para rebrotes en la base y en el fuste.

2.4.4. Descripción de las variables

Durante el desarrollo de la evaluación se consideraron diversas variables, las cuales requirieron de actividades tales como el levantamiento de datos dasométricos, muestreos, recopilación de información climática entre otras; a continuación, se describen las variables consideradas:

2.4.4.1. Carga de combustibles (t/ha)

Se define como carga de combustibles al material dispuesto en la superficie de continuidad vertical y horizontal dentro de las plantaciones, la carga representa las toneladas del combustible por hectárea (t/ha) en el área en la cual se realizó la quema prescrita.

Los combustibles se evaluaron tomando en cuenta la composición y distribución de los mismos; para las dos áreas de estudio las categorías predominantes fueron hojarasca y arvenses, sin embargo también se consideraron los restos de material leñoso.

La carga de combustibles se determinó realizando muestreos de combustibles forestales en las áreas de estudio, con lo cual se estimó un peso promedio y se proyectó a nivel general por finca evaluada.

2.4.4.2. Influencia de la quema dirigida en plantas arvenses

Se determinó el efecto del fuego respecto a la densidad de las especies arvenses dentro de las plantaciones de teca, posteriormente (2 y 4 meses) se evaluó la regeneración de las especies arvenses dentro de las áreas sometidas a las quemas prescritas.

2.4.4.3. Impacto de la quema dirigida en el arbolado

Se evaluó el impacto de la quema dirigida fuego en la altura fustal, espesor de corteza afectada por efectos de carbonización y la generación de rebrotes.

2.4.4.4. Quema prescrita

Con apoyo del asistente del departamento de protección forestal, encargado de las quemas prescritas, se realizó el plan de prescripción de quemas establecido por el operador forestal, además se determinaron las áreas a quemar, se supervisaron las rondas cortafuego y las variables de estudio antes y después de la ejecución de las quemas prescritas.

Antes de la quema prescrita se brindó una charla informativa con los elementos combatientes y el asistente de protección forestal, en la cual se dio a conocer el motivo de la ejecución de las quemas, recomendaciones de seguridad, distribución de elementos e identificación de zonas de seguridad.

La quema prescrita se llevó a cabo con el equipo de protección personal adecuado, el cual consistió en pantalón y camisa Nomex, polainas, pañoleta, botas punta de acero, casco,

lentes y guantes; así mismo las brigadas forestales contaban con personal capacitado y todos los implementos óptimos para la ejecución de la misma.

La aplicación del fuego en la finca 111 tuvo un valor de Q. 1,012.50; en la finca 186 fue de Q. 2,187.50, el costo se vio influenciado por el tipo de brigada que realizó la actividad, el tiempo en el cual se desarrolló, la superficie en hectáreas y la cantidad de personal asignado a la actividad.

A. Tipo de quema

Respecto al tipo de quema se realizó un diagnóstico general de las áreas, siendo:

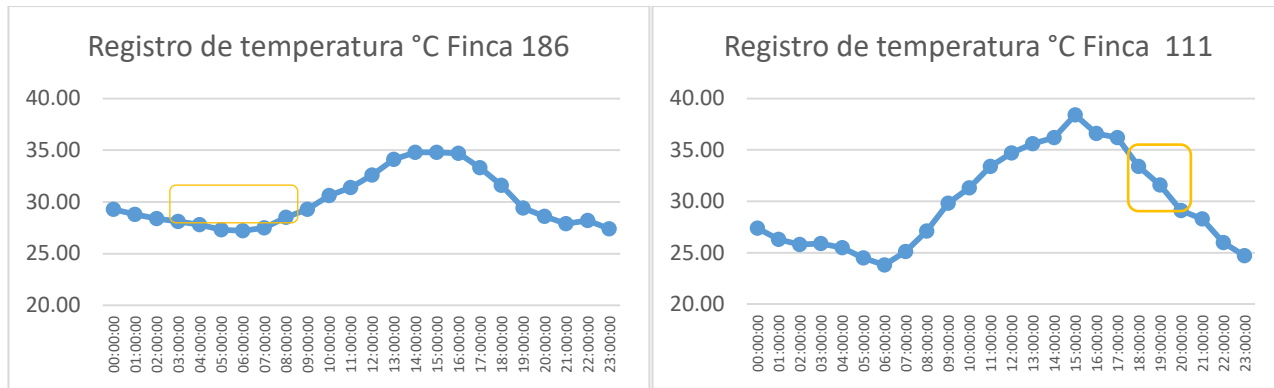
- Determinación del área a quemar.
- Delimitación de la finca.
- Identificación de brechas corta fuego.
- Eliminación de posible continuidad de combustibles a zonas fuera de las fincas.

Posterior a ello se determinó que la técnica a utilizar sería “Quema en contra del viento” para su implementación se consideró la realización de fajas de 40 m de ancho.

B. Hora de la quema

Las horas de quema se seleccionaron tomando en cuenta la curva de temperatura; la figura 35 muestra el comportamiento de la temperatura en cada finca, por lo cual se optó por realizar las quemas en las horas que presentaban un comportamiento bajo de temperatura, esto con la intención de sistematizar las condiciones horarias apropiadas para la aplicación del fuego.

Considerando lo anterior, las quemas prescritas se programaron a las 6.30 pm y a las 3:00 am.



Fuente: elaboración propia 2019.

Figura 35. Curvas de temperatura diaria °C.

La figura 35 muestra los registros de temperaturas en las cuales se realizaron las quemas prescritas, dichos datos fueron registrados por la estación meteorológica Las Ilusiones, la cual se encontraba respecto a la finca 186 en un radio de 4 km y respecto a la finca 111 en un radio de 13 km.

2.4.4.5. Monitoreo de quema para la determinación del comportamiento del fuego

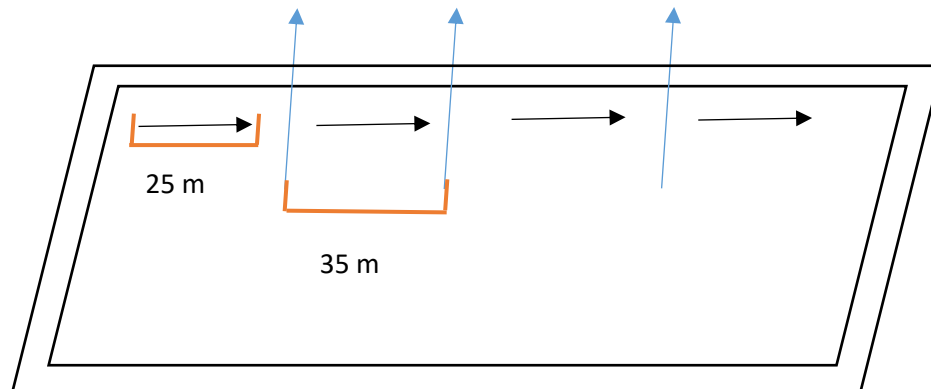
Durante la quema prescrita se tomaron fotografías y videos, con el objetivo de monitorear el comportamiento del fuego y tener un registro gráfico del mismo, se estimaron parámetros tales como la velocidad de propagación, altura de la llama, dirección de avance, condiciones ambientales.

A. Velocidad de propagación (m/hora) y altura de llama (m)

Se estimó la velocidad de propagación del fuego mediante la metodología planteada por (Flores Garnica *et al.* 2011) quien propone la evaluación de la velocidad de propagación y la altura de la llama por transectos.

Tal y como se representa en la figura 36, se realizaron marcaciones de 25 m, repartidas a lo largo del sitio para determinar la velocidad de la llama desde el punto inicial-punto final; así mismo se estimó la altura de la llama frontal y de retroceso a cada 35 m.

Se consideró la altura de la llama, tomando en cuenta que en las quemas prescritas se tiene una altura máxima permisible para la llama frontal y de retroceso; por lo que se determinó la altura de las mismas como forma de evaluar el cumplimiento de los aspectos requeridos en el plan de prescripción de quemas establecido por el departamento de protección forestal del operador forestal.



Fuente: elaboración propia 2019.

Figura 36. Diagrama de estimación del comportamiento del fuego.

La velocidad de propagación se determinó haciendo uso de un cronómetro, con el cual se registró el tiempo en el que el fuego logra cubrir una distancia desde un punto inicial hasta un punto final; por lo que para la determinación de dicho parámetro se marcó en el mapa mediante la aplicación AVENZA MAPS®.

Se determinó la velocidad de propagación mediante la siguiente ecuación:

$$\text{Velocidad de propagación} = \frac{\text{Distancia (m)}}{\text{Tiempo (hora)}}$$

B. Dirección de avance

La dirección de avance se determinó durante la realización de la quema prescrita, la cual estuvo definida mediante la dirección del viento, se determinó cada 5 minutos con un anemómetro, y se corroboró con la observación de la dirección de las llamas en campo; los datos obtenidos se registraron en una boleta previamente establecida (anexo 2.10.3).

2.4.4.6. Condiciones ambientales

De acuerdo con (Flores Garnica *et al.* 2011) las condiciones ambientales deben considerarse antes, durante y después del desarrollo de las quemas prescritas; por lo que se tomaron en cuenta variables de temperatura, velocidad y dirección del viento, los cuales se determinaron con un anemómetro; la humedad relativa se determinó según los datos registrados por la estación meteorológica Las Ilusiones.

A. Temperatura (°C)

Se consideró la temperatura en ° C, debido a que esta influye en la humedad relativa y el contenido de humedad de los combustibles.

B. Humedad Relativa (%)

La humedad relativa es un factor importante a considerar, tomando en cuenta que, a menor humedad relativa, los combustibles disminuyen su contenido de humedad, propiciando que los mismos sean más inflamables.

C. Precipitación pluvial (mm)

Se consideraron los registros de precipitación pluvial pre-quema, esto debido a que la precipitación influye directamente en el contenido de humedad de los combustibles, por lo que se consideró tomar en cuenta los días sin lluvia antes de realizar la quema prescrita.

D. Dirección del viento (km/hora)

La dirección del viento se midió mediante un anemómetro, el cual registró la dirección del viento desde el inicio hasta la finalización de la quema prescrita.

2.4.5. Tratamientos y repeticiones

Respecto a los tratamientos se consideró aplicar un tratamiento a cada finca, siendo:

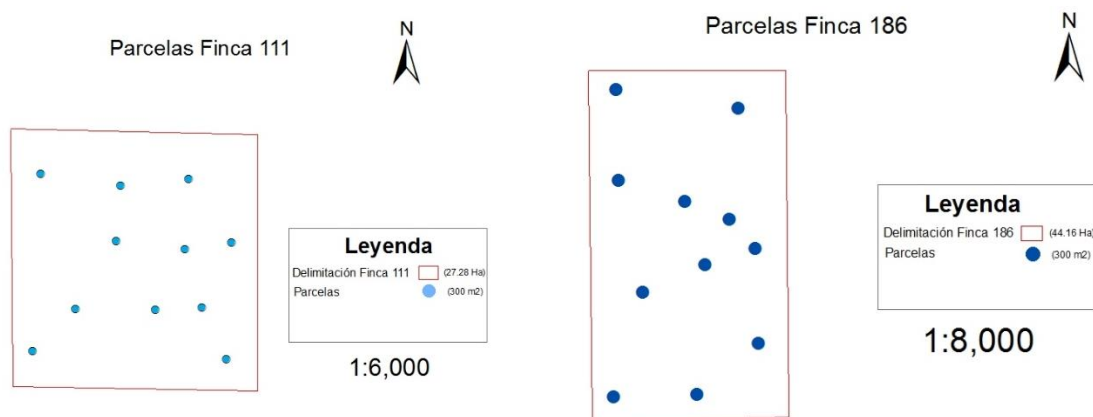
- Tratamiento 1 (finca 111)

Quema prescrita realizada a las 3:00 am 4 días después de la última precipitación pluvial.

- Tratamiento 2 (finca 186)

Quema prescrita realizada a las 18:30 pm 4 días después de la última precipitación pluvial.

Respecto a las repeticiones, se consideraron como tal las parcelas establecidas en cada finca; la figura 37 muestra la distribución de las mismas.



Fuente: elaboración propia 2019.

Figura 37. Distribución de parcelas.

Las parcelas distribuidas gráficamente en la figura 37, son aquellas en las cuales se recabaron datos de las variables dasométricas y de efectos en el arbolado; cada parcela de denominó como repetición, haciendo un total de 11 repeticiones por tratamiento.

2.4.6. Unidad experimental

La unidad experimental se determinó como:

- Parcela circular de 300 m² (efectos del fuego en el arbolado).
- 1 m² de área (muestreo de combustibles).
- 1 m lineal (transecto de cobertura).

2.4.7. Manejo del experimento

El manejo del experimento se realizó en cinco fases, siendo:

- Fase 1

En dicha fase se determinaron las áreas a evaluar tomando en cuenta las respectivas observaciones de los jefes silvícolas y el jefe del Departamento de Protección Forestal; se realizaron los planes de prescripción de quemas y posterior a ello la gestión de aprobación por los respectivos jefes.

Se solicitaron los mapas de fincas, y se ubicaron mediante coordenadas los puntos y transectos a muestrear, luego se realizaron los muestreos de combustibles y cobertura, esto con el objetivo de determinar la condición inicial de las variables.

- Fase 2

Tomando en cuenta la aprobación de los planes de prescripción, se solicitaron las brigadas de bomberos forestales, se consideraron variables climáticas y se consensó fecha para la ejecución de las quemas prescritas en cada una de las áreas determinadas.

- Fase 3

Durante la ejecución de las quemas prescritas se registraron las variables para la determinación del monitoreo del comportamiento del fuego, recolectando datos de altura de llama frontal y de retroceso, dirección de avance y variables climáticas.

- Fase 4

La fase cuatro consistió en el levantamiento de parcelas de muestreo, en las cuales se recolectaron datos dasométricos, así mismo el registro de datos de altura de llama en la corteza de los árboles, se gestionó la solicitud y extracción de placas de corteza.

Dos y cuatro meses posteriores a la quema se realizó el segundo y tercer levantamiento de datos, en el cual se estimaron las variables de densidad de especies arvenses que surgieron por efecto de la quema prescrita.

- Fase 5

Durante la fase 5, se registró y analizó la información en hojas de cálculo para cada variable, considerando la altura de influencia del fuego en el fuste, espesor de corteza quemado y generación de rebrotes.

2.4.8. Muestreo

Se realizó un muestreo aleatorio para el levantamiento de datos dasométricos; la distribución de las parcelas se realizó mediante el apoyo del jefe del departamento de mensura y cartografía.

Para validar la información de los datos de altura, se tomó en cuenta un error de muestreo que se considera aceptable menor al 15 %, según (Xól 2017) citando a INAB 2014 dicho porcentaje es aceptable en un inventario para masas forestales regulares.

2.4.9. Análisis de la información

Se utilizó Microsoft Excel® para el registro de datos de las variables cuantitativas obtenidas de los muestreos en cada una de las parcelas por finca.

Posterior a ello se generó el parámetro estadístico error estándar (E.E.) para las variables del efecto del fuego en el arbolado mediante el software *Infostat*®.

2.5. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

2.5.1. Cuantificación del efecto del fuego en relación a la cantidad de combustibles sobre el suelo

El área de las fincas 111 y 186 está constituida por plantación forestal de la especie *T. grandis*; dichas plantaciones se establecieron con fines comerciales, por lo que han sido sometidas a diversos tratamientos de manejo silvicultural según los requerimientos propios de cada finca a lo largo del tiempo.

Las podas, raleos pre-comerciales, deshijes e incluso la característica caducifolia mecanismo de respuesta ante el estrés hídrico la cual propicia la defoliación foliar, han contribuido a la acumulación de combustibles forestales desde el establecimiento de las plantaciones, lo que incrementa la susceptibilidad de las mismas a los incendios forestales en la estación seca del año, específicamente en el periodo de marzo a junio.

Los combustibles forestales típicos de las plantaciones de teca evaluadas, se agruparon en tres categorías, siendo:

- Piezas de material leñoso.
- Especies arvenses.
- Hojarasca.

Mediante los muestreos realizados en las dos fincas, en las cuales se muestreo a una intensidad del 0.01 %, se estimó la cantidad y los porcentajes de combustibles por categoría.

Se presenta el cuadro 15 con los resultados obtenidos en cada finca.

Cuadro 15. Porcentaje de combustibles según categoría.

	Edad años	Origen material	Raleos	Categoría de combustibles			Total t/ha
				Hojarasca %	Arvenses %	Material leñoso %	
Finca 111	7.4	Clon 66 % Semilla 44 %	1	85	3	12	15.91
Finca 186	9.4	Semilla 100 %	2	76	7	17	20.50

Tomando en cuenta los datos del cuadro 15, se determina que en la finca 111, el combustible forestal se constituyó en un 12 % de combustible pesado compuesto por piezas de material leñoso, 85 % por combustible liviano, así mismo las especies arvenses representaron el 3 % del peso promedio para dicha finca.

La composición de combustibles de acuerdo a las tres categorías de agrupación en la finca 186 fue del 76 % de combustible liviano, 7 % se conformó por especies arvenses y el 17 % lo constituyeron materiales leñosos principalmente desechos de raleo.

Se logró determinar que el combustible más abundante en la superficie de las plantaciones de *T. grandis* correspondió a combustible liviano de tipo hojarasca, esto debido a la acumulación de dicho material producto de la característica caducifolia de la teca, la cual propicia la formación de una capa gruesa de dicho material, donde el fuego se propaga con facilidad.

Respecto a la estimación en toneladas por hectárea (t/ha) de combustible forestal, se determinó que la finca 111 contaba con 15.91 t/ha y la finca 186 con 20.50 t/ha; valores que se encuentran dentro del rango promedio de combustible forestal acumulado en plantaciones de teca con alturas y diámetros que oscilan entre los 19.08 cm – 19.90 cm de dap y altura total entre 15.40 m – 15.94 m; esto considerando los 11.71 t/ha de combustible forestal que reporta (Ramos Rodríguez *et al.* 2018) en plantaciones con un dap de 15 cm y una altura total de 13.42 m.

La figura 38 muestra una comparación gráfica de la cantidad de combustible acumulado para cada finca evaluada.

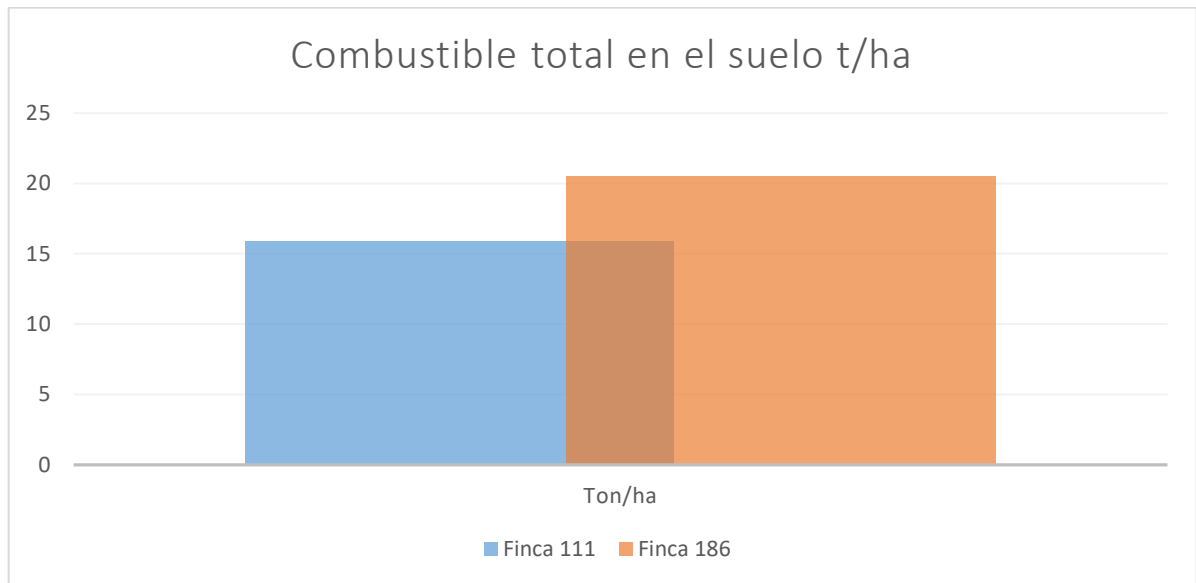


Figura 38. Combustible total sobre el suelo (t/ha).

La acumulación de combustibles livianos en el suelo en plantaciones de teca se da de manera constante a un ritmo relativamente lento considerando la época seca del año en la cual los árboles pierden el follaje; sin embargo los combustibles denominados materiales leñosos se acumulan rápidamente comparados con combustibles livianos, debido a la aplicación de tratamientos silviculturales tales como raleos, deshijes, podas, entre otros.

(De Camino & Morales 2013), citando a Egunjobi 1974 menciona que la acumulación de combustibles en plantaciones de teca aumenta con la edad, esto hasta que se cierra el dosel de la plantación, argumento que se comprueba, pues según los datos promedios de combustible generado en toneladas por hectárea (t/ha), la plantación con 9.4 años ha acumulado 4.59 t/ha mas de combustible forestal en comparación al generado por la plantación de 7.4 años.

Dicha acumulación para el caso de las dos fincas se da a razón promedio de 2.17 t/ha/año de combustible forestal.

Sin embargo la diferencia de combustibles generados además de la edad se debe a la diferencia de la estructura de la copa, cuestión que se atribuye a la genética del arbolado, puesto que en la finca 111 el 66 % de los individuos fueron establecidos a partir de propágulos reproducidos vegetativamente de plantas genéticamente modificada (clones), lo cual permite el cierre del dosel relativamente más rápido que la plantación de la finca 186 la cual está constituida en un 100 % de semilla no modificada genéticamente; así mismo los tratamientos silviculturales a los cuales las plantaciones han sido sometidas, en la finca 111 únicamente se ha realizado un raleo pre- comercial y en la 186 dos raleos pre-comerciales, lo cual justifica el aumento del 5 % de materiales leñosos dispuestos.

La figura 39 muestra la comparación pre y post quema de combustible forestal en toneladas por hectárea (t/ha), respecto a la categoría hojarasca; se determinó realizar la cuantificación de dicha categoría por ser la categoría predominante en las dos fincas evaluadas.

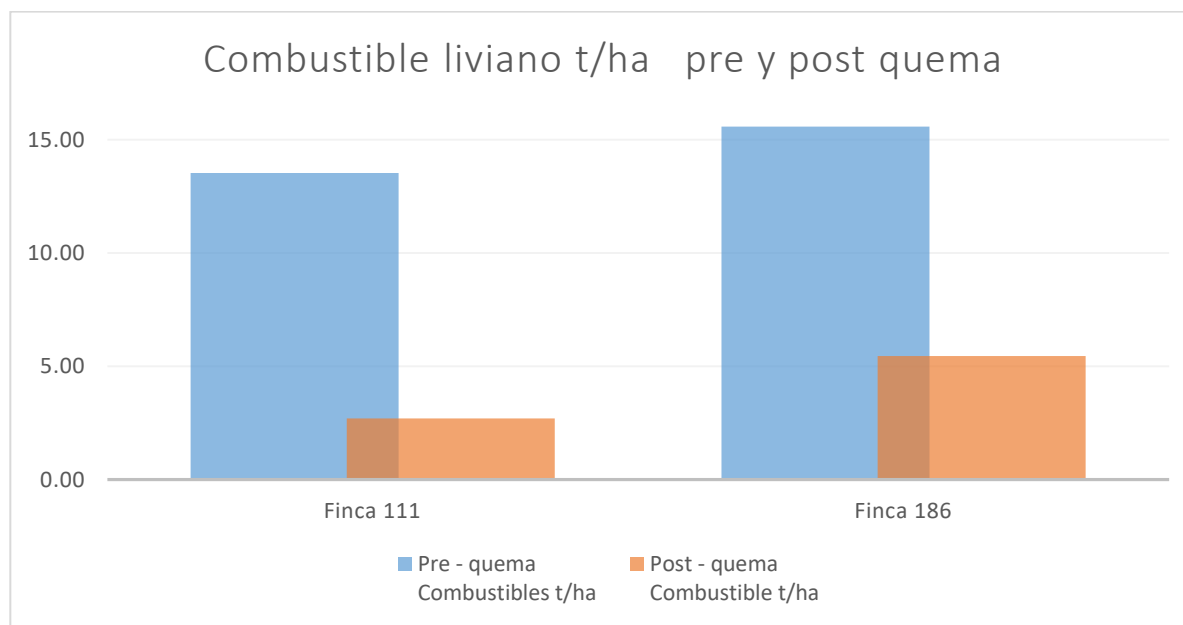


Figura 39. Comparación pre y post quema de combustible (t/ha).

Tal y como se observa en la figura 39, posterior a las quemas prescritas para el caso de la finca 111 se eliminaron 10.82 t/ha de combustible liviano; en la finca 186 10.13 t/ha; se establece que el efecto del fuego varía de acuerdo a la duración e intensidad del mismo, así como también del tipo de combustible, considerando que en los combustibles pesados el fuego arde lentamente, pero libera más calor, lo que representa un alto grado de peligro y esto hace que se requieran técnicas de liquidación del fuego.

Es importante mencionar que el contenido de humedad en los combustibles forestales debe considerarse de importancia, tomando en cuenta que para las fincas 111 y 186 el contenido de humedad promedio de combustibles forestales fue de 11 % y 18 % respectivamente.

Los contenidos de humedad bajos en combustibles forestales permiten una eliminación óptima de combustibles forestales, con ello se comprueba lo mencionado por (Ortiz de la Cruz *et al.* 2009) y (Martínez Becerra *et al.* 2004) los cuales mencionan que las quemas prescritas contribuyen a la disminución de combustibles reduciendo la susceptibilidad del arbolado a sufrir daños en calidad provocados por incendios forestales y con ello repercute en pérdidas económicas.

2.5.2. Influencia de la quema en la cobertura por especies arvenses

Con la intención de evaluar la influencia de la quema en el estrato arbustivo y herbáceo, se determinó el porcentaje de cobertura pre y post quema prescrita, con la finalidad de conocer la influencia del fuego en la dinámica de la cobertura de especies arvenses dentro de una plantación forestal.

Para dicha evaluación se realizaron tres muestreos, el primero dos días antes de realizar la quema prescrita, y los otros muestreos se realizaron 2 y 4 meses posteriores a la quema; las categorías de muestreo fueron:

- Hojarasca.
- Piezas de material leñoso.
- Suelo desnudo.
- Arvenses.

La figura 40 presenta los resultados del porcentaje de cobertura del suelo, por finca y por muestreo realizado.

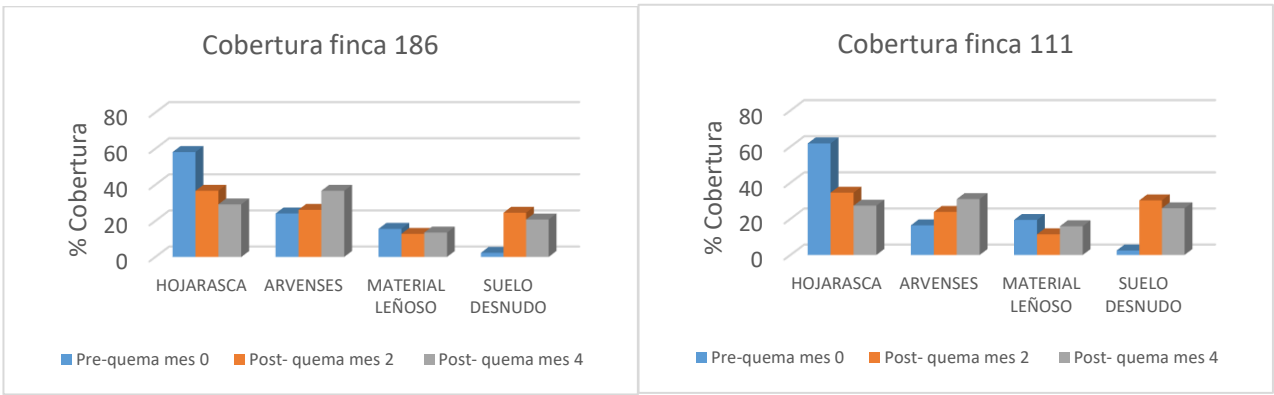


Figura 40. Cobertura del suelo pre y post quema prescrita.

La figura 40 muestra los resultados del porcentaje de cobertura en el transcurso del tiempo, siendo las mismas antes, dos y cuatro meses posteriores a la aplicación del fuego mediante quemas prescritas.

Respecto a la dinámica para cada una de las categorías evaluadas, se presenta una síntesis de la evaluación pre y post quema (4 meses) en las dos áreas de aplicación del fuego.

- Finca 186

- Hojarasca disminuyó de 58 % - 29 %.
- Arvenses aumento de 24 % - 37 %.

- Material leñoso disminuyó de 16 % - 14 %.
- Suelo desnudo aumento de 2 % - 21 %.

- Finca 111

- Hojarasca disminuyó de 62 % - 27 %.
- Arvenses aumento de 16 % - 30 %.
- Material leñoso disminuyó de 19 % - 16 %.
- Suelo desnudo aumento de 3 % - 26 %.

Considerando los datos respecto a la dinámica de cobertura de arvenses, se determinó que el fuego favoreció el incremento de las mismas, considerando que tras la eliminación del combustible forestal liviano, se incrementó el porcentaje de suelo sin ninguna cobertura, lo cual facilitó el desarrollo de especies arvenses; esto concuerda con lo mencionado por (CONAFOR 2010) cuando el fuego ha removido la barrera de combustible y materia orgánica acumulada, propicia el contacto semilla-suelo mineral.

Por lo que se determina que la influencia del fuego mediante las quemas prescritas en las especies del sotobosque se da de manera positiva, de acuerdo con (Rodríguez Trejo, Dante Arturo 2007) y (Grillo Delgado *et al.* 2012) el fuego propicia el desarrollo y el aumento de diversidad de especies del sotobosque, además de la estimulación de la producción de semillas.

Es importante mencionar que la cobertura de la vegetación herbácea y/o arbustiva, puede considerarse positiva, considerando los beneficios que brinda ante la de erosión hídrica del suelo.

La figura 41 presenta la dinámica de la cobertura de las especies arvenses en las fincas evaluadas.

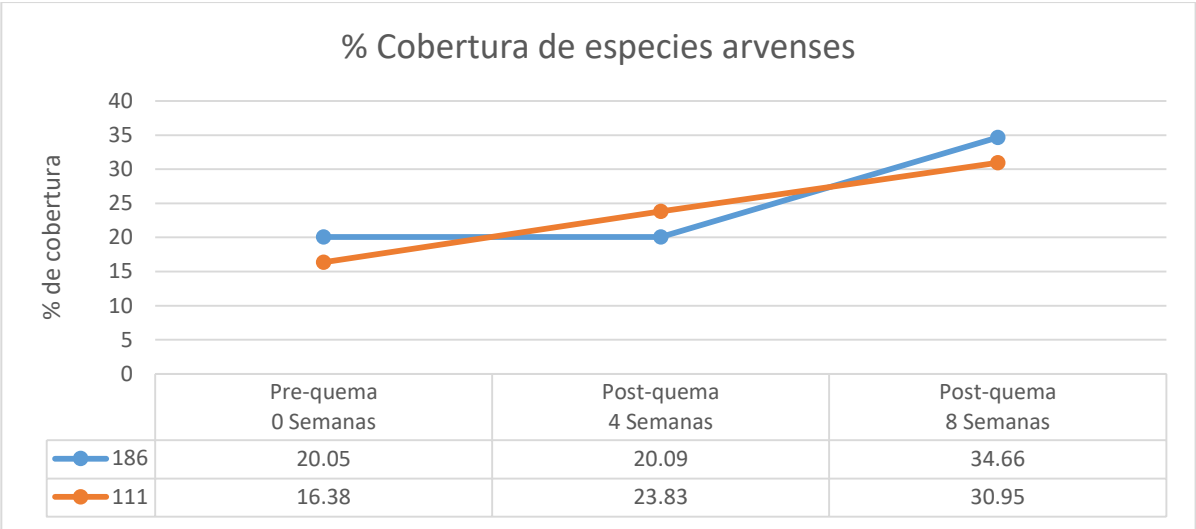


Figura 41. Dinámica de la cobertura de especies arvenses.

La figura 41, muestra que la cobertura de especies arvenses en plantaciones de *T. grandis* sometidas a quemas prescritas presenta una tendencia lineal de aumento, lo cual se considera positivo ya que según (Blanco Valdes 2016) las especies arvenses contribuyen a la conservación del suelo, además de ello debido a la edad y crecimiento del arbolado, estas no representan competencia por lo que no representan una amenaza.

Respecto a las especies arvenses, para ambas fincas, la especie con mayor presencia fue *Rottboellia cochinchinensis*, gramínea anual que puede alcanzar alturas mayores a los 2 m, conocida comúnmente como “caminadora”; según (Hall & Patterson 1992) se ha implementado fuego con la finalidad de destruir las semillas de dicha especie en la superficie.

2.5.3. Evaluación del impacto de la quema dirigida en el arbolado

Para la evaluación del efecto de las quemas prescritas en el arbolado, se llevó a cabo un levantamiento de datos dasométricos en 11 parcelas por cada sitio; para ello se consideró la determinación de la altura de influencia del fuego, generación de rebrotes y espesor de corteza quemada, diferenciado por horario de aplicación de la quema, es decir 3:00 am y las 6:30 pm.

Los resultados presentados a continuación son producto de la primera aplicación del fuego, por lo que los efectos de segundas o terceras aplicaciones del fuego en las mismas áreas deberían considerarse motivo de estudio.

2.5.3.1. Finca 111 sitio clon

Mediante el establecimiento de parcelas y el levantamiento de datos dasométricos fueron contabilizados 203 individuos en las 11 parcelas muestreadas; considerando los datos, se determinó la densidad promedio de 633 árboles /ha; con una altura promedio de 15.38 m, y un diámetro a la altura del pecho de 19.90 cm.

A. Altura de influencia del fuego y generación de rebrotes

Como una de las variables de importancia para determinar el efecto del fuego en el arbolado, se consideró la altura de influencia del fuego (chamuscado); en el cuadro 16 se presentan los resultados en metros, altura total y porcentaje de la altura de influencia del fuego en el fuste.

Cuadro 16. Altura de influencia del fuego en el fuste.

	Hora de la quema 18:30 horas		
	sitio clon		
Parcela	Altura de influencia del fuego en el fuste promedio (m)	Altura total promedio del arbolado (m)	% de influencia del fuego en el fuste
1	2.48	16.7	14.9
2	2.78	15.2	18.3
3	2.47	15.4	16.1
4	1.59	16.5	9.6
5	3.05	15.3	20
6	2.3	14.1	16.3
7	1.55	15.1	10.3
8	3.04	15.8	19.3
9	3.27	16.1	20.3
10	2.43	15.4	15.8
11	2.64	13.7	19.2
Promedio	2.5	15.4	16.4
Error estándar	0.06	0.09	

En el cuadro 16 se pueden observar los datos promedios de alturas del arbolado en metros por parcela; para los árboles de la finca 111 la altura de influencia del fuego en el fuste promedio fue de 2.51 m lo cual equivale al 16.37 % de la altura total promedio, por lo que se podría estimar que la primera troza aprovechable (2.2 m) sería la que tendría la corteza chamuscada.

Considerando el error estandar en las variables altura promedio de influencia del fuego en el fuste y altura total promedio del arbolado, ambos valores son menores al 15 %, por lo que según (Xól 2017) se determina que los valores reportados se consideran aceptables para el levantamiento de datos en la masa forestal evaluada.

Se considera que una quema prescrita realizada en condiciones climáticas similares y con características de plantación y combustibles parecidas a las que presentó la finca 111, podría propiciar una influencia del fuego en el fuste mínima de 1.55 m, y una máxima de 3.27 m; rangos que se consideran fuera de peligro para *T. grandis* por (Ramos Rodríguez *et al.* 2018).

Es importante mencionar que según los datos dasométricos, la altura media de las ramas más bajas de la plantación muestreada fue de 4.5 m; por lo tanto no se considera como un factor de peligro la altura de influencia del fuego en el fuste que pueda propagarse a la copa del arbolado.

Se presenta el cuadro 17, el cual detalla los resultados en porcentaje de rebrotes los cuales surgieron posterior a las quemas prescritas en el arbolado del sitio clon.

Cuadro 17. Porcentaje de rebrotes en arbolado.

Área	Porcentaje (%)
Fuste	22.7
Base	5.3

*Los datos presentados son datos en porcentaje promedio y se refieren al arbolado dentro de las 11 parcelas establecidas.

El cuadro 17 muestra los resultados en cuanto a rebrotes observados en el arbolado de las 11 parcelas establecidas, se determinó que el 28.1 % de los individuos presentó rebrotes en el fuste y/o en la base posterior a la aplicación del fuego.

La altura promedio de la influencia del fuego en el fuste fue de 2.51 m, según (Rodríguez Trejo 2002) la quema se considera de intensidad alta; atribuyendo a la intensidad de la quema como uno de los factores influyentes en la emisión de rebrotes.

T. grandis es considerada como una especie de crecimiento rápido en los primeros años, considerando las características en función de la actividad de las células meristemáticas, lo cual influye en la capacidad de la misma ante el surgimiento de brotes y rebrotes; según (Weaver 1993) los rebrotes en teca son de crecimiento inicial rápido; por lo que al someter a *T. grandis* al fuego, la intensidad de la quema influyó en la actividad los meristemas laterales formados por el cambium principalmente en las heridas provocadas por actividades

de poda, iniciando un mecanismo de respuesta ante estrés, influenciando el crecimiento de rebrotes, tal y como los que se observan en la figura 42.



Figura 42. Rebrote en fuste 5 meses después de la quema prescrita.

La figura 42 hace referencia a los rebrotes que surgieron posterior a la aplicación del fuego, por lo que se establece que los resultados concuerdan con lo mencionado por (Weaver 1993) citando a Ross 1961 “el fuego estimula el crecimiento de rebrotes”.

Es importante resaltar que no se atribuye como efecto principal del fuego el surgimiento de rebrotes, sino como un estímulo generado sumado a la capacidad brotona de la teca, esto considerando que según evaluaciones de espesor de corteza quemada, el fuego no propició daños más allá de la corteza.

Sin embargo, es importante considerar que el surgimiento de rebrotes compromete la calidad de la madera, esto debido a la formación de nudos en el fuste, si no se aplica una poda, el tejido fisiológico envuelve las ramas no podadas propiciando un defecto en el interior; considerando lo anterior, se determina que en la finca 111 se requerirá implementar un plan de poda y deshije, lo cual puede repercutir en los costos de manejo silvícola, esto

con la finalidad de disminuir la cantidad de nudos en el fuste, logrando el cierre y cicatrización óptima, la cual propicie una madera libre de nudos.

Es importante mencionar que uno de los efectos de la quema prescrita en la corteza de los árboles cercanos al área de rumas (acumulación de combustible pesado) tal y como se observan en la figura 43; provocó grietas en la corteza lo cual según (CCDA 2006) hace que la madera interna sea más susceptible al ataque de insectos y enfermedades.

Dicho efecto se atribuye principalmente a la distribución de material pesado, así también como factor influyente se considera la escasa actividad de liquidación del fuego en dichas áreas posterior a la quema prescrita, lo cual propició un mayor tiempo de combustión; dicho efecto se observó en el 0.17 % de los árboles que se encuentran dentro de la finca 111, por lo que se considera imprescindible la supervisión de la liquidación del fuego en áreas con presencia de combustible pesado, posterior a la quema prescrita.



Figura 43. Efecto del fuego en árboles cercanos a combustibles pesados.

B. Corteza quemada

Se consideró evaluar el efecto del fuego mediante la cuantificación de espesor de corteza quemado en dos árboles por parcela establecida.

El cuadro 18 presenta los resultados promedios de 22 placas de corteza, cada una con dimensiones de 5 cm².

Cuadro 18. Corteza quemada (mm).

Hora de la quema 18:30 horas		
Finca 111		
Parcela	Corteza quemada (mm)	Espesor de corteza total (mm)
1	0.25	14
2	0.75	11
3	0.5	13
4	0.25	11
5	0.63	11
6	0.63	14
7	0.63	13
8	0.75	12
9	0.38	11
10	0.25	13
11	0.38	12
Promedio	0.49	12.3
Error estándar	0.06	0.036

Los datos del cuadro 18 presentan datos promedios por parcela, con los cuales se logró determinar datos generales por finca; las incisiones de corteza se realizaron mediante cortes longitudinales entre 0.30 m - 1 m desde la base del árbol a la copa.

Según mediciones de espesor total realizados en las 22 piezas de corteza, y en 2 secciones de cortes transversales de un árbol representativo de la finca, se logró estimar que en promedio los árboles de la finca 111 cuentan con 12.3 mm de espesor lo cual equivale a 1.23 cm; para lo cual el promedio general que se determinó como espesor quemado (0.49

mm) representa el 4 % de espesor de corteza total, considerando dicho dato se podría estimar que la corteza afectada por el fuego en promedio no supera 0.50 mm.

Considerando el error estandar en las variables corteza quemada y espesor de corteza total, ambos valores son menores al 15 %, por lo que según (Xól 2017) se determina que los valores reportados se consideran aceptables respecto a los datos reportados y lo que se encuentra en realidad en la masa forestal evaluada.

Se considera que una quema prescrita realizada en condiciones climáticas similares y con características de plantación y combustibles parecidas a las que presentó la finca 111, podría propiciar un espesor de corteza quemada mínima de 0.25 mm, y una máxima de 0.75 mm.

La figura 44 representa según las literales, (A) medición del espesor de corteza, (B) corte transversal de teca en el cual se puede observar la corteza externa e interna, albura y duramen, (C) medición de la corteza quemada corte longitudinal.



Figura 44. Medición de corteza y corte transversal.

Los resultados se atribuyen a la velocidad de propagación del fuego, influenciada principalmente por la velocidad del viento, esto considerando lo mencionado por (Pico

Coronel 2018) el cual recomienda una velocidad del viento comprendido entre 6.5 km/h - 16 km/h, sin embargo para el caso de la quema desarrollada en la finca 111 la velocidad del viento oscilo entre 5.4 km/h - 25.3 km/h, una velocidad mínima y máxima fuera de los rangos óptimos, lo cual propició que la velocidad de propagación del fuego estuviera comprendida entre 0.63 km/h - 1.57 km/h, un rango de velocidad bajo, para lo cual no contribuyó en disipar el humo generado, ocasionando que la radiación se elevara a la copa de los árboles, influyendo en la deshidratación de las hojas y posterior a ello, la pérdida prematura del follaje.

Los datos máximos de espesor quemado también se atribuyen a la cercanía del arbolado a las áreas con presencia considerable de combustibles forestales pesados, lo cual propició una mayor exposición de los árboles al calor del fuego y por ende mayor espesor de corteza quemado, sin embargo es importante señalar que aun en los árboles con los mayores valores de espesor de corteza quemada el cambium vascular no sufrió ningún tipo de daño.

Los resultados obtenidos en lo que respecta a la primera evaluación post quema, no se consideran un efecto que cause mortalidad en el arbolado, debido a que el 96 % del espesor de corteza no sufrió ningún efecto negativo, protegiendo a la albura y al duramen de sufrir daños por plagas y/o enfermedades influenciadas por efecto del fuego.

2.5.3.2. Finca 186 sitio semilla

Mediante el establecimiento de parcelas y el levantamiento de datos dasométricos fueron contabilizados 151 árboles en las 11 parcelas muestreadas; considerando los datos, se determinó la densidad promedio de 466 árboles /ha; con una altura promedio de 15.94 m, y un diámetro a la altura del pecho de 19.08 cm.

A. Altura de influencia del fuego y generación de rebrotes

Como una de las variables de importancia para determinar el efecto del fuego en el arbolado, se consideró la altura de influencia del fuego (chamuscado); en el cuadro 19 se presentan los resultados en metros, altura total y porcentaje de la altura de influencia del fuego en el fuste.

Cuadro 19. Altura de influencia del fuego en el fuste.

Hora de la quema 03:00 horas			
Finca 186			
Parcela	Altura de influencia del fuego en el fuste promedio(m)	Altura total promedio del arbolado (m)	% de influencia del fuego en el fuste
1	0.69	16.6	4.2
2	0.6	16.5	3.6
3	0.87	13.5	6.5
4	0.72	14.2	5.1
5	0.64	16.8	3.8
6	0.54	16.4	3.3
7	0.59	16.9	3.5
8	0.77	16.1	4.8
9	0.95	15.3	6.2
10	0.6	17.2	3.5
11	0.93	15.8	5.9
Promedio	0.72	15.94	4.58
Error estándar	0.03	0.15	

En el cuadro 19 se observan los datos promedios de alturas del arbolado en metros por parcela; para los árboles de la finca 186, la altura de influencia del fuego en el fuste promedio fue de 0.72 m lo cual equivale al 4.58 % de la altura total promedio; considerando dicho dato se podría estimar que (0.32 m) de la primera troza aprovechable sería la que tendría la corteza chamuscada.

Considerando el error estándar en las variables altura promedio de influencia del fuego en el fuste y altura total promedio del arbolado, ambos valores son menores o igual al 15 %,

por lo que según (Xól 2017) se determina que los valores reportados se consideran aceptables para el levantamiento de datos en la masa forestal evaluada.

Se considera que una quema prescrita realizada en condiciones climáticas similares y con características de plantación y combustibles parecidas a las que presentó la finca 186, podría propiciar una altura fustal quemada mínima de 0.54 m, y una máxima de 0.95 m, rangos que se consideran fuera de peligro para *T. grandis* por (Ramos Rodríguez et al. 2018).

Según los datos dasométricos, la altura media de las ramas más bajas de la plantación muestreada fue de 5.5 m; por lo tanto no se considera como un factor de peligro la altura de influencia del fuego en el fuste que pueda propagarse a la copa del arbolado.

Como efecto del fuego se presenta el cuadro 20 el cual detalla los resultados en porcentaje de rebrotes los cuales surgieron posterior a las quemas prescritas en el arbolado.

Cuadro 20. Porcentaje de rebrotes en arbolado.

Área	Porcentaje %
Fuste	10.1
Base	2

*Los datos presentados en el cuadro 16, son datos en porcentaje promedio y se refieren al arbolado dentro de las 11 parcelas establecidas.

El cuadro 20 muestra los resultados en cuanto a rebrotes observados en el arbolado de las 11 parcelas establecidas, se determinó que el 12.1 % de los individuos presentó rebrotes en el fuste y/o en la base posterior a la aplicación del fuego.

La altura promedio de la influencia del fuego en el fuste fue de 0.72 m, según (Rodríguez Trejo 2002) se clasifica como una quema de baja intensidad; razón por la cual se determina que el fuego implementado a través de la quema prescrita no se considera como factor

influyente en la emisión de rebrotes, sino se atribuye la emisión de los mismos a la capacidad brotona de la teca a través de la actividad de las células meristemáticas laterales lo cual influye en la capacidad de la misma ante el surgimiento de rebrotes.

B. Corteza quemada

Se consideró evaluar el efecto del fuego mediante la verificación de espesor de corteza quemado en dos árboles por parcela establecida.

El cuadro 21 presenta los resultados promedios de 22 placas de corteza, cada una con dimensiones de 5 cm².

Cuadro 21. Corteza quemada (mm).

Hora de la quema 03:00 horas		
Finca 186		
Parcela	Corteza quemada (mm)	Espesor de corteza total (mm)
1	0.5	9
2	0.63	8
3	1.25	9
4	0.75	9
5	1.50	10
6	1.38	9
7	0.75	9
8	0.75	7
9	0.75	8
10	0.88	9
11	0.88	10
Promedio	0.91	8.8
Error Estándar	0.14	0.26

Los datos del cuadro 21 presentan datos promedios por parcela, con los cuales se logró determinar datos generales por finca; las incisiones de corteza se realizaron mediante cortes longitudinales entre 0.30 m - 0.94 m desde la base del árbol a la copa.

Según mediciones de espesor total realizadas en las 22 piezas de corteza quemada, y en 3 secciones de cortes transversales de un árbol representativo de la finca 186, se logró estimar que en promedio los árboles cuentan con 8.8 mm de espesor lo cual equivale a 0.88 cm; para lo cual el promedio general que se determinó como espesor quemado (0.91 mm) representa el 10.3 % de espesor de corteza total, considerando dicho dato se podría estimar que la corteza afectada por el fuego en promedio no supera 1 mm.

Considerando el error estandar de la variable corteza quemada, el valor es menor al 15 %, por lo que según (Xól 2017) se determina que los valores reportados se consideran aceptables respecto a los datos reportados y lo que se encuentra en realidad en la masa forestal evaluada.

Se considera que una quema prescrita realizada en condiciones climáticas similares y con características de plantación y combustibles parecidas a las que presentó la finca 186, podría propiciar un espesor de corteza quemado mínimo de 0.50 mm, y una máxima de 1.50 mm.

Es importante resaltar que a diferencia del tratamiento aplicado en la quema prescrita de la finca 111, en la finca 186 se apreció un mayor espesor de corteza quemado, esto puede haber sido influenciado por que las plantas de origen semilla poseen una corteza más delgada comparada con las plantas modificadas genéticamente, además de la velocidad baja de propagación del fuego influenciada principalmente por las velocidades de viento en la ejecución de la quema prescrita.

La figura 45 representa según las literales, (A) medición del espesor de corteza, (B) corte transversal de teca en el cual se puede observar la corteza externa e interna, albura y duramen, (C) medición de la corteza quemada corte longitudinal.

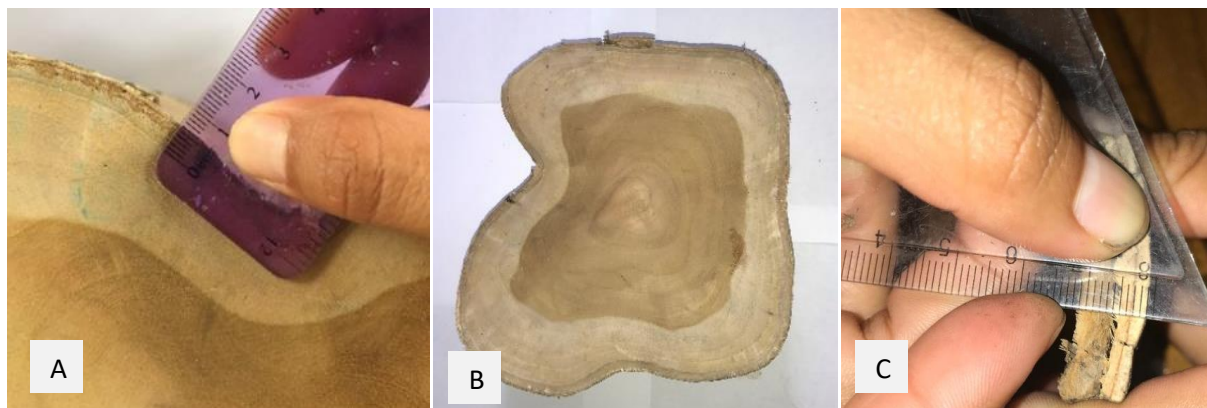


Figura 45. Medición de corteza y corte transversal.

Los resultados se atribuyen a la velocidad de propagación del fuego, influenciada principalmente por la velocidad del viento; en la finca 186 la velocidad del viento estuvo entre 0 km/h - 9 km/h, una velocidad por debajo de los rangos óptimos según (Pico Coronel 2018); dicho rango de velocidad de viento propició que la velocidad de propagación del fuego estuviera entre 0.05 km/h - 0.60 km/h, una velocidad relativamente baja comparada con la velocidad de propagación de la quema prescrita de la finca 111; por lo que se atribuye a la velocidad de propagación como un factor influyente en el espesor quemado de corteza, esto debido a un mayor tiempo de exposición de los árboles al fuego.

Los resultados obtenidos en lo que respecta a la primera evaluación post quema, no se consideran como efecto que cause mortalidad en el arbolado, debido a que el 89.7 % del espesor de corteza no sufrió ningún efecto negativo, protegiendo a la albura y al duramen de sufrir daños por plagas y/o enfermedades influenciadas por efecto del fuego.

2.6. Monitoreo de la quema para la determinación del comportamiento del fuego

Se monitorearon variables tales como altura de la llama, velocidad de propagación y en el apartado de variables climáticas: temperatura, humedad relativa, velocidad y dirección del

viento; esto con la finalidad de determinar el comportamiento del fuego en las fincas 111 y 186, mediante la aplicación del fuego a través de quemas prescritas.

Se realizó la caracterización general de combustibles y el respectivo monitoreo de la quema tal y como se explicó en la metodología; a continuación se presentan los siguientes resultados.

2.6.1. Condiciones atmosféricas y comportamiento del fuego

Durante la realización de las quemas prescritas se monitorearon aspectos del comportamiento del fuego (altura de llama y velocidad de propagación) y variables climáticas (temperatura, humedad relativa, velocidad y dirección del viento).

El comportamiento del fuego es influenciado por variables climáticas, de relieve y características de combustibles forestales, para las aplicaciones del fuego mediante quemas prescritas en las dos fincas evaluadas, el relieve es predominantemente plano, razón por la cual se consideran de mayor influencia en el comportamiento del fuego las características de combustible forestal y condiciones climáticas.

2.6.1.1. Relación altura de llama y humedad relativa

Se graficó el comportamiento de las variables altura de llama y humedad relativa para determinar la relación entre sí.

Considerando lo anterior, se presenta la figura 46.

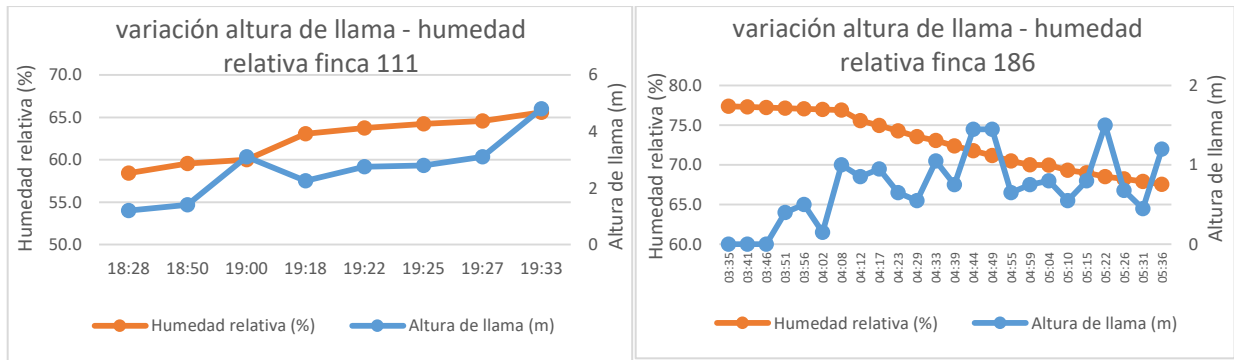


Figura 46. Relación de la variación de la altura de llama y de humedad relativa.

La figura 46 muestra dos comportamientos similares en cuanto a la relación de las variables altura de llama y humedad relativa; se puede observar que existe una relación entre ambas variables, considerando que en los dos escenarios, al disminuir la humedad relativa, se observa un incremento en la altura de llamas; como bien se sabe, la humedad relativa se relaciona con la cantidad de vapor de agua que existe en el ambiente y en los combustibles forestales, por lo tanto, la disminución de humedad aumentó la capacidad de combustión en los combustibles forestales en su mayoría combustibles livianos.

La relación entre la temperatura y humedad relativa se ve reflejada en el comportamiento de los dos escenarios, considerando que en la finca 111 la temperatura disminuye, lo que favorece el incremento de la humedad relativa; caso contrario ocurre en la finca 186, puesto que la temperatura aumenta lo que propicia la disminución de la humedad relativa; esto considerando los horarios en los cuales se realizaron las aplicaciones del fuego.

Por lo tanto, es importante mencionar que el comportamiento del fuego (altura de llama) presentó variaciones en los dos escenarios debido a que fue influenciado parcialmente por las variaciones de humedad relativa, como de la cantidad y distribución del combustible, esto considerando la distribución de combustibles livianos, pesados pero especialmente los combustibles vivos lo cuales no se encontraban homogéneos en las áreas evaluadas, razón por la cual se atribuyen las alturas de llama con mayor longitud a las áreas en las cuales existía mayor acumulación de combustible de tipo vivo (arvenses y/o rebrotes de teca).

2.6.1.2. Relación altura de llama y temperatura

La temperatura es una variable climática influyente en las quemas prescritas, considerando que el comportamiento de la temperatura influye en la humedad de los combustibles forestales, favoreciendo o perjudicando la aplicación del fuego en el ecosistema en el cual se desarrolle.

La figura 47 muestra el comportamiento de temperatura y su relación con la altura de la llama en los dos escenarios evaluados.

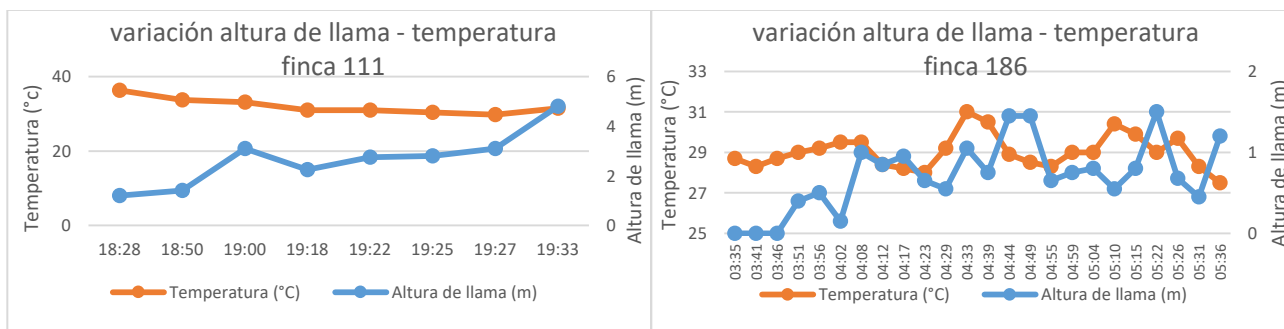


Figura 47. Relación de la variación de la altura de llama y de temperatura.

La figura 47 muestra los comportamientos de las variables en los dos escenarios evaluados, en la finca 111, la temperatura mostró un comportamiento de disminución, esto se debe a la hora en la cual se realizó la quema prescrita, pues según la curva de temperatura presentada en la figura 20, la temperatura generalmente a partir de las 15:00 horas empieza a disminuir; el comportamiento de la temperatura concuerda con lo mencionado por (Ortiz De La Cruz 2009) respecto a que la temperatura llega a su máximo en las primeras horas de la tarde y a su mínimo en la madrugada, es por ello que se observa un descenso en la temperatura.

En la finca 186 se observó un comportamiento variable en la temperatura y altura de llamas, razón por la cual se atribuye para este caso la altura de llama influenciada por la distribución

no homogénea de los combustibles forestales, primordialmente los combustibles forestales vivos.

Por lo tanto para los dos escenarios, la altura de llamas puede no estar directamente relacionada con la temperatura, pero si con la humedad relativa, variables que mantienen relación inversa, pues según (Flores Garnica *et al.* 2011) entre más elevada es la temperatura más baja es la humedad del ambiente y por lo tanto los combustibles forestales pierden mucha agua, secándose rápidamente, lo cual hace que dichos combustibles ardan con facilidad.

La temperatura es un factor influyente en el comportamiento del fuego, tiene una directa relación con el contenido de agua disponible en el aire y/o en los combustibles forestales, sin embargo se atribuye para este caso la altura de llama influenciada por la humedad relativa y la distribución no homogénea de los combustibles forestales, primordialmente los combustibles forestales vivos.

2.6.1.3. Relación altura de llama y velocidad del viento

La velocidad del viento es una variable climática influyente en el desarrollo de las quemas prescritas, considerando que la influencia de la misma podría propicia efectos positivos o desencadenar efectos negativos según los valores que presente.

La figura 48 muestra el comportamiento de la velocidad del viento y su relación con la altura de la llama en los dos escenarios evaluados.

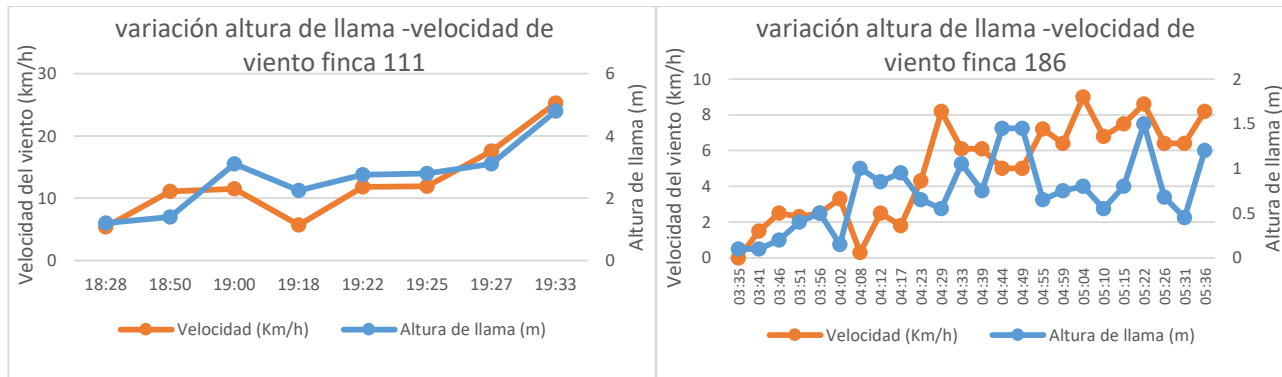


Figura 48. relación de la variación de la altura de llama y de velocidad de viento.

La figura 48 muestra los comportamientos de las variables en los dos escenarios evaluados; en la finca 111, las variaciones de altura de llama estuvieron influenciadas por la velocidad del viento, considerando que al aumentar dicha variable, aumentó la altura de llamas, mostrando una relación directa.

El desarrollo de la aplicación del fuego en la finca 186 referente a la relación de las variables indicadas no fue la excepción, considerando que desde el inicio de la quema hasta las 04:23 horas, las variaciones de velocidad del viento estuvieron por debajo de los 4 km/h permitiendo a las llamas alcanzar una altura entre 0.1 m - 1 m, una altura óptima en la ejecución de quemas prescritas.

A partir de las 04:23 horas se notaron incrementos en la velocidad del viento, y se manifestó un comportamiento similar en la altura de llama.

En los dos escenarios evaluados se percibe una gran diferencia en cuanto a los valores de la velocidad del viento y altura de llamas, lo cual repercute en los efectos post quema, considerando que para el caso de la finca 111 las alturas de llama superaron los 4 m sugeridos como altura máxima de llama en el plan de prescripción del operador forestal, dando como consecuencia el incremento de altura fustal quemada (chamuscada) y la deshidratación de la copa y por ende una defoliación del follaje.

En la finca 186 los valores de velocidad del viento se consideran relativamente bajos, ya que según (Pico Coronel 2018) se recomienda para una quema prescrita, rangos de velocidad del viento entre 6.5 km/h - 16 km/h.

Por lo tanto se determinó que la altura de llamas estuvo en los rangos óptimos, sin embargo la velocidad del viento la cual osciló entre los 0 km/h – 8 km/h, se considera por debajo de los rangos óptimos para una quema prescrita aplicada mediante la técnica de fajas en contra del viento; lo cual repercutió en la eliminación del 65 % de combustibles livianos.

2.6.1.4. Velocidad de propagación

La velocidad de propagación es una variable que expresa el comportamiento del fuego, y se define como el rango de crecimiento lineal del fuego; la figura 49 muestra el comportamiento del fuego a través de la velocidad de propagación en los dos escenarios evaluados.

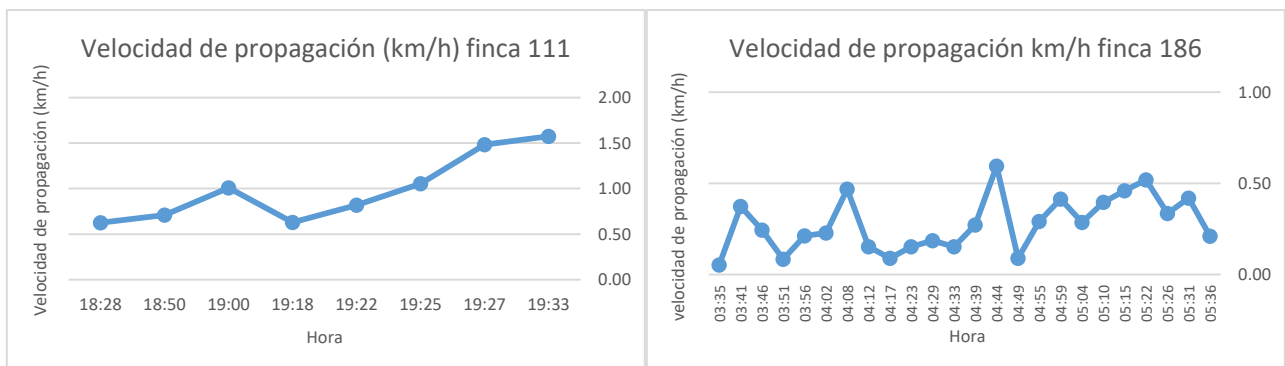


Figura 49. Velocidad de propagación (km/h).

La figura 49 muestra los comportamientos de las variables en los dos escenarios evaluados; en la finca 111 la velocidad de propagación promedio fue de 0.99 km/h, según la clasificación establecida por (Aguirre Briones 2001) se considera una velocidad de propagación alta; se determina que dicha variable se relaciona con la disponibilidad y tipo

de combustibles forestales; así mismo se denomina como factor predominante en la velocidad de propagación a la velocidad del viento.

En el desarrollo de la quema prescrita de la finca 186, la velocidad de propagación del fuego promedio fue de 0.28 km/h, según (Aguirre Briones 2001) dicha velocidad se clasifica como una velocidad de propagación media.

La velocidad de propagación mostró un comportamiento inestable presentando alzas y bajas a lo largo de la quema prescrita, sin embargo es importante mencionar que la velocidad no superó los 0.60 km/h, esto se atribuye principalmente a la velocidad del viento, al contenido de humedad disponible en el ambiente y en los combustibles forestales principalmente livianos, disminuyendo la capacidad de combustión de los mismos, por lo cual existió un gasto mayor de energía para lograr evaporar la humedad de los combustibles, lo cual justifica la baja tasa de la velocidad de propagación.

2.6.1.5. Relación temperatura, humedad relativa y velocidad del viento

Las variables climáticas son consideradas primordiales en la planificación y ejecución de una quema prescrita; se presenta la figura 50 la cual muestra la relación entre la temperatura (°C), humedad relativa (%) y velocidad del viento (km/h).

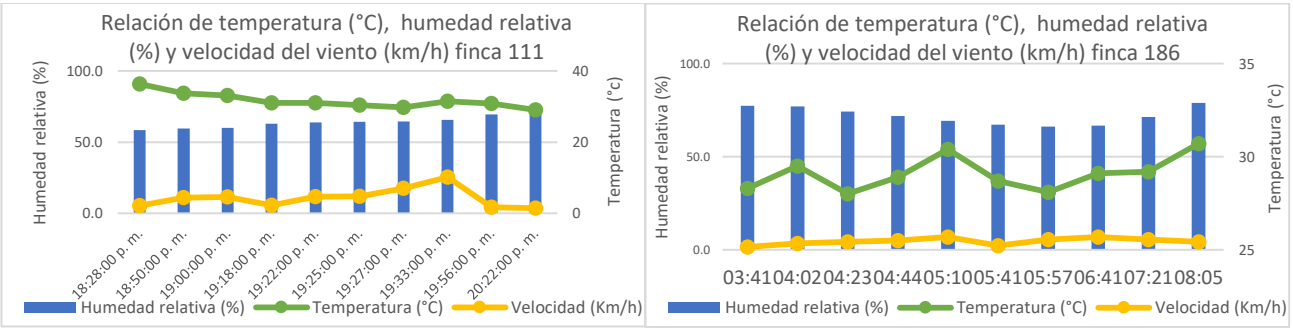


Figura 50. Relación temperatura, humedad relativa y velocidad del viento.

La figura 50 muestra los comportamientos de las variables climáticas consideradas de influencia en los dos escenarios evaluados.

En la quema prescrita realizada en la finca 111; se determina que a medida que incrementa la humedad relativa, la temperatura disminuye, lo cual concuerda con (Flores Garnica *et al.* 2011) respecto a la relación inversa entre las variables mencionadas; tomando en cuenta lo anterior, se considera que los combustibles livianos ganaron con mayor facilidad humedad reduciendo la capacidad de los mismos para combustionar; dicho comportamiento influyó en las variaciones de velocidad de propagación; sin embargo la transmisión del calor por radiación contribuyó en la deshidratación de los combustibles, adicionando a ello, los rangos de la velocidad del viento los cuales facilitaron que el combustible forestal liviano se quemará en un 80 %.

De acuerdo con los resultados de la finca 186, la humedad relativa presentaba un comportamiento de disminución, lo cual concuerda con la relación inversa de la temperatura según (Flores Garnica *et al.* 2011).

Para este caso en particular al disminuir la humedad relativa, y presentar el comportamiento variable de la temperatura, los combustibles livianos ganaron y perdieron con mayor facilidad humedad, reduciendo y aumentando la capacidad de los mismos para combustionar; es preciso mencionar que la velocidad del viento se consideró por debajo del rango óptimo lo cual repercutió en la baja tasa de propagación del fuego, provocando en ciertas áreas la deshidratación de combustibles forestales vivos.

De tal forma se determina que parte del comportamiento del fuego obedece a variaciones del estado del tiempo, principalmente de humedad relativa y velocidad del viento, así mismo a las características y distribución de los combustibles forestales; cabe resaltar que, en cuanto al estado del tiempo, se enfatiza que las condiciones en las cuales se realizó la quema se consideraron como rangos seguros, mas no óptimos en el caso de la velocidad del viento; propiciando una velocidad de propagación baja, lo cual puede no ser favorable en futuras aplicaciones del fuego.

2.7. CONCLUSIONES

1. Las quemas prescritas contribuyeron en la reducción de combustibles forestales, principalmente los de tipo hojarasca, los cuales fueron los más abundantes ocupando en promedio cerca del 80 % del peso total de combustibles en ambos sitios; la reducción promedio del combustible liviano en ambos sitios, posterior a la aplicación del fuego fue del 70 %.
2. El efecto a corto plazo (4 meses) posterior a la aplicación del fuego, propició un mayor desarrollo de especies arvenses, incrementándose en promedio un 15 % en ambos sitios; esto se puede considerar un efecto positivo, dado que la vegetación del sotobosque contribuye a conservar el suelo y no parece afectar el desarrollo de los árboles de teca en esta etapa de su desarrollo.
3. El efecto del fuego en el arbolado varió en los dos sitios; para la altura fustal sobre el suelo fue de 16 % - 5 % presentando mayor porcentaje el sitio clon; respecto al espesor de corteza fue de 4 % - 10 % presentando mayor porcentaje el sitio semilla y para agrietamiento de corteza entre 0.17 % - 0 % presentando mayor porcentaje el sitio clon.

Las diferencias se atribuyen a la intensidad de quema, condiciones climáticas influenciadas por las horas y comportamiento del fuego principalmente la velocidad de propagación del fuego influenciado por la cantidad y disposición de combustibles forestales; en ninguna de las dos condiciones (clon - semilla) ni en ninguna de las condiciones de quema el fuego alcanzó el cambium. Finalmente, hubo mayor respuesta de rebrotes en la condición de quema de mayor intensidad, lo cual conlleva una mayor necesidad de poda.

2.8. RECOMENDACIONES

Debido a que este es el primer estudio de aplicación silvicultural del fuego en plantaciones de Teca en Guatemala, la realización del ensayo generó información relevante que confirma el potencial de utilizar el fuego prescrito como herramienta de manejo de plantaciones con esta especie. La realización del trabajo permitió identificar algunos aspectos que requieren un mejor abordaje en futuras investigaciones, siendo estos los siguientes:

1. Disponer de un registro de parcelas permanentes para monitorear los efectos del fuego en el crecimiento y rendimiento maderable, sobre los efectos en el suelo (erosión y vegetación arbustiva y herbácea y acumulación de combustibles livianos) así como sobre el estado sanitario de los rodales. Considerar incrementar la superficie de las unidades de muestreo (parcelas permanentes) a 1,000 m².
2. La fecha de quema fue del 10 al 15 de mayo, generando condiciones de mayor riesgo por la intensidad de calor; idealmente las quemas debieran aplicarse en febrero, al final de la estación lluviosa e inicio del periodo seco, cuando el combustible presenta mayor humedad y menos riesgo de escape del fuego; en el periodo de 3 a 5 días posterior a la última precipitación pluvial, entre 4:00 - 7:00 horas.
3. Derivado del presente trabajo, se puede definir para los sitios de estudio como rango óptimo para la realización de quemas prescritas, velocidad del viento entre 4.5 km/h - 12 km/h, temperatura por debajo de los 30 °C, y humedad relativa entre 50 % - 70 %.
4. Las áreas a quemar deben estar libres de combustible pesado, el cual pueda poner en riesgo el arbolado cercano al mismo por sobrecalentamiento.

2.9. BIBLIOGRAFÍA

1. Agencia de los Estados Unidos para el Desarrollo Internacional (USAID). (2006). *Curso de Operaciones de Prevención y Control de Incendios Forestales*. Recuperado el 25 de marzo de 2019, de Costa Rica: USAID: <https://scms.usaid.gov/sites/default/files/documents/1866/MR-%20COPCIF.pdf>
2. Aguirre Briones, F. (2001). *Manual de Formación de Incendios Forestales para Cuadrillas*. (2 ed.). Obtenido de España: Gobierno de Aragón, Natural de Aragón, Departamento de Medio Ambiente, [https://www.aragon.es/documents/20127/674325/MANUAL_INCENDIOS_CUA DRILLAS.pdf/7a477952-318e-3110-a2df-94692725ab98](https://www.aragon.es/documents/20127/674325/MANUAL_INCENDIOS_CUA_DRILLAS.pdf/7a477952-318e-3110-a2df-94692725ab98)
3. Agustín, R. (2018). El Fuego una Herramienta Ecológica de Manejo. *Revista Forestal de Guatemala*, (2), 6-7. Recuperado el 5 de junio de 2019, de <http://www.inab.gob.gt/documentos/seriedivulgativa/revistaforestalguateed2.PDF>
4. Barquín Durán, R. F. (2018). *Resumen de los Diferentes Parámetros*. Petén, Guatemala: Instituto Nacional de Sismología, Vulcanología, Meteorología e Hidrología (INSIVUMEH), Departamento de Investigación y Servicios Hídricos, Proyecto Hidrometereológico del Norte de Petén.
5. Batún López, S. G. (2016a). *Instructivo de Quemadas Controladas e Incendios Forestales*. Santa Elena, Petén, Guatemala: Tripan, Departamento de Protección Forestal.
6. Batún López, S. G. (2016b). *Procedimiento de Quemadas Controladas e Incendios Forestales*. Petén, Guatemala: Tripan, Jefe de Protección Forestal. (A. E. Saucedo Castellanos, Entrevistador).
7. Blanco Valdés, Y. (2016). *El rol de las Arvenses como Componente en la Biodiversidad de los Agroecosistemas*. Obtenido de Cultivos Tropicales, 37(4), http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S025859362016000400003
8. Blanco, Y., & Leyva, Á. (2007). Las Arvenses en el Agroecosistema y sus Beneficios Agroecológicos como Hospederas de Enemigos Naturales. *Cultivos Tropicales*, 28(2), 21-28. Obtenido de: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=193217731003>
9. Calel De la Cruz, C. M. (2016). *Participación en el Manejo en Plantaciones de Teca*

(*Tectona grandis*) en Las Cruces, La Libertad, Petén; *Sistematización de Práctica Profesional*. (Tesis Ing. Forestal, Universidad Rafael Landívar, Facultad de Ciencias Ambientales y Agrícolas: Guatemala).

10. Central de Operaciones (2019). *Estadísticas de Temperatura de la Temporada de Incendios*. Petén, Guatemala: Tripan.
11. Central de Operaciones (2019). *Estadísticas Pluviométricas de la Temporada de Incendios*. (F. Choc, Ed.) Tripan, Petén, Guatemala.
12. Chávez Durán, Á. A., Xelhuantzi Carmona, J., & Rubio Camacho, E. (2016). Caracterización de Cargas de Combustibles Forestales para el Manejo de Reservorios de Carbono y la Contribución al Cambio Climático. Recuperado el 30 de marzo de 2019, de *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, no. 13, 2589-2600: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=263144472012>
13. Comisión Centroamericana de Ambiente y Desarrollo, El Salvador (CCDA). (2006). *Manual Centroamericano de Prevención de Incendios Forestales*. El Salvador: CCDA.
14. Comisión Nacional Forestal, México (CONAFOR). (2010). *Incendios Forestales; Guía Práctica para Comunicadores (3 ed.)*. Obtenido de: San Juan de Ocotán, Zapopan, Jalisco, México: CONAFOR: <http://www.conafor.gob.mx:8080/documentos/docs/10/236Gu%C3%Ada%20pr%C3%A1ctica%20para%20comunicadores%20-%20Incendios%20Forestales.pdf>
15. Coordinadora Nacional para la Reducción de Desastres, Guatemala (CONRED). (2019). *Protocolo Nacional Temporada de Incendios Forestales 2018-2019*. Obtenido de Guatemala: CONRED: <https://conred.gob.gt/site/protocolaNacional-Temporada-de-Incendios-20182019>
16. De Camino, R., & Budowski, G. (1998). *Impactos Ambientales de las Plantaciones Forestales y Medidas Correctivas de Carácter Silvicultural*. Obtenido de Turrialba, Costa Rica: CATIE: https://www.researchgate.net/profile/Ronnie_De_Camino/publication/262728776_Impactos_ambientales_de_las_plantaciones_forestales_y_medidas_correctivas_de_caracter_silvicultural/links/00463538a7617054cb000000/Impactosambientales-de-las-plantaciones-forestales-de-las-plantaciones-forestales.pdf

17. De Camino, R., & Morales, J. P. (2013). *Las Plantaciones de Teca en América Latina: Mitos y Realidades*. Recuperado el 13 de abril de 2019, de Turrialba, Costa Rica: CATIE, Serie Técnica Boletín Técnico no. 397: http://onfcr.org/media/uploads/documents/teca_mitos_y_realidades.pdf

18. De La Cruz, J. R. (1982). *Clasificación de Zonas de Vida de Guatemala a Nivel de Reconocimiento*. Obtenido de Guatemala: Instituto Nacional Forestal. <http://fausac.usac.edu.gt/tesario/tesis/ZONAS%20DE%20VIDA.pdf>

19. Donoso, P. J., Giménez Navarro, C., Soto, D., Gerding, V., Thiers, O., Pinares, J., . . . Sanhueza, M. (2015). *Control de Malezas en Plantaciones Forestales de Especies Nativas*. Obtenido de *Manual de Plantaciones de Raulí (Nothofagus alpina) y Coihue (Nothofagus dombeyi) en Chile*. Temuco, Chile: Universidad Austral de Chile / Universidad Católica de Temuco. 203 p.: https://www.researchgate.net/publication/288831931_Control_de_malezas_en_plantaciones_forestales_de_especies_nativas_En_Donoso_P_C_Navarro_D_Soto_V_Gerding_O_Thiers_J_Pinares_B_Escobar_MJ_Sanhueza_2015_Manual_de_plantaciones_de_rauli_Nothofagus_alpina

20. Flores Garnica, J. G., Rosas Aceves, O. G., Ortega Minakata, A. T., Rodríguez Chávez, O. G., Chávez Durán, Á. A., & Xelhuantzi Carmona, J. (2011). *Monitoreo del Comportamiento en Quemas Prescritas*. Recuperado el 25 de marzo de 2019, de Jalisco, México: SAGARPA / INIFAP: <http://biblioteca.inifap.gob.mx:8080/jspui/bitstream/handle/123456789/3449/3553%20Monitoreo%20comportamiento%20del%20fuego%20en%20quemas%20prescritas.pdf?sequence=2>

21. Fondo Nacional de Financiamiento Forestal, Costa Rica (FONAFIFO). (2004). *Manual para Productores de Teca (Tectona grandis L. F.) en Costa Rica*. Recuperado el 26 de marzo de 2019, de Turrialba, Costa Rica: FONAFIFO: <http://www.fonafifo.go.cr/media/1332/manual-para-productores-de-teca.pdf>

22. Grillo Delgado, F., Díaz Fababú, D., & Caamaño Azcárate, J. (2012). *Curso Nivel II, Incendios Forestales, Manejo del Fuego*. Obtenido de Granada, México: Grupo de Acción Forestal (GRAFOR): <https://docplayer.es/72165157-Curso-nivel-ii-incendios-forestales-manejo-del-fuego.html>

23. Gutiérrez Rosa, B. d. (2008). *Evaluación de la Respuesta del Crecimiento, Productividad y Calidad de una Plantación de Teca (Tectona grandis L.F. Verbenaceae), con un Raleo Prescrito al 50%, en tres Clases de Sitio, en la*

Finca Sexánlxte, Chahal, Alta Verapaz, Guatemala. (Tesis Ing. Agr., Universidad Rafael Landívar, Facultad de Ciencias Ambientales y Agrícolas).

Recuperado el 27 de marzo de 2019, de:
<http://bibliod.url.edu.gt/Tesis/06/22/Gutierrez-Rosa-Benedicto/Gutierrez-RosaBenedicto.pdf> Contenido de Tesis (PDF)

24. Hall, D., & Patterson, D. (1992). Itchgrass-Stop the Trains? Obtenido de *Weed Technology*, 6(1), 239-241: www.jstor.org/stable/3987198

25. Hernández Rodríguez, P. (2017). *Efecto de Diferentes Métodos de Control de Arvenses en las Propiedades del Suelo, en Plantaciones de Teca (Tectona grandis L.f.) Cartago, Costa Rica*. Obtenido de: (Tesis Inga. Forestal, Escuela de Ingeniería Forestal: Costa Rica):
https://repositoriotec.tec.ac.cr/bitstream/handle/2238/9398/efecto_diferentes_métodos_control_arvenses_propiedades_suelo_plantaciones_teca_tectona_grandis.pdf?sequence=1&isAllowed=y

26. Hudson, J., & Salazar, M. (1981). *Las Quemas Prescritas en los Pinares de Honduras*. Siguatepeque, Honduras: ESNACIFOR.

27. Instituto Nacional de Bosques, Guatemala (INAB). (2017). *INAB, Proyecto de Protección Forestal, Componente de Manejo de Fuego; Informe Nacional de Incendios Forestales*. Obtenido de Guatemala: SIFGUA:
<https://www.sifgua.org.gt/Documentos/Incendios/Informes/Informe%20año%202017.pdf>

28. Juárez Carrera, M. R. (2015). *Evaluación del Crecimiento y Productividad de Siete Procedencias de Teca (Tectona grandis L.f), en tres Distintos Sitios en el Municipio de La Libertad, Departamento de Petén, Guatemala*. Obtenido de (Tesis. Ing. Forestal, Universidad de San Carlos de Guatemala, Centro Universitario de Petén, Facultad de Agronomía: Flores, Petén, Guatemala).

29. López Moctezuma, M. Á., Rodríguez Trejo, D. A., Cortés, F. S., Sereno Chávez, A., & Granados Sánchez, D. (2015). Tolerancia al Fuego en *Quercus magnoliifolia*. Obtenido de *Revista Árvore, Vicosa-MG*, 39(3), 523-533:
http://www.researchgate.net/profile/Dante_Rodriguez-Trejo/publication/281358406_TOLERANCIA_AL_FUEGO_EN_Quercus_magnoliifolia1/links/5948bea3a6fdcc70635a3a41/TOLERANCIA-AL-FUEGO-ENQuercus-magnoliifolia1.pdf?origin=publication_detail

30. Martínez Becerra, L. W., Ramos Rodríguez, M. P., Castillo Martínez, I., Bonilla Vichot, M., & Sotoloongo Sospredra, R. (2004). Efectos de Quemaz Prescritas sobre las Propiedades del Suelo en Bosques de *Pinus tropicalis* Morelet, Cuba. Recuperado el 10 de abril de 2019, de *Revista Chapingo, Serie Ciencias Forestales y del Ambiente*, 10(1), 31-35, <http://www.redalyc.org/pdf/629/62910105.pdf>

31. Medina Fernández, B. Y., & Muñoz Astaíza, C. Y. (2006). *Metodología para la Evaluación de Servicios Ambientales*. Guatemala: Asociación Nacional del Café (ANACAFÉ).

32. Morfín Ríos, J. E.; Alvarado Celestino, E.; Jardel Pelaéz, E.; Vihnanek, R.; Wright, D.; Michel Fuentes, J.; Wright, C. S.; Sandberg, D.; Nájera Díaz, A. (2007). *Fotoseries para la Cuantificación de Combustibles Forestales de México*. Recuperado el 30 de marzo de 2019, de U.S., Department of Agriculture, Forest Service, Pacific Northwest Research: <https://www.fs.fed.us/pnw/fera/publications/fulltext/PhotoSeriesMexicoUWFERAPublication.pdf>

33. Ortiz De la Cruz, G. A. (2009). *Evaluación del Comportamiento y Efectos de las Quemaz Prescritas en la finca Lagunilla y Desarrollo de Actividades de Manejo Forestal en Georecursos S.A.* Recuperado el 26 de marzo de 2019, de (Tesis Inga. Agr., Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Agronomía: Guatemala: <http://www.repositorio.usac.edu.gt/9048/1/Gabriela%20Alejandra%20Ortiz%20De%20la%20Cruz.pdf>

34. Ortiz De la Cruz, G. A., Méndez Paiz, B. A., & Peláez, P. (2009). *Evaluación del Comportamiento y los Efectos de las Quemaz Prescritas en dos Rodales de Bosque Natural de Pinus oocarpa Schiede en la finca La Lagunilla, Jalapa, Guatemala*. Obtenido de Tikalia, 27(2), 58-79: [http://fausac.usac.edu.gt/tesario/tesis/Tikalia27\(2\)-2009.pdf](http://fausac.usac.edu.gt/tesario/tesis/Tikalia27(2)-2009.pdf)

35. Pandey, D., & Brown, C. (2000). La Teca: Una Visión Global. Recuperado el 26 de marzo de 2019, de *Unasylva*, 51, 3-13: <http://www.fao.org/tempref/docrep/fao/x4565s/X4565s02.PDF>

36. Peláez, O. (2019a). *Manejo Silvicultural Finca 111 (Petén, Guatemala)*. Guatemala: Tripan, Jefe de Área). (A. Saucedo, Entrevistador).

37. Peláez, O. (2019b). *Manejo Silvicultural de Finca 186 (Petén, Guatemala)*, Guatemala: Tripan, Jefe de Área). (A. Saucedo, Entrevistador).
38. Pico Coronel, O. G. (2018). *Comportamiento del Fuego a Escala Experimental en una Plantación de Tectona grandis Linn F. en Jipijapa, Manabí, Ecuador. (Tesis Ing. Forestal, Universidad Estatal del Sur de Manabí, Facultad de Ciencias Naturales y de la Agricultura: Ecuador, Manabí: <http://repositorio.unesum.edu.ec/bitstream/53000/1131/1/UNESUMECU.FORESTAL-2018-02.pdf>*
39. Ramos Rodríguez, M. P., Albán Ventura, D. O., Jiménez González, A., Mero Jalca, O. F., & Ganchozo Quimis, M. T. (2018). Planificación de una Quema Prescrita en una Plantación de Tectona grandis Linn F, (CFORES). Obtenido de *Revista Cubana de Ciencias Forestales*, 6(2), 184-194: <https://dialnet.uniroja.es/descarga/articulo/6606772.pdf>
40. Registro Nacional Forestal. (2018). Plantaciones obligatorias y voluntarias de Tectona grandis. (E. Avila, Ed.) INAB, Guatemala, Guatemala.
41. Rodríguez Trejo, D.A. (2002). Efecto del Fuego en el Crecimiento de Diámetro de Eucalyptus camaldulencis Dehnh. Obtenido de *Revista Chapingo, Serie Ciencias Forestales y del Ambiente*, 8(1), 71-74., <https://www.redalyc.org/pdf/629/62980108.pdf>
42. Rodríguez Trejo, D. A. (2007). *Maximizando Impactos Positivos del Fuego Mediante Quemas Prescritas en Apoyo al Manejo Integral de Incendios Forestales*. Obtenido de: México, Chapingo: Universidad Autónoma Chapingo, División de Ciencias Forestales: https://www.researchgate.net/publication/228813879_Maximizando_impactos_positivos_del_fuego_mediante_quemas_prescritas_en_apoyo_al_manejo_integral_de_incendios_forestales
43. Rodríguez Trejo, D. A., & Cruz Reyes, A. (2012). Avances en Manejo Integral del Fuego en el Centro de México. (363-381 p.). Obtenido de *Memorias del Cuarto Simposio Internacional Sobre Políticas, Planificación y Economía de los Incendios Forestales: Cambio Climático e Incendios Forestales*: https://www.fs.fed.us/psw/publications/documents/psw_grt245/es/psw_gtr245_363.pdf
44. Tripan, Guatemala. (2019). *Registro de Ocurrencia de Incendios Forestales*. Guatemala.

45. Tripan, Central de Operaciones, Guatemala. (2019). *Causas de incendios Forestales*. Petén, Guatemala.

46. Vaides López, E. E. (2004). *Características de Sitio que Determinan el Crecimiento y Productividad de Teca (Tectona grandis L.f.), en Plantaciones Forestales de Diferentes Regiones en Guatemala*. Recuperado el 25 de marzo de 2019, (Tesis Mag. Sc., Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza: Turrialba, Costa Rica:
http://repositorio.bibliotecaorton.catie.ac.cr/bitstream/handle/11554/4036/Caracteristicas_de_sitio.pdf?sequence=1&isAllowed=y

47. Weaver, P. L. (1993). *Tectona grandis L. f., Teca, Verbenaceae: Bioecología de Árboles Nativos y Exóticos de Puerto Rico y las Indias Occidentales*. Obtenido de U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Southern Forest Experiment Station. 18 p.: https://rngr.net/publications/arboles-de-puerto-rico/tectonagrandis/at_download/file

48. Xól Chocooj, L. A. (2017). *Evaluación del Volumen de Plantaciones Forestales de Teca (Tectona grandis L.f.) San Juan Chamelco, Alta Verapaz, Guatemala*. Recuperado el 14 de abril de 2019, (Tesis Ing. Forestal, Universidad Rafael Landivar, Facultad de Ciencias Ambientales y Agrícolas: Cobán, Guatemala: <http://recursosbiblio.url.edu.gt/tesiseortiz/2017/06/22/Xol-Luis.pdf>



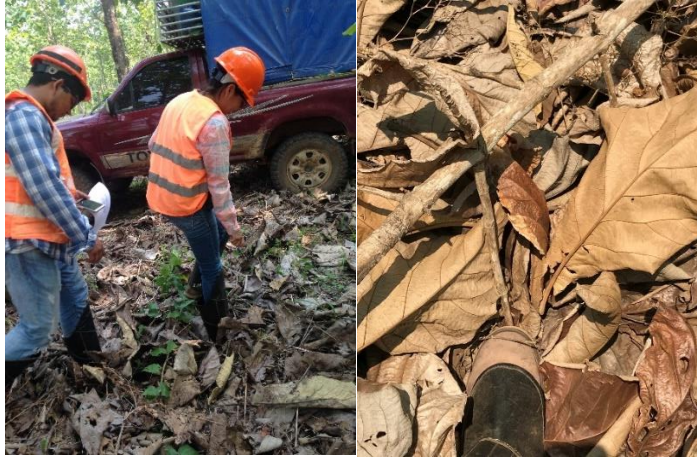

2.10. ANEXOS

2.10.1. Trabajo de campo



Fuente: elaboración propia 2019.

Figura 51A. Proceso del muestreo de combustibles forestales.



Fuente: elaboración propia 2019.

Figura 52A. Muestreo de cobertura.



Fuente: elaboración propia 2019.

Figura 53A. Proceso pre-quema prescrita.



Fuente: elaboración propia 2019.

Figura 54A. Proceso ejecución quema prescrita.



Fuente: elaboración propia 2019.

Figura 55A. Proceso de recolección de datos dasométricos.



Fuente: elaboración propia 2019.

Figura 56A. Proceso extracción y medición de placa de corteza.

2.10.2. Datos dasométricos

<i>Información dasométrica promedio/parcela finca 111</i>				
<i>Parcela</i>	<i>No. De árboles</i>	<i>Dap</i>	<i>altura</i>	<i>área basal</i>
1	18	20.22	16.67	0.587851
2	16	21.48	15.19	0.588488
3	18	19.59	15.36	0.547510
4	19	21.07	16.53	0.692082
5	21	19.32	15.25	0.647995
6	17	19.58	14.13	0.490965
7	21	19.47	15.07	0.634515
8	17	20.56	15.75	0.585740
9	21	20.86	16.08	0.731617
10	19	18.34	15.41	0.517538
11	17	18.36	13.73	0.429668
<i>promedio general</i>	19	19.90	15.38	0.586724

<i>Información dasométrica promedio/parcela finca 186</i>				
<i>Parcela</i>	<i>No. De árboles</i>	<i>Dap</i>	<i>altura</i>	<i>área basal</i>
1	12	19.23	16.56	0.353014
2	15	19.44	16.53	0.452011
3	15	17.06	13.47	0.350374
4	14	18.06	14.23	0.360093
5	13	20.00	16.85	0.416301
6	12	19.38	16.42	0.360263
7	16	19.82	16.86	0.504042
8	11	19.85	16.14	0.344650
9	15	17.33	15.27	0.358222
10	15	19.85	17.22	0.467086
11	13	19.88	15.77	0.408287
<i>promedio general</i>	14	19.08	15.94	0.397668

Fuente: elaboración propia 2019.

2.10.3. Boleta de comportamiento del fuego

	P0	P1	P1	P2	P2	P3	P3	P4	P4	P5	P5	P6	P6	P7	P7	P8	P8	P9	P9	P10	P10	P11	P11	P12
metros																								
tiempo																								

	ALTURA DE LA LLAMA														
NUMERO	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
METRO															
ALTURA LLAMA	R	F	R	F	R	F	R	F	R	F	R	F	R	F	R

Fuente: elaboración propia 2019.

2.10.4. Boleta de datos dasométricos

No. Finca					Recolector				
Coordenadas					Fecha				
No. Parcela					Altura de quemado fustal (m)				Altura de quemado promedio
No. Árbol	Lugar de rebrote	Diámetro	Altura Total (m)	Altura de copa (m)	N	E	S	O	
1									
2									
3									
4									
5									
6									
7									
8									
9									
10									
11									
12									
13									
14									
15									
16									
17									
18									
19									
20									
21									
22									
23									

Fuente: elaboración propia 2019.

2.10.5. Boleta de variables climáticas

TIEMPO (min)	T	HR	VIENTO	
			VELOCIDAD	DIRECCIÓN
0				
5				
10				
15				
20				
25				
30				
35				
40				
45				
50				
55				
60				
65				
70				
75				
80				
85				
90				
95				
100				
105				
110				
115				
120				
125				
130				
135				
140				

Fuente: elaboración propia 2019.

2.10.6. Boleta de carga de combustibles



FINCA:		FECHA:	
FONDO:		RECOLECTOR:	
No. DE MUESTRA	PESO	PROF. PROMEDIO	COORDENADAS
			X Y
1			
2			
3			
4			
5			
6			
7			
8			
9			
10			
11			
12			
13			
14			
15			
16			
17			
18			
19			
20			
21			
22			
23			
24			
25			
26			
27			
28			
29			
30			
31			
32			
33			

Fuente: elaboración propia 2019.

2.10.7. Boleta de datos de cobertura

No. TRANSECTO:		
FECHA:		
RECOLECTOR:		
FINCA:		
TIPO DE COBERTURA	PUNTOS	
HOJARASCA		
ARVENSE		
RAMAS O RAMILLAS		
SUELO DESNUDO		

Fuente: elaboración propia 2019.

2.10.8. Plan de prescripción de quema



DEPARTAMENTO DE PROTECCIÓN FORESTAL
MANEJO INTEGRADO DEL FUEGO -MIF-

PLAN DE PRESCRIPCIÓN DE QUEMAS CONTROLADAS

1. UBICACIÓN:
Finca: _____
Municipio: Las Cruces Área: _____ Propietario: F. CEIBAL F. CHAKLUM
Libertad Comunidad: _____

2. FUENTES DE ASISTENCIA DE EMERGENCIA:
Médica: Centro de Salud El buen samaritano (enfermería) y Dra. Mirza Pacay Cel.32183938
Central de Operaciones Tripan cel.: 30148329 o vía Radio.

3. DESCRIPCIÓN DE LA UNIDAD:
Tipo de vegetación: _____
% del área con la Vegetación: _____
% pendiente: _____
Descripción de los combustibles: _____

4. JUSTIFICACIÓN DE LA QUEMA:
TIPO DE QUEMA:
Reducción de Riesgo: _____ Reducción de Combustible: _____ Capacitación: _____ Investigación: _____
METAS:

OBJETIVOS DE LA QUEMA:



DEPARTAMENTO DE PROTECCIÓN FORESTAL
MANEJO INTEGRADO DEL FUEGO -MIF-

6. COMPORTAMIENTO DEL FUEGO:
Longitud de llama del fuego Frontal Máximo (máx. Permisible 4 mts): _____
Longitud de llama del fuego Frontal Mínimo _____
Longitud de llama del fuego en retroceso Máximo: _____
Longitud de llama del fuego en retroceso Mínimo: _____
Altura de Chamuscado: _____ (Máximo 3.5 mts).

7. MANEJO DE LA QUEMA:
Preparación de brechas cortafuego: _____

Técnicas de Quema:
En círculo: _____ Por Manchones: _____ Por Fajas en contra del viento: _____
Por fajas a Favor del viento: _____

Comunicación entre los miembros del equipo:
Radio: _____ Teléfono: _____ Gorgorito: _____

Áreas sensibles al fuego:

Contingencias:
Zonas de seguridad: Ronda cortafuego Rutas de escape: Hacia la ronda.

Procedimiento de escape en respuesta a situaciones de emergencia: El procedimiento de escape es buscar siempre la ronda cortafuego que es la zona de seguridad.

Fuente: Departamento de protección forestal Tripan 2019.



3.1. PRESENTACIÓN

Guatemala por sus características posee vocación forestal, sin embargo los avances de la frontera agrícola y el alto crecimiento demográfico han minimizado el potencial del país para el desarrollo de bosques y plantaciones que contribuyan con la recarga hídrica, la conservación del paisaje, el hábitat de las especies de flora y fauna, la comercialización de productos forestales entre otras.

En el ámbito del aprovechamiento responsable de recursos naturales, específicamente del recurso forestal, se encuentra Tripan Guatemala S.A.; operador forestal que se encarga del manejo de plantaciones forestales a través del establecimiento, manejo y cosecha de plantaciones de la especie *T. grandis*, contribuyendo con el desarrollo sostenible de las comunidades vecinas, velando por el cumplimiento de las operaciones desde el ámbito social, ambiental y de seguridad.

El operador forestal a través de sus diversos departamentos hace posible la gestión administrativa, es por ello que como estudiante de la Facultad de Agronomía y practicante del Ejercicio Profesional Supervisado –EPS-, se proponen servicios mediante los departamentos de protección forestal e investigación.

3.2. ÁREA DE INFLUENCIA

Los servicios realizados se categorizaron de acuerdo a la ubicación en la cual se desarrollaron; uno de ellos se llevó a cabo en la casa matriz, la cual se ubica en 1ra avenida 2-18, Zona 1, Santa Elena, Flores, Petén.

Los otros dos servicios, se llevaron a cabo en el área productiva Las Cruces A, específicamente en las fincas 68 y 144, ubicadas en los municipios de La Libertad y Las Cruces.

3.3. OBJETIVOS

3.3.1. Objetivo general

1. Apoyar en el desarrollo de las actividades programadas a los departamentos de Protección Forestal e Investigación de la empresa Tripan Guatemala S.A.

3.4. SERVICIOS REALIZADOS

3.4.1. Estimación de la productividad de las plantaciones de *T. grandis*, mediante la simulación de la corta final

3.4.1.1. Definición del problema

Considerando que uno de los objetivos de la empresa es el aprovechamiento forestal, en el cual se ven involucrados diversos procesos, entre ellos: el establecimiento, manejo y comercialización de teca; es que se considera de importancia la información con respecto a la productividad que puede proporcionar un rodal, finca o patrimonio forestal en general en determinado tiempo.

Dicha información tiene la finalidad de generar una base de datos que facilite la planificación de las diversas actividades de producción en cuanto a la estimación del volumen aprovechable; por lo que surge la necesidad de implementar un software, denominado Sistema de información Forestal (SIF TRIPAN); el cual permite la estimación de la productividad de las plantaciones forestales de Teca.

3.4.1.2. Objetivos

1. Estimar la productividad en metros cúbicos por hectárea (m^3/ha) de las plantaciones de *T. grandis*, mediante simulación de la corta final.
2. Determinar el índice de sitio por rodal de acuerdo a la productividad estimada.
3. Cuantificar el volumen de madera exportable.

3.4.1.3. Metodología

La proyección de volúmenes es estimó por sub-rodal, siendo estos 481 de las 258 fincas del patrimonio forestal; para la estimación se implementó SIF TRIPAN.

A. Estimación de la productividad en metros cúbicos por hectárea (m^3/ha) de las plantaciones de *T. grandis*, mediante simulación de la corta final

Para la estimación de la productividad en metros cúbicos por hectárea, se simuló corta final en cada uno de los sub-rodal de cada finca implementando el sistema de información forestal; para lo cual consideraron cinco pasos:

- Se seleccionó la opción procesar inventarios, posterior a ello se ingresaron los datos iniciando por la selección de la empresa, finca, rodal y sub-rodal.

SIF TRIPAN

Andrea Saucedo

Configuración

Procesar inventarios **1**

Consultas

Cartografía Digital

Simulación y manejos

Salida Inab / Conap

Generar tabla rodal

Inicio > Regresar > Siguiete > Procesar inventarios > Generar tabla rodal

Datos Generales

Parámetros de procesos

2 Empresa Selecccionar

3 Finca

4 Rodal

5 Sub Rodal

Copyright © 2018 Tripán. All rights reserved.

Versión 0.0.9

186.151.211.70/reportes/tabla-rodal/basico

- Se seleccionaron las opciones “último inventario” y “proyectar”, lo cual desplegó un cuadro en el cual se ingresó la fecha a la cual se deseaba proyectar, posterior a ello se hizo clic en el botón “procesar”.

SIF TRIPAN Andrea Saucedo

Configuración Procesar inventarios Consultas Cartografía Digital Simulación y manejos Salida Inab / Conap

Generar tabla rodal

Inicio < Regresar > Siguiente > Procesar inventarios > Generar tabla rodal

1 Datos Generales

Empresa: Forestal Ceibal, S.A.

Rodal: 1-2009

2 Parámetros de procesos

Finca: 1

Sub Rodal: 1

Usar Ultimo Inventario: ☒

Proyectar: ☒

Desde: junio de 2018

Hasta: junio de 2019

Edad (años): 8.96

Edad (años): 9.96

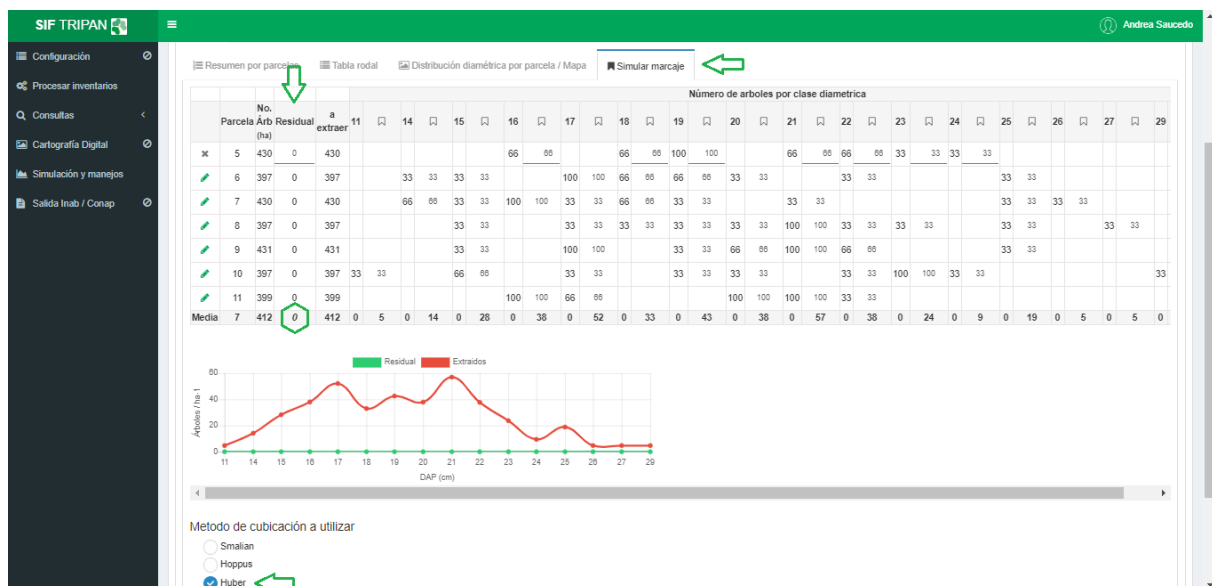
Edad (meses): 107.57

Edad (meses): 119.57

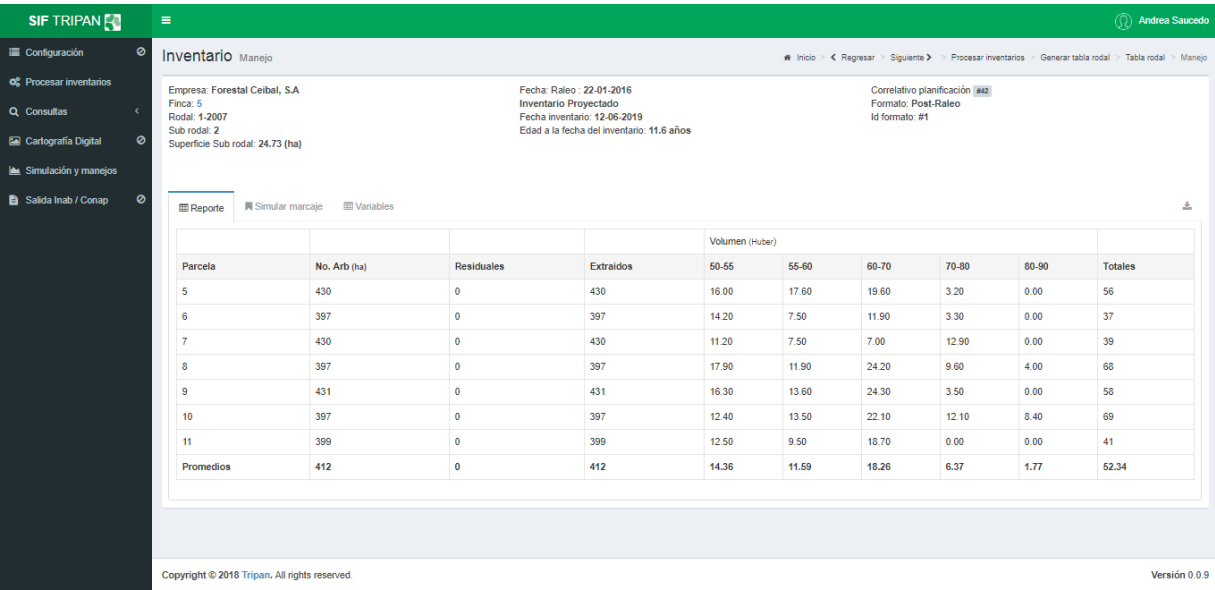
Procesar

Copyright © 2018 Tripan. All rights reserved. Versión 0.0.9

- Posterior al procesamiento, se generó un resumen de inventario y se seleccionó la opción “simular marcaje”, así mismo en la columna “Residual” se cambió el dato a “0” y se seleccionó el método de cubicación a utilizar.



- Se seleccionó la opción “Simular” lo cual desplego el reporte, el cual muestra el volumen por parcela y volumen promedio de biomasa por sub-rodal según la proyección deseada.



- Con el reporte de volúmenes, se copiaron los valores promedios y se almacenaron en una base de datos previamente establecida.

B. Determinación del índice de sitio, de acuerdo a la productividad estimada en m³/ha

Para la determinación del índice de sitio, se consideró la estimación del volumen en metros cúbicos por hectárea los cuales simula SIF TRIPAN; posterior a la estimación, se identificó el índice de sitio, según las curvas de índice de sitio del Instituto Nacional de Bosques (INAB).

Considerando que la simulación de la corta final se realizaría a los 13 años, se consideró el cuadro 22.

Cuadro 22. Clasificación de índice de sitio según volumen total.

Índice de Sitio	Volumen total (m ³ /ha)
Pésimo	9.07
Malo	23.41
Medio	60.45
Bueno	142.3
Excelente	334.97

Fuente: elaboración propia con base en Instituto Nacional de Bosques 2015.

C. Clasificación del producto de acuerdo a la circunferencia y cuantificación del volumen exportable

Para la clasificación del producto de acuerdo a la circunferencia se utilizó el método de cubicación Huber, seleccionado previamente por el SIF Tripan, el cual desglosa los volúmenes por rango de circunferencia según el inciso A.

Para dicho ejercicio se utilizó la información de los rodales de la finca 85, en la cual se obtuvieron los volúmenes de circunferencia entre distintos rangos, los cuales van desde los 0 cm a los 100 cm; dichos rangos se clasificaron en una tabla originada automáticamente, la cual posteriormente fue descargada en una hoja de cálculo.

Para la cuantificación del volumen exportable promedio por hectárea, se consideró lo mencionado por (Morales Lemus 2019) respecto a que el volumen exportable califica como tal a partir de los 50 cm de circunferencia; por lo que se realizó una sumatoria del volumen en metros cúbicos por hectárea promedio generado por el SIF Tripan a partir del rango de 50 cm a 100 cm de circunferencia para el caso de la finca evaluada.

3.4.1.4. Resultados y discusión

SIF TRIPAN, es un sistema de información el cual permite registrar, consultar, simular y proyectar información referente a la gestión y administración forestal de las plantaciones administradas por Tripan Guatemala S.A.

Dentro de sus opciones están, la proyección de volúmenes de biomasa, registro de inventarios, generación de base de datos silvícolas, esquemas de manejo, entre otros; es por ello que se logró estimar el volumen en m³/ha mediante el método Huber, con una simulación de corta final para el mes de junio del año 2019; dicho método de cubicación utiliza el valor medio del área transversal de la troza y lo multiplica con el largo de la misma; dicho procedimiento se realiza para cada sección de 2.20 metros; posteriormente clasifica según el rango de circunferencia, a continuación se detallan los resultados:

A. Estimación de la productividad en finca 85 mediante simulación de la corta final

La estimación de la productividad en metros cúbicos por hectárea (m³/ha) para cada rodal perteneciente a la finca 85, se obtuvo con datos promedios de los volúmenes por circunferencia generados por el SIF; el cuadro 23 presenta los resultados por rodal.

Cuadro 23. Volumen estimado de siete rodales de la finca 85.

Finca	Rodal	Volumen m ³ /ha
85	3	123.78
	4	124.19
	5	100.22
	6	128.61
	7	114.46
	8	129.96
	9	129.13
Promedio		121.48

Fuente: elaboración propia con base datos del SIF TRIPAN.

Considerando el cuadro 23, se determina mediante la simulación de corta final, que el volumen promedio producido a los 13 años considerando cada rodal que conforma la finca 85 representa una productividad promedio de 121.48 m³/ha.

B. Determinación del índice de sitio de acuerdo a la productividad estimada en m³/ha

Según el (Instituto Nacional de Bosques 2015), el índice de sitio es una variable que establece los escenarios de producción, dicha variable está fundamentada en la altura dominante; sin embargo se utiliza también en la productividad (volumen total m³/ha); para tal situación, se presentan los resultados de la estimación del volumen m³/ha mediante el método Huber, con simulación de corta final para el mes de junio del año 2019, en la finca 85, la cual cuenta con siete rodales con plantación de *T. grandis* de 13 años de establecida.

Dicha estimación se realizó a nivel rodal, información la cual se detalla en el cuadro 24, en el cual se describen los resultados de los siete rodales de la finca 85.

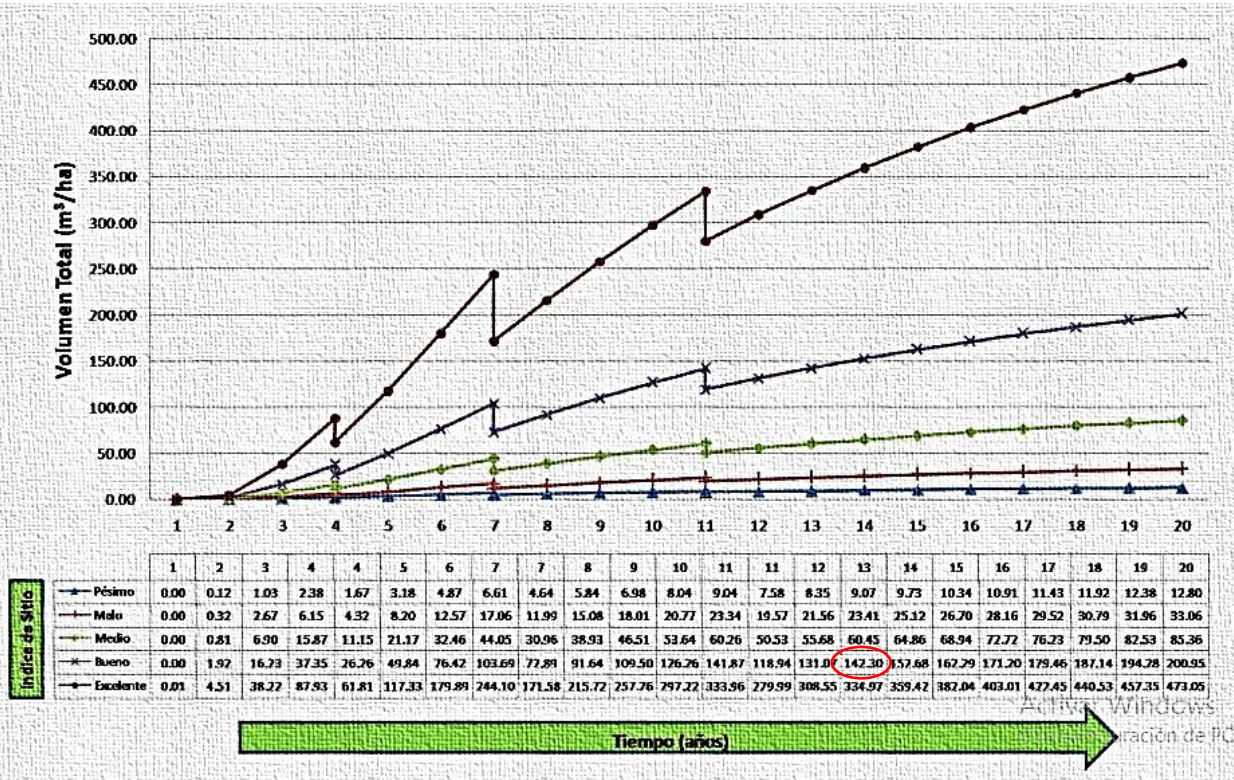
Cuadro 24. Clasificación de los rodales de la finca 85 según el volumen estimado.

Finca	Rodal	Densidad	Edad (años)	Volumen m ³ /ha	Índice de sitio
85	3	530	13	123.78	Bueno
85	4	546	13	124.18	Bueno
85	5	518	13	100.23	Bueno
85	6	530	13	128.60	Bueno
85	7	505	13	114.45	Bueno
85	8	529	13	129.96	Bueno
85	9	506	13	129.13	Bueno

Fuente: elaboración propia con base datos del SIF TRIPAN.

De acuerdo a la simulación de corta final, tal y como se observa en el cuadro 24, los rangos de productividad en m³/ha para los rodales de la finca 85 varían entre los 100.23 m³/ha y 129.96 m³/ha.

Tomando en cuenta la productividad por rodal y de acuerdo a lo mencionado por (Instituto Nacional de Bosques 2015), el cual detalla tal y como se muestra en la figura 57, que existen distintos índices de sitio de acuerdo a la productividad que puede generar una hectárea de plantación; se determina que los rodales de la finca 85 aunque no se encuentran específicamente en la categoría de índice de sitio “bueno” se encuentran cercanos a serlo, esto considerando que el índice de sitio bueno en plantaciones con 13 años alcanzaría los 142.30 m³/ha.



Fuente: elaboración propia con base en Instituto Nacional de Bosques 2015.

Figura 57. Curvas de índice de sitio de acuerdo al volumen producido con relación al tiempo de establecido.

Para dichos rodales, en condiciones ideales la productividad debería estar entre los 334.97 m³/ha, sin embargo es importante mencionar que la curva del índice de sitio representada en la figura 57, se realizó con proyecciones en plantaciones tecnificadas de semilla con mejoras genéticas (clones), por lo que para la productividad de los rodales evaluados diversos factores pudiesen influir, tales como que las plantaciones se establecieron a partir de semillas sin mejora genética, condiciones fisiográficas, edáficas y climáticas.

El índice de sitio está influenciado por la densidad, de acuerdo al perfil de raleos para plantaciones de teca mencionado por (Instituto Nacional de Bosques 2015), los rodales de la finca 85 a la edad de 13 años deberían de contar con una densidad promedio de 250 árboles /ha, sin embargo estos cuentan con una densidad promedio de 523 árboles/ha.

C. Clasificación del producto de acuerdo a la circunferencia y cuantificación del volumen exportable

Haciendo uso del método de cubicación Huber y el SIF, se presenta el cuadro 25, el cual muestra la clasificación del volumen de acuerdo a la circunferencia (cm) para cada uno de los rodales de la finca 85.

Cuadro 25. Clasificación de volumen de acuerdo a circunferencia de troza (cm).

Rodal	Área (ha)	Circunferencia (cm)							
		0-40	40-50	50-55	55-60	60-70	70-80	80-90	90-100
3	22.45	29.60	28.56	16.40	16.28	21.08	6.46	3.40	2.00
4	23.99	31.13	29.75	16.57	14.82	17.08	9.10	4.12	1.62
5	9.28	30.30	25.73	13.43	9.73	14.60	6.43		
6	17.54	30.70	27.73	17.45	16.00	20.50	12.00	4.23	
7	12.65	27.75	27.58	13.75	12.08	21.45	9.65	2.20	
8	19.4	29.28	27.95	15.80	14.85	21.90	13.83	5.15	1.20
9	6.7	27.73	25.93	14.50	17.40	24.47	13.87	5.23	
m³/ha promedio		29.50	27.60	15.41	14.45	20.15	10.19	4.05	1.61

Fuente: elaboración propia con base datos del SIF TRIPAN.

De acuerdo a los datos generados por el SIF, el cuadro 25 describe el volumen clasificado de acuerdo a la circunferencia de la troza; es por ello que se determina que el volumen promedio por hectárea de producto forestal exportable el cual según (Morales Lemus 2019) posee una circunferencia a partir de los 50 cm, para la finca 85 sería de 65.87 m³/ha, mientras que el producto por debajo de los 50 cm de circunferencia se clasifica como biomasa, para la finca 85 sería de 57.10 m³/ha.

Considerando el área total en hectáreas conformadas por los rodales de la finca 85, las cuales suman para este caso 112.01 ha; se determina que la finca 85 según la clasificación de producto por circunferencia, el volumen considerado producto exportable considerando representaría el 53.6 %; mientras que el producto biomasa representaría el 46.4 % del volumen total producido.

Es importante mencionar que los datos reportados anteriormente consideran para clasificación de producto únicamente el rango de circunferencia, sin embargo en la realidad se considera forma de fuste, daños por plagas y/o enfermedades, entre otras.

3.4.1.5. Medios de verificación

Base de datos disponible en Dropbox, Planificación Forestal Tripan, Forestal_Ceibal.xlsx

3.4.2. Aplicación de producto biológico Trompa®, para el control de *Atta cephalotes* en finca 68

3.4.2.1. Definición del problema

Según monitoreos realizados en las plantaciones de teca, se ha logrado determinar que las mismas son susceptibles a diversidad de insectos que pueden ser directa o indirectamente perjudiciales, entre ellos destacan los zompopos *Atta cephalotes*, insectos que de acuerdo a (Domínguez Alvarado 1992) son categorizados como los más destructivos considerando el comportamiento activo y la agresividad, la cual hace que se considere como una de las plagas que más daños en defoliación causan; es por ello que surge la necesidad de evaluar distintas técnicas o métodos de control, con la finalidad de determinar la óptima, la cual contribuya a minimizar el impacto de dichos insectos en los patrimonios forestales administrados.

3.4.2.2. Objetivo

1. Aplicar producto biológico *Trompa®*, para el control de *Atta cephalotes* en finca 68 establecida en la comunidad La Nueva, del municipio de Las Cruces, Petén.

3.4.2.3. Metodología

La metodología desarrollada para la ejecución del servicio, se consideró en cinco fases siendo:

- Fase 1: Se realizó un recorrido en finca 68, esto considerando que según información generada anteriormente por controladores fitosanitarios, la finca ha sido atacada por

zompopos, dicho recorrido se realizó implementando el equipo de protección personal, el cual consta de: casco, chaleco, polainas.

- Fase 2: El Jefe de Protección Forestal, determinó las áreas en las cuales se establecerían parcelas para el tratamiento 1 y las parcelas testigo, así mismo solicitó al departamento de Investigación, Mensura y Cartografía, el mapa de la finca.

Considerando la información generada, se procedió a georreferenciar en el mapa las parcelas.

- Fase 3: Se realizaron recorridos en el área de la finca 68 con los controladores fitosanitarios, en los cuales se recabó información respecto al número de troneras identificadas, dimensión de las mismas en metros cuadrados, número de plantas dañadas, coordenadas, e información del estado activo o inactivo de cada tronera; se denominó estado activo (1) a aquel en el cual se observó presencia de zompopos, caso contrario al estado inactivo (0), en el cual no se apreció ningún insecto en las inmediaciones de cada tronera evaluada.
- Fase 4: Determinadas las áreas en las cuales se aplicaría el tratamiento 1, se consideró para la aplicación del producto equipo de protección personal: guantes, mascarilla y lentes.

La dosis que se aplicó fue a razón de 3 gramos de *Trompa*® por 1m² en troneras que presentaron actividad de zompopos; la aplicación del producto se realizó en los caminos trazados por los zompopos; posterior a la aplicación del producto, se identificó la tronera con una cinta de nylon en la cual se anotó el número de tronera y la fecha en la cual se realizó la aplicación del producto.

- Fase 5: Posterior a la aplicación del producto, se realizaron 3 evaluaciones del estado activo o inactivo de cada tronera evaluada, para lo cual se llenaron boletas; así mismo se tabuló la información en una hoja de cálculo.

3.4.2.4. Resultados y discusión

Tripan Guatemala S.A, dispone de un departamento de Protección Forestal, el cual cuenta con controladores fitosanitarios, quienes evalúan la sanidad de las plantaciones y programan controles de acuerdo al nivel de daño que se encuentre.

Considerando la presencia de zompopos en el patrimonio forestal, se llevan a cabo diversas actividades para minimizar el impacto de dichos insectos, una de las actividades es la aplicación de producto biológico denominado *Trompa®*, un cebo hormiguicida en pellets de ingrediente activo Abamectina según (Allister de México 2019) sustancia de origen natural obtenida de la fermentación de una actino bacteria conocida como *Streptomyces avermectilis*.

Según (Fontalvo 2014) los zompopos poseen un canal del cloro, el cual tiene como función bloquear reacciones en los nervios y prevenir la excesiva estimulación del sistema nervioso central; *Trompa®*, mediante la atracción que genera a los zompopos propicia que los mismos introduzcan a la tronera el producto y una vez ingresado en la tronera, el producto actúa por ingestión, pues se da mediante un mecanismo denominado trofalaxia, el cual se refiere a la alimentación unos a otros mediante el paso de comida boca a boca; de esta manera el ingrediente activo Abamectina se fija al canal del cloro el cual causa efectos inhibitorios (reprimiendo o impidiendo la manifestación de una reacción o conducta) lo cual al producirse en exceso causa la muerte del insecto.

En la finca 68, se realizó previo a la aplicación de producto *Trompa®*; la identificación y determinación del estado (activo-inactivo) de troneras, dando como resultado la identificación de 288 troneras en un área de 46.11 ha, estimando en promedio 6 troneras/ha; sin embargo se presentan los resultados de 189 troneras, esto debido a la consideración de una sola fecha de aplicación de producto, siendo la misma: el 13 de junio de 2019; a continuación se presentan los resultados de la identificación y muestreos posterior a la aplicación.

En el área se establecieron dos tratamientos, siendo:

- Testigo (sin aplicación de producto).
- Tratamiento 1 (aplicación de producto *Trompa*® 3 gramos/m²).

El área determinada para el establecimiento del testigo fueron 6 parcelas permanentes de medición con dimensiones de 300 m².

En el análisis de resultados, se consideró como troneras sin aplicación de producto a aquellas troneras ubicadas en las parcelas testigo, y aquellas en las cuales no se realizó ninguna aplicación debido a la nula presencia de zompopos y ningún daño observable en los árboles dentro del área de la tronera.

A continuación se presenta en el cuadro 26, los resultados de la determinación del estado de las troneras.

Cuadro 26. Estado de troneras según tratamiento aplicado.

Troneras con aplicación					
Días	44 Pre- aplicación	Aplicación	14	34	56
Fecha	1-may.	13-jun.	27-jun.	17-jul.	8-ago.
Cantidad activas	92	99	99	68	63
Cantidad no activas	7	0	0	31	36
Total	99	99	99	99	99
Troneras sin aplicación					
Cantidad activas	40	55	20	34	32
Cantidad no activas	50	35	70	56	58
Total	90	90	90	90	90

Considerando la información del cuadro 26, el cual describe el número de troneras activas y no activas, para cada tratamiento y fecha de evaluación, se presenta la siguiente figura:

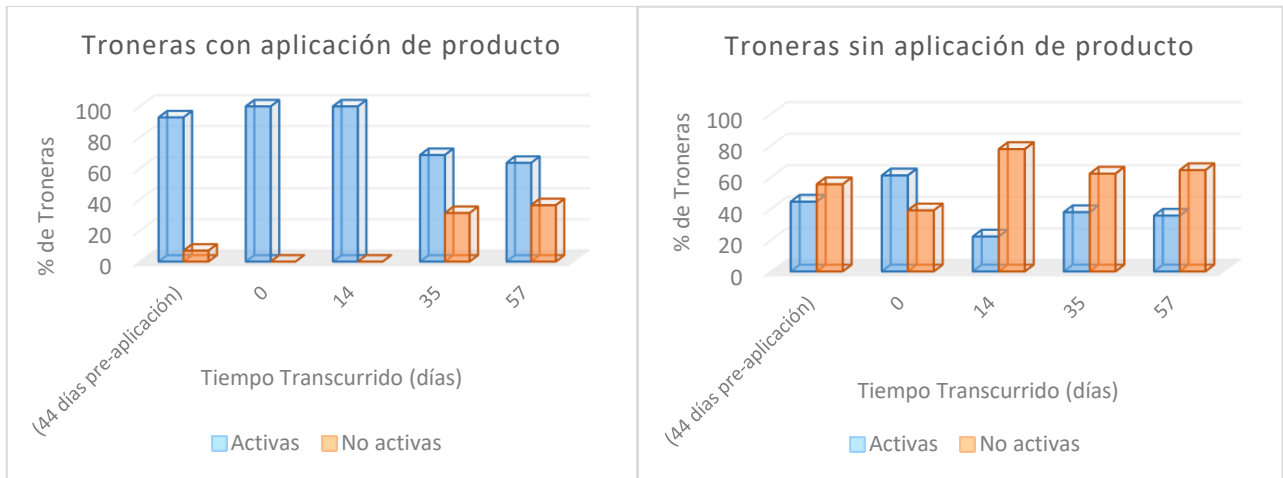


Figura 58. Porcentaje de troneras activas y no activas según tratamiento.

La figura 58 muestra gráficamente el comportamiento activo y no activo en porcentaje (%) de las troneras con tratamiento y las troneras testigo.

A partir de la generación de información del estado inicial, se determinó que las troneras activas del tratamiento 1 disminuyeron, mostrando un comportamiento lineal en las cuatro evaluaciones realizadas; con lo cual se pudo determinar que 57 días posteriores a la aplicación del producto, se redujo el 36 % de troneras activas.

En las troneras en las cuales no se aplicó producto (testigo), se observó que hubo un comportamiento variable de alzas y bajas en cuanto al estado activo de las troneras; sin embargo la evaluación mostró que sin la aplicación de producto, se redujo el 25 % de troneras activas 57 días posteriores a la primera evaluación.

Por lo tanto se establece, que el grupo de troneras en las cuales se aplicó el producto, se logró disminuir 11 % más de troneras activas, con respecto al tratamiento testigo; sin embargo cabe resaltar que la variable considerada para evaluar la efectividad del producto (activo-inactivo), no se considera óptima para la determinación de la eficacia respecto al control de *A. cephalotes*, tomando en cuenta que las horas de evaluación estuvieron

comprendidas entre las 7:00 am – 4:00 pm, las cuales se consideran influyentes respecto a la presencia o no presencia de los zompopos, esto considerando lo mencionado por (Serrano Cervantes *et. al.* 2002) citando a Baquedano *et. al.* 1998, los zompopos presenta mayor actividad en horario nocturno debido a la preferencia de los mismos para cortar y transportar el material vegetal para obtener el sustrato que servirá para el desarrollo de su alimento (hongos) en horas frescas.

(Dominguez Alvarado 1992) citando a Stradling 1978, menciona que la mayor actividad de los zompopos ocurre cuando las temperaturas oscilan entre los 20 °C y 25 °C, y la humedad relativa se encuentra de 80 % al 100 %, lo cual para la región en la cual están establecidas las plantaciones de teca en las fechas en las cuales se realizó la evaluación, correspondería a las horas nocturnas y de madrugada.

Por lo tanto considerando que la finalidad de la aplicación del producto es el control de la población de *A. cephalotes*, se recomienda realizar las aplicaciones con la misma dosis en época seca, realizando la evaluación del control de zompopos mediante una metodología distinta, la cual podría ser mediante la determinación de horas en las cuales las troneras están activas, posterior a ello contabilizar el número de individuos que se desplazan en determinada superficie lineal en un tiempo definido; lo cual se estaría monitoreando repetidas ocasiones posterior a la aplicación del producto *Trompa*®.

Es importante mencionar que el ensayo no garantiza la fórmula para el control de zompopos, sin embargo es parte importante en el proceso de experimentación, ya que a través de los resultados se pueden determinar variables o distintas estrategias de experimentación o control de *A. cephalotes*.

3.4.2.5. Medios de verificación

Ver cuadro 32A.

3.4.3. Establecimiento de parcelas permanentes de medición en áreas con daño de *Atta cephalotes* en *Tectona grandis* L.f.

3.4.3.1. Definición del problema

Atta cephalotes provoca daños en defoliación y según la intensidad de daño puede propiciar la reducción de actividad fotosintética pudiendo afectar el crecimiento de los árboles; dichos insectos son considerados como una de las principales plagas en el patrimonio forestal; sin embargo no se tiene establecida una metodología que permita la determinación del daño en crecimiento causado por la defoliación de la copa.

Por ello, el departamento de protección forestal en conjunto con el departamento de planificación e investigación forestal, propusieron una metodología la cual se desea evaluar.

Dicha metodología permite la obtención de información en cuanto al estado inicial de los árboles, para así realizar la medición y comparación de variables un año después, lo cual permita la determinación del daño en crecimiento en diámetro y altura de los árboles de las fincas 68 y 144, mediante el establecimiento de parcelas permanentes de medición.

3.4.3.2. Objetivos

1. Estimar el número y porcentaje de ramas por estrato de copa en parcelas permanentes de medición.
2. Estimar el porcentaje de defoliación por *Atta cephalotes* en *Tectona grandis* L.f. por parcela permanente de medición.
3. Relacionar las variables altura de la planta – porcentaje de daño por defoliación.

3.4.3.3. Metodología

La metodología implementada para el levantamiento de parcelas permanentes de medición, consistió en siete fases:

- Fase 1: Se realizó la planificación del ensayo, así mismo la definición de variables a considerar.
- Fase 2: El departamento de mensura y cartografía proporcionó los respectivos mapas; así mismo el departamento de protección forestal determinó las áreas y el número de parcelas a evaluar. .
- Fase 3: Se solicitó el número de boletas de registro respectivo, tomando en cuenta el procedimiento para el establecimiento y medición de parcelas permanentes de medición, se llevó a cabo de la siguiente manera:

Se determinó que la forma de las parcelas a establecer, serían de forma rectangular de 300 m².

La numeración de árboles inició según la posición de los mismos con respecto al noreste; posterior a ello se consideró el levantamiento de datos recopilando los mismos de la siguiente manera:

1. Número de individuo

Se asignó y pintó un número en cada árbol dentro de la parcela con la finalidad de hacer referencia al número de árboles que se evalúen por parcela.

2. Diámetro a la altura del pecho

Se utilizó una cinta diamétrica para la determinación del diámetro a la altura del pecho.

3. Altura total

Se determinó la altura total mediante un hipsómetro SUUNTO, con el cual se midió desde la base hasta el ápice del árbol.

4. Calidad

Se asignó un código de calidad según la forma y diámetro del fuste, siendo:

Calidad 1, la cual se considera sección de exportación.

Calidad 2, sección con defectos (exportación o nacional).

Calidad 3, sección mercado nacional.

5. Tipo de árbol

Según la clasificación de copas de un rodal, se asignó un código a cada árbol dentro de las parcelas permanentes de medición, siendo:

Tipo 1: Árbol dominante.

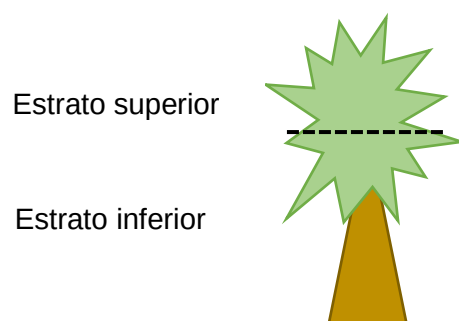
Tipo 2: Árbol codominante.

Tipo 3: Árbol suprimido.

Las siguientes variables se consideraron únicamente para una parcela por finca:

6. Número de ramas por árbol

Se contabilizó el número de ramas por árbol, posterior a ello se trazó una línea imaginaria, la cual dividiría a la copa del árbol en dos secciones: inferior y superior



7. Número de hojas con daño de zompopo

Se contabilizaron las hojas por árbol con daño por estrato superior e inferior

- Fase 4: Estimando el número de ramas por árbol con base en la parcela modelo por finca, se estimó el número y porcentaje de ramas del estrato superior e inferior.
- Fase 5: Tomando en cuenta el porcentaje de ramas por estrato, se contabilizaron las ramas en las cuales las hojas presentaron daños de defoliación provocados por *A. cephalotes*
- Fase 6: Con el número de ramas con hojas defoliadas por estrato, se determinó el daño en porcentaje de defoliación; así mismo se elaboró una escala de daño, la cual se detalla en el cuadro 27.

Cuadro 27. Escala de daño de acuerdo al porcentaje de copa afectada por *A. cephalotes*.

Daño	Porcentaje de copa afectada
Ninguno	0
Muy leve	0-25%
Leve	26-50%
Moderado	51-75%
Grave	76-100%

Fuente: elaboración propia 2019.

- Fase 7: Con los datos obtenidos, se procedió a la tabulación y análisis de datos, haciendo uso del software Excel.

3.4.3.4. Resultados y discusión

Los resultados surgieron mediante una evaluación operativa, la cual constó de evaluaciones de variables dasométricas en áreas con daño de *Atta cephalotes* en las fincas 68 y 144; es importante señalar que los resultados presentados son los datos iniciales del ensayo con los cuales se realizará una comparación con datos a recabar un año después (2,020) del establecimiento de las parcelas permanentes de medición.

A. Estimación del número y porcentaje de ramas por estrato de copa en parcelas permanentes de medición

La estimación del número y porcentaje de ramas por estrato para cada finca se realizó a través de una parcela modelo por finca (ver cuadro 33A); en los cuadros 28 y 29, se presentan los datos por parcela modelo por finca, los cuales permitieron estimar el promedio de ramas y el porcentaje de copa que representa el estrato superior e inferior para cada tipo de árbol, siendo: árbol tipo 1 (dominante), árbol tipo 2 (codominante) y árbol tipo 3 (suprimido).

Cuadro 28. Estimación del número y porcentaje de ramas por estrato en la finca 144.

Finca: 144		Tipo de planta: Clon		
Estrato	Árbol tipo 1 dominante		Árbol tipo 2 codominante	
	No. Ramas	%	No. Ramas	%
Inferior	21	45	17	44
Superior	26	55	22	56
Total	47	100	39	100

El cuadro 28 presenta los resultados de la finca 144, con los cuales se logró determinar mediante el establecimiento de parcelas permanentes de medición, que dicha finca cuenta con dos tipos de árboles de acuerdo a la clasificación de copas del rodal, dando como

resultado para el caso de la categoría dominante, un promedio de 21 ramas en el estrato inferior y 26 ramas en el estrato superior; en los árboles codominantes se estimó un promedio de 17 ramas en el estrato inferior y 22 en el estrato superior.

Se presenta el cuadro 29, el cual muestra los resultados de la estratificación de las ramas en la finca 68.

Cuadro 29. Estimación del número y porcentaje de ramas por estrato en la finca 68.

Finca: 68			Tipo de planta: Semilla			
Estrato	Árbol tipo 1 dominante		Árbol tipo 2 codominante		Árbol tipo 3 suprimido	
	No. Ramas	%	No. Ramas	%	No. Ramas	%
Inferior	10	42	7	41	6	55
Superior	14	58	10	59	5	45
Total	24	100	17	100	11	100

El cuadro 29 presenta los resultados de la finca 68, en la cual se logró determinar que se contaba con tres tipos de árboles de acuerdo a la clasificación de copas del rodal, dando como resultado para el caso de la categoría dominante, un promedio de 10 ramas en el estrato inferior y 14 ramas en el estrato superior; los árboles codominantes presentaron un promedio de 7 ramas en el estrato inferior y 10 en el superior; los árboles suprimidos presentaron en los estratos inferior y superior 6 y 5 ramas respectivamente.

Considerando los datos anteriores se puede determinar que la finca 144 presenta mayor cantidad de ramas por cada tipo de árbol en ambos estratos, con respecto a los datos del número de ramas de la parcela de la finca 68; dicha variación puede deberse principalmente al tipo de planta (clon o semilla), edad y manejo al que ha sido sometido el arbolado.

B. Estimación del porcentaje de defoliación por *Atta cephalotes* en *Tectona grandis*
L.f. por parcela permanente de medición

Tomando en cuenta el número promedio de ramas por estrato, se estimó el porcentaje de defoliación, considerando dicha información se presentan los siguientes resultados generales por parcela permanente de medición.

a. Porcentaje de defoliación en parcelas permanentes de medición en finca 144

El arbolado total de las parcelas permanentes de medición de la finca 144, se conformó en un 63 % por árboles dominantes y en 37 % codominantes, de los cuales se presentan resultados a continuación en el cuadro 30.

Cuadro 30. Porcentaje y escala de daño por defoliación en parcelas de finca 144.

No. Árboles	Parcela	Datos promedio					Escala de daño
		% Daño estrato inferior	% Daño estrato superior	Dap (cm)	Altura total (m)	% Daño total	
20	1	2	6	17.35	13.16	8	Muy leve
20	2	3	6	16.05	12.16	9	Muy leve
16	3	5	6	16.15	12.84	11	Muy leve
19	4	2	1	17.18	12.78	3	Muy leve
19	5	2	6	16.88	13.45	8	Muy leve

El cuadro 30 describe el daño por defoliación provocado por zompopos en cada parcela permanente de medición establecida en la finca 144; se determina que el daño promedio se considera “muy leve”, esto de acuerdo a la escala de defoliación descrita en el cuadro 27.

De acuerdo al número de ramas por estrato, el estrato mayormente afectado fue el estrato superior.

b. Porcentaje de defoliación en parcelas permanentes de medición en finca 68

El arbolado total de las parcelas permanentes de medición de la finca 68, se conformó en un 59 % por árboles dominantes, 34 % codominantes y 7 % suprimidos, de los cuales se presenta la información de daño por estrato en el cuadro 31.

Cuadro 31. Porcentaje y escala de daño por defoliación en parcelas de finca 68.

No. Árboles	Parcela	Datos promedio					Escala de daño
		% Daño estrato inferior	% Daño estrato superior	Dap (cm)	Altura total (m)	% Daño total	
17	1	3	8	20.22	17.91	11	Muy leve
15	2	13	22	17.8	14.16	35	Leve
15	3	23	29	19.1	16.76	52	Moderado
15	4	1	2	19.91	17.13	3	Muy leve
11	5	4	3	18.46	14.04	7	Muy leve
15	6	1	5	20.58	16.91	6	Muy leve

El cuadro 31 describe los resultados de daño por defoliación provocado por zompopos, logrando determinar que las parcelas 1, 4, 5 y 6 presentan daños muy leves, los cuales están comprendidos entre el 3 % y 11 %; la parcela 2 presenta un daño leve con un 35 % y la parcela 3 presenta un daño moderado con 52 % de daño por defoliación en la copa.

Considerando los resultados anteriores, el estrato superior es el más afectado respecto a defoliación; dichos resultados concuerdan con lo mencionado por (Batún López 2019), “Los zompopos prefieren los brotes nuevos”; y con (Cibrián Tovar 2016) el cual menciona que la defoliación por *A. cephalotes*, en plantaciones comerciales, inicia en la parte alta de los árboles y progresa hacia abajo.

Por lo tanto, se determina que los brotes nuevos son los más susceptibles al ataque de *A. cephalotes*, sin embargo es importante mencionar que el daño provocado por zompopos se ve influenciado por diversos factores, principalmente por la población de zompopos

relacionada con el número de troneras distribuidas en determinada área, origen, edad, densidad del arbolado, manejo al cual ha sido sometida la plantación forestal, uso de la tierra anterior al establecimiento de la plantación forestal, entre otras.

C. Relación de variable altura de la planta - daño por defoliación

Se consideró relacionar las variables altura de la planta - defoliado, para los árboles dentro de las parcelas permanentes de medición por finca, para lo cual se presentan los siguientes resultados:

a. Altura de la planta - daño por defoliación en finca 144

Considerando los datos recabados en la finca 144, se presenta la figura 59, la cual muestra la relación de las variables altura de la planta - porcentaje de defoliación de los árboles evaluados.

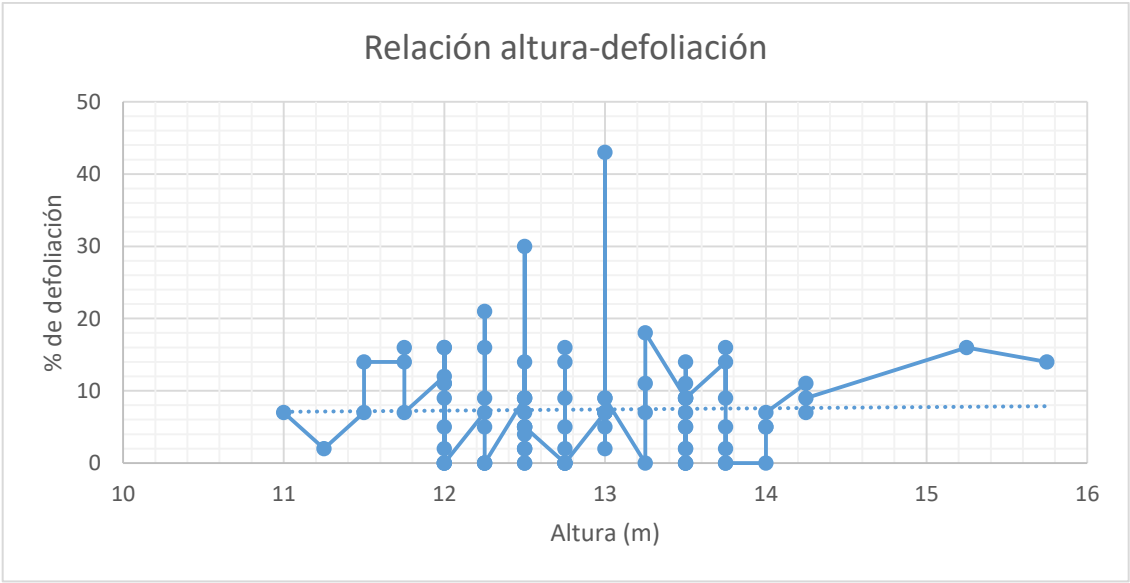


Figura 59. Relación altura de planta - daño por defoliación en finca 144.

Según la figura 59, para este caso en particular se determina que según el análisis realizado los resultados “altura - defoliación” no persiguen un patrón o comportamiento dependiente entre sí; esto puede atribuirse de cierto modo al cierto grado de homogeneidad de alturas, las cuales para los árboles evaluados, la altura se concentra entre los 12 y 14 metros aproximadamente.

La línea de tendencia no muestra un incremento o decremento en función de la altura, por lo tanto para la finca 144 se establece que la altura no se considera un factor relevante al porcentaje de defoliación.

b. Altura de la planta - daño por defoliación en finca 68

Considerando los datos recabados en las parcelas permanentes de medición de la finca 68, se presenta la figura 60, la cual muestra el comportamiento comparando las variables altura de la planta - porcentaje de defoliación de los árboles evaluados.

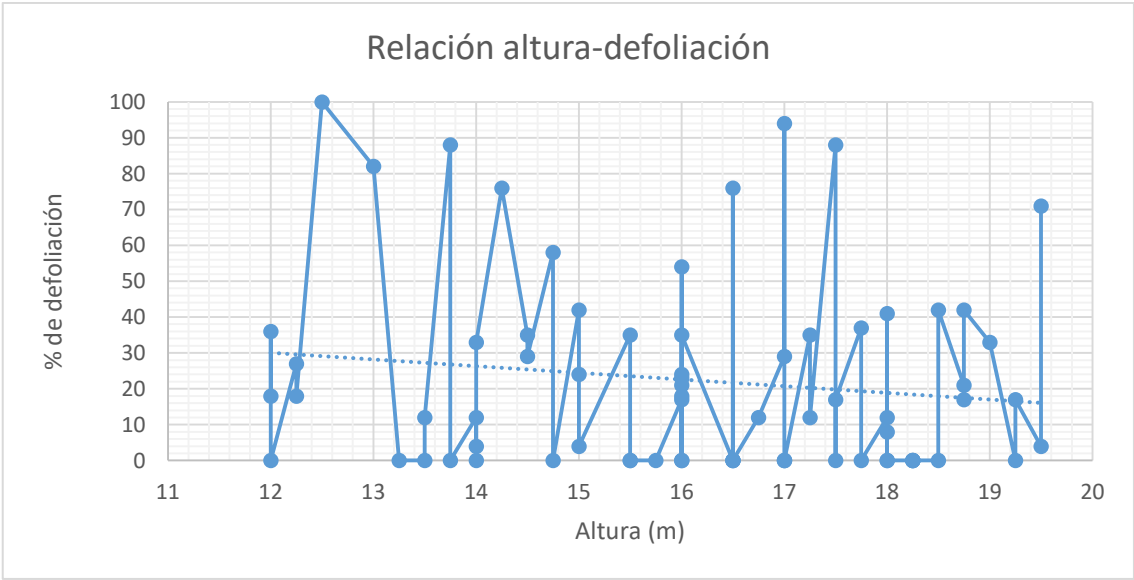


Figura 60. Relación altura de planta - daño por defoliación en finca 68.

Según la figura 60, el arbolado de la finca 68 presenta una mayor variabilidad en rangos de altura con respecto a los datos de la finca 144, esto considerando que oscilan entre los 12 y 19 metros aproximadamente.

Se determina que las variables evaluadas, para este caso en particular presentan una tendencia la cual muestra que en cuanto a menor altura de la planta, mayor daño por defoliación existe; sin embargo no se considera la variable altura como la única que ejerza influencia respecto al defoliado, considerando que los árboles con menor altura generalmente presentan menor cantidad de biomasa foliar; por lo que existirían diversidad de factores a considerar en cuanto a la relación de defoliación.

Es importante mencionar que los datos reportados se refieren únicamente a daños provocados por *Atta cephalotes*, sin embargo en las parcelas permanentes de medición 2, 3, 4, y 5 se presentan daños de defoliación los cuales no se atribuyen a *Atta cephalotes*, sino a otras plagas defoliadoras; el porcentaje de daño estimado en las parcelas permanentes de medición anteriormente mencionadas fue de 20 %, 10 %, 15 % y 10 % respectivamente, lo cual debe considerarse al momento de realizar el análisis y cotejar datos en 2,020.

Los resultados presentados con anterioridad pueden ser influenciados por diversos factores, entre ellos: la posición del arbolado comercial con respecto a la distribución de troneras, el área ocupada por las troneras puesto que se considera que el tamaño de la tronera posee una relación con el número de individuos (zompopos), la procedencia o tipo de planta (semilla, clon), la variación entre la estimación del estrato superior e inferior de las copas, entre otros; por lo que sería óptimo evaluar la influencia de los mismos en futuros ensayos referentes al comportamiento de *A. cephalotes*.

3.4.3.5. Medios de Verificación

Como medio de verificación ver cuadros 34A y 35A.

3.5. ANEXOS

Cuadro 32A. Información del estado activo e inactivo de troneras finca 68.

Finca 68											
Fecha de aplicación de producto 13 de Junio de 2,019											
Número Tronera	Correlativo Tronera	Dosis (gramos)	Área de Tronera (m2)	Número de Plantas Dañadas	Coordenadas		Fecha de Evaluación				
					X	Y	1-may.	13-jun.	27-jun.	17-jul.	8-ago.
1	1	Testigo	120	16	767324	1859163	1	1	1	1	1
2	2	300	100	13	767318	1859215	1	1	1	1	1
3	3	360	120	15	767257	1859202	1	1	1	1	1
4	4	264	88	10	767225	1859195	1	1	1	1	1
5	5	90	30	7	767183	1859181	1	1	1	0	1
6	6	12	4	5	767175	1859151	1	1	1	1	1
7	7	264	88	11	767174	1859216	1	1	1	1	1
8	8	150	50	9	767132	1859196	1	1	1	1	1
9	9	60	20	4	767077	1859182	1	1	1	1	1
10	10	480	160	12	767047	1859239	1	1	1	1	1
11	11	0	12	0	767002	1859225	0	0	0	0	1
12	12	150	50	5	766914	1859277	0	1	1	0	1
13	13	432	144	2	766904	1859251	1	1	1	0	0
14	14	240	80	10	766838	1859236	1	1	1	1	1
15	16	0	71	0	766720	1859272	1	1	0	0	1
16	17	0	80	8	766671	1859250	1	1	0	0	0
17	18	0	48	0	766691	1859266	0	1	0	0	1
18	20	0	147	0	766673	1859306	0	1	0	1	1
19	21	0	6	0	766666	1859295	0	1	0	1	0
20	23	0	120	0	766609	1859268	0	0	0	0	0
21	26	0	1	0	766501	1859266	1	1	0	1	1
22	28	0	120	0	766469	1859290	0	1	0	1	0
23	30	0	12	0	766469	1859274	0	1	0	0	0
24	32	0	18	0	766414	1859263	0	1	0	0	0
25	38	0	25	0	766478	1859347	0	1	0	0	0
26	40	Testigo	150	14	766562	1859344	1	1	1	1	1
27	42	Testigo	143	10	766629	1859345	1	1	1	1	1
28	43	Testigo	40	18	766698	1859355	1	1	1	1	1
29	47	432	144	11	766867	1859326	1	1	1	1	1
30	48	360	120	15	766925	1859327	1	1	1	1	1
31	49	450	150	20	766919	1859395	1	1	1	1	1
32	50	288	96	11	766911	1859421	1	1	1	1	1
33	51	213	71	9	767218	1858974	1	1	1	0	0
34	52	6	2	0	767281	1858976	1	1	1	1	0
35	53	240	80	14	767190	1859080	1	1	1	1	1
36	54	300	100	9	767187	1859098	1	1	1	1	1
37	55	144	48	8	767173	1859073	0	1	1	1	0
38	56	48	6	16	767167	1859068	1	1	1	1	1
39	57	90	30	9	767141	1859073	1	1	1	1	0
40	58	240	80	15	767130	1859095	1	1	1	0	1
41	59	126	42	12	767105	1859092	1	1	1	1	1
42	60	0	4	0	767076	1859075	0	1	0	1	0
43	61	576	192	25	767092	1859019	1	1	1	1	1
44	62	0	45	0	767086	1859044	0	0	0	1	0
45	63	726	242	27	767006	1859091	1	1	1	1	1
46	64	294	98	10	766986	1859128	1	1	1	1	1
47	65	378	126	22	766935	1859118	1	1	1	1	1
48	66	0	42	0	766926	1859080	0	0	0	0	0
49	67	504	168	19	766879	1859116	1	1	1	1	0
50	68	189	63	13	766870	1859095	1	1	1	1	1
51	69	0	20	0	766868	1859085	0	0	0	1	1
52	70	0	4	0	766867	1859069	1	0	0	0	0
53	71	240	80	11	766865	1859070	1	1	1	1	0
54	72	180	60	5	766844	1859085	1	1	1	1	1
55	73	180	60	10	766837	1859127	0	1	1	1	0
56	74	264	88	14	766802	1859081	1	1	1	1	0
57	75	0	64	0	766761	1859113	0	1	0	1	0
58	77	0	100	0	766756	1859056	0	1	0	0	0
59	78	324	108	18	766788	1859035	1	1	1	1	1
60	79	0	42	0	766815	1859017	0	0	0	0	1

Número Tronera	Correlativo Tronera	Dosis (gramos)	Área de Tronera (m2)	Número de Plantas Dañadas	Coordenadas		Fecha de Evaluación				
					X	Y	1-may.	13-jun.	27-jun.	17-jul.	8-ago.
61	86	0	12	0	766506	1859495	0	1	0	0	0
62	92	0	9	0	766613	1859523	0	1	0	0	0
63	94	0	6	0	766790	1859503	0	1	0	1	1
64	95	0	54	0	766805	1859472	0	0	0	0	0
65	96	0	15	0	766830	1859460	0	0	0	0	0
66	97	360	120	8	767329	1859089	1	1	1	1	1
67	98	441	147	12	767276	1859091	1	1	1	1	1
68	99	18	6	3	767247	1859116	1	1	1	1	1
69	100	414	138	7	767199	1859115	0	1	1	0	0
70	101	0	48	0	767201	1859126	0	0	0	0	0
71	102	26	9	2	767201	1859140	1	1	1	0	0
72	103	216	72	14	767209	1859165	1	1	1	0	1
73	104	360	120	3	767189	1859157	1	1	1	1	1
74	105	180	60	21	767176	1859138	1	1	1	1	0
75	106	30	10	9	767168	1859127	1	1	1	1	0
76	107	144	48	4	767136	1859132	0	1	1	0	0
77	108	241	81	12	767123	1859105	1	1	1	1	1
78	109	180	60	10	707106	1859123	1	1	1	1	0
79	110	432	144	22	767040	1859159	1	1	1	1	1
80	111	54	18	1	767022	1859170	1	1	1	0	0
81	112	0	4	0	766934	1859186	0	0	0	0	1
82	113	255	85	24	766908	1859195	1	1	1	1	1
83	114	180	60	10	766824	1859160	1	1	1	1	1
84	115	432	144	28	766800	1859147	1	1	1	0	0
85	116	0	10	0	766796	1859155	0	0	0	0	0
86	117	0	28	0	766789	1859168	0	1	0	1	0
87	118	0	5	0	766788	1859152	0	0	0	0	0
88	119	0	28	0	766768	1859153	1	1	0	1	0
89	122	Testigo	24	0	766676	1859152	0	0	1	0	0
90	123	Testigo	26	7	766671	1859209	1	1	1	1	1
91	124	Testigo	4	2	766654	1859189	1	1	1	1	0
92	126	0	4	1	766622	1859236	1	1	0	0	0
93	127	0	120	12	766584	1859222	1	1	0	0	0
94	128	Testigo	70	16	766502	1859194	1	1	1	1	1
95	129	Testigo	4	2	766492	1859186	1	1	1	0	1
96	130	0	20	0	766480	1859213	0	1	0	1	1
97	139	0	20	0	766402	1859432	0	1	0	0	0
98	154	360	120	7	766836	1859419	1	1	1	1	1
99	156	6	2	3	767281	1858973	1	1	1	1	1
100	157	78	26	10	767311	1859008	1	1	1	0	0
101	158	315	105	4	767204	1859094	1	1	1	0	1
102	159	45	15	5	767218	1859035	1	1	1	0	0
103	160	6	2	6	767225	1859017	1	1	1	1	1
104	161	291	97	12	767204	1859043	1	1	1	1	1
105	162	0	7	0	767117	1858977	1	1	0	1	0
106	163	0	511	11	767179	1858995	1	0	1	0	0
107	164	0	103	0	767154	1859031	1	1	0	1	1
108	165	3	3	5	767157	1859025	1	1	1	1	1
109	166	444	148	14	767158	1858982	1	1	1	1	1
110	167	0	1	0	767091	1858980	1	1	0	1	0
111	168	9	3	5	767085	1858983	1	1	1	0	0
112	169	36	13	3	767072	1858985	1	1	1	0	0
113	170	387	129	23	767078	1858999	1	1	1	1	1
114	171	198	66	12	767055	1858987	1	1	1	1	0
115	172	18	6	4	767048	1858990	1	1	1	0	0
116	173	63	21	5	767051	1859012	1	1	1	0	0
117	174	168	56	3	767050	1859018	1	1	1	0	0
118	175	0	23	0	767042	1859059	1	0	0	0	0
119	176	0	30	0	767016	1859040	1	0	0	0	0
120	177	0	4	0	767018	1859065	1	0	0	0	0
121	178	0	47	0	767020	1859073	1	0	0	0	0
122	179	0	26	0	766864	1859016	1	0	0	0	0
123	180	177	59	10	766832	1859039	1	1	1	0	0
124	181	0	9	0	766828	1859049	1	0	0	0	0
125	182	471	157	11	767348	1859403	1	1	1	1	1
126	183	741	247	22	767325	1859329	1	1	1	1	1
127	184	15	5	4	767320	1859320	1	1	1	0	0
128	185	12	4	7	767325	1859318	1	1	1	0	0

Número Tronera	Correlativo Tronera	Dosis (gramos)	Área de Tronera (m2)	Número de Plantas Dañadas	Coordenadas		Fecha de Evaluación				
					X	Y	1-may.	13-jun.	27-jun.	17-jul.	8-ago.
129	186	54	18	1	767312	1859317	1	1	1	0	0
130	187	0	4	0	767275	1859366	1	0	0	0	1
131	188	0	34	0	767220	1859393	1	0	0	0	1
132	189	72	24	3	767198	1859376	1	1	1	1	1
133	190	0	27	0	767178	1859377	0	0	0	0	0
134	191	51	17	2	767275	1859364	1	1	1	1	1
135	192	594	198	26	766871	1859460	1	1	1	1	1
136	193	0	29	0	766820	1859509	0	0	0	0	0
137	194	0	18	0	766897	1859459	1	0	0	0	0
138	195	0	1	1	766678	1859032	1	1	0	0	0
139	196	0	24	0	766669	1859046	0	1	0	0	0
140	197	60	20	5	766669	1859055	1	1	1	0	0
141	199	0	33	0	766684	1859083	0	1	0	0	0
142	202	Testigo	156	7	766659	1859156	1	1	1	1	1
143	203	Testigo	10	3	766597	1859165	1	1	1	0	0
144	204	Testigo	16	3	766600	1859158	1	1	1	0	0
145	205	Testigo	28	0	766591	1859162	0	0	1	1	1
146	206	Testigo	188	14	766568	1859164	1	1	1	1	1
147	207	Testigo	1	1	766559	1859180	1	1	1	0	0
148	209	0	18	0	766606	1859083	0	1	0	0	0
149	210	0	49	0	766583	1859057	0	1	0	0	0
150	211	0	23	0	766521	1859043	0	1	0	0	1
151	213	Testigo	178	18	766506	1859150	1	1	1	1	1
152	214	Testigo	84	8	766475	1859158	1	1	1	1	1
153	215	Testigo	92	12	766465	1859169	1	1	1	1	1
154	216	Testigo	2	3	766451	1859168	1	1	1	1	1
155	217	0	16	0	766422	1859165	0	1	0	0	0
156	220	0	44	0	766399	1859139	0	1	0	1	0
157	221	0	64	0	766441	1859130	0	1	0	1	1
158	223	0	80	0	766336	1859060	1	1	0	1	1
159	224	0	17	0	767134	1858978	0	1	0	1	0
160	225	0	30	0	767027	1858985	0	0	0	0	0
161	226	249	83	10	767008	1858984	1	1	1	0	0
162	227	0	14	0	766900	1859052	0	0	0	0	0
163	228	393	131	10	766929	1859035	1	1	1	1	1
164	229	312.3	104	0	766920	1859039	0	1	1	0	1
165	230	0	22	0	766930	1859015	0	0	0	0	0
166	231	0	21	0	766915	1858993	0	0	0	0	0
167	232	0	3	0	766884	1859007	0	0	0	0	0
168	233	114	38	5	766859	1859013	1	1	1	0	0
169	234	0	14	0	766465	1859013	0	1	0	0	0
170	235	0	81	0	766381	1859037	1	1	0	1	1
171	236	45	15	9	767334	1859302	1	1	1	1	1
172	237	48	16	6	767335	1859281	1	1	1	1	1
173	238	0	66	0	767265	1859283	0	0	0	0	0
174	239	729	243	15	767302	1859341	1	1	1	1	1
175	240	90	30	7	767243	1859343	1	1	1	0	0
176	241	0	38	0	767188	1859268	0	0	0	0	0
177	242	129	43	13	767165	1859306	1	1	1	1	0
178	243	30	10	8	767092	1859322	1	1	1	0	1
179	244	18	6	4	767103	1859341	1	1	1	0	0
180	245	450	115	35	766893	1859529	1	1	1	1	1
181	246	9	3	2	766920	1859491	1	1	1	0	0
182	247	72	24	0	766883	1859530	0	1	1	1	1
183	248	0	7	0	766915	1859462	0	0	0	0	1
184	249	6	2	3	766795	1859054	1	1	1	1	1
185	250	12	4	2	767155	1859185	1	1	1	1	1
186	251	15	5	3	766952	1859210	1	1	1	1	1
187	252	231	77	6	766844	1858993	1	1	1	1	1
188	253	546	182	14	766885	1859378	1	1	1	1	1
189	254	288	96	10	766860	1859280	1	1	1	1	1

Fuente: elaboración propia 2019.

Cuadro 33A. Estimación de número de ramas por estrato por finca.

Finca	# parcela	Árbol no.	Repetición	Árbol tipo	# Ramas inferior	# Ramas superior
68	1	7	1	1	12	17
68	1	1	1	2	6	8
68	1	29	1	3	6	5
68	1	25	2	1	13	15
68	1	10	2	2	6	9
68	2	5	2	3	5	4
68	1	17	3	1	6	10
68	1	19	3	2	8	12
68	2	6	3	3	5	5
144	3	11	1	1	23	27
144	3	17	1	2	17	20
144	3	-	1	3	-	-
144	3	10	2	1	23	27
144	3	7	2	2	18	24
144	3	-	2	3	-	-
144	3	22	3	1	18	23
144	3	16	3	2	15	21
144	3	-	3	3	-	-

Fuente: elaboración propia 2019.

Cuadro 34A. Datos recopilados de estimación de daño por estrato en finca 144.

Finca	Parc. #	ARB. #	T. P.	Tipo	% daño ramas inferiores	#ramas dañadas inferior	% daño ramas superiores	#ramas dañadas superior	DAP (cm)	Altura Total (m)	Calidad de fuste	Estado	% daño total
144	1	1	C	1	0	0	0	0	13.7	12.75	1	Remanente	0
144	1	2										Raleado	
144	1	3										Raleado	
144	1	4	C	2	2.2	1	9	4	12.5	12	1	Remanente	12
144	1	5	C	1	2.25	1	5	2	21.5	13	1	Remanente	7
144	1	6										Raleado	
144	1	7	C	1	4.5	2	9	4	17.4	15.75	1	Remanente	14
144	1	8										Raleado	
144	1	9	C	1	2.25	1	11	5	20.9	13.75	1	Remanente	14
144	1	10	C	1	0	0	5	2	20.4	13	1	Remanente	5
144	1	11	C	2	2.2	1	7	3	19.5	12.5	1	Remanente	9
144	1	12	C	2	0	0	2	1	12.2	12.75	1	Remanente	2
144	1	13	C	2	2.2	1	5	2	16.1	12.5	1	Remanente	7
144	1	14	C	2	2.2	1	7	3	15.4	12	1	Remanente	9
144	1	15										Raleado	
144	1	16										Raleado	
144	1	17	C	1	0	0	9	4	21.5	13.5	1	Remanente	9
144	1	18	C	2	0	0	7	3	13.3	12.25	1	Remanente	7
144	1	19										Raleado	
144	1	20	C	2	2.2	1	7	3	19.5	12.75	1	Remanente	9
144	1	21	C	1	2.25	1	9	4	18.3	13.5	1	Remanente	11
144	1	22	C	1	2.25	1	9	4	20.3	14.25	1	Remanente	11
144	1	23										Raleado	
144	1	24	C	1	0	0	7	3	18.8	14.25	1	Remanente	7
144	1	25	C	1	2.25	1	7	3	14.5	13	1	Remanente	9
144	1	26	C	1	2.25	1	7	3	20.6	13.75	1	Remanente	9
144	1	27										Raleado	
144	1	28	C	1	0	0	0	0	13.6	14	1	Remanente	0
144	1	29										Raleado	
144	1	30	C	2	0	0	5	2	17	12	1	Remanente	5
144	2	1	C	1	0	0	0	0	13.2	12	1	Remanente	0
144	2	2										Raleado	
144	2	3	C	1	0	0	0	0	16.4	13.5	1	Remanente	0
144	2	4										Raleado	
144	2	5	C	1	0	0	0	0	13.8	12.5	1	Remanente	0
144	2	6	C	1	0	0	0	0	15.4	12.75	1	Remanente	0
144	2	7										Raleado	
144	2	8										Raleado	
144	2	9	C	2	0	0	7	3	14	11.5	1	Remanente	7
144	2	10	C	1	0	0	5	2	13.7	12.5	1	Remanente	5
144	2	11	C	1	4.5	2	0	0	15.3	12.5	1	Remanente	5
144	2	12										Raleado	
144	2	13	C	2	6.6	3	14	6	21	12.25	1	Remanente	21
144	2	14	C	1	4.5	2	9	4	15.5	12.75	1	Remanente	14
144	2	15										Raleado	
144	2	16	C	1	2.25	1	11	5	15.4	12.5	2	Remanente	14
144	2	17	C	2	2.2	1	12	5	16.4	11.5	1	Remanente	14
144	2	18										Raleado	
144	2	19	C	1	9	4	7	3	19.7	12.25	1	Remanente	16
144	2	20	C	1	2.25	1	7	3	15.8	12.25	1	Remanente	9
144	2	21										Raleado	
144	2	22	C	2	4.4	2	9	4	14.8	11.75	1	Remanente	14
144	2	23	C	1	0	0	0	0	12.5	12	1	Remanente	0
144	2	24										Raleado	
144	2	25	C	1	4.5	2	11	5	17.9	12	1	Remanente	16
144	2	26	C	1	2.25	1	9	4	20.9	12	1	Remanente	11

Finca	Parc. #	ARB. #	T. P.	Tipo	% daño ramas inferiores	#ramas dañadas Inferior	% daño ramas superiores	#ramas dañadas superior	DAP (cm)	Altura Total (m)	Calidad de fuste	Estado	% daño total
144	2	27	C	2	4.4	2	12	5	14.2	11.75	1	Remanente	16
144	2	28	C	2	2.2	1	5	2	16.2	11	1	Remanente	7
144	2	29										Raleado	
144	2	30	C	1	2.25	1	9	4	18.9	12	1	Remanente	11
144	3	1	C	2	2.2	1	0	0	13.1	12	1	Remanente	2
144	3	2										Raleado	
144	3	3	C	1	2.25	1	2	1	14.4	13.5	1	Remanente	5
144	3	4	C	1	2.25	1	11	5	18.1	13.5	1	Remanente	14
144	3	5	C	1	0	0	5	2	14.1	14	1	Remanente	5
144	3	6										Raleado	
144	3	7	C	2	2.2	1	2	1	15.7	12.25	1	Remanente	5
144	3	8										Raleado	
144	3	9										Raleado	
144	3	10	C	1	0	0	0	0	20.6	13.25	1	Remanente	0
144	3	11	C	2	0	0	0	0	18.4	12.25	1	Remanente	0
144	3	12										Raleado	
144	3	13	C	1	0	0	9	4	14.7	13.5	1	Remanente	9
144	3	14										Raleado	
144	3	15	C	2	0	0	2	1	12.9	12.5	1	Remanente	2
144	3	16	C	1	27	12	16	7	13.5	13	1	Remanente	43
144	3	17	C	2	0	0	5	2	16.7	12.5	1	Remanente	5
144	3	18										Raleado	
144	3	19										Raleado	
144	3	20										Raleado	
144	3	21	C	2	13.2	6	16	7	13.9	12.5	1	Remanente	30
144	3	22	C	1	6.75	3	9	4	21.1	13.75	1	Remanente	16
144	3	23										Raleado	
144	3	24										Raleado	
144	3	25										Raleado	
144	3	26	C	2	6.6	3	9	4	17.3	12.75	1	Remanente	16
144	3	27										Raleado	
144	3	28	C	2	6.6	3	9	4	17	12	1	Remanente	16
144	3	29										Raleado	
144	3	30	C	2	0	0	0	0	17	12.25	1	Remanente	0
144	4	1	C	2	4.4	2	0	0	16.7	12.5	2	Remanente	4
144	4	2	C	1	6.75	3	0	0	16.6	13	1	Remanente	7
144	4	3										Raleado	
144	4	4	C	1	0	0	0	0	18.5	13.5	1	Remanente	0
144	4	5	C	1	2.25	1	0	0	16.5	13.5	1	Remanente	2
144	4	6	C	1	2.25	1	0	0	19.9	13.75	1	Remanente	2
144	4	7	C	1	0	0	0	0	19.1	13.5	1	Remanente	0
144	4	8										Raleado	
144	4	9	C	2	0	0	0	0	16.3	12	1	Remanente	0
144	4	10										Raleado	
144	4	11	C	2	0	0	0	0	16.7	12.5	1	Remanente	0
144	4	12	C	2	0	0	0	0	17.4	12.25	1	Remanente	0
144	4	13										Raleado	
144	4	14	C	1	2.25	1	0	0	18.4	13	1	Remanente	2
144	4	15										Raleado	
144	4	16	C	1	0	0	0	0	20.7	13.75	1	Remanente	0
144	4	17	C	2	0	0	0	0	18.2	12.75	1	Remanente	0
144	4	18										Raleado	
144	4	19										Raleado	
144	4	20	C	1	2.25	1	2	1	12.1	12.75	1	Remanente	5
144	4	21	C	1	0	0	0	0	11.8	12.75	1	Remanente	0
144	4	22										Raleado	
144	4	23										Raleado	
144	4	24	C	2	2.2	1	0	0	13.9	11.25	1	Remanente	2
144	4	25	C	1	2.25	1	9	4	14.2	13.25	1	Remanente	11
144	4	26										Raleado	

Finca	Parc. #	ARB. #	T. P.	Tipo	% daño ramas inferiores	#ramas dañadas inferior	% daño ramas superiores	#ramas dañadas superior	DAP (cm)	Altura Total (m)	Calidad de fuste	Estado	% daño total
144	4	27	C	1	2.25	1	7	3	23.5	12.5	1	Remanente	9
144	4	28	C	2	0	0	7	3	17.7	11.75	1	Remanente	7
144	4	29	C	1	2.25	1	0	0	18.3	12.5	1	Remanente	2
144	4	30										Raleado	
144	5	1	C	2	2.2	1	7	3	18.6	12.5	1	Remanente	9
144	5	2										Raleado	
144	5	3	C	1	0	0	5	2	18.7	13.75	1	Remanente	5
144	5	4	C	1	0	0	2	1	19.9	13.5	1	Remanente	2
144	5	5	C	2	2.2	1	5	2	15.1	13	1	Remanente	7
144	5	6	C	2	0	0	7	3	16	13	1	Remanente	7
144	5	7	C	1	2.25	1	7	3	16.1	13.5	1	Remanente	9
144	5	8										Raleado	
144	5	9	C	2	0	0	2	1	12.7	12.5	1	Remanente	2
144	5	10										Raleado	
144	5	11	C	1	2.25	1	7	3	18.8	14.25	1	Remanente	9
144	5	12										Raleado	
144	5	13	C	1	0	0	7	3	18.3	13.5	1	Remanente	7
144	5	14	C	1	0	0	5	2	17.8	14	1	Remanente	5
144	5	15	C	1	0	0	5	2	20.2	13.5	1	Remanente	5
144	5	16										Raleado	
144	5	17	C	1	2.25	1	7	3	15.4	13	1	Remanente	9
144	5	18	C	2	0	0	5	2	12	12.5	1	Remanente	5
144	5	19	C	1	0	0	7	3	15.8	13.25	1	Remanente	7
144	5	20	C	1	2.25	1	16	7	15	13.25	1	Remanente	18
144	5	21										Raleado	
144	5	22	C	1	2.25	1	5	2	16.5	14	1	Remanente	7
144	5	23										Raleado	
144	5	24	C	1	4.5	2	11	5	19	15.25	1	Remanente	16
144	5	25										Raleado	
144	5	26										Raleado	
144	5	27	C	1	0	0	0	0	19.8	13.75	1	Remanente	0
144	5	28										Raleado	
144	5	29	C	1	2.25	1	7	3	15	13.5	1	Remanente	9
144	5	30										Raleado	

*Las parcelas 4 y 5 representan las parcelas 5 y 6 respectivamente en las boletas.

Fuente: elaboración propia 2019.

Cuadro 35A. Datos recopilados de estimación de daño por estrato en finca 68.

Finca	Parc. #	ARB. #	T. P.	Tipo	% daño ramas inferiores	#ramas dañadas Inferior	% daño ramas superiores	#ramas dañadas superior	DAP (cm)	Altura Total (m)	Calidad fuste	Estado	% Daño total	Daño por otro insecto %
68	1	1	S	2	0	0	0	0	17.3	16.5	2	Remanente	0	
68	1	2	S	1	0	0	0	0	19.1	18.25	1	Remanente	0	
68	1	3	S	1	0	0	0	0	22	18.25	2	Remanente	0	
68	1	4										Raleado		
68	1	5										Raleado		
68	1	6										Raleado		
68	1	7	S	1	12.6	3	21	5	22	19	2	Remanente	33	
68	1	8										Raleado		
68	1	9	S	1	0	0	12	3	20.2	18	2	Remanente	12	
68	1	10	S	2	12	2	0	0	17.9	16.75	2	Remanente	12	
68	1	11										Raleado		
68	1	12										Raleado		
68	1	13	S	1	0	0	0	0	22.7	19.25	1	Remanente	0	
68	1	14										Raleado		
68	1	15	S	1	0	0	4	1	23	19.5	1	Remanente	4	
68	1	16										Raleado		
68	1	17	S	1	0	0	17	4	17.9	19.25	2	Remanente	17	
68	1	18	S	1	0	0	0	0	22	18.5	2	Remanente	0	
68	1	19	S	2	12	2	24	4	14.7	17.25	2	Remanente	35	
68	1	20										Raleado		
68	1	21	S	1	0	0	21	5	20.2	18.75	1	Remanente	21	
68	1	22										Raleado		
68	1	23										Raleado		
68	1	24	S	1	8.4	2	0	0	21.3	18	1	Remanente	8	
68	1	25	S	1	0	0	0	0	25.1	18	2	Remanente	0	
68	1	26	S	1	0	0	0	0	22.4	18.25	1	Remanente	0	
68	1	27										Raleado		
68	1	28	S	1	0	0	17	4	22.2	18.75	1	Remanente	17	
68	1	29	S	3	0	0	27	3	13.7	12.25	2	Remanente	27	
68	1	30										Raleado		
68	2	1	S	1	12.6	3	4	1	18.3	16	1	Remanente	17	20
68	2	2	S	2	12	2	24	4	15.9	14.5	1	Remanente	35	20
68	2	3										Raleado		
68	2	4	S	1	0	0	0	0	18.9	16	1	Remanente	0	20
68	2	5	S	3	18	2	0	0	16.9	12	2	Remanente	18	20
68	2	6	S	3	9	1	27	3	13	12	1	Remanente	36	20
68	2	7										Raleado		
68	2	8										Raleado		
68	2	9	S	2	0	0	12	2	18.3	14	2	Remanente	12	20
68	2	10										Raleado		
68	2	11										Raleado		
68	2	12	S	1	12.6	3	8	2	20.7	16	2	Remanente	21	20
68	2	13										Raleado		
68	2	14	S	1	16.8	4	41	10	17.7	14.75	2	Remanente	58	20
68	2	15	S	2	23	4	65	11	17	13.75	1	Remanente	88	20
68	2	16	S	2	6	1	24	4	17.9	14.5	1	Remanente	29	20
68	2	17	S	2	0	0	0	0	14.7	13.5	2	Remanente	0	20
68	2	18										Raleado		
68	2	19										Raleado		
68	2	20										Raleado		
68	2	21										Raleado		
68	2	22	S	2	29	5	53	9	19.6	13	2	Remanente	82	20
68	2	23										Raleado		
68	2	24	S	1	12.6	3	29	7	21.9	15	2	Remanente	42	20
68	2	25										Raleado		
68	2	26										Raleado		
68	2	27	S	2	29	5	47	8	18.4	14.25	2	Remanente	76	20
68	2	28										Raleado		
68	2	29										Raleado		
68	2	30	S	2	0	0	0	0	17.9	13.25	2	Remanente	0	20
68	3	1	S	1	25.2	6	29	7	20.8	16	1	Remanente	54	15

Finca	Parc. #	ARB. #	T. P.	Tipo	% daño ramas inferiores	#ramas dañadas inferior	% daño ramas superiores	#ramas dañadas superior	DAP (cm)	Altura Total (m)	Calidad fuste	Estado	% Daño total	Daño por otro insecto %
68	3	2										Raleado		
68	3	3	S	2	29	5	47	8	23.6	16.5	1	Remanente	76	15
68	3	4	S	2	6	1	18	3	19	16	2	Remanente	24	15
68	3	5										Raleado		
68	3	6										Raleado		
68	3	7										Raleado		
68	3	8	S	1	12.6	3	25	6	21.2	17.75	1	Remanente	37	15
68	3	9										Raleado		
68	3	10										Raleado		
68	3	11										Raleado		
68	3	12										Raleado		
68	3	13	S	1	12.6	3	17	4	18.8	17	1	Remanente	29	15
68	3	14	S	2	18	3	6	1	15.7	16	2	Remanente	23	15
68	3	15	S	2	18	3	18	3	18.1	15.5	1	Remanente	35	15
68	3	16	S	2	12	2	12	2	13.6	15	2	Remanente	24	15
68	3	17										Raleado		
68	3	18	S	1	42	10	0	0	22.3	18.75	1	Remanente	42	15
68	3	19										Raleado		
68	3	20	S	3	55	6	45	5	12.8	12.5	2	Remanente	100	15
68	3	21										Raleado		
68	3	22										Raleado		
68	3	23										Raleado		
68	3	24										Raleado		
68	3	25	S	1	37.8	9	50	12	19.9	17.5	1	Remanente	88	15
68	3	26	S	1	4.2	1	37	9	22	18	1	Remanente	41	15
68	3	27										Raleado		
68	3	28	S	1	12.6	3	29	7	18.4	18.5	2	Remanente	42	15
68	3	29	S	1	21	5	50	12	24.8	19.5	1	Remanente	71	15
68	3	30	S	2	35	6	59	10	15.5	17	2	Remanente	94	15
68	4	1										Raleado		
68	4	2	S	1	0	0	0	0	20.3	15.75	2	Remanente	0	15
68	4	3	S	3	18	2	0	0	15	12.25	1	Remanente	18	15
68	4	4										Raleado		
68	4	5										Raleado		
68	4	6										Raleado		
68	4	7										Raleado		
68	4	8										Raleado		
68	4	9	S	2	0	0	0	0	14.8	13.75	1	Remanente	0	15
68	4	10	S	1	0	0	0	0	20	14	2	Remanente	0	15
68	4	11										Raleado		
68	4	12										Raleado		
68	4	13	S	3	0	0	0	0	14.9	12	2	Remanente	0	15
68	4	14										Raleado		
68	4	15										Raleado		
68	4	16	S	1	0	0	4	1	19.3	15	1	Remanente	4	15
68	4	17										Raleado		
68	4	18	S	1	0	0	0	0	21	15.5	1	Remanente	0	15
68	4	19										Raleado		
68	4	20	S	2	6	1	6	1	16.3	13.5	2	Remanente	12	15
68	4	21										Raleado		
68	4	22	S	1	4.2	1	0	0	19.8	14	1	Remanente	4	15
68	4	23										Raleado		
68	4	24										Raleado		
68	4	25										Raleado		
68	4	26	S	1	12.6	3	21	5	16.1	14	2	Remanente	33	15
68	4	27										Raleado		
68	4	28										Raleado		
68	4	29	S	1	0	0	0	0	25.6	14.75	1	Remanente	0	15
68	4	30										Raleado		
68	5	1	S	1	0	0	0	0	19.5	17.5	2	Remanente	0	
68	5	2										Raleado		
68	5	3										Raleado		
68	5	4										Raleado		
68	5	5										Raleado		

Finca	Parc. #	ARB. #	T. P.	Tipo	% daño ramas inferiores	#ramas dañadas inferior	% daño ramas superiores	#ramas dañadas superior	DAP (cm)	Altura Total (m)	Calidad fuste	Estado	% Daño total	Daño por otro insecto %
68	5	6	S	2	6	1	12	2	22.2	16	2	Remanente	18	
68	5	7	S	1	0	0	0	0	22.5	17	1	Remanente	0	
68	5	8										Raleado		
68	5	9										Raleado		
68	5	10	S	2	0	0	0	0	18.7	16.5	1	Remanente	0	
68	5	11	S	2	0	0	0	0	13.4	15.5	2	Remanente	0	
68	5	12	S	1	0	0	0	0	24.6	18	2	Remanente	0	
68	5	13	S	1	0	0	0	0	22.1	17	1	Remanente	0	
68	5	14										Raleado		
68	5	15										Raleado		
68	5	16	S	1	0	0	0	0	25.5	18.25	1	Remanente	0	
68	5	17										Raleado		
68	5	18	S	1	0	0	12	3	21.6	17.25	2	Remanente	12	
68	5	19										Raleado		
68	5	20										Raleado		
68	5	21	S	2	0	0	0	0	17.9	16	1	Remanente	0	
68	5	22										Raleado		
68	5	23	S	1	0	0	0	0	20.3	17	1	Remanente	0	
68	5	24										Raleado		
68	5	25										Raleado		
68	5	26	S	2	6	1	30	5	17.1	16	1	Remanente	35	
68	5	27										Raleado		
68	5	28										Raleado		
68	5	29	S	2	0	0	0	0	19.9	16.5	1	Remanente	0	
68	5	30	S	1	0	0	17	4	23.8	17.5	1	Remanente	17	
68	5	31										Raleado		
68	5	32	S	1	0	0	0	0	19.6	17.75	1	Remanente	0	

*Las parcelas 4 y 5 representan las parcelas 5 y 6 respectivamente en las boletas.

Fuente: elaboración propia 2019.

3.5.1. Establecimiento de parcelas permanentes de medición en fincas 144 y 68



Fuente: elaboración propia 2019.

Figura 61A. Marcaje de árboles límite de parcelas, medición de área de parcelas.



Fuente: elaboración propia 2019.

Figura 62A. Panorámica de parcela permanente de medición en finca 144.

3.6. BIBLIOGRAFÍA

1. Allister de México, México. (2019). *Allister: Cebo hormiguicida en Pellets Trompa*. Guadalajara, Jalisco. México: <http://www.allister.com.mx/trompa.html>
2. Batún López, S. G. (2019). *Preferencia de zompopos por brotes nuevos* (Petén, Guatemala: Tripan, Jefe de Protección Forestal). (A. E. Saucedo Castellanos, Entrevistador)
3. Cibrián Tovar, D. (2016). *Manual para la identificación y manejo de plagas en plantaciones forestales comerciales*. México: Comisión Nacional Forestal - CONAFOR. <http://www.conafor.gob.mx:8080/documentos/docs/43/6043Manual%20para%20la%20identificaci%c3%b3n%20y%20manejo%20de%20plagas%20en%20Plantaciones%20Forestales%20Comerciales.pdf>
4. Dominguez Alvarado, J. M. (1992). *Control químico de zompopos (Atta spp.) usando un cebo y un fungicida sistémico*. (Tesis Ing. Agr., Escuela Agrícola Panamericana "El Zamorano": El Zamorano, Honduras). <https://bdigital.zamorano.edu/bitstream/11036/5019/1/CPA-1992-T022.pdf>
5. Fontalvo, S. (2014). *Control de hormigas cortadoras de hojas*. Bogotá, Colombia: *Vectors and Pest Management*. <http://www.vectorsandpest.com/index.php/quienessomos/higiene-rural/hormigas-cortadoras-de-hojas>
6. Instituto Nacional de Bosques, Guatemala (INAB). (2015.). *Crecimiento y Productividad de Plantaciones forestales de teca (Tectona grandis L.f.) en Guatemala*. (42 p.). Guatemala: INAB. (Serie Técnica No. DT-001(2015)). http://ppm.inab.gob.gt/docs/crecimiento_y_productividad_de_teca.pdf
7. Morales Lemus, L. A. (2019). *Clasificación de productos forestales*. (Petén, Guatemala: Tripan, Jefe del Departamento de Planificación). (A. E. Saucedo Castellanos, Entrevistador)

8. Serrano Cervantes, L., Menjivar Rosa, R., & Garcia Vaquerano, R. E. (2002). *Percepción del agricultor sobre los zompopos (Hymenoptera: Formicidae: Attini) y determinación de las especies presentes en municipios de Ahuachapan, Sonsonate y Santa Ana*. San Salvador. El Salvador: Universidad de El Salvador, Facultad de Ciencias Agronómicas. http://ri.ues.edu.sv/1841/4/13100650_DC.pdf



Rolando Barrios



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE AGRONOMÍA - FAUSAC -
INSTITUTO DE INVESTIGACIONES AGRONÓMICAS
Y AMBIENTALES -IIA-



REF. Sem. 33/2020

EL TRABAJO DE GRADUACIÓN TITULADO:

"IMPACTO DE QUEMAS PRESCRITAS EN
MASA ARBÓREA Y SOTOBOSQUE EN
PLANTACIONES DE TECA *Tectona grandis* L.
f. DE SIETE Y NUEVE AÑOS DE
ESTABLECIDAS EN LAS CRUCES, PETÉN,
GUATEMALA, C.A."

DESARROLLADO POR LA ESTUDIANTE:

ANDREA ELIZABETH SAUCEDO
CASTELLANOS

CARNE:

201321783

HA SIDO EVALUADO POR LOS PROFESIONALES:

Ing. Agr. Mario Alberto Méndez
Dr. Boris Méndez Paiz
Dr. Marco Vinicio Fernández Montoya

Los Asesores y la Dirección del Instituto de Investigaciones Agronómicas y Ambientales de la Facultad de Agronomía, hace constar que ha cumplido con las Normas Universitarias y el Reglamento de este Instituto. En tal sentido pase a la Dirección del Área Integrada para lo procedente.

Dr. Boris Méndez Paiz
ASESOR ESPECIFICO

Dr. Marco Vinicio Fernández Montoya
DOCENTE-ASESOREPS

Ing. Agr. Carlos Fernando López Búcaro
DIRECTOR DEL IIA

CFLB/nm
c.c. Archivo

Ref. SAIEPSA.21.2021

Guatemala, 17 marzo de 2021

TRABAJO DE GRADUACIÓN: IMPACTO DE QUEMAS PRESCRITAS EN MASA ARBÓREA Y SOTOBOSQUE EN PLANTACIONES DE TECA *Tectona grandis* L. f. DE SIETE Y NUEVE AÑOS DE ESTABLECIDAS, DIAGNÓSTICO Y SERVICIOS PRESTADOS A TRIPAN GUATEMALA, S.A. EN LAS CRUCES, PETÉN, GUATEMALA.

ESTUDIANTE: ANDREA ELIZABETH SAUCEDO CASTELLANOS

No. CARNÉ 201321783

Dentro del Trabajo de Graduación se presenta el Capítulo II que se refiere a la Investigación Titulada:

“IMPACTO DE QUEMAS PRESCRITAS EN MASA ARBÓREA Y SOTOBOSQUE EN PLANTACIONES DE TECA *Tectona grandis* L. f. DE SIETE Y NUEVE AÑOS DE ESTABLECIDAS EN LAS CRUCES, PETÉN, GUATEMALA, C.A”

LA CUAL HA SIDO EVALUADA POR LOS PROFESIONALES: Ing. Agr. Mario Alberto Méndez
Dr. Boris Méndez Paiz
Dr. Marco Vinicio Fernández Montoya

Los Asesores de Investigación, Docente Asesor de EPSA y la Coordinación del Área Integrada, hacen constar que ha cumplido con las normas universitarias y Reglamento de la Facultad de Agronomía. En tal sentido, pase a Decanatura.

“Id y Enseñad a Todos”



Vo. Bo. Ing. Agr. M.A. Pedro Peláez Reyes
Coordinador Area Integrada – EPS



cc.archivo
PPR/azud



USAC
TRICENTENARIA
Universidad de San Carlos de Guatemala



No. 21.2021

Trabajo de Graduación: "IMPACTO DE QUEMAS PRESCRITAS EN MASA ARBÓREA Y SOTOBOSQUE EN PLANTACIONES DE TECA *Tectona grandis* L.f. DE SIETE Y NUEVE AÑOS DE ESTABLECIDAS, DIAGNÓSTICO Y SERVICIOS PRESTADOS A TRIPAN GUATEMALA S.A. EN LAS CRUCES, PETÉN, GUATEMALA, C.A."

Estudiante: Andrea Elizabeth Saucedo Castellanos

Carné: 201321783

"IMPRÍMASE"

Ing. Agr. Waldemar Nufio Reyes
DECANO

