



Universidad de San Carlos de Guatemala  
Facultad de Ingeniería  
Escuela de Estudios de Postgrado  
Maestría en Ingeniería para el Desarrollo Municipal

**PROPUESTA DE UN PLAN DE FORTALECIMIENTO EN LA GESTIÓN FORESTAL  
MUNICIPAL EN EL MUNICIPIO DE GUATEMALA, DEPARTAMENTO DE GUATEMALA**

**Ing. Sergio Alfonso Ibarra Winter**  
Asesorado por el Mtro. Job Ramiro García Y García

Guatemala, mayo de 2023

**UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA**



**FACULTAD DE INGENIERÍA**

**PROPUESTA DE UN PLAN DE FORTALECIMIENTO EN LA GESTION FORESTAL  
MUNICIPAL EN EL MUNICIPIO DE GUATEMALA, DEPARTAMENTO DE GUATEMALA**

**TRABAJO DE GRADUACIÓN**

**PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
POR**

**ING. SERGIO ALFONSO IBARRA WINTER  
ASESORADO POR EL MTRO. JOB RAMIRO GARCÍA Y GARCÍA**

**AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE  
MÁSTER EN INGENIERIA PARA EL DESARROLLO MUNICIPAL**

**GUATEMALA, MAYO DE 2023**

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE INGENIERÍA



**NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA**

DECANA	Inga. Aurelia Anabela Cordova Estrada
VOCAL I	Ing. José Francisco Gómez Rivera
VOCAL II	Ing. Mario Renato Escobedo Martínez
VOCAL III	Ing. José Milton de León Bran
VOCAL IV	Br. Kevin Vladimir Cruz Lorente
VOCAL V	Br. Fernando José Paz González
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

**TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO**

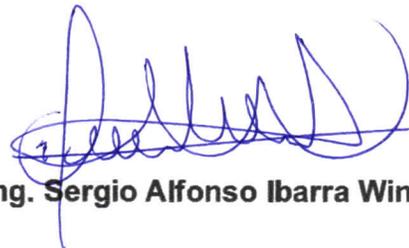
DECANA	Inga. Aurelia Anabela Cordova Estrada
DIRECTOR	Mtro. Edgar Darío Álvarez Cotí
EXAMINADOR	Mtro. Juan Calos Fuentes Montepeque
EXAMINADOR	Mtro. Ing. Marvin Eduardo Mérida Cano
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

## **HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR**

En cumplimiento con los preceptos que establece la ley de la Universidad de San Carlos de Guatemala, presento a su consideración mi trabajo de graduación titulado:

**PROPUESTA DE UN PLAN DE FORTALECIMIENTO EN LA GESTION FORESTAL MUNICIPAL EN EL MUNICIPIO DE GUATEMALA, DEPARTAMENTO DE GUATEMALA**

Tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Estudios de Postgrado, con fecha 12 de enero de 2022.

A handwritten signature in blue ink, appearing to read 'Sergio Alfonso Ibarra Winter', written in a cursive style.

**Ing. Sergio Alfonso Ibarra Winter**

LNG.DECANATO.OI.458.2023

La Decana de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer la aprobación por parte del Director de la Escuela de Estudios de Posgrado, al Trabajo de Graduación titulado: **PROPUESTA DE UN PLAN DE FORTALECIMIENTO EN LA GESTIÓN FORESTAL MUNICIPAL EN EL MUNICIPIO DE GUATEMALA, DEPARTAMENTO DE GUATEMALA**, presentado por: **Ing. Sergio Alfonso Ibarra Winter**, que pertenece al programa de Maestría en artes en Ingeniería para el desarrollo municipal después de haber culminado las revisiones previas bajo la responsabilidad de las instancias correspondientes, autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE:

  
Inga. Aurelia Arabela Cordova Estrada  
Decana



Guatemala, mayo de 2023

AACE/gaoc



**Guatemala, mayo de 2023**

LNG.EEP.OI.458.2023

En mi calidad de Director de la Escuela de Estudios de Postgrado de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer el dictamen del asesor, verificar la aprobación del Coordinador de Maestría y la aprobación del Área de Lingüística al trabajo de graduación titulado:

**“PROPUESTA DE UN PLAN DE FORTALECIMIENTO EN LA GESTIÓN FORESTAL MUNICIPAL EN EL MUNICIPIO DE GUATEMALA, DEPARTAMENTO DE GUATEMALA”**

presentado por **Ing. Sergio Alfonso Ibarra Winter** correspondiente al programa de **Maestría en artes en Ingeniería para el desarrollo municipal**; apruebo y autorizo el mismo.

Atentamente,

*“Id y Enseñad a Todos”*

  
**Mtro. Ing. Edgar Darío Álvarez Cotí**  
**Director**

**Escuela de Estudios de Postgrado**  
**Facultad de Ingeniería**





Guatemala, 8 de noviembre de 2022

**M.A. Ing. Edgar Dario Alvarez Coti**  
**Director**  
**Escuela de Estudios de Postgrado**  
**Presente**

**Estimado M.A. Ing. Alvarez Coti**

Por este medio informo a usted, que he revisado y aprobado el **INFORME FINAL y ARTÍCULO CIENTÍFICO** titulado: **PROPUESTA DE UN PLAN DE FORTALECIMIENTO EN LA GESTIÓN MUNICIPAL FORESTAL, DE LA CIUDAD DE GUATEMALA,** **DEPARTAMENTO DE GUATEMALA** del estudiante **Sergio Alfonso Ibarra Winter** quien se identifica con número de carné **201245661** del programa de Maestría En Ingeniería Para El Desarrollo Municipal.

Con base en la evaluación realizada hago constar que he evaluado la calidad, validez, pertinencia y coherencia de los resultados obtenidos en el trabajo presentado y según lo establecido en el **Normativo de Tesis y Trabajos de Graduación aprobado por Junta Directiva de la Facultad de Ingeniería Punto Sexto inciso 6.10 del Acta 04-2014 de sesión celebrada el 04 de febrero de 2014.** Por lo cual el trabajo evaluado cuenta con mi aprobación.

Agradeciendo su atención y deseándole éxitos en sus actividades profesionales me suscribo.



**Mtro. Ing. Juan Carlos Fuentes Montepeque**  
**Coordinador**  
**Maestría En Ingeniería Para El Desarrollo Municipal**  
**Escuela de Estudios de Postgrado**

Guatemala, 7 de noviembre de 2022.

**Ingeniero M.Sc.  
Edgar Álvarez Cotí  
Director  
Escuela de Estudios de Postgrado  
Facultad de Ingeniería USAC  
Ciudad Universitaria, Zona 12**

**Distinguido Ingeniero Álvarez:**

Atentamente me dirijo a usted para hacer de su conocimiento que como asesor del trabajo de graduación del estudiante Sergio Alfonso Ibarra Winter, Carné número 201245661, cuyo título es "**INGENIERO EN GESTIÓN AMBIENTAL LOCAL**", para optar al grado académico de Maestro en Ingeniería para el Desarrollo Municipal he procedido a la revisión del INFORME FINAL y del ARTÍCULO.

En tal sentido, en calidad de asesor doy mi anuencia y aprobación para que el estudiante Sergio Alfonso Ibarra Winter, continúe con los trámites correspondientes.

Sin otro particular, me es grato suscribirme de usted.

Atentamente,



**Ing. Job Ramiro García Y García**  
M.Sc. Agroforestería Tropical  
Asesor

## **ACTO QUE DEDICO A:**

<b>Dios</b>	Por otorgarme el regalo de la vida, la fortaleza y la voluntad para recorrer el camino a alcanzar otra meta más.
<b>Mis padres</b>	Sergio Gerbert Ibarra Rosales y Dassy Darleni Winter Chiquín, por el apoyo y amor incondicional para salir adelante.
<b>Mis hermanas</b>	Andrea y Sara Ibarra, y Hermann Majus por ser un apoyo fundamental en mi vida.
<b>Mi prometida</b>	Karla Hasse Riveiro, por brindarme su compañía he inspirarme durante esta maestría.
<b>Mis tíos y primos</b>	Por apoyarme siempre y todo el cariño que me han demostrado siempre.
<b>Mis sobrinos</b>	Adrián y Johann Majus Ibarra, a quienes espero guiar en su vida profesional ya que son muy importantes para mí.

**Mis abuelos**

Por alentarme siempre a ser un mejor ser humano, y por ser como unos segundos padres para mí.

## AGRADECIMIENTOS A:

<b>Universidad de San Carlos de Guatemala</b>	Por ser la <i>alma mater</i> que me permitió nutrirme de conocimientos.
<b>Escuela de Estudios de Postgrado, Facultad de Ingeniería, USAC</b>	Por proporcionarme los conocimientos que me han permitido realizar este trabajo de graduación.
<b>Municipalidad de Guatemala</b>	Por haberme brindado la oportunidad de estudiar, y todo el apoyo tan importante para realizar este documento de investigación.
<b>Mis amigos</b>	Leslie García, Libeth Paredes y Francis Salguero por acompañarme durante muchos años de amistad.
<b>Mi asesor</b>	Msc. Ing. Job Ramiro García Y García, por haberme guiado durante el trabajo de graduación.
<b>Mis maestros</b>	Por compartir sus conocimientos y experiencias tan valiosas, en cada uno de los cursos.
<b>Mis compañeros</b>	Francisco Guardado, María Ramírez y Maynor Palacios, por brindarme su amistad y apoyo.



## ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES.....	V
LISTA DE SÍMBOLOS.....	IX
GLOSARIO.....	XI
RESUMEN.....	XV
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	XVII
OBJETIVOS.....	XXI
RESUMEN DEL MARCO METODOLÓGICO.....	XXIII
INTRODUCCIÓN.....	XXV
1. MARCO REFERENCIAL.....	1
1.1 Estudios previos.....	1
2. MARCO TEÓRICO.....	7
2.1 Dinámica forestal.....	7
2.2 Degradación forestal.....	7
2.3 Aprovechamiento forestal.....	8
2.3.1. Tala.....	8
2.3.2. Aprovechamiento forestal de consumo familiar.....	8
2.4 Conservación forestal.....	9
2.5 Cinturón ecológico metropolitano.....	9
2.6 Gestión forestal municipal.....	10
2.7 Fortalecimiento municipal.....	10
2.8 Fortalecimiento en la gestión forestal municipal.....	11
2.9 Proyectos forestales municipales.....	11
2.9.1. Viveros forestales permanentes.....	12

2.9.2.	Reforestaciones .....	12
2.9.3.	Adopta un árbol.....	12
2.9.4.	Actividades de manejo forestal .....	12
2.10	Parcelas para medición forestal .....	14
2.11	Media aritmética ponderada .....	15
2.12	Teledetección .....	15
2.12.1	Clasificación supervisada.....	16
2.13	Índice de vegetación de diferencia.....	17
2.14	Sensores remotos .....	18
2.15	Misiones Landsat.....	19
3.	MARCO METODOLÓGICO .....	21
3.1	Tipo de estudio .....	21
3.2	Fases del estudio .....	21
3.3	Primera fase: establecimiento de la dinámica forestal del bosque.....	22
3.4	Segunda fase: evaluación de intervención municipal .....	23
3.5	Tercera fase: formulación de procedimiento para ejecutar proyectos forestales .....	23
4.	PRESENTACIÓN DE RESULTADOS .....	25
4.1	Dinámica forestal del bosque .....	25
4.2	Evaluación de la gestión forestal municipal .....	31
4.3	Plan para el fortalecimiento municipal forestal .....	47
4.4	Dinámica .....	47
4.5	Evaluación .....	48
4.6	Procedimientos.....	61
4.7	Reforestaciones.....	61
4.8	Donaciones .....	65

4.9	Actividades de manejo.....	68
5.	DISCUSIÓN DE RESULTADOS.....	73
5.1	Dinámica forestal.....	73
5.2	Evaluación .....	74
5.3	Procedimientos.....	76
	CONCLUSIONES .....	79
	RECOMENDACIONES .....	81
	REFERENCIAS.....	83
	APÉNDICES.....	87



## ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

### FIGURAS

1.	Comportamiento del radiancia y reflectancia.....	18
2.	Cobertura forestal de la ciudad de Guatemala 2017.....	26
3.	Cobertura forestal de la ciudad de Guatemala 2018.....	27
4.	Cobertura forestal de la ciudad de Guatemala.....	28
5.	Cobertura forestal de la ciudad de Guatemala 2020.....	29
6.	Cobertura forestal de la ciudad de Guatemala 2021.....	30
7.	Cantidad y tipo de actividades en que se emplearon los árboles provenientes del vivero Ojo de Agua en 2018.....	33
8.	Cantidad y tipo de actividades en que se emplearon árboles provenientes del vivero Ojo de Agua en el 2019.....	35
9.	Cantidad y tipo de actividades en que se emplearon árboles provenientes del vivero Ojo de Agua en 2020.....	37
10.	Ciprés común ( <i>Cupressus lusitancia</i> ) seco por falta de agua.....	50
11.	Pino ( <i>Pinus Oocarpa</i> ) con tres fustes.....	50
12.	Bosque de árboles de hormigo ( <i>Platymiscium Dimorphandrum</i> ).....	52
13.	Bosque Acatán zona 16.....	53
14.	Bosque zona 15, columpio de Vista Hermosa.....	54
15.	Bosque El Mirador zona 7.....	56
16.	Bosque parque ecológico Sakerti zona 7.....	57
17.	Bosque Sakerti II, barranco ACJ zona 7.....	58
18.	Ejemplar de hormigo ( <i>Platymiscium Dimorphandrum</i> ) creciendo entre maleza.....	59

19.	Ejemplar de Matilisguate ( <i>Tabebuia Rosea</i> ) con hongos foliar .....	60
20.	Esquema para reforestaciones .....	62
21.	Esquema para donaciones.....	66
22.	Esquema para actividades de manejo .....	69

## TABLAS

I.	Cantidad de viviendas según la fuente principal de energía para cocinar en el municipio de Guatemala .....	9
II.	Pasos para la identificación de la dinámica forestal de la ciudad de Guatemala.....	22
III.	Ficha de recolección de información .....	25
IV.	Tipos y cantidades de especies producidas el 2018 en el vivero Ojo de Agua por tipo de uso .....	32
V.	Tipos y cantidades de especies producidas el 2019 en el vivero Ojo de Agua por tipo de uso .....	34
VI.	Tipos y cantidades de especies producidas el 2020 en el vivero Ojo de Agua por tipo de uso.....	36
VII.	Tipos y cantidades de especies producidas el 2021 en el vivero Ojo de Agua por tipo de uso.....	38
VIII.	Áreas forestadas ciudad de Guatemala hasta el 2021.....	39
IX.	Resultados de la parcela No. 1 bosque de la Asunción.....	40
X.	Resultados de la parcela No. 2 bosque Lourdes.....	41
XI.	Resultados de la parcela No. 3 bosque El Roble .....	42
XII.	Resultados de la parcela No. 4 bosque Acatán.....	42
XIII.	Resultados de la parcela No. 5 bosque Columpio de Vista Hermosa.....	43
XIV.	Resultados de la parcela No. 6 bosque El Mirador II .....	44
XV.	Resultados de la parcela No. 7 Parque ecológico Sakerti I .....	45
XVI.	Resultados de la parcela No. 8 bosque Sakerti II barranco ACJ.....	46

XVII.	Resultados de la parcela No. 9 Bosque Km 9 CA 9, INEB .....	46
XVIII.	Ficha de recolección de información .....	47
XIX.	Distribución de valores porcentuales .....	48
XX.	Cálculo del porcentaje de efectividad de la parcela No. 1 bosque de La Asunción.....	49
XXI.	Cálculo del porcentaje de efectividad de la parcela No. 2 Bosque Lourdes .....	51
XXII.	Cálculo del porcentaje de efectividad de la parcela No. 3 bosque El Roble .....	51
XXIII.	Cálculo del porcentaje de efectividad de la parcela No. 4 bosque Acatán .....	53
XXIV.	Cálculo del porcentaje de efectividad de la parcela No. 5 bosque columpio de Vista Hermosa .....	54
XXV.	Cálculo del porcentaje de efectividad de la parcela No. 6 bosque El Mirador II .....	55
XXVI.	Cálculo del porcentaje de efectividad de la parcela No. 7 parque Sakerti .....	56
XXVII.	Cálculo del porcentaje de efectividad de la parcela No. 8 bosque Sakerti II barranco ACJ .....	57
XXVIII.	Cálculo del porcentaje de efectividad de la parcela No. 9 .....	59



## LISTA DE SÍMBOLOS

Símbolo	Significado
ha	Hectárea
$\bar{X}$	Media



## GLOSARIO

<b>Aerosoles</b>	Así se les denominan a todas las partículas que se encuentran suspendidas en la atmosfera.
<b>C.A.</b>	Centro América
<b>CLASlite</b>	Es un programa de computación desarrollado por la Universidad de Standford, que permite procesar imágenes satelitales.
<b>CONAP</b>	Consejo de Áreas Protegidas
<b>Espectro lumínico</b>	Es la longitud de onda electromagnética, que se observa como energía luminosa.
<b>Geo Tiff</b>	Es un formato digital de imágenes, que preserva todos metadatos conjuntos al archivo digital creado.
<b>GPS</b>	Sistema de Posicionamiento Global
<b>INAB</b>	Instituto Nacional de Bosques
<b>Infrarrojo</b>	Es la componente del espectro electromagnético que se encuentra debajo de la longitud de onda, en la cual se encuentra la luz roja.

<b>MAGA</b>	Ministerio de Agricultura Ganadería y Alimentación
<b>MARN</b>	Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales
<b>Multitemporal</b>	Hace referencia a distintos periodos durante el tiempo, múltiples momentos durante el tiempo.
<b>OLI</b>	Operador de Imágenes de la Tierra
<b>Pixeles</b>	Son todas aquellas unidades de información que componen una imagen digital, por lo general poseen un valor numérico que corresponde a una tonalidad de algún color.
<b>Radar</b>	Es un sistema que dispara ondas electromagnéticas en una dirección, para luego recibir el rebote de las ondas y de esa forma detectar objetos, en un plano tridimensional.
<b>Radiancia</b>	Es la energía irradiada hacia una dirección por parte de un cuerpo sólido.
<b>Reflectancia</b>	Es la cantidad de energía que rebota de un cuerpo sólido, toda aquella energía que compone el espectro electromagnético y no fue absorbida por un objeto que la recibió.
<b>TIRS</b>	Sensor infrarrojo termal

**URL**

Universidad Rafael Landívar

**UVG**

Universidad del Valle de Guatemala



## RESUMEN

Identificar el comportamiento de la dinámica forestal, para entender la tendencia de los bosques que se sitúan en la ciudad de Guatemala, es parte de la planificación desde las instancias correspondientes a la gestión forestal municipal. Esto también se complementa con la evaluación de los proyectos realizados a la fecha, puesto que, sin una observación objetiva sobre la efectividad de estos proyectos, no se identifican puntos por mejorar y se plantean medidas de mejora constante; y como todo proceso de mejora el poder reglamentar las mejoras para obtener un resultado con mayor garantía.

La importancia de realizar esta investigación, es el fortalecimiento en la gestión forestal por parte de la municipalidad, ya que la investigación pretendió realizar un escaneo general de las pérdidas y ganancias de recurso forestal, implementando imágenes satelitales de sensores remotos correspondientes a los años 2017 al 2021, a la vez que identificó el porcentaje de efectividad de las intervenciones en la recuperación forestal, de las zonas boscosas de la ciudad de Guatemala, luego de aplicar una metodología en campo para el levantamiento de la información. Por último, estableció un procedimiento ordenado con los procedimientos y acciones para el fortalecimiento forestal municipal con base en la información generada en las dos etapas previas.

El diseño de la investigación se encuentra segmentado en tres etapas la primera, planteó generar información mediante dos fuentes primarias; aplicando teledetección para conocer las áreas forestales que se perdieron en los últimos cinco años, capaz de ofrecer una visión sobre multitemporal en el panorama de los recursos forestales, y posteriormente se analizó la información sobre los

proyectos forestales al evaluar en campo las zonas que habían sido objeto de reforestaciones y actividades de conservación, ofreciendo un diagnóstico de las acciones de recuperación boscosa. La tercera etapa la propone procedimientos con pasos ordenados para fortalecer la gestión municipal forestal, en la ciudad de Guatemala; generando un documento capaz de brindar apoyo técnico sobre las medidas que se puedan adoptar y considerar dentro del proceso de la mejora constante en cuanto a la intervención forestal desde la municipalidad.

## PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

El aumento del producto interno bruto como uno de los ejes para alcanzar el desarrollo, hace evidente que mientras se transforman los recursos naturales a bienes, la presión ejercida sobre estos recursos ocasiona que disminuyan hasta el punto de que finalmente se agotan. Lo que provoca, como efecto colateral, el desequilibrio ecológico y la degradación del medio ambiente en el cual se desarrollan las sociedades actuales.

Sin embargo, a medida que el agotamiento del medio natural acontece, los escenarios de futura escases han sido previsualizados, a tal grado, en que nace en 1987 el término “Desarrollo Sostenible”, mediante el cual la comisión de Medio Ambiente de Naciones Unidas espera que se rijan las acciones para contrarrestar los problemas medioambientales. Además, es bien sabido que el primer paso para la implementación de medidas y estrategias adecuadas a la realidad se basa en establecer líneas base que reflejen los problemas sujetos a intervención.

En Guatemala únicamente se puede identificar una metrópoli en la región central, que llevan el mismo nombre que el país; a diferencia de otros países vecinos como Honduras y Costa Rica. Derivado de ello la ciudad capital posee una importancia muy elevada, por tal razón la gestión de todos sus recursos debe ser efectiva y un ejemplo para el resto de las localidades nacionales, asumiendo el papel de liderazgo en una nación en vías de desarrollo.

En actualidad, la necesidad de preservar sus recursos forestales es latente, por lo cual se han establecido dichas líneas base de escala

departamental a cargo de las instituciones gubernamentales como lo son: el Instituto Nacional de Bosques y Consejo Nacional de Áreas Protegidas; y no gubernamentales como: Universidad del Valle de Guatemala, Universidad Rafael Landívar. En donde “se pudo determinar que durante el período 2006-2010, hubo una pérdida de 17,792 hectáreas de bosque, sin embargo, durante ese mismo período se recuperaron 12,653 hectáreas; lo que produce una pérdida neta de - 5,139 hectáreas de bosque. La tasa de deforestación para el departamento de Guatemala es de 1,544 ha/año” (INAB, CONAP, MAGA, MARN, UVG y URL, 2011, p.50).

Continuo a los esfuerzos de dichas instituciones, han seguido adelante y proyectaron un nuevo estudio perteneciente al período de 2010-2016, en donde “Se pudo determinar que durante el período 2010-2016, hubo una pérdida de 20,458 ha de bosque, sin embargo, durante ese mismo período se recuperaron 15.988 ha; teniendo una pérdida neta de 4,824 ha de bosque, equivalente al - 1.56 % anual” (INAB, CONAP, MAGA, MARN, UVG y URL, 2019, p.71).

Basándonos en la situación de importancia geográfica del departamento de Guatemala, se puede interpretar que dicho problema tiene distintos orígenes como lo son: el cambio de uso del suelo por la extensión urbana o agrícola, el aprovechamiento forestal o bien por conatos de incendio forestal: de cualquier forma, existen normas y procedimientos que pretenden resolver dichas problemáticas.

Por otro lado, es de vital importancia evaluar las acciones y el uso de los recursos puestos a disposición por parte de la municipalidad de la ciudad de Guatemala, lo que supondría un problema si estos no lograran ser lo suficientemente exitosos para atacar la problemática que representa la degradación forestal, al ser un actor clave para cambiar la dinámica actual del

municipio, ya que forma parte del departamento de Guatemala, mismo que refleja un comportamiento negativo en el balance entre ganancia y pérdida de bosque. Todo ello para establecer las acciones en pro de fortalecer la gestión municipal forestal, tal y como lo establece el Código Municipal en su artículo 68, inciso k): “Desarrollo de viveros forestales municipales permanentes, con el objeto de reforestar las cuencas de los ríos, lagos, reservas ecológicas y demás áreas de su circunscripción territorial para proteger la vida, salud, biodiversidad, recursos naturales, fuentes de agua y luchar contra el calentamiento global” (p. 24).

Por tal razón la se plantearon las siguientes preguntas de investigación: ¿Cuál solución permitirá a la municipalidad de la Ciudad de Guatemala, fortalecer su gestión municipal forestal que contengan medidas acordes a su dinámica forestal actual?; ¿Cómo se comporta la dinámica forestal de los últimos años en la actualidad del municipio de Guatemala, mediante técnicas de teledetección y validación de campo?, así como ¿Qué tan efectivo ha sido el desempeño de los proyectos municipales en materia de gestión forestal con relación a la deforestación local de los últimos años? y por último ¿De qué forma la Municipalidad de Guatemala garantiza el éxito de sus intervenciones a favor de la recuperación forestal?.



## **OBJETIVOS**

### **General**

Elaborar un plan que contenga todas las medidas necesarias acordes a su dinámica forestal para que se fortalezca su capacidad de gestión municipal forestal.

### **Específicos**

1. Determinar el comportamiento de la dinámica forestal de los últimos cinco años en el municipio de Guatemala, mediante técnicas de teledetección.
2. Evaluar los proyectos municipales de los últimos cinco años mediante visitas a campo y análisis de bases de datos para estimar un porcentaje de efectividad.
3. Establecer un procedimiento que contemple los mecanismos de compromisos, control y monitoreo necesarios por parte de la municipalidad y los vecinos, que garantice el éxito de los proyectos municipales para la recuperación forestal.



## RESUMEN DEL MARCO METODOLÓGICO

El presente trabajo de investigación se enfocó de una forma cuantitativa y cualitativa, se basó en la elaboración de un plan para el fortalecimiento de la gestión municipal luego del análisis del contexto del recurso forestal, la evaluación de la respuesta municipal de Guatemala mediante acciones de reforestación, manejo, producción de bosque y culminar con el establecimiento de procedimientos de mejora para dichas intervenciones; está catalogada como una investigación descriptiva y no experimental, dividida en tres fases de estudio; generación de área boscosa a partir del procesamiento de imágenes satelitales Landsat 8, procesadas mediante técnicas de teledetección de los años 2017 al 2021 para identificar una dinámica de bosque.

La segunda fase determinó cómo era la respuesta por parte de la Municipalidad de Guatemala, se calculó un porcentaje de efectividad en la gestión forestal en cuanto al manejo de los bosques en campo, y el análisis de la producción de especies forestales por parte del vivero municipal forestal Ojo de Agua. Y la tercera fase la elaboración de procedimientos esquematizados y explicados etapa por etapa.

Se pudo obtener un plan conformado por la comparación de multitemporal del comportamiento del territorio cubierto por uso de tipo forestal, se indicó las cantidades de área ocupadas en los últimos 5 años, para que con la diferencia de un año respecto al otro se mostrara si hubo pérdida o ganancia entre un año respecto al otro.

Continuó por el cálculo de efectividad luego de estudiar el desarrollo de los bosques que son atendidos por la Municipalidad de Guatemala, se establecieron variables, basadas en la metodología de parcelas temporales para medición forestal, del instituto nacional de bosque y operando los resultados obtenidos mediante una media aritmética ponderada, en donde se evaluaron los resultados de cada parcela por individual, dadas sus características como la edad y el tipo de manejo aplicado; al igual que el análisis de la información procedente del vivero municipal Ojo de Agua.

Una vez identificada la dinámica del bosque y el grado de efectividad en su manejo del municipio de Guatemala, se desarrollaron flujos de trabajo de forma esquematizada, de procesos que se deberían realizar para cada programa por separado, por medio de plan de respuesta ante la situación actual y los puntos que deberían de fortalecerse sobre lo que ya se está ejecutando, para cumplir con la atribución propia municipal, en cuanto a establecer viveros municipales y reforestar cuencas.

## INTRODUCCIÓN

La actualidad de la ciudad de Guatemala con respecto a sus recursos naturales destaca la generación de bosque y todos sus beneficios en calidad de servicios ecosistémicos. A pesar de su importancia, actualmente se ha presentado una realidad a nivel departamental, descrita por diversas instituciones públicas y privadas que revelan datos a tomar en cuenta para la planificación del desarrollo; específicamente estos estudios revelan que la dinámica forestal de los años 2009 a 2016, no es la más favorable para la preservación y recuperación de áreas de carácter forestal. La principal cuestión radica en estudiar los últimos cinco años para esclarecer el rumbo que tienen los bosques sobre esta situación, con la salvedad de tomar en cuenta únicamente el territorio perteneciente al municipio de Guatemala.

Lo anterior es alcanzable gracias al avance de la tecnología a nivel global, puesto que en la actualidad se cuenta con información multitemporal capaz de revelar las áreas de cobertura forestal año con año, en productos digitales de satélites complejas que están compuestas por capas. La técnica que se emplea para descifrar esta información se ha convertido en una disciplina llamada teledetección, de tal manera que con el software especializado hace posible saber cómo se ha comportado el bosque en la ciudad de Guatemala en los últimos cinco años.

La presente investigación identificó la dinámica forestal de la ciudad en su primer capítulo, se fundamentada sobre conceptos de teledetección y la metodología de las parcelas temporales de evaluación forestal y la herramienta de la media aritmética ponderada; para ofrecer un panorama más amplio de la

situación de este recurso y el rumbo que lleva en los últimos cinco años; además en el segundo capítulo se indicaron los procedimientos elaborados en campo, el vaciado de los datos y se calculó la efectividad de los proyectos municipales forestales, posterior al trabajo de gabinete. Para finalizar con el tercer capítulo en donde se analizaron todos los resultados numéricos y gráficos para obtener una serie de conclusiones y recomendaciones orientadas para indicar todas las mejoras de implementación, evaluación y seguimiento; a nivel de la propuesta de un plan conformado por procedimientos como la cúspide del fortalecimiento en la gestión forestal municipal en el municipio de Guatemala, departamento Guatemala.

# 1. MARCO REFERENCIAL

## 1.1 Estudios previos

Las dinámicas forestales indican cómo se comporta el recurso forestal de un territorio, lo cual representa una radiografía del comportamiento de los bosques e en el tiempo, eso incluye su aumento y disminución.

Lemus, (2018) en su estudio titulado *Diagnóstico y estudio de la dinámica de la cobertura forestal del periodo de 1999 Al 2017, para el municipio de Palencia, Guatemala, C. A.*, diagnosticó el funcionamiento en la unidad de asuntos forestales, de la municipalidad que durante el periodo que comprendía el mes de agosto en el año 2016, para el mes de mayo del siguiente año, es decir, 2017.

Logró determinar los ejes de: los alcances la organización, las proyecciones, el estado actual, los fondos presupuestarios, con el fin de determinar que problemas enfrentaban, los impactos comunitarios y temporales durante su funcionamiento. Además, describió las participaciones y ejecución de actividades, como también los proyectos realizados y planificados a futuro. (Lemus, 2018)

También expresó que, para indicar el uso del suelo del año 2017, elaboró un mapa en donde identificó las actividades incidentes sobre la disminución en la cobertura de masa boscosa, las cuales fueron: la reducción de la brecha entre la explotación agrícola, la expansión de la huella urbana de lugares poblados y tala no autorizada. Los resultados que

destacó luego de hacer un balance de la cobertura forestal, era negativos indicando que en un aproximado de 476.2 hectáreas se perdían de forma anual, lo que significaba un 2.2 % menos de área utilizada para bosque, en comparación al año 2012. (Lemus, 2018, p.17)

El Grupo Interinstitucional de Monitoreo de Bosques y Uso de la Tierra [GIMBUT], (2019), inicialmente tenía la idea de realizar el levantamiento de la dinámica forestal exclusivamente para el municipio de Guatemala, finalmente se generaron mapas de todos los departamentos del país implementando imágenes satelitales que revelaron el comportamiento de la superficie de la tierra de forma espacio-temporal documento que lleva por nombre *Mapa de cobertura forestal de Guatemala 2016 y dinámica de la cobertura forestal 2010-2016*.

Las instituciones involucradas para la elaboración del documento fueron: el Instituto Nacional de Bosques (INAB), el Consejo de Áreas Protegidas (CONAP), la Universidad del Valle de Guatemala (UVG) y Universidad Rafael Landívar (URL), y los ministerios de Ambiente y Recursos Naturales (MARN) y el de Agricultura, Ganadería y Alimentación (MAGA); los cuales se organizaron a través de un convenio.

Para elaborar de los mapas de la dinámica forestal de 2010 a 2016, se emplearon imágenes de los sensores Landsat en sus versiones 7 y 8, también se ocuparon las ortofotos emitidas por el gobierno en el año 2006 como medio de validación de los resultados. Derivado de este estudio se logró determinar estadísticamente un 87 % de acierto, siendo este un valor aceptable puesto que el error fue menor al 15 %. (GIMBUT, 2019)

Otra investigación relevante con respecto a la utilización de sensores remotos es la de Catalán *et al.*, (2017). Titulada: *Determinación de la*

*degradación forestal en el ecosistema de manglar pacífico a través de sensores remotos y el uso de vehículos aéreos no tripulados.* La investigación utiliza productos de la misión Landsat 8 que llevan montado los sensores OLI/TIRS, para posteriormente procesar los datos mediante el software CLASlite, estableciendo parámetros dentro del espectro electromagnético, para realizar la identificación de cobertura forestal, así como las actividades que degradan este recurso.

El área de seleccionada para el estudio fue el ecosistema de manglar del pacífico, al sur del país guatemalteco. Determinando un valor espectral por medio del programa digital CLASlite y también empleando modelos fotogramétricos con alta definición construidos a partir del dron marca Phantom, Series 3, modelo Advanced de la marca DJI , dado que este vehículo no tripulado posee tecnología avanzada por ser un vuelo semi automático y con referencia espacial de Sistema de Posicionamiento Global (GPS) y un sensor de tipo óptico con resolución alta, el objetivo fue validar de forma visual los registros de la disminución de cubierta forestal provenientes de CLASlite, se identificó que la precisión general de las imágenes de Landsat 8 fue tan solo 95 %, obteniendo un nivel de confianza trazado en 97 %, contando con solo una incertidumbre del 2 %.

También *el Manual de normas, procesos y procedimientos de fortalecimiento forestal municipal del instituto nacional de bosques INAB, (2018),* elaborado específicamente por el Departamento de Fortalecimiento Forestal Municipal y Comunal, perteneciente a la dirección de desarrollo forestal; indica que el fortalecer la institucionalidad local es un proceso forestal descentralizado, y a la vez promueve la mejora gestión forestal en conjunto entre los gobiernos y organizaciones sociales.

Además, indica que fortalecimiento municipal debe tener como propósito elaborar las capacitaciones, asistencia de tipo administrativa y técnica sobre el recurso forestal. Así mismo consolidar las alianzas necesarias que descentralicen las acciones al implementar de planes de trabajo en conjunto, a la vez que se coordinen y se les brinde seguimiento. (INAB, 2018)

Por último, el estudio de Morera, (2019), titulado *Dinámica y estructura en ecosistemas forestales y su aporte al ciclo del carbono en la península de Osa, Costa Rica*. Cuyo enfoque se orienta a caracterizar una dinámica de ecosistemas forestales apoyados en: diversidad de flora, las estructuras forestales, cambios del espacio en el tiempo y el carbono que forma parte de la biomasa, la dinámica en su desarrollo, procesos ecológicos de pérdida y ganancias de especímenes, así como cuantificar la carga carbono que posee los biomas y los suelo que característicos en la morfología de Costa Rica. Estableciendo las siguientes metas.

- Describir y comparar los componentes vegetales para aquellas especies de árboles, palmas y bejucos con un diámetro  $\geq 10$  cm de Dap.
- Comprender la dinámica de las especies presentes mediante la cuantificación y comparación de los patrones de crecimiento en función de su estructura y la relación de estos con el sitio y el tipo de bosque.
- Estimar y comparar la productividad en función de la cuantificación del carbono contenido en la biomasa, necromasa y suelo y su distribución en las formaciones forestales, con el fin de comprender la dinámica del carbono a nivel de ecosistema.

- Comprender la dinámica de la biodiversidad de los bosques primarios y secundarios evaluados, como un medio para entender el rol e importancia de los bosques en la Península de Osa como estrategia de conservación.



## **2. MARCO TEÓRICO**

### **2.1 Dinámica forestal**

Es el cambio provocado por la presión en las regiones montañosas del área urbana, en gran medida por el crecimiento urbano o el aprovechamiento MARN, (2017). Sin embargo, también contempla las acciones humanas y naturales para la recuperación y regeneración; en otras palabras, degradación, pérdida y recuperación constata de la cobertura forestal.

### **2.2 Degradación forestal**

Es la disminución de densidad de árboles en un bosque, que resulta al medir la cobertura o la población de unidades forestales. La degradación se puede presentar debido a actos naturales u antrópicos. Cuando se habla de magnitud o intensidad de degradación es porque se establece una tasa de pérdida en el tiempo en el bosque, por ejemplo: White & Minang (como se citó en Lemus, 2018) indica que una superficie 0,45 ha anual, se podría considerar como una pérdida de bosque menor, o lo que es igual a degradación. Por otro lado, a las pérdidas mayores que 0,5 ha se le podría considerar como deforestación.

“La mayor parte de los cambios ocurridos en ecosistemas terrestres se deben a: a) conversión de la cobertura del terreno, b) degradación del terreno y c) intensificación en el uso del terreno” (Lemus, 2018, p.32).

## **2.3 Aprovechamiento forestal**

Según la Ley Forestal 101/96, (1996), son todos beneficios de la extracción de productos o subproductos del bosque, acorde a un plan de manejo elaborado de forma técnica con antelación y aprobado permitiendo el uso de los bienes del bosque con fines comerciales y no comerciales, bajo estrictos planes silvícolas que garanticen su sostenibilidad.

En el país comúnmente el aprovechamiento del bosque está orientado a la actividad de tala forestal, para la extracción de madera en las áreas boscosas.

### **2.3.1. Tala**

Es una actividad que puede realizarse en tres modalidades, según su alcance:

- Tala individual: consiste en cortar desde su base un árbol.
- Tala selectiva: consiste en cortar más un árbol desde su base, pero sin llegar a eliminar totalmente la cubierta forestal de un área determinada. (Lemus, 2018)
- Tala Rasa: “El método silvicultural que consiste en talar completamente la cubierta de bosque de un área” (Ley Forestal 101/96, 1996, p.6).

### **2.3.2. Aprovechamiento forestal de consumo familiar**

En Guatemala, la fuente energética mayormente utilizada según el último censo nacional de población y vivienda en 2018, corresponde al consumo de leña.

**Tabla I. Cantidad de viviendas según la fuente principal de energía para cocinar en el municipio de Guatemala**

<b>Gas propano</b>	<b>Leña</b>	<b>Electricidad</b>	<b>Carbón</b>	<b>Gas corriente</b>	<b>Otra fuente</b>	<b>No cocina</b>
1,432,144	1,782,861	35,346	946	1,648	455	22,531

Fuente. elaboración propia, usando datos del Censo de Población y Vivienda 2018.

## **2.4 Conservación forestal**

Tal y como lo expresa la Ley Forestal 101/96, de 31 de octubre 1996, Este término comprende por el manejo del recurso en un ecosistema, que las personas realizan con el objeto de obtener un productividad y desarrollo de estos, e incluso un aumento de su densidad, según su capacidad y la tecnología del momento, con una duración indefinida en el tiempo.

Lo anterior representa una pausa en las actividades aprovechamiento para promover la protección del bosque, mediante un conjunto de medidas que tienden a preservar, recupera, conservar y de forma sostenible el bosque.

## **2.5 Cinturón ecológico metropolitano**

Está compuesto por la delimitación de áreas ubicadas en la ciudad de Guatemala, FUNDAECO, 2005 (citado en Mejía 2011), tienen como objetivo garantizar una producción sostenible de servicios ambientales, tales como: regulación del microclima, recarga hídrica, protección de biodiversidad, purificación de aire, protección contra eventos atmosféricos del municipio, bajo diversos esquemas de protección y manejo, en ellos no se contemplan

actividades de aprovechamiento legalmente elaboradas. Lo que representa hasta cierto punto un incremento de la calidad de vida para los habitantes de dicha urbe.

En la declaración de las áreas que formarían parte del Cinturón Ecológico Metropolitano que por sus siglas [CEM] Mejía, (2011) afirma que se resaltaron dos parques pertenecientes a la jurisprudencia capitalina los cuales son: Parque Deportivo Ecológico Cayalá y la Reserva Ecológica Barrancos de Kanajuyú, ambos coadministrados por fundaciones, entidades gubernamentales, comités de vecinos, y universidades.

## **2.6 Gestión forestal municipal**

Es un proceso organizativo para planificar y ejecutar acciones por parte de la municipalidad, para el aprovechamiento sostenible de los recursos forestales del municipio, así como implementación de actividades que contribuyan a su recuperación, restauración, manejo, protección y producción. (INAB, 2018)

Además, es necesario que contemplen el control, seguimiento y monitoreo de las áreas boscosas, para identificar la presión y los impactos como consecuencia de las actividades de conservación forestal promovidas desde su accionar municipal.

## **2.7 Fortalecimiento municipal**

Se considera como la acción por la cual se capacita, o emplean acciones que mejoran las capacidades de una municipalidad para afrontar sus atribuciones establecidas en el código municipal. (INAB, 2018)

## **2.8 Fortalecimiento en la gestión forestal municipal**

Son todos aquellos planes, programas y proyectos cuyo objetivo, que se deben implementar para mejorar la eficiencia y el rendimiento, del crecimiento, cuidado y manejo del recurso forestal, desde el ámbito municipal.

En el fortalecimiento para la gestión forestal municipal se establecen las líneas de acción puntuales, para el seguimiento y control, en los diferentes pilares de la sinergia de los espacios forestales del municipio, los cuales son social, territorial, económico y ambiental.

## **2.9 Proyectos forestales municipales**

A través de La Dirección de Medio Ambiente, Municipalidad de Guatemala (2017) describe el desarrollo acciones orientadas al manejo integral del sistema ambiental, desde un panorama sostenible para desarrollarse y lograr una adecuada calidad de vida, previniendo o mitigando los problemas ambientales y a la vez conservando los recursos naturales, cada vez más escasos.

En cuanto al manejo forestal la municipalidad actualmente se enfoca en:

- Producción de especies forestales, para reforestar bosques, áreas verdes y parques.
- Reforestaciones en áreas verdes, parques y bosques que componen el cinturón ecológico.
- Actividades de manejo forestal, actividades de poda, limpia, chapeo, plateo y derrame; de especies forestales.

### **2.9.1. Viveros forestales permanentes**

En el vivero municipal forestal Ojo de Agua se producen árboles, los cuales se cuidan hasta alcanzar una altura de 1 a 3 metros cuyo propósito es contribuir a proyectos de reforestación, por todo el territorio municipal, además, en el vivero La Península también se producen plantas ornamentales, para parques y arriates.

### **2.9.2. Reforestaciones**

Es necesario contar con sembrar árboles para reforestar las áreas verdes urbanas de la ciudad y trabajar en el programa de reforestación, juntamente con elementos de la sociedad como: instituciones educativas públicas y privadas, comité de vecinos, alcaldías auxiliares y otros; para alcanzar un mayor impacto en distintos sectores de la ciudad. Así como la construcción parques ecológicos que le ofrezcan a la población una alternativa para la recreación y a la vez aporten a la conservación y ampliación del cinturón ecológico metropolitano.

### **2.9.3. Adopta un árbol**

Es un proyecto que está orientado a promover la participación del vecino, ya que se le otorga un árbol en pilón, para que el establezca el destino final de siembra, el vecino debe cuidar y plantar el árbol y darle el cuidado necesario para que se desarrolle a su máxima capacidad según especie, pendiente, manejo y fertilización. Es un método de forestación individual, que es una alternativa para realizar reforestaciones grupales.

### **2.9.4. Actividades de manejo forestal**

Consisten en la eliminación de las ramas inferiores. Esta práctica tiene el fin de aumentar la producción madera, mejorar al árbol en forma, y tratar el árbol

en podas sanitarias y simplificar otras labores ya que facilita el acceso para tareas de supervisión y mantenimiento.

Además, reducen el riesgo de incendios mediante podas cortafuego, también se trabajan las podas sanitarias, que conllevan la remoción de una o más partes del árbol que han sido severamente afectadas por plagas o enfermedades. La remoción se efectúa por medio de podas.

- Plateo

Para el INAB (2019) es como se le conoce al acto que se aplica luego de la plantación definitiva de un árbol y durante todo el primer año de crecimiento con el fin de obtener un desarrollo y crecimiento óptimo de la planta. Se debe realizar a 75 centímetros a la redonda de la planta, cuando la maleza es muy invasiva, la zona puede ser más ampliada. Se procura eliminar toda la maleza que rodea la planta.

- Poda

Según el INAB (2014) se le conoce así al acto de cortar o retirar ramas inferiores de forma parcial en los árboles, independientemente si las ramas aún cumplen una función en el árbol. Lo cual es igual que de decir desrame forestalmente hablando, esto asegura una producción de madera que no contenga nudos, y un mejor desarrollo del fuste para el bosque en conjunto.

- Raleo

El INAB (2014) lo define como, la extracción de árboles que forman parte de la plantación y poseen defectos, por lo cual deben ser suprimidos, con el propósito de garantizar una mejor provisión de nutrientes en el suelo, así como mayor disponibilidad de radiación solar para los árboles más saludables de la plantación. Esta práctica estimula el crecimiento de los ejemplares que

conforman la plantación, además de aumentar el tamaño y cobertura por el bosque.

## **2.10 Parcelas para medición forestal**

Ugalde, (citado en Catalán 2016), se refiere a las parcelas útiles en la como un herramienta eficaz y eficiente mediante se evalúa el crecimiento y rendimiento los ejemplares que conforman un conjunto de árboles proporcionando información sobre su crecimiento, distanciamiento y diámetro a altura de pecho (mayores a 2 cm).

Las parcelas de medición forestal pueden ser permanentes y temporales; las segundas nos ayudan a realizar una única medición, a diferencia de las segundas.

Klepac (citado en ABAJ, 2003) sugiere:

Ecuación 1. Cálculo para el establecimiento del número de parcelas de muestreo forestal

1 a 10 hectáreas = 2 parcelas

10 a 100 hectáreas= 2 + 1 por cada 10 ha

100 a 1000 hectáreas= 12 + 1 por cada 100 ha

La parcela temporal para la medición forestal de tipo posee forma rectangular, y sus dimensiones son de 20x25 m (500 m<sup>2</sup>). Con una intensidad de muestreo del 1 %. (Ley Forestal 101/96, 1996)

## 2.11 Media aritmética ponderada

“Una media ponderada ( $X_w$ ) es un promedio de cantidades a las que se ha asignado una serie de coeficientes, llamados pesos, para tener en cuenta adecuadamente su importancia relativa” (Paz K. 2007, p.3).

Su fórmula de la media aritmética ponderada es la siguiente se desglosa de la siguiente manera:

Ecuación 2. Fórmula de la media aritmética ponderada

$$\bar{X}_w = \frac{(w_1X_1 + w_2X_2 + \dots + w_nX_n)}{(w_1 + w_2 + w_n)}$$

En donde:

**X** = Es el valor del obtenido de la variable

**w** = Es el peso estadístico de la variable

**n** = Es el número de repeticiones

Fuente. Paz K. 2007, p.3

## 2.12 Teledetección

Se le llama así a la disciplina que tiene por objeto identificar todos los componentes temáticos de un plano, mediante el empleo de imágenes satelitales provenientes de los sensores remotos, su nombre se deriva del verbo detectar, y la palabra teledirigido, dado que los satélites que poseen los sensores remotos son no tripulados y se encuentran únicamente teledirigidos.

Cuando se hace teledetección prácticamente se está realizando un análisis de los valores matemáticos que contienen las imágenes procedentes de los sensores remotos, mediante operaciones aritméticas por medio de un software especializado. Dentro de las diferentes técnicas.

### 2.12.1 Clasificación supervisada

Esta clasificación se trata de un proceso en donde los puntos o píxeles de una imagen que contienen valores conocidos son incluidos en las zonas de entrenamiento, para luego ser las referencias al momento de clasificar los píxeles que contienen similares firmas espectrales, en las siguientes etapas:

- Etapa muestral entrenamiento

Promedio de esta etapa el analista selecciona zonas cubiertas terrestres conocidas (urbanizaciones, bosques, plantaciones, entre otros) delineándolas con vectores poligonales, cuyos valores numéricos se registran en la computadora bajo la denominación de regiones de interés.

- Etapa de elección y aplicación de algoritmo para clasificación.

En esta etapa el analista debe tener la noción de los elementos que se ubican en la superficie de su estudio, ya sea por un recorrido de campo, o bien por consultar la cartografía, ortofotos, fotos aéreas, entre otros.

Teniendo la data de los píxeles y posteriormente a su entrenamiento, se debe tratar de asignar a cada píxel de la imagen satelital a alguna clase. Los algoritmos más populares o comúnmente empleados en esta técnica de teledetección son los siguientes:

- paralelepípedos
- máxima probabilidad
- mínima distancia

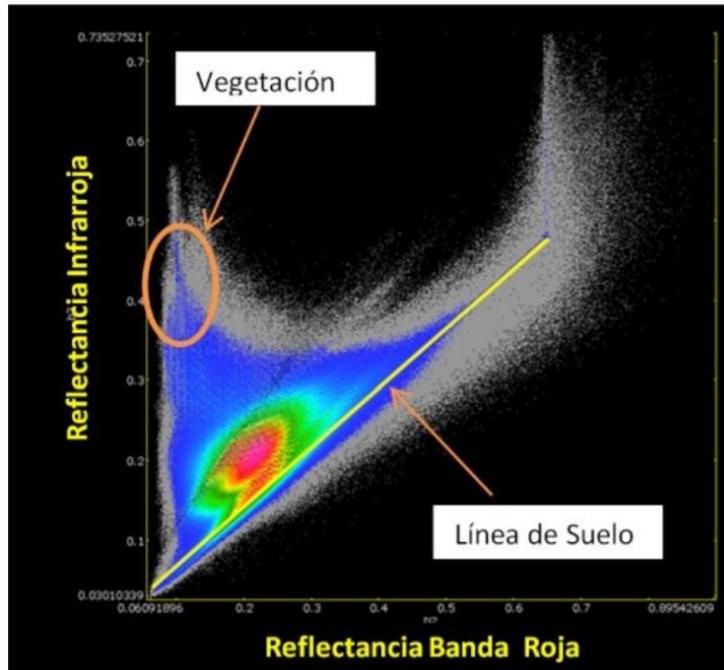
Parte de un cierto conocimiento de la zona de estudio, adquirido por experiencia previa o por trabajos de campo. Chuvieco (1996), expresa que el usuario debe introducir sobre la pantalla, los vértices que definen cada una de aquellas áreas representativas, asignándolas a una de las categorías definidas previamente en la leyenda. El ordenador calcula las estadísticas elementales de cada categoría, media, rango, desviación típica, matriz de varianzas, entre otros.

### **2.13 Índice de vegetación de diferencia**

Este índice por sus siglas en inglés es más conocido como NDVI, Según Pérez D. (2007) afirma que es el índice más conocido en la teledetección y por ende el más utilizado. Esto se debe a su sencillez de cálculo y la disponibilidad de identificar un rango que va de  $-1$  y hasta  $+1$ , lo que permite definir umbrales de reflectancia y radiancia en la comparación continua de imágenes satelitales.

Cuando se tienen valores NDVI de 0.1, significa que son zonas rocosas, arenosas, hasta inclusive zonas de nevadas, por otro lado, si obtenemos valores entre 0.2 y 0.3 nos indican que son áreas pobres con arbustos o pastizales; valores mayores corresponden a praderas, cultivos, o áreas reforestadas entre otros; teniendo en cuenta que el valor alcanzado, no puede ser mayor.

Figura 1. **Comportamiento del radiancia y reflectancia**



Fuente. Índices de vegetación (2013). *Apuntes de teledetección*.

## 2.14 Sensores remotos

Dentro de estos parámetros físicos podemos mencionar la relación directa de las condiciones estéticas del agua, como se especifica a continuación: estos recursos son instrumentos capaces de ver o captar las relaciones espectrales y espaciales de objeto y materiales observables a una considerable distancia, capaz de abarcar todo un espectro lumínico. (Pérez, 2007)

En otras palabras, son como una especie de cámara que se monta sobre un satélite, el cual es enviado a la estratosfera para girar en una órbita controlada alrededor de la tierra, con el fin de captar información de la tierra de forma periódica. Un sensor remoto puede ser: ópticos o radar.

## **2.15 Misiones Landsat**

Masek, (2014) indica que este satélite fue lanzado el 11 de febrero de 2013. La carga útil del satélite consta de dos instrumentos científicos: el Operational Land Imager (OLI) y el Thermal Infrared Sensor (TIRS), los sensores cubren un área masa terrestre global con una resolución espacial de 30 metros en sus bandas: rojo, verde, azul, infrarrojo cercano, infrarrojo medio e infrarrojo lejano. 100 metros en la banda de aerosoles térmicos y 15 metros en la banda pancromática. fue desarrollado como una colaboración entre la NASA y el Servicio Geológico de los Estados Unidos (USGS).

El sensor OLI, es un sensor óptico que recopila datos para las bandas espectrales visible, infrarroja cercana e infrarroja de onda corta, así como para una banda pancromática. Por otro lado, TIRS recopila información en dos bandas espectrales estrechas de la región térmica del espectro.

El sensor OLI hace posible la recolección de la información útil para calcular la masa boscosa que cubre la corteza terrestre. Y sumado a que el satélite toma una foto del mismo punto cada 16 días, es posible hacer un estudio multitemporal para periodos mensuales y anuales.



### **3. MARCO METODOLÓGICO**

#### **3.1 Tipo de estudio**

La presente investigación es de tipo cuantitativa-descriptiva, esta considera proponer un plan de fortalecimiento forestal que conste en: identificar la dinámica forestal en la ciudad de Guatemala del año 2017 a 2021, así como la medición de efectividad de la gestión forestal por parte de la municipalidad, con el propósito de emitir las recomendaciones por medio de un procedimiento, cuyo objetivo sea indicar los compromisos por parte de los vecinos para alcanzar una participación controlada y monitoreada que conduzca a la recuperación del recurso forestal. Además, contempla un modelo no experimental, ya que no prevé controlar todo el entorno de su desarrollo. El alcance de esta investigación no comprobará una hipótesis.

#### **3.2 Fases del estudio**

Se realizó una investigación que contempla la dinámica forestal del bosque de Guatemala, para conocer cómo se comporta los bosques que conforman el Cinturón Ecológico Metropolitano comprendido diversas áreas boscosas, además evaluar la intervención de la obra municipal respecto al tema foresta en los bosques de: Columpio de Vista Hermosa zona 10, Asunción zona 1, el Roble zona 11, Bosque de INEB zona 18, Sakerti I y II zona 7 y El mirador zona 7 ACJ, Bosque Acatan zona 16, Bosque Lourdes Zona 16. Dado que estas áreas se encuentran priorizadas en los programas de mega reforestaciones y reforestaciones municipales; además evaluar la producción de árboles y las bases del proyecto *Adopta un árbol*.

### 3.3 Primera fase: establecimiento de la dinámica forestal del bosque

En la primera fase se realizó la descarga de las imágenes satelitales necesarias para que sean sujetas a procesos de teledetección, en donde se reveló el comportamiento multitemporal de las áreas forestales capitalinas.

El propósito es determinar las cantidades de área de la pérdida y ganancia de recurso forestal, para un periodo de tiempo determinado, y determinar si la dinámica es positiva o negativa en cada periodo de tiempo evaluado y de manera global.

Para realizar esta medición se tomaron productos de las misiones espaciales Landsat 8, del Sensor OLI, realizándose procesos para obtener la información referente a la dinámica forestal de la ciudad.

Tabla II. **Pasos para la identificación de la dinámica forestal de la ciudad de Guatemala**

1	2	3
Descarga de imágenes Satelitales	Procesamiento de Imágenes satelitales, mediante clasificaciones e índices de vegetación	Mapas de dinámica forestal, de la ciudad de Guatemala.

Fuente: elaboración propia.

- Descarga de Imágenes.

Para efectos de este estudio se emplearon imágenes procedentes de sensores ópticos, de las misiones de la NASA, llamadas Landsat 8, que son una serie de satélites que han sido lanzados al espacio desde hace 20 años; se empleó una imagen por año de análisis, en formato Geo Tiff.

- Clasificación supervisada y cálculo de NDVI

Inicialmente se calcularon los índices de vegetación normalizada de cada imagen, para posteriormente establecer las regiones de interés haciendo una clasificación supervisada basada en el algoritmo de paralelepípedos.

- Elaboración de mapas

En la última etapa se cruzó la información empleando sistemas de información geográfica para obtener las áreas y los presentativos de la dinámica forestal.

### **3.4 Segunda fase: evaluación de intervención municipal**

En la segunda fase se gestionaron los datos de los resultados, en los proyectos municipales para la gestión de la cobertura forestal de la ciudad. Los datos que se evaluarán son: el área reforestada, el área potencial reforestarle, con el número de plantas forestales producidas, área de bosques sujetos a manejo forestal por parte de la municipalidad.

Evaluación del manejo forestal en campo, por medio de metodología de parcelas temporales de medición forestal, para poder proyectar el comportamiento del estado actual de áreas intervenidas, mediante las reforestaciones y megareforestaciones en el cinturón ecológico de la ciudad de Guatemala.

### **3.5 Tercera fase: formulación de procedimiento para ejecutar proyectos forestales**

En la tercera fase es necesario contemplar los resultados de la etapa de la evaluación, la efectividad que se identificó y los problemas vistos en

campos y se plantearán estrategias para su corrección, y que a la vez promuevan una participación ciudadana de forma responsable y con mayor protagonismo para una intervención más exitosa en temas de recuperación y protección forestal.

## 4. PRESENTACIÓN DE RESULTADOS

### 4.1 Dinámica forestal del bosque

Para el presente estudio se utilizaron imágenes satelitales de la misión espacial Landsat 8, los cuales transportan el Sensor remoto llamado OLI y el sensor TIRS, se procesó una imagen multiespectral, de 7 bandas, por cada año de estudio, dichas fueron descargadas del portal de la USGS (Servicio Geológico de Estados Unidos), llamado Earth Explorer. Son parte de la colección No. 1 de Landsat 8.

Las imágenes utilizadas para la generación de la dinámica forestal de los años 2017 al 2021 fueron las siguientes:

Tabla III. Ficha de recolección de información

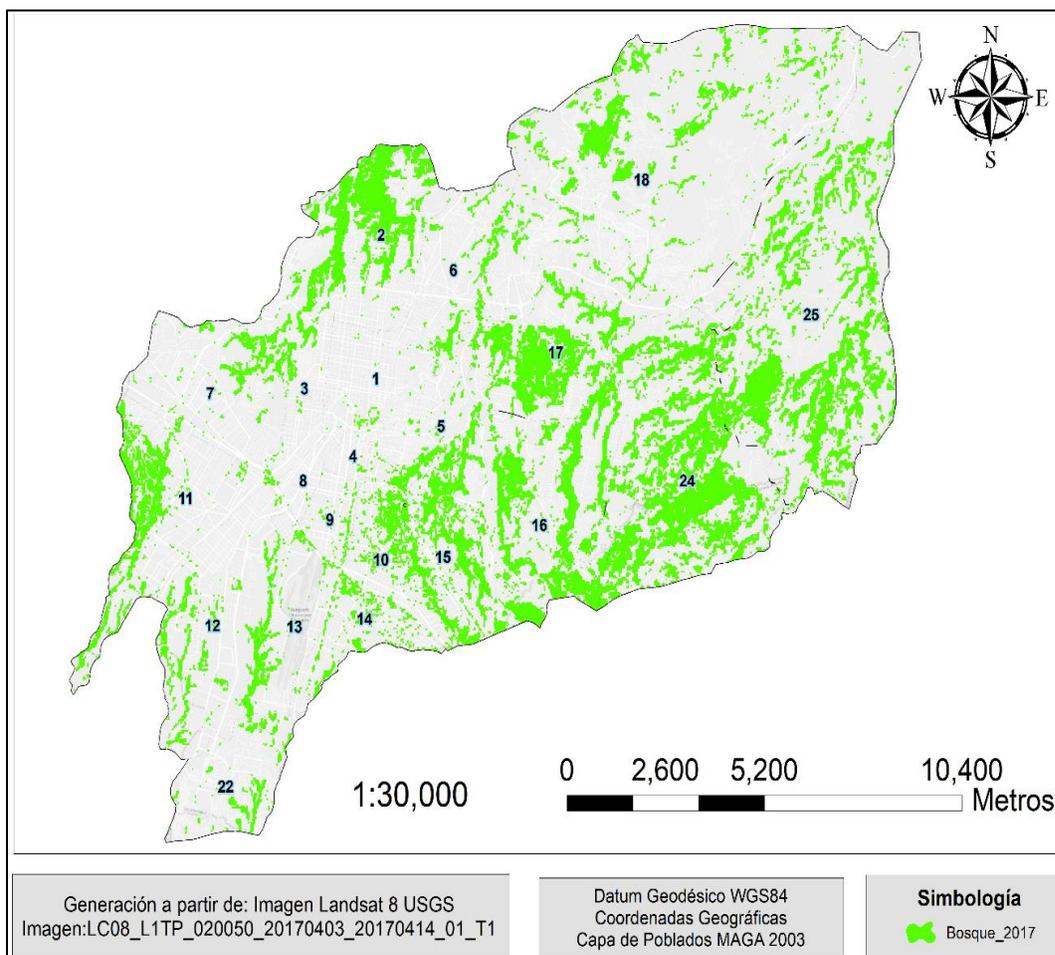
Año	Nombre
2017	LC08_L1TP_020050_20170403_20170414_01_T1
2018	LC08_L1TP_020050_20180305_20180319_01_T1
2019	LC08_L1TP_020050_20190119_20190201_01_T1
2020	LC08_L1TP_020050_20200326_20200409_01_T1
2021	LC08_L1TP_020050_20211124_20211201_01_T1

Fuente: elaboración propia.

Luego de descargar estos productos multiespectrales se operaron para obtener las huellas de los años, que fueron capturados en sus recorridos para esas temporalidades, se procedió a operarlos mediante el uso de software especializado. Obteniendo los siguientes resultados:

Para el primer año se obtuvo una cobertura de 877.09 hectáreas de cobertura boscosa siendo estos datos los primeros de la investigación, los cuales son la línea base de la investigación y se comportan de la siguiente forma:

**Figura 2. Cobertura forestal de la ciudad de Guatemala 2017**

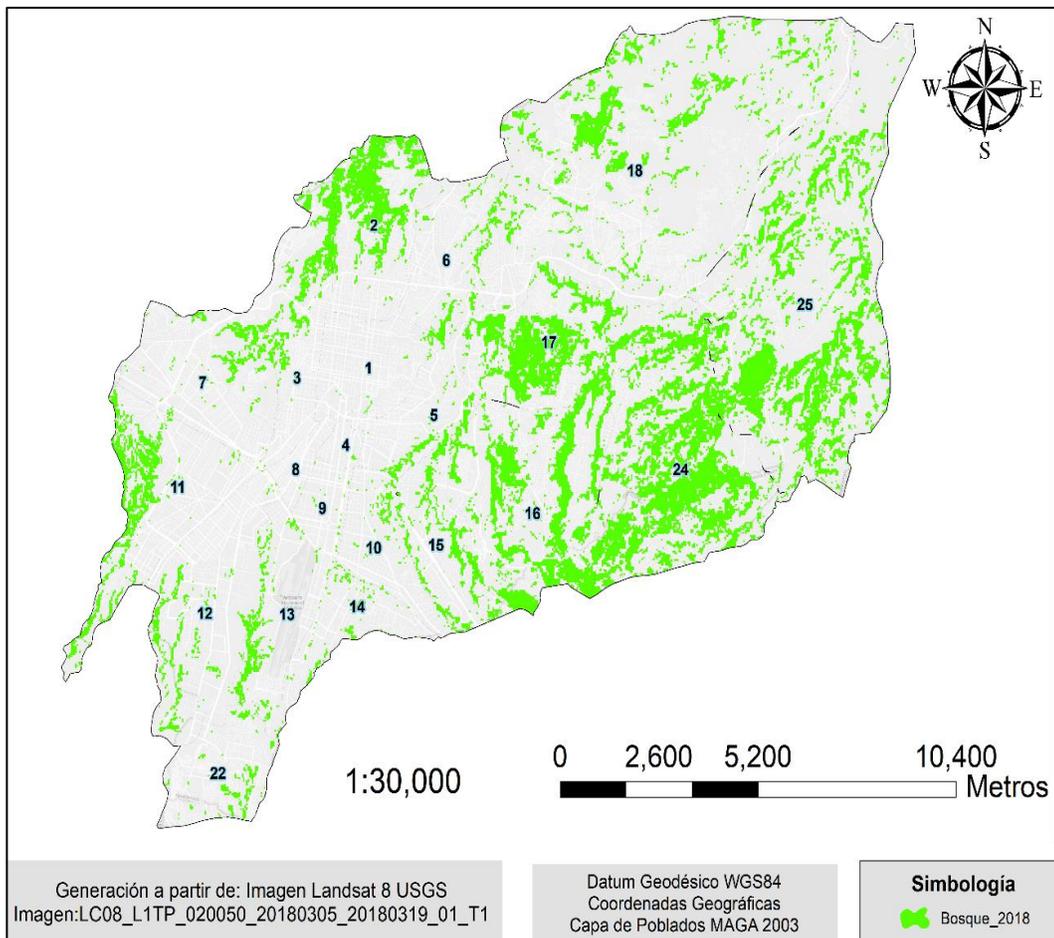


Fuente: elaboración propia, usando ArcGIS Pro.

En este año por ser el primer resultado no se puede identificar si se presentan pérdidas o ganancias de bosque, para este periodo anual.

Para el segundo año 2018 se obtuvo una cobertura de 812.62 hectáreas de cobertura, con relación al primer año operado para la investigación, se registra el siguiente comportamiento:

Figura 3. Cobertura forestal de la ciudad de Guatemala 2018

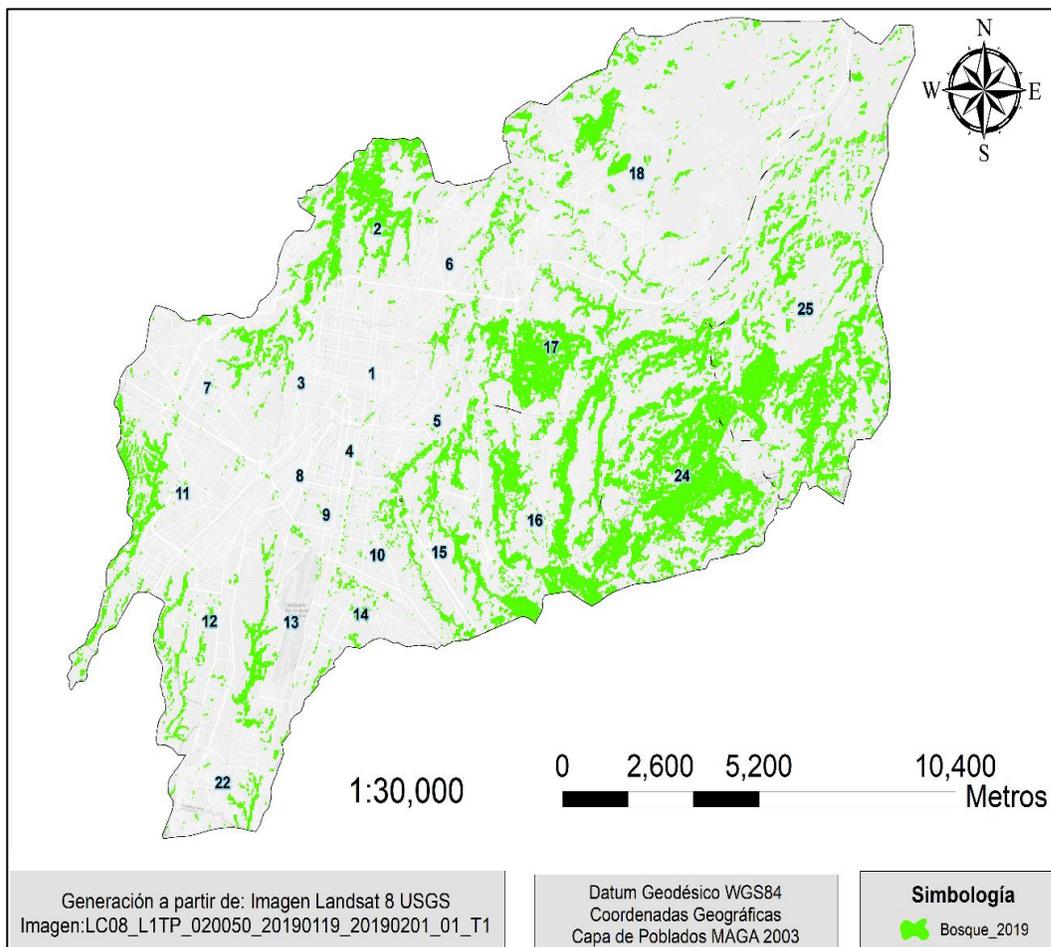


Fuente: elaboración propia, usando ArcGIS Pro.

En este se puede identificar si se presentan pérdidas de masa boscosa en 64.47 hectáreas y tiempo se registra una dinámica negativa.

Para el tercer año 2019 se obtuvo una cobertura de 798.92 hectáreas de cobertura, con relación al primer año operado para la investigación, se registra el siguiente comportamiento:

Figura 4. Cobertura forestal de la ciudad de Guatemala

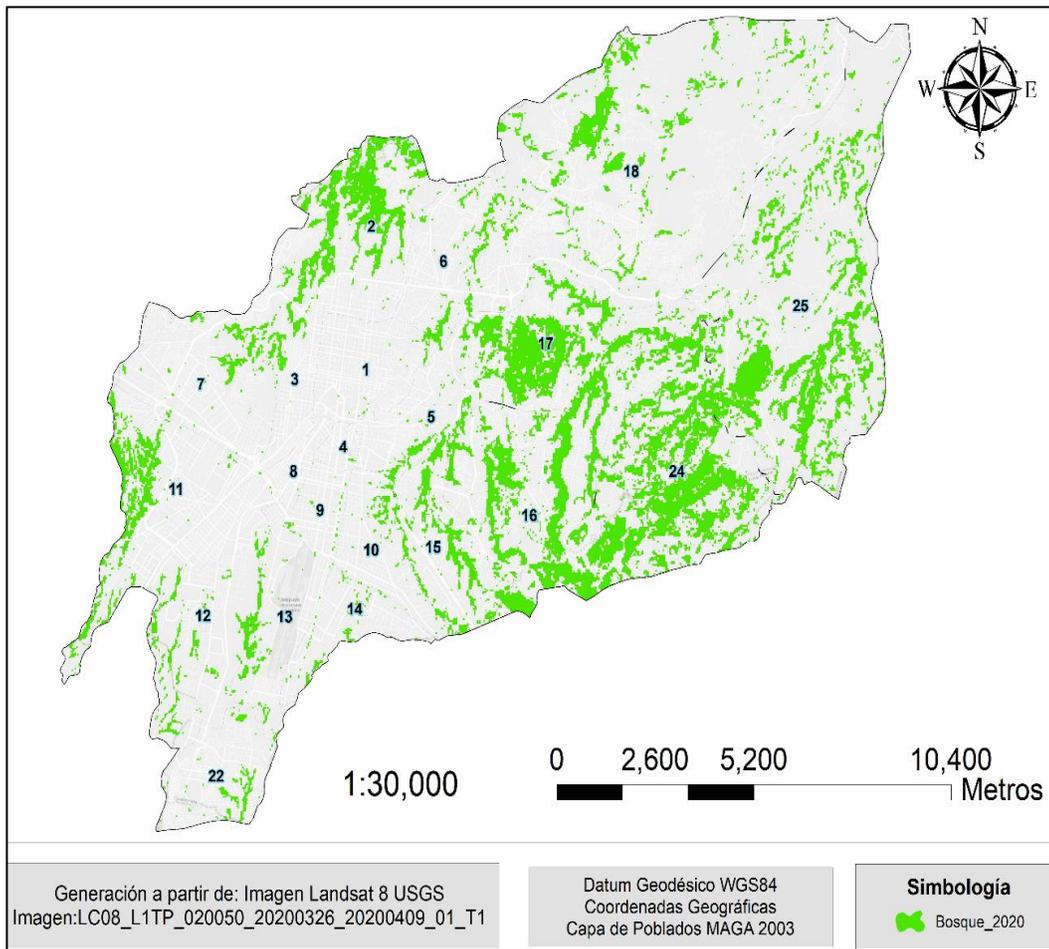


Fuente: elaboración propia, usando ArcGIS Pro.

En este se puede identificar si se presentan pérdidas de masa boscosa en 22.80 hectáreas, para este segmento de tiempo se registra una dinámica negativa.

Para el cuarto año 2020 se obtuvo una cobertura de 708.58 hectáreas de, con relación al primer año operado para la investigación, se registra el siguiente comportamiento:

Figura 5. Cobertura forestal de la ciudad de Guatemala 2020

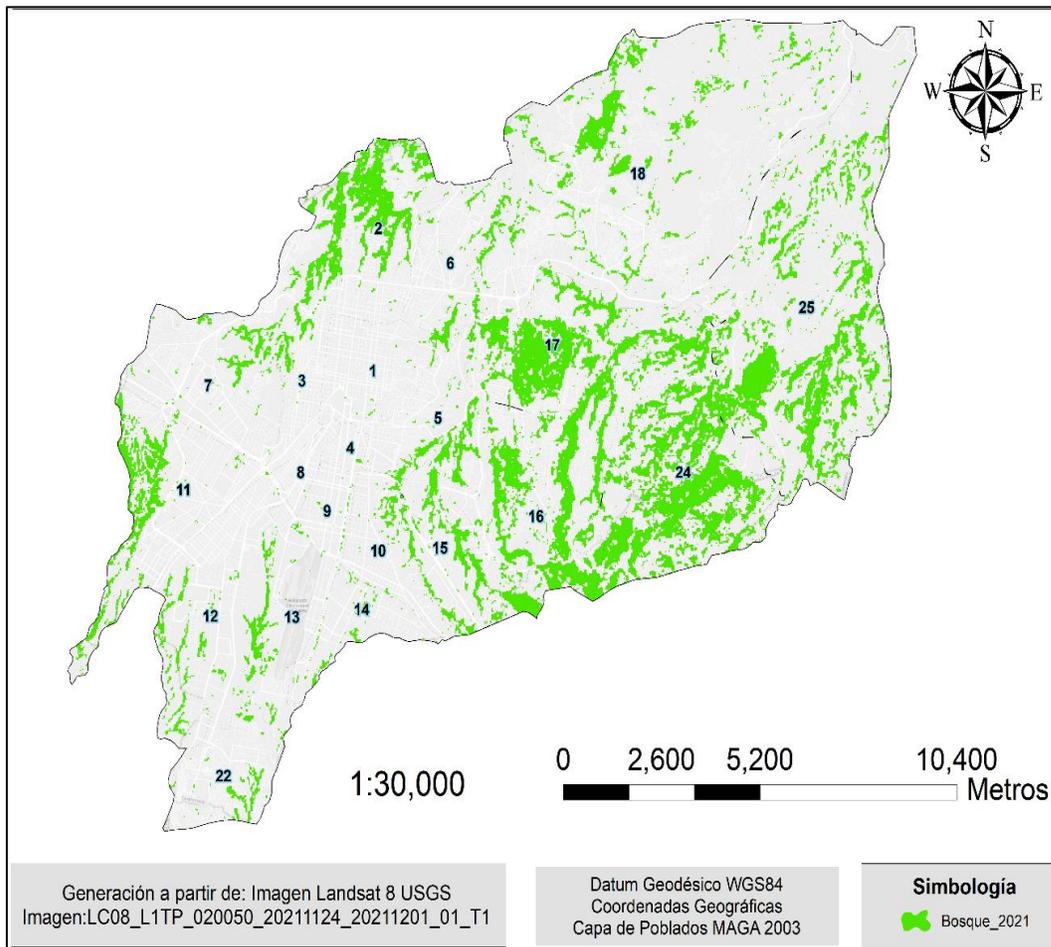


Fuente: elaboración propia, usando ArcGIS Pro.

En este se puede identificar si se presentan pérdidas de masa boscosa en 90.34 hectáreas, para este segmento de tiempo se registra una dinámica negativa.

Para el quinto año 2021 se obtuvo una cobertura de 665.92 hectáreas de cobertura, con relación al primer año operado para la investigación, se registra el siguiente comportamiento:

Figura 6. Cobertura forestal de la ciudad de Guatemala 2021



Fuente: elaboración propia, usando ArcGIS Pro.

En este se puede identificar si se presentan pérdidas de masa boscosa en 42.67 hectáreas, para este segmento de tiempo se registra una dinámica negativa.

## **4.2 Evaluación de la gestión forestal municipal**

En cuanto a la producción de viveros forestales la Municipalidad de Guatemala cuenta con uno en donde se todo tipo de especies forestales, mismas que son la materia prima para sus demás proyectos para el manejo de su cinturón ecológico metropolitano.

Es por esta razón que se verificó la producción de especies forestales por parte de la Municipalidad de Guatemala, en su vivero Ojo de Agua, misma que cuentan con un registro de producción y salidas distribuido de la siguiente manera:

- Reforestaciones de vías principales (arbolado urbano)
- Adopta un árbol
- Traslados al vivero de plantas ornamentales

Para el para el año 2017, la municipalidad contaba con una sobre producción de años anteriores, y dada esta situación no se tienen registros de producción para este año, tampoco su distribución.

Para el año siguiente, es decir, el 2018 se tienen cuenta con el siguiente registro de producción. En dicha producción se encuentra dividida por tipos de especie producida, así como el propósito por el cual se registró su salida del vivero Ojo de Agua, siendo su reporte mostrado en la tabla IV.

Tabla IV. Tipos y cantidades de especies producidas el 2018 en el vivero  
Ojo de Agua por tipo de uso

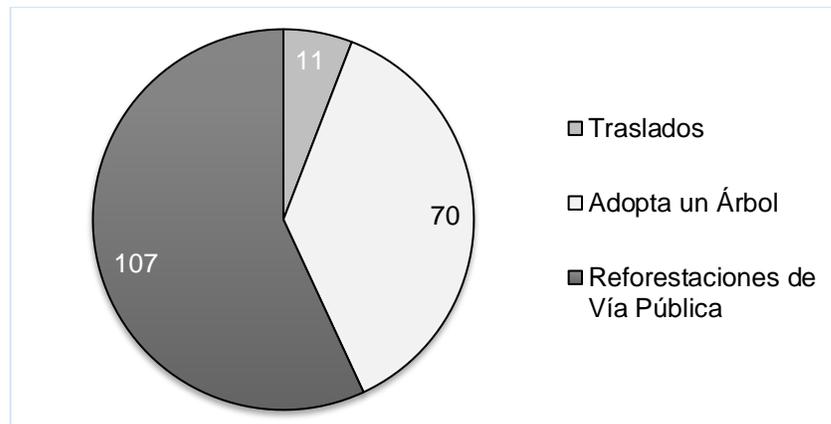
Especie	Donaciones	Reforestaciones	Traslado
Calandria ( <i>Calliandra inaequilatera</i> )	100	45	
Calistemo ( <i>Callistemon speciosus</i> )	1745	605	
Ceiba ( <i>Ceiba pentandra</i> )	-	3	
Chopo ( <i>Populus nigra</i> )	-	378	
Ciprés Columnar ( <i>Cupressus</i> var. <i>pyramidalis</i> )	50	40	
Ciprés Común ( <i>Cupressus lusitánica</i> )	1150	499	
Ciprés Romano ( <i>Cupressus sempervirens 'Fastigiata</i> )	-	10	
Colreuteria ( <i>Koelreuteria paniculata</i> )	400	52	
Coralillo ( <i>Hamelia patens</i> )	150	-	
Cortez ( <i>Tabebuia ochracea</i> )	2712	170	
Encino ( <i>Quercus xalapensis</i> )	230	420	
Flamboyan ( <i>Delonix regia</i> )	-	8	
Fresno ( <i>Fraxinus</i> )	310	50	
Hormigo ( <i>Platymiscium dimorphandrum</i> )	2042	2405	30
Jacaranda ( <i>Jacaranda mimosifolia</i> )	6445	647	
Limón mandarina ( <i>Citrus Reticulata</i> )	1	-	
Limonares ( <i>Citrus limon</i> )	2	-	
Liquidámbar ( <i>Liquidambar styraciflua</i> )	4833	654	
Magnolia ( <i>Magnolia Grandiflora</i> )	6594	2605	
Manzana Rosa ( <i>Syzygium Jambos</i> )	157	346	
Manzanote ( <i>Malus Domestica</i> )	-	28	
Matilisguate ( <i>Tabebuia Rosea</i> )	4714	618	
Nance ( <i>Byrsonima crassifolia</i> )	1	-	
Naranjales ( <i>Citrus Sinensis</i> )	7	-	
Níspero ( <i>Eriobotrya Japonica</i> )	1600	-	
Olmo ( <i>Ulmus minor</i> )	10	-	
Palmera Areca ( <i>Dypsis lutescens</i> )	27	-	
Palo Blanco ( <i>Tabebuia donnell-smithii</i> )	100	180	
Pino Ocarpa ( <i>Pinus Oocarpa</i> )	979	1676	
Palo Amarillo ( <i>Podocarpus latifolius</i> )	-	29	
Timboque ( <i>Tecoma Stans</i> )	5	53	
Torreliana ( <i>Corymbia torelliana</i> )	169	15	
<b>Total</b>	<b>34533</b>	<b>11536</b>	<b>30</b>

Fuente: Municipalidad de Guatemala. (2022). *Unidad de parques*.

La productiva de este año no tiene comparación con años anteriores puesto que, en 2017, no se tienen registros de producción, por lo que no se podrá identificar la dinámica productiva por parte de la municipalidad para este perdido de tiempo.

Los casi 46,105 ejemplares forestales han sido retirados del vivero Ojo de agua de la siguiente manera:

**Figura 7. Cantidad y tipo de actividades en que se emplearon los árboles provenientes del vivero Ojo de Agua en 2018**



Fuente: Municipalidad de Guatemala. (2022) *Unidad de parques.*

Siendo una distribución del 56 % en actividades de reforestación, un 37.1 % en adopta un árbol y un 5.83 % en traslados de hacia otro vivero municipal.

Los siguientes son los datos de producción de especies forestales del año 2019.

Tabla V. **Tipos y cantidades de especies producidas el 2019 en el vivero Ojo de Agua por tipo de uso**

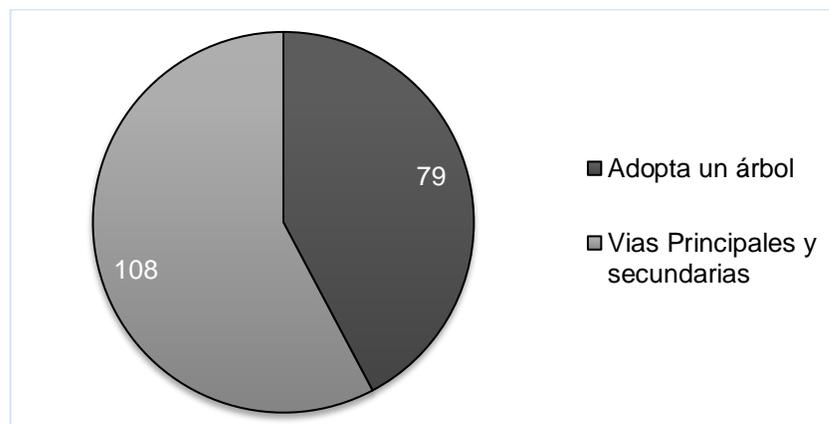
<b>Especie</b>	<b>Donaciones</b>	<b>Reforestación</b>
Aguacatal ( <i>Persea americana</i> )	-	4
Calandria ( <i>Calliandra inaequilatera</i> )	33	299
Calistemo ( <i>Callistemon speciosus</i> )	3,728	463
Cedro ( <i>Cedrela Odorata</i> )	-	81
Ceiba ( <i>Ceiba pentandra</i> )	-	2
Cortez ( <i>Tabebuia ochracea</i> )	1,125	179
Chopo ( <i>Populus nigra</i> )	17	125
Ciprés Columnar ( <i>Cupressus</i> var. <i>pyramidalis</i> )	-	15
Ciprés Común ( <i>Cupressus lusitánica</i> )	140	170
Colreuteria ( <i>Koelreuteria paniculata</i> )	-	34
Coralillo ( <i>Hamelia patens</i> )	5	370
Encino ( <i>Quercus xalapensis</i> )	158	390
Fresno ( <i>Fraxinus</i> )	10	528
Homigo ( <i>Platymiscium dimorphandrum</i> )	4,550	2,923
Álamo ( <i>Populus</i> )	-	90
Jacaranda ( <i>Jacaranda mimosifolia</i> )	6,063	930
Liquidámbar ( <i>Liquidambar styraciflua</i> )	7,210	1,267
Magnolia ( <i>Magnolia Grandiflora</i> )	8,945	2,876
Manzana Rosa ( <i>Syzygium Jambos</i> )	20	711
Manzanote ( <i>Malus Domestica</i> )		17
Matiliguatate ( <i>Tabebuia Rosea</i> )	9,414	688
Naranjales ( <i>Citrus Sinensis</i> )		18
Níspero ( <i>Eriobotrya Japonica</i> )	610	54
Palmera Areca ( <i>Dypsis lutescens</i> )	9	
Paterna ( <i>Inga paterno Harms</i> )		113
Palo Blanco ( <i>Tabebuia donnell-smithii</i> )	35	290
Pino Ocarpa ( <i>Pinus Oocarpa</i> )	360	
Sauce ( <i>Salix babylonica</i> )		40
Timboque ( <i>Tecoma Stans</i> )		60
Torreliana ( <i>Corymbia torelliana</i> )		410
<b>Total</b>	<b>42432</b>	<b>13147</b>

Fuente: Municipalidad de Guatemala. (2022) *Unidad de parques.*

Para este año se cuenta con una producción 55,579 árboles, que, en comparación a los 46,099 árboles del año anterior, representa un 20.56 % de aumento producción anual de especies forestales producidas.

Mismas que se distribuyeron en programas de donaciones como lo es adopta un árbol, y el resto se utilizaron en programas de reforestación como lo muestra la gráfica (ver figura 8).

Figura 8. **Cantidad y tipo de actividades en que se emplearon árboles provenientes del vivero Ojo de Agua en el 2019**



Fuente: Municipalidad de Guatemala. (2022) *Unidad de parques*.

Se puede observar que esta distribución muestra una proporción de 57.24 % para reforestar vías principales y 42.76 % para programa de donación llamado *Adopta un árbol*.

Los siguientes son los datos de producción de especies forestales del año 2020.

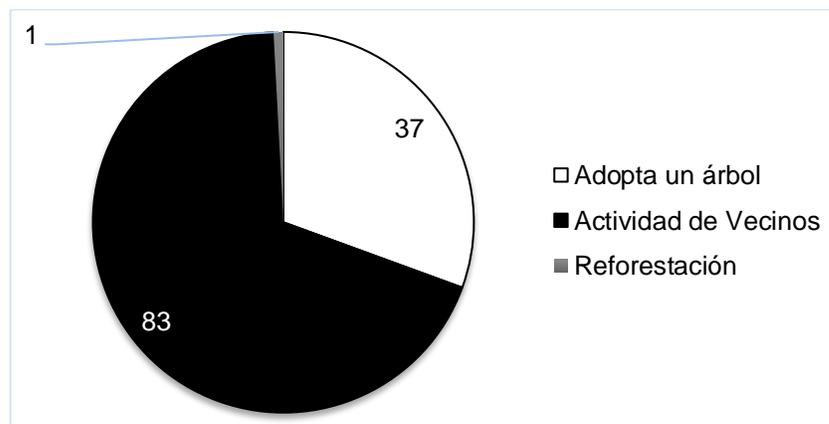
Tabla VI. **Tipos y cantidades de especies producidas el 2020 en el vivero Ojo de Agua por tipo de uso**

<b>Especie</b>	<b>Donaciones</b>	<b>Reforestación</b>
Almendro ( <i>Prunus dulcis</i> )	2	22
Calandria ( <i>Calliandra inaequilatera</i> )	200	87
Calistemo ( <i>Callistemon speciosus</i> )	147	545
Ceiba ( <i>Ceiba pentandra</i> )		2
Cenicero ( <i>Samanea saman</i> )	50	-
Chopo ( <i>Populus nigra</i> )	-	110
Ciprés Columnar ( <i>Cupressus</i> var. <i>pyramidalis</i> )	-	12
Ciprés Común ( <i>Cupressus lusitánica</i> )	55	-
Colreuteria ( <i>Koelreuteria paniculata</i> )	-	3
Cortez ( <i>Tabebuia ochracea</i> )	518	110
Encino ( <i>Quercus xalapensis</i> )	25	200
Eugenia ( <i>Eugenia Uniflora</i> )	55	24
Fresno ( <i>Fraxinus</i> )	40	100
Horniglo ( <i>Platymiscium dimorphandrum</i> )	1,131	2,758
Jacaranda ( <i>Jacaranda mimosifolia</i> )	1,397	1,379
Liquidámbar ( <i>Liquidambar styraciflua</i> )	1,610	844
Magnolia ( <i>Magnolia Grandiflora</i> )	2,006	1,159
Mangales ( <i>Mangifera Indica</i> )	4	-
Manzana Rosa ( <i>Syzygium Jambos</i> )	642	529
Manzanote ( <i>Malus Domestica</i> )	12	106
Matiliguatate ( <i>Tabebuia Rosea</i> )	2,098	788
Naranjales ( <i>Citrus Sinensis</i> )	9	10
Níspero ( <i>Eriobotrya Japonica</i> )	400	60
Palmera Areca ( <i>Dyopsis lutescens</i> )	16	24
Palo Blanco ( <i>Tabebuia donnell-smithii</i> )	60	-
Pino Ocarpa ( <i>Pinus Oocarpa</i> )	625	-
Torreliana ( <i>Corymbia torelliana</i> )	12	-
<b>Total</b>	<b>11114</b>	<b>8872</b>

Fuente: Municipalidad de Guatemala. (2022) *Unidad de parques*.

Para este año se cuenta con una producción 30,425 árboles que, en comparación año anterior, representa un 45.26 % menos de producción anual. Cabe destacar que de esta producción se dejó un stock de 10,439, empleando únicamente 19,986 ejemplares en programas municipales, esto es porque se suele dejar por lo general un tiempo prudencial para que los árboles de crecimiento lento se desarrollen, a un punto en el cual se consideran aptos para su siembra.

**Figura 9. Cantidad y tipo de actividades en que se emplearon árboles provenientes del vivero Ojo de Agua en 2020**



Fuente: Municipalidad de Guatemala. (2022) *Unidad de parques.*

Para el año 2020 se muestra a excepción de años anteriores ver la participación de los vecinos en un poco porcentaje 1 %, siendo la mayor actividad las reforestaciones con 68.89 % adopta un árbol el 30.11 % de utilización s los árboles producidos en viveros.

Los siguientes son los datos de producción de especies forestales del año 2020.

Tabla VII. **Tipos y cantidades de especies producidas el 2021 en el vivero Ojo de Agua por tipo de uso**

<b>Especie</b>	<b>Donaciones</b>	<b>Reforestación</b>
Almendro ( <i>Prunus dulcis</i> )	30	-
Calandria ( <i>Calliandra inaequilatera</i> )	41	243
Calistemo ( <i>Callistemon speciosus</i> )	764	1,595
Cedro ( <i>Cedrela Odorata</i> )	-	35
Ceiba ( <i>Ceiba pentandra</i> )	3	6
Cenicero ( <i>Samanea saman</i> )	212	100
Ciprés Columnar ( <i>Cupressus</i> var. <i>pyramidalis</i> )		19
Ciprés Común ( <i>Cupressus lusitánica</i> )	830	670
Ciprés Romano ( <i>Cupressus sempervirens</i> 'Fastigiata)		2
Colreuteria ( <i>Koelreuteria paniculata</i> )	52	33
Chopo ( <i>Populus nigra</i> )		77
Cortez ( <i>Tabebuia ochracea</i> )	1,466	812
Encino ( <i>Quercus xalapensis</i> )	333	
Eugenia ( <i>Eugenia Uniflora</i> )	5	
Fresno ( <i>Fraxinus</i> )	205	
Gravileo ( <i>Grevillea robusta</i> )		270
Guayaba ( <i>Psidium guajava</i> )		30
Hormigo ( <i>Platymiscium dimorphandrum</i> )	97	3,750
Jacaranda ( <i>Jacaranda mimosifolia</i> )	2,162	1,058
Liquidámbar ( <i>Liquidambar styraciflua</i> )	2,550	1,072
Magnolia ( <i>Magnolia Grandiflora</i> )	4,437	3,354
Manzana Rosa ( <i>Syzygium Jambos</i> )		794
Manzanote ( <i>Malus Domestica</i> )		2
Matiliguate ( <i>Tabebuia Rosea</i> )	3,044	1,268
Naranjales ( <i>Citrus Sinensis</i> )	7	
Nance ( <i>Byrsonima crassifolia</i> )		70
Níspero ( <i>Eriobotrya Japonica</i> )	473	220
Palmera Areca ( <i>Dypsis lutescens</i> )	21	58
Palo Blanco ( <i>Tabebuia donnell-smithii</i> )	10	601
Patema ( <i>Inga paterno Harms</i> )	12	
Pino Ocarpa ( <i>Pinus Oocarpa</i> )	861	1,188
Timboque ( <i>Tecoma Stans</i> )	5	
Torreliana ( <i>Corymbia torelliana</i> )	3	
<b>Total</b>	<b>17593</b>	<b>17327</b>

Fuente: Municipalidad de Guatemala. (2022) *Unidad de parques*.

Para este año se produjeron 34,581 especies en comparación al año anterior se tiene un 13.66 % por ciento más de producción.

La municipalidad de Guatemala posee intervención en los diferentes bosques que componen su cinturón ecológico metropolitano, teniendo hasta el 2021, el año en que se inicia esta investigación, la intervención en un total de 26 diferentes bosques, sin contar el arbolado urbano, como lo son los arriates o parques, siendo la distribución la siguiente:

**Tabla VIII. Áreas forestadas ciudad de Guatemala hasta el 2021**

<b>No.</b>	<b>Ubicación</b>	<b>Área en m<sup>2</sup></b>	<b>Árboles</b>
1	Asunción, zona 1	30,000	1,675
2	Asunción, zona 5	10,000	625
3	Columpio Vista Hermosa, zona 15	30,500	1,875
4	Aurora II, zona 13, Esc. Militar de Comunicaciones	11,000	650
5	El Roble, zona 11.	9,000	570
6	Parque Arqueológico Kaminal Juyu, zona 7	4,800	300
7	Parque Barrondo, zona 7	3,600	225
8	Sakerti, zona 7	4,800	425
9	Colonia Bran, zona 3	1,800	120
10	Lourdes, zona 16	5,500	345
11	Nimajuyu zona 21, Módulo 18-22 B	2,450	152
12	Nimajuyu zona 21, Módulo 16-11 B	8,000	500
13	Nimajuyu zona 21, Módulo 18-14 C	13,400	837
14	Nimajuyu zona 21, Módulo 18-05 B	7,100	440
15	INEB Km9, Ruta al Atlántico zona 18	7,700	1285
16	Parque Ecológico Pinares del Norte, zona 18	20,000	1250
17	Los Conchas, zona 14	1,200	75
18	Aguacatan-Empagua, zona 16	3,200	200
19	Siguan Raxche, zona 17	6,400	400
20	Preventivo, zona 18	1,550	95
21	La cebadilla, zona 25	4,800	300
22	FAUSAC, zona 12	6,800	415
23	Relleno sanitario, zona 3	28,000	1750
24	Sakerti ACJ Zona 7	1700	1,700
25	Pinares del Norte Iglesia, zona 18	1,200	75
26	El Mirador Zona 7	4,500	500
27	Parlacen, zona 15	1,600	100
<b>Totales</b>		<b>230,600</b>	<b>16,884</b>

Fuente: Municipalidad de Guatemala. (2022) *Unidad de parques.*

Mediante la implementación de parcelas temporales de muestreo se tomó mayor el 1 % cantidad de árboles, evaluando un total de 186 ejemplares, dada la disponibilidad de acceso, edades y características, estos se distribuían en los bosques de: Columpio de Vista Hermosa zona 10, Asunción zona 1, el Roble zona 11, Bosque de INEB zona 18, Sakerti I y II zona 7 y El mirador zona 7 ACJ, Bosque Acatan zona 16, Bosque Lourdes Zona 16. En donde la Municipalidad de Guatemala, realiza actividades de manejo forestal. Luego de la evaluación de los parámetros seleccionados para determinar la efectividad de las prácticas forestales se obtuvieron los siguientes resultados:

**Tabla IX. Resultados de la parcela No. 1 bosque de la Asunción**

<b>Aspectos</b>	<b>Resultado</b>	<b>Variables Evaluadas</b>	<b>Resultado</b>
No. Parcela	1	Porcentaje de árboles sanos	70.59 %
Nombre del bosque	La Asunción Zona 1	Porcentaje DAP/ Edad	84.09 %
Ubicación	90°29'50.04"W	Porcentaje de Relación Altura/Edad	58.82 %
	14°38'17.04"N	Porcentaje Árboles con Plateo	47.06%
Fecha	28/03/2022	Porcentaje de Árboles Podados	100.00 %
Cantidad de especies	17	Efectividad de las Protecciones	100.00 %
Edad de la Parcela	7 años	Distanciamiento Promedio	3.5 m

Fuente: elaboración propia.

En la tabla IX se pueden observar los resultados obtenidos luego de la medición de la primera parcela, misma que contaba con una cantidad de 17 árboles, como dato relevante en esta parcela podemos ver que no todos los árboles fueron plateados y cercano a la mitad de ellos tenían un fuste muy delgado.

Tabla X. **Resultados de la parcela No. 2 bosque Lourdes**

<b>Aspectos</b>	<b>Resultado</b>	<b>Variables Evaluadas</b>	<b>Resultado</b>
No. Parcela	2	Porcentaje de árboles sanos	100 %
Nombre del bosque	Lourdes Zona 16	Porcentaje DAP/Edad	38.8 %
Ubicación	90°28'38.75"W	Porcentaje de Relación Altura/Edad	47.22 %
	14°37'35.84"N	Porcentaje Árboles con Plateo	55.56 %
Fecha	28/03/2022	Porcentaje de Árboles Podados	100 %
Cantidad de especies	9	Efectividad de las Protecciones	100 %
Edad de la Parcela	15 años	Distanciamiento Promedio	3.15 m

Fuente: elaboración propia.

En la tabla X se pueden observar los resultados obtenidos luego de la medición de la parcela número 2, nos indica que contenía 9 árboles, de los cuales se destaca que una cantidad menor a la mitad de ellos contenía un grosor en su tallo principal, que no correspondía a su edad.

**Tabla XI. Resultados de la parcela No. 3 bosque El Roble**

<b>Aspectos</b>	<b>Resultado</b>	<b>Variables Evaluadas</b>	<b>Resultado</b>
No. Parcela	3	Porcentaje de árboles sanos	100 %
Nombre del bosque	El Roble Zona 11	Porcentaje DAP/ Edad	77.77 %
Ubicación	90°34'13.56"W	Porcentaje de Relación Altura/Edad	100 %
	14°35'14.52"N	Porcentaje Árboles con Plateo	100 %
Fecha	28/03/2022	Porcentaje de Árboles Podados	100 %
Cantidad de especies	9	Efectividad de las Protecciones	0 %
Edad de la Parcela	4 años	Distanciamiento Promedio	4.6 m

Fuente: elaboración propia.

En la tabla XI se pueden observar los resultados obtenidos luego de la medición de la parcela número 3, en donde se ubicaban 9 especies, cabe destacar que el manejo de este en líneas generales es bueno, sin embargo, no se le han aplicado medidas de protección.

**Tabla XII. Resultados de la parcela No. 4 bosque Acatán**

<b>Aspectos</b>	<b>Resultado</b>	<b>Variables Evaluadas</b>	<b>Resultado</b>
No. Parcela	4	Porcentaje de árboles sanos	88.88 %
Nombre del bosque	Acatán zona 16	Porcentaje DAP/ Edad	33.33 %
Ubicación	90°28'16.14"W	Porcentaje de Relación Altura/Edad	88.80 %
	14°37'13.74"N	Porcentaje Árboles con Plateo	100 %
Fecha	1/04/2022	Porcentaje de Árboles Podados	0
Cantidad de especies	9	Efectividad de las Protecciones	100 %
Edad de la Parcela	4 años	Distanciamiento Promedio	4.38m

Fuente: elaboración propia.

En la tabla XII se pueden observar los resultados obtenidos luego de la medición de la parcela número 4. Luego de evaluar 9 árboles se puede observar que el manejo que se le ha brindado en líneas generales es bueno.

Los datos revelan que el engrose de las especies no es el que debería, y además de esto no cuentan con podas de crecimiento.

**Tabla XIII. Resultados de la parcela No. 5 bosque Columpio de Vista Hermosa**

<b>Aspectos</b>	<b>Resultado</b>	<b>Variables Evaluadas</b>	<b>Resultado</b>
No. Parcela	5	Porcentaje de árboles sanos	84.62%
Nombre del bosque	Columpio de Vista Hermosa	Porcentaje DAP/Edad	84.62 %
Ubicación	90°30'9.18"W 14°36'26.7"N	Porcentaje de Relación Altura/Edad	84.62 %
		Porcentaje Árboles con Plateo	69.23 %
Fecha	1/04/2022	Porcentaje de Árboles Podados	100%
Cantidad de especies	13	Efectividad de las Protecciones	100 %
Edad de la Parcela	5 años	Distanciamiento Promedio	4.47m

Fuente: elaboración propia.

En la tabla XIII se pueden observar los resultados obtenidos luego de la medición de la parcela número 5, luego de evaluar 13 árboles en dicha parcela, su desarrollo es de los mejores de la investigación, dado que en líneas generales el manejo y las medidas de protección son efectivas, teniendo en cuenta que históricamente el lugar en donde se ubican tiene un historial de incendios muy frecuente.

Tabla XIV. **Resultados de la parcela No. 6 bosque El Mirador II**

<b>Aspectos</b>	<b>Resultado</b>	<b>Variables Evaluadas</b>	<b>Resultado</b>
No. Parcela	6	Porcentaje de árboles sanos	72 %
Nombre del bosque	El Mirador II zona 7	Porcentaje DAP / Edad	-
Ubicación	90°31'12"W	Porcentaje de Relación Altura/Edad	78.26 %
	14°39'36.96"N	Porcentaje Árboles con Plateo	100 %
Fecha	2/04/2022	Porcentaje de Árboles Podados	-
Cantidad de especies	25	Efectividad de las Protecciones	100 %
Edad de la Parcela	1 año	Distanciamiento Promedio	3m

Fuente: elaboración propia.

En la tabla XIV se pueden observar los resultados obtenidos luego de la medición de la parcela número 6, nos indicaron que es una parcela joven con más del 75 % de sus especies vivas con posibilidad de crecer óptimamente.

Tabla XV. Resultados de la parcela No. 7 Parque ecológico Sakerti I

Aspectos	Resultado	Variables Evaluadas	Resultado
No. Parcela	7	Porcentaje de árboles sanos	92.85%
Nombre del bosque	Parque Ecológico Sakerti I zona 7	Porcentaje Diámetro Pecho / Edad	-
Ubicación	90°31'45.96"W 14°39'17.04"N	Porcentaje de Relación Altura/Edad	89.29 %
Fecha	2/04/2022	Porcentaje Árboles con Plateo	100 %
Cantidad de especies	14	Porcentaje de Árboles Podados	-
Edad de la Parcela	1 año	Efectividad de las Protecciones	100 %
		Distanciamiento Promedio	2.6 m

Fuente: elaboración propia.

La tabla XV muestra los resultados obtenidos luego de la medición de la parcela número 7, resalta que, a pesar del buen desarrollo de esta parcela joven, su distanciamiento entre especies se encuentra por debajo de la media, de todas las plantaciones forestales evaluadas.

Tabla XVI. **Resultados de la parcela No. 8 bosque Sakerti II barranco ACJ**

<b>Aspectos</b>	<b>Resultado</b>	<b>Variables Evaluadas</b>	<b>Resultado</b>
No. Parcela	8	Porcentaje de árboles sanos	44.74 %
Nombre del bosque	Sakerti II ACJ zona 7	Porcentaje Diámetro Pecho / Edad	-
Ubicación	90°31'34.43" W 14°39'11.66"N	Porcentaje de Relación Altura/Edad	45.16 %
		Porcentaje Árboles con Plateo	0 %
Fecha	2/09/2022	Porcentaje de Árboles Podados	-
Cantidad de especies	38	Efectividad de las Protecciones	0 %
Edad de la Parcela	2 años	Distanciamiento Promedio	3m

Fuente: elaboración propia.

En la tabla XVI se pueden observar los resultados obtenidos luego de la medición de la parcela número 8, el desempeño de esta parcela cuenta con el mayor número de aspectos a mejorar, dada su corta edad y las condiciones a las cuales se encuentra sometida, fue muy recurrente el encontrar especies con daños mecánicos y un grado de maleza poco controlado.

Tabla XVII. **Resultados de la parcela No. 9 Bosque Km 9 CA 9, INEB**

<b>Aspectos</b>	<b>Resultado</b>	<b>Variables Evaluadas</b>	<b>Resultado</b>
No. Parcela	9	Porcentaje de árboles sanos	32 %
Nombre del bosque	Km 9 INEB zona 18	Porcentaje DAP/ Edad	87.5 %
Ubicación	90°26'40.32"W 14°38'58.95"N	Porcentaje de Relación Altura/Edad	66.86 %
		Porcentaje Árboles con Plateo	78 %
Fecha	3/09/2022	Porcentaje de Árboles Podados	87.5 %
Cantidad de especies	50	Efectividad de las Protecciones	50 %
Edad de la Parcela	4 años	Distanciamiento Promedio	3.9 m

Fuente: elaboración propia.

En la tabla XVII se pueden observar los resultados obtenidos luego de la medición de la parcela número 9, en esta parcela dado el estado de los árboles, se puede observar que, aunque el manejo sea correcto, estos presentaron un grado de salud por debajo del 50 %, dado que las medidas de protección no han sido lo suficientemente efectivas para esta plantación.

#### 4.3 Plan para el fortalecimiento municipal forestal

A continuación, se presenta el plan para el fortalecimiento municipal forestal.

#### 4.4 Dinámica

Luego de la presentación se tiene que los comportamientos de los años procesados, se puede resumir de la siguiente manera.

Tabla XVIII. Ficha de recolección de información

Año	Total, en hectáreas	Pérdida en hectáreas
2017	877.09	-
2018	812.62	64.47
2019	798.92	22.80
2020	708.58	90.34
2021	665.92	42.67
Totales		220.28

Fuente: elaboración propia.

Luego de proyectar las dinámicas del bosque podemos determinar que la misma es negativa al igual que la tendencia departamental de los últimos quince años, según INAB tal y como lo han desarrollado las instituciones públicas y privadas, mismas que se han realizado a nivel departamental.

#### 4.5 Evaluación

Dichos resultados fueron operados según las características físicas de los bosques, de forma individual, ya que el cálculo estadístico que se aplicó para obtener el porcentaje de efectividad en el manejo forestal fue mediante una media aritmética ponderada.

Lo anterior hace referencia a que, al momento de operar las parcelas en bosques menores de 4 años, se descartaron las variables del porcentaje de árboles podados y el porcentaje del diámetro a la altura de pecho según la edad, porque son árboles muy jóvenes en donde no es posible medir el DAP, ni la práctica de podas. Por tal razón fue necesario hacer una redistribución de los valores porcentuales en función de que la suma de estos siempre fuera igual al 100 % en ambos casos. Quedando las distribuciones de pesos de las siguientes maneras:

Tabla XIX. **Distribución de valores porcentuales**

	<b>Variab</b> les	<b>Valor porcentual</b>
<b>Mayores a 3 años</b>	Porcentaje de árboles sanos	12.50 %
	Porcentaje diámetro a la altura pecho/edad	10.00 %
	Porcentaje de relación altura/edad	17.50 %
	Porcentaje árboles con plateo	17.50 %
	Porcentaje de árboles podados	15.00 %
	Efectividad de las protecciones	12.50 %
	Distanciamiento promedio	15.00 %

Continuación tabla XIX.

<b>Menores a 3 años</b>	Porcentaje de árboles sanos	16.67 %
	Porcentaje de relación altura/Edad	23.33 %
	Porcentaje árboles con Plateo	23.33 %
	Efectividad de las protecciones	16.67 %
	Distanciamiento promedio	20.00 %

Fuente: elaboración propia.

Una vez trazados los valores porcentuales, los valores obtenidos al operar las medias aritméticas ponderadas para el cálculo del índice de efectividad, de los datos obtenidos en campo luego de la evaluación:

**Tabla XX. Cálculo del porcentaje de efectividad de la parcela No. 1 bosque de La Asunción**

	<b>Variabes</b>	<b>Valor porcentual</b>	<b>Resultados</b>
<b>Media Aritmética Ponderada</b>	Porcentaje de Árboles sanos	12.50 %	70.59 %
	Porcentaje diámetro a la altura pecho/Edad	10.00 %	84.09 %
	Porcentaje de Relación Altura/Edad	17.50 %	58.82 %
	Porcentaje Árboles con Plateo	17.50 %	47.06 %
	Porcentaje de Árboles Podados	15.00 %	100.00 %
	Efectividad de las Protecciones	12.50 %	100 %
	Distanciamiento promedio	15.00 %	3.5 m
	<b>Porcentaje de efectividad</b>		<b>78.26 %</b>

Fuente: elaboración propia.

Esta parcela contenía árboles de tipo conífero dentro de los cuales se pudo observar de especie ciprés los cuales no habían crecido por falta de agua (ver figura 10).

Figura 10. **Ciprés común (*Cupressus lusitancia*) seco por falta de agua**



Fuente: [Fotografía de Sergio Ibarra]. (Guatemala. 2022). Colección particular. Guatemala

También se manifestó un ejemplar de pino ocarpa (*Pinus Oocarpa*) que contenía tres fustes (ver figura 11), mismo que si fuera ubicado en una plantación forestal con vocación de aprovechamiento, sería prudente haberlo raleado en los primeros 5 años, dado que no se llegaría a desarrollar en plenitud por esta causa.

Figura 11. **Pino (*Pinus Oocarpa*) con tres fustes**



Fuente: [Fotografía de Sergio Ibarra]. (Guatemala. 2022). Colección particular. Guatemala.

Tabla XXI. **Cálculo del porcentaje de efectividad de la parcela No. 2 Bosque Lourdes**

	<b>Variables</b>	<b>Valor porcentual</b>	<b>Resultados</b>
<b>Media Aritmética Ponderada</b>	Porcentaje de Árboles sanos	12.50 %	100 %
	Porcentaje diámetro a la altura pecho/Edad	10.00 %	38.8 %
	Porcentaje de Relación Altura/Edad	17.50 %	47.22 %
	Porcentaje Árboles con Plateo	17.50 %	55.56 %
	Porcentaje de Árboles Podados	15.00 %	100 %
	Efectividad de las Protecciones	12.50 %	100 %
	Distanciamiento promedio	15.00 %	3.15 m
	<b>Porcentaje de efectividad</b>		<b>76.87 %</b>

Fuente: elaboración propia.

Esta parcela presentó muestras que el plateo al momento de su plantación era discrecional, es decir, no se aplicaba igual para todos los ejemplares evaluados. Así como el desarrollo de el grosor de los fustes de sus árboles, no estaba cercano al esperado según las edades de ese bosque.

Tabla XXII. **Cálculo del porcentaje de efectividad de la parcela No. 3 bosque El Roble**

	<b>Variables</b>	<b>Valor porcentual</b>	<b>Resultados</b>
<b>Media Aritmética Ponderada</b>	Porcentaje de Árboles sanos	12.50 %	100 %
	Porcentaje diámetro a la altura pecho/Edad	10.00 %	77.77 %
	Porcentaje de Relación Altura/Edad	17.50 %	100 %
	Porcentaje Árboles con Plateo	17.50 %	100 %
	Porcentaje de Árboles Podados	15.00 %	100 %
	Efectividad de las Protecciones	12.50 %	0
	Distanciamiento promedio	15.00 %	4.6 m
	<b>Porcentaje de efectividad</b>		<b>85.28 %</b>

Fuente: elaboración propia.

Esta parcela tenía un porcentaje de efectividad muy bueno debido a que fue resultado de una mega reforestación, la especie predominante por la falta de

agua del sitio fue el hormigo, el cual se adaptó suma mente bien, además por el hecho de estar en una colonia privada, el libre acceso es determinante para su desarrollo.

Quizás aquí el principal inconveniente es que se trata de que se puede considerar como un monocultivo (ver figura 12), ya que no se identificaron más especies dentro de este bosque, y las deben tajas que esto pueda traer congio como la propagación de plagas.

Figura 12. **Bosque de árboles de hormigo (*Platymiscium dimorphandrum*)**



Fuente: [Fotografía de Sergio Ibarra]. (Guatemala. 20229). Colección particular. Guatemala.

La siguiente parcela evaluada presentó los siguientes resultados:

Tabla XXIII. **Cálculo del porcentaje de efectividad de la parcela No. 4 bosque Acatán**

	<b>Variables</b>	<b>Valor porcentual</b>	<b>Resultados</b>
<b>Media Aritmética Ponderada</b>	Porcentaje de Árboles sanos	12.50 %	88.88 %
	Porcentaje diámetro a la altura pecho/Edad	10.00 %	33.33 %
	Porcentaje de Relación Altura/Edad	17.50 %	88.80 %
	Porcentaje Árboles con Plateo	17.50 %	100 %
	Porcentaje de Árboles Podados	15.00 %	0 %
	Efectividad de las Protecciones	12.50 %	100 %
	Distanciamiento promedio	15.00 %	4.38 m
	<b>Porcentaje de efectividad</b>		<b>74.98 %</b>

Fuente: elaboración propia.

Este bosque tiene la particularidad que sus especies no se han desarrollado como deberían y en parte se debe a la falta de podas para crecimiento en especies que tienen una edad apta para ello.

En esta parcela se pudo identificar que cuentan con limpieza y mantenimiento lo que le brinda de un alto porcentaje de salud (ver Figura 13).

Figura 13. **Bosque Acatán zona 16**



Fuente: [Fotografía de Sergio Ibarra. 2022]. (Guatemala. 2022). Colección particular. Guatemala.

Se procedió a evaluar el siguiente bosque obteniendo los resultados:

Tabla XXIV. **Cálculo del porcentaje de efectividad de la parcela No. 5 bosque columpio de Vista Hermosa**

	<b>Variables</b>	<b>Valor porcentual</b>	<b>Resultados</b>
<b>Media Aritmética Ponderada</b>	Porcentaje de árboles sanos	12.50 %	84.62 %
	Porcentaje diámetro a la altura pecho/Edad	10.00 %	84.62 %
	Porcentaje de Relación Altura/Edad	17.50 %	84.62 %
	Porcentaje Árboles con Plateo	17.50 %	69.23 %
	Porcentaje de Árboles Podados	15.00 %	100 %
	Efectividad de las Protecciones	12.50 %	100 %
	Distanciamiento promedio	15.00 %	4.47 m
	<b>Porcentaje de efectividad</b>		<b>88.46 %</b>

Fuente: elaboración propia.

El bosque conocido como Columpio de Vista Hermosa se encuentra en desarrollo, en él se pueden identificar hormigos magnolias y encinos, sin embargo, en la parcela no se ubicó encinos dado que esta forma un rodal que natural con edades muy antiguas, a diferencia de las otras dos especies, mismas que no fueron sembradas juntas.

Figura 14. **Bosque zona 15, columpio de Vista Hermosa**



Fuente: [Fotografía de Sergio Ibarra]. (Guatemala. 2022). Colección particular. Guatemala.

Esto debido a que es un bosque con un historial de incendios significativos y se procuró dejar más a la vista las magnolias por su susceptibilidad al fuego a diferencia del hormigo.

La siguiente parcela fue la primera, parcela de edad joven en la cual se realizaron evaluaciones, obteniendo lo siguientes resultados:

**Tabla XXV. Cálculo del porcentaje de efectividad de la parcela No. 6 bosque El Mirador II**

	<b>Variabes</b>	<b>Valor porcentual</b>	<b>Resultados</b>
<b>Media Aritmética Ponderada</b>	Porcentaje de árboles sanos	16.67 %	84.62 %
	Porcentaje de relación altura/Edad	23.33 %	84.62 %
	Porcentaje Árboles con Plateo	23.33 %	84.62 %
	Efectividad de las Protecciones	16.67 %	69.23 %
	Distanciamiento promedio	20.00 %	3 m
	<b>Porcentaje de efectividad</b>		<b>86.67 %</b>

Fuente: elaboración propia.

Este bosque es muy joven aún se encuentra en desarrollo de sus, el mismo cuenta con medidas de protección como barreras corta fuego (ver figura 15), sin embargo, presentó ejemplares con problemas mecánicos en su tratamiento, y falta de crecimiento por acceso al agua.

Figura 15. **Bosque El Mirador zona 7**



Fuente: [Fotografía de Sergio Ibarra]. (Guatemala. 2022). Colección particular. Guatemala.

Se procedió a realizar la siguiente medición correspondiente la parcela 7, obteniendo los resultados:

Tabla XXVI. **Cálculo del porcentaje de efectividad de la parcela No. 7**  
**parque Sakerti**

	<b>Variab</b> les	<b>Valor porcentual</b>	<b>Resultados</b>
<b>Media Aritmética Ponderada</b>	Porcentaje de árboles sanos	16.67 %	92.85 %
	Porcentaje de relación altura/Edad	23.33 %	89.29 %
	Porcentaje Árboles con Plateo	23.33 %	100 %
	Efectividad de las Protecciones	16.67 %	100 %
	Distanciamiento promedio	20.00 %	2.6 m
	<b>Porcentaje de efectividad</b>		<b>93.64 %</b>

Fuente: elaboración propia.

Este bosque también es joven, en él ha intervenido la comunidad de manera correcta, al momento de su siembra y dado que se encuentra en un parque municipal en construcción también cuenta con un monitoreo constante

desde su establecimiento. A pesar de estar ubicado en una pendiente muy pronunciada las prácticas de manejo demostraron ser efectivas en su comportamiento en general.

Figura 16. **Bosque parque ecológico Sakerti zona 7**



Fuente: [Fotografía de Sergio Ibarra]. (Guatemala. 2022). Colección particular. Guatemala.

Los resultados de la parcela 8, se encuentran en la tabla XXVII.

Tabla XXVII. **Cálculo del porcentaje de efectividad de la parcela No. 8 bosque Sakerti II barranco ACJ**

	<b>Variab</b> les	<b>Valor porcentual</b>	<b>Resultados</b>
<b>Media Aritmética Ponderada</b>	Porcentaje de árboles sanos	16.67 %	44.74 %
	Porcentaje de relación altura/Edad	23.33 %	45.16 %
	Porcentaje Árboles con Plateo	23.33 %	0
	Efectividad de las Protecciones	16.67 %	0
	Distanciamiento promedio	20.00 %	3 m
	<b>Porcentaje de efectividad</b>		<b>37.99 %</b>

Fuente: elaboración propia.

Este bosque se encontraba en condiciones mejorables, en cuanto al mantenimiento, se encontraba rodeado de maleza con cierta altura que sobre

pasaba las especies forestales (ver figura 17), además no contaba con prácticas de protección a diferencia de las otras parcelas que formaron parte de la investigación, al momento de su evaluación la mayoría de las especies contaban con daños mecánicos como consecuencia de actividades de mantenimiento de años anteriores.

Figura 17. **Bosque Sakerti II, barranco ACJ zona 7**



Fuente: [Fotografía de Sergio Ibarra]. (Guatemala. 2022). Colección particular. Guatemala.

El área que se encuentra con males en color verde tierno es en donde se estableció la plantación forestal. La cantidad de especies con un crecimiento sano fue el más bajo dentro de toda la evaluación. En reiteradas ocasiones se evaluaron ejemplares producto de los retoños de árboles sembrados con uno o dos años de anterioridad, no presentaron señales de incendios y por su ubicación hubiese sido prudente que contaran con medidas de protección ante la erosión (ver figura 18).

Figura 18. Ejemplar de hormigo (*Platymiscium Dimorphandrum*) creciendo entre maleza



Fuente: [Fotografía de Sergio Ibarra]. (Guatemala. 2022). Colección particular.  
Guatemala.

El último porcentaje de efectividad calculado, perteneciente a la parcela 9, se detalla en la siguiente la tabla XXVIII:

Tabla XXVIII. Cálculo del porcentaje de efectividad de la parcela No. 9

	<b>Variab</b> les	<b>Valor porcentual</b>	<b>Resultados</b>
<b>Media Aritmética Ponderada</b>	Porcentaje de árboles sanos	12.50 %	32.00 %
	Porcentaje diámetro a la altura pecho/Edad	10.00 %	87.5 %
	Porcentaje de Relación Altura/Edad	17.50 %	66.86 %
	Porcentaje Árboles con Plateo	17.50 %	78 %
	Porcentaje de Árboles Podados	15.00 %	87.5 %
	Efectividad de las Protecciones	12.50 %	50 %
	Distanciamiento promedio	15.00 %	3.9 m
	<b>Porcentaje de efectividad</b>		<b>72.48 %</b>

Fuente: elaboración propia.

Este bosque presentó una dinámica en la cual se identificó la presencia de incendios durante las primeras etapas de su crecimiento, y derivado a esto se contó con un porcentaje por debajo de la mitad de ejemplares en buenas condiciones de desarrollo. Esto también repercute en la clasificación dada a la efectividad de sus prácticas de protección, puesto que a pesar de contar con barreras corta fuego, este bosque se ha visto muy impactado por eventos de este tipo, no obstante, también se pudo observar la presencia de hongos a diferencia de los demás bosques en los cuales se realizaron evaluaciones, esto para especies como el matilisguate, y esto también compromete el desarrollo óptimo de las plantaciones forestales.

Figura 19. Ejemplar de Matilisguate (*Tabebuia Rosea*) con hongos foliar



Fuente: [Fotografía de Sergio Ibarra]. (Guatemala. 2022). Colección particular. Guatemala.

Obteniendo como tal un porcentaje de efectividad global de 77.17 % de efectividad, dentro de la gestión forestal que la Municipalidad de Guatemala brinda a los bosques bajo los cuales se tienen incidencia.

#### **4.6 Procedimientos**

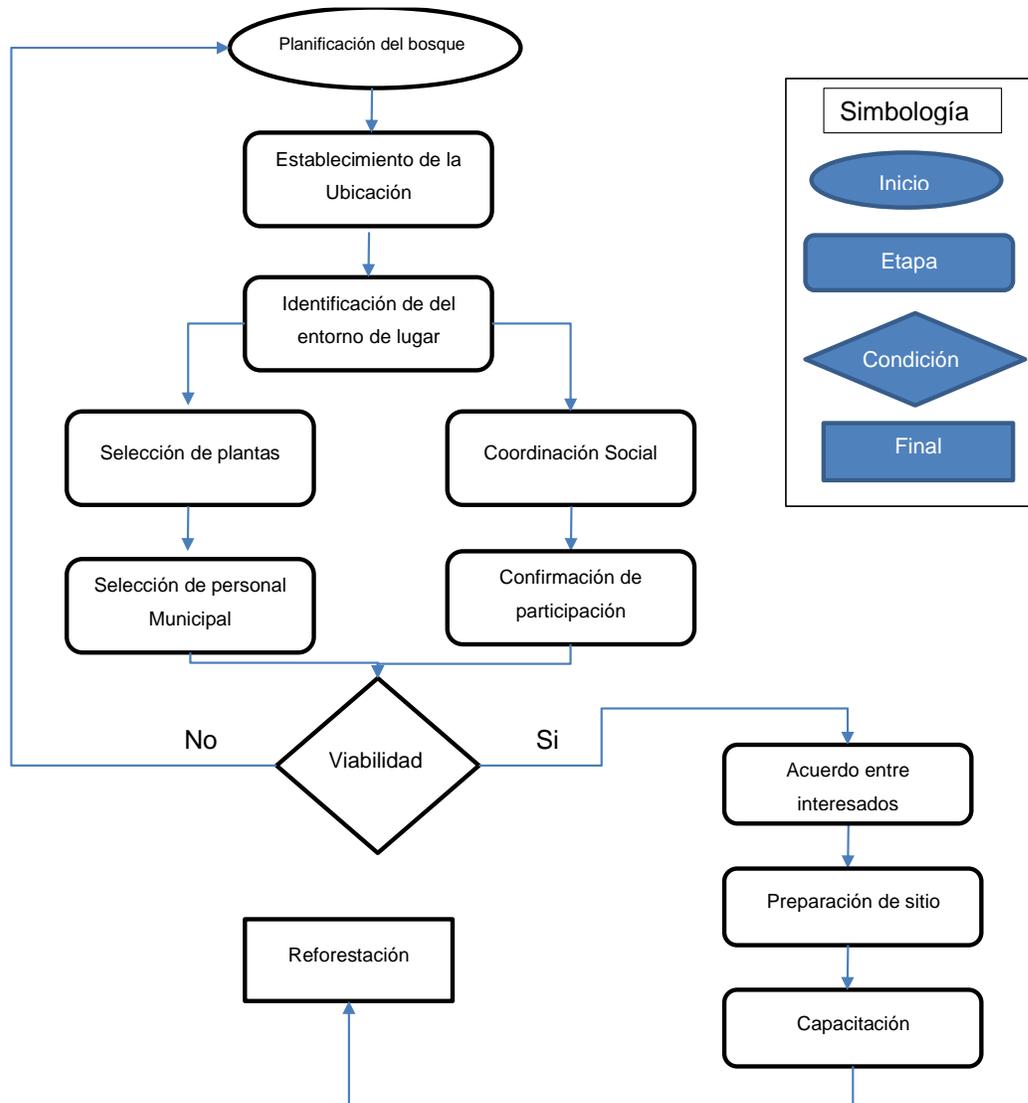
Luego de la evaluación de la dinámica forestal de la ciudad y la evaluación de los proyectos forestales por parte de la municipalidad, con base en sus fortalezas y debilidades se han estructurado procedimientos para la ejecución de programas y actividades que contemplen mejoras en sustanciales dentro los mecanismos establecidos para la gestión forestal por parte de la municipalidad.

Cuya función principal un mejor desarrollo de los programas municipales, estos procedimientos se encuentran esquematizados, para entender su flujo de trabajo, y además cuentan con una descripción de sus componentes.

#### **4.7 Reforestaciones**

En la siguiente figura se presenta el esquema para reforestaciones, planteando cada una de las etapas que deben contemplarse.

Figura 20. Esquema para reforestaciones



Fuente: elaboración propia.

- Procedimiento para reforestaciones

Inicio: Planificación del bosque:

Son todas aquellas acciones en las cuales se debe contemplar que tipo de bosque se espera establecer, si es de aprovechamiento comunitario

energético, o bien especies frutales para aportar a la seguridad alimenticia y nutricional o bien simplemente un bosque de conservación.

- Etapa 1. Establecimiento del a ubicación:

Se debe identificar a quien pertenece el área en donde se planea establecer la plantación, si es posible ubicar los planos registrales, que son necesarios para saber si el bosque prosperará o causará alguna especie de conflicto por su establecimiento.

- Etapa 2: Identificación de del entorno de lugar

Esta etapa hace alusión realizar una visita y de la documentación para analizar los aspectos físicos como la disponibilidad de recursos, las medidas, las pendientes, el uso y las actividades que rodean el área y de ser posible realizar una evaluación preliminar de las condiciones del suelo, así como la planeación del traslado de las plantas.

- Etapa 3. Selección de plantas

Con base en las condiciones físicas del área en la cual se establecerá bosque, se deberá hacer una selección de las especies existentes, con el fin de reducir el estrés que pueda causar la no adaptabilidad a las condiciones de siembra, para que esto no comprometa el desarrollo de cada planta que formará parte del bosque.

- Etapa 4: Selección de personal municipal

Es necesario establecer un responsable de la actividad cuya función sea la apertura, la toma de datos espaciales, la captura de evidencia, el recuento de especies no sembradas y el cierre de la actividad, así como el personal que

asistirá a los participantes, otro encargado de la seguridad y atención de primeros auxilios, un capacitador que pueda transmitir las prácticas correctas al momento de realizar la siembra y el personal útil para el traslado de las plantas.

- Etapa 5. Coordinación Social

En esta etapa se deberá realizar la convocatoria a toda la gente que participará incluyendo vecinos, voluntarios, grupos de interés como COCODES o instituciones contribuyan para el establecimiento del bosque.

- Etapa 6. Confirmación de participación

Es importante cerrar la convocatoria de y evitar que cualquier persona que no esté incluida participe del evento, dado que esto comprometería la realización y por ende el establecimiento del bosque.

- Etapa 7. Evaluación de viabilidad

Si se tienen todo lo anterior a esta parte, se considerará viable, de lo contrario se deberá reprogramar, dado que si no se tienen la seguridad que el bosque prosperará, no valdría la pena invertir capital forestal, uso de vehículos, herramienta, equipo y capital humano en la reforestación.

- Etapa 8. Acuerdo entre interesados

Ningún bosque se debe establecer si no se firma un acta en la cual se comprometan todas las partes interesadas a brindar las condiciones para su mantenimiento, control y monitoreo, es esta etapa se deben acordar todas las acciones y responsables de velar porque el bosque se desarrolle plenamente, así como si formara parte de programas de incentivos forestales, entre otros.

- Etapa 9. Preparación de sitio

Se deberá realizar en tal cual se establezcan los roles de todos los participantes, es decir, que no se deberá llevar a cabo únicamente por personal de la municipalidad. En esta etapa también se pueden involucrar los grupos de interés, para que se logre avanzar con una preparación óptima como el desbroce de la maleza, el ahoyado y el ploteo de los puntos en donde se sembrará cada ejemplar forestal.

- Etapa 10. Capacitación

Toda persona que participe sembrando un árbol deberá ser capacitada con anterioridad y se registrada, para que de esta forma se reduzca el riesgo que las plantas no se desarrollen a consecuencia de una mala siembra.

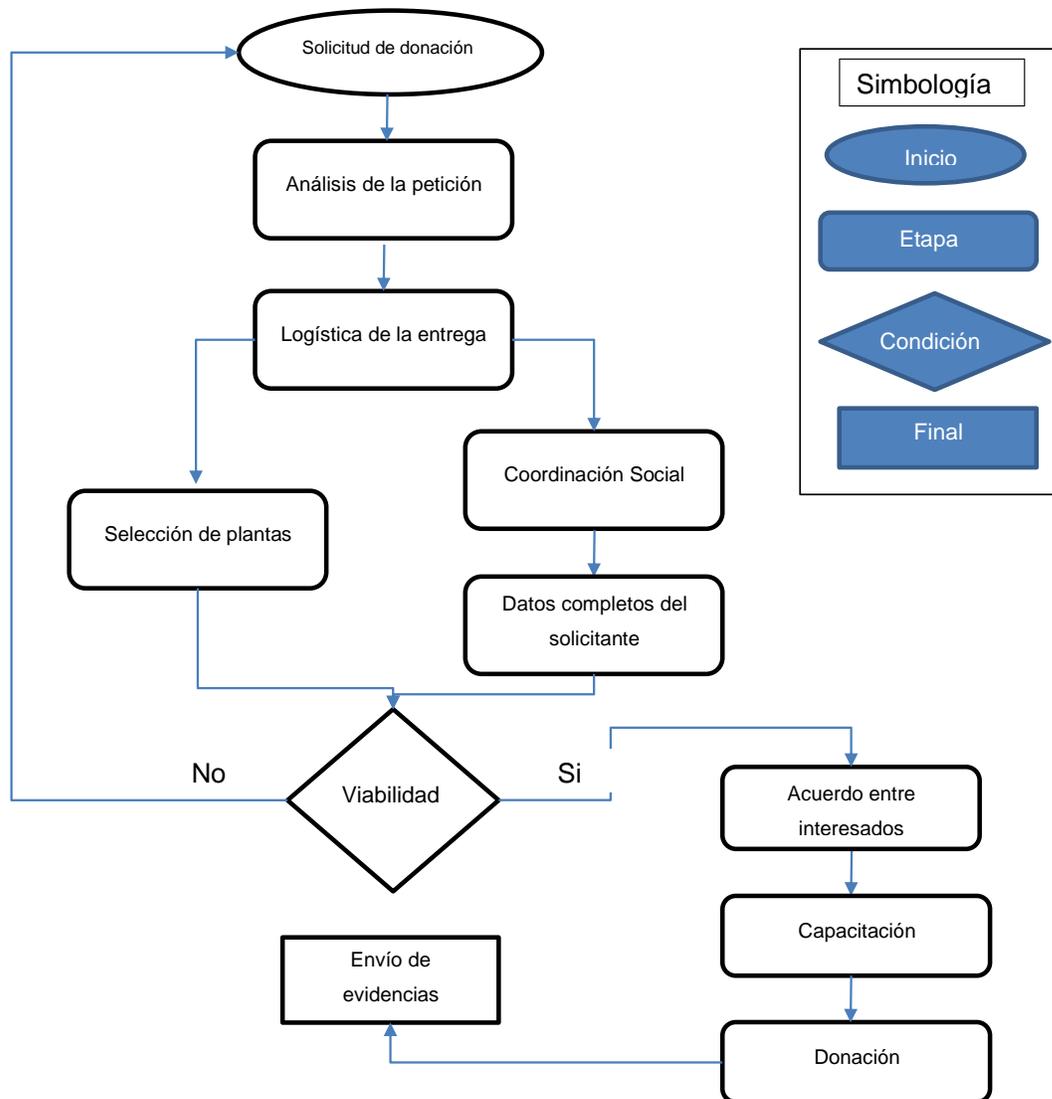
- Final. Reforestación

Llevar a cabo la actividad guardando los registros documentados de la cantidad de árboles sembrados, las especies, los árboles que no se utilizaron, las coordenadas y las coordenadas que limitan la plantación, para poder darle mantenimiento e ir alimentando la base de datos para el control de las áreas forestales.

#### **4.8 Donaciones**

En la siguiente figura se presenta el esquema para donaciones con cada una de las etapas que esta implica.

Figura 21. Esquema para donaciones



Fuente: elaboración propia.

- Procedimiento para donaciones  
 Inicio: solicitud de donación  
 La solicitud debe ser de forma escrita por algún medio físico o digital y con firma del solicitante.

- **Etapa 1. Análisis de la petición**  
La petición debe ser concreta, por cantidad de especies y fecha en la cual se esperen recibir las plantas, y si es posible en donde se piensan sembrar las plantas.
  
- **Etapa 2. Logística de entrega**  
Se deberá coordinar la logística de la entrega para el traslado de las plantas, según la cantidad solicitada, el tipo y las especies solicitadas.
  
- **Etapa 3. Selección de plantas**  
Cuando la solicitud de las plantas de forma específica se deberá contemplar la cantidad de especies forestales en stock, acorde a los requerimientos del solicitante.
  
- **Etapa 4. Coordinación social**  
Se deberá contar con un representante en caso de que la solicitud sea por un grupo de personas organizados, porque solo a esa persona se le otorgarán las plantas.
  
- **Etapa 5. Datos complementarios del solicitante**  
El solicitante deberá comunicar sus datos personales, es decir número de CIU o pasaporte, así como su número de teléfono y dirección de correo electrónico.
  
- **Etapa 6. Evaluación de la viabilidad**  
Si el solicitante cumple con los requerimientos y el vivero municipal cubre la demanda de las plantas solicitadas, se puede establecer la viabilidad, de lo contrario se deberá reestructurar la solicitud nuevamente, para poder garantizar la satisfacción de la donación en su totalidad.

- Etapa 7. Acuerdo entre interesados

Se acordará con el solicitante por medio de un formulario, en donde se establezcan los acuerdos bajo los cuales se concede la donación, así como la forma en la cual se trasladarán las evidencias de la ejecución de la actividad.

- Etapa 8. Capacitación

El solicitante deberá ser capacitado y posteriormente evaluado de forma breve para garantizar el tienen la capacidad de plantar el o los árboles que ha solicitado.

- Etapa 9. Donación

La donación deberá ser por parte de un personal autorizado municipal, quien se encargará de registrar toda la información y tomar las evidencias de las entregas.

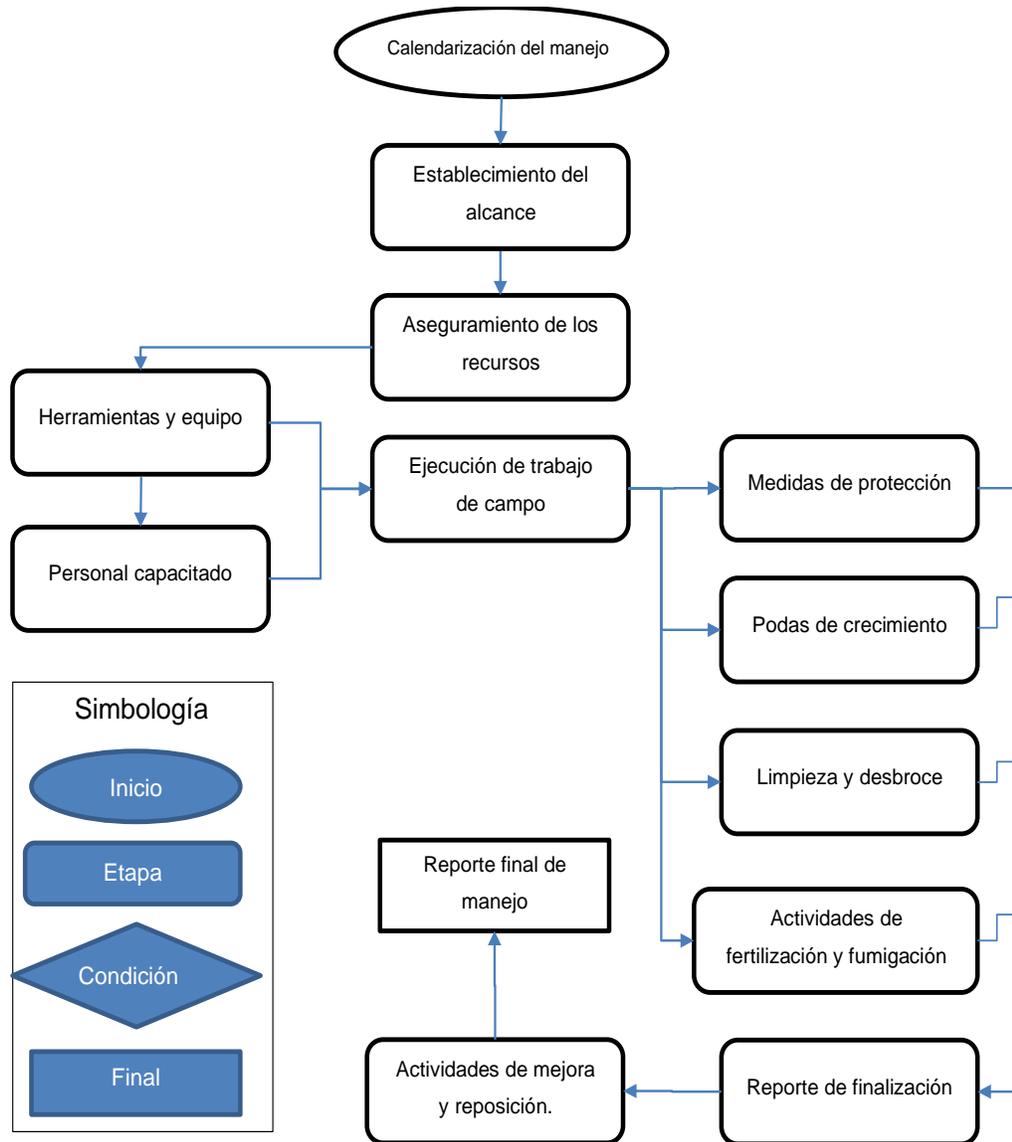
- Final. Envío de evidencias

Las evidencias deberán ser trasladadas con información que indique el nombre de quien envía la información, número de teléfono y dirección de correo electrónico, en conjunto con capturas fotográficas y el nombre de la localidad en donde realizo la siembra.

#### **4.9 Actividades de manejo**

En la siguiente figura se presenta el esquema para actividades de manejo.

Figura 22. Esquema para actividades de manejo



Fuente: elaboración propia.

- Procedimiento para el manejo forestal  
Inicio: Calendarización de manejo

Los manejos deben ser coordinados, para que se programe y controle su avance, en esta etapa es necesario identificar todas áreas que serán intervenidas por parte de la municipalidad en un periodo trimestral.

- Etapa 1. Establecimiento del alcance

La calendarización establecerá los tiempos en los cuales se intervendrá mediante medidas de manejo forestal, cada una de las áreas a las cuales se les brinda dicho manejo, deberán ser categorizadas según su extensión, el tiempo en el cual se deberán atender, el aproximado de las especies de deberían encontrar y la forma en que se deberán manejar de acuerdo con la edad de estos.

- Etapa 2. Aseguramiento de los recursos

Se deberá coordinar vehículo para el traslado del personal y dotar las herramientas, material y equipo necesario para implementar las prácticas de manejo forestal.

- Etapa 3. Herramienta y equipo

Se deberá solicitar a la municipalidad mediante un inventario de la calidad de las herramientas, según su edad, su estado actual, el tipo y la capacidad de avance que pueda brindar para las actividades de manejo, en las cuales se van a emplear.

- Etapa 4. Personal capacitado

Todo personal de nuevo ingreso deberá contar con un tiempo de adaptación y capacitación, así como el ajuste de sus metas, el personal desde su convocatoria deberá ser evaluado y mostrar conocimiento de las especies forestales, para garantizar la distinción de los árboles establecidos en campo, esto con el objetivo de reducir el riesgo de daños mecánicos por un mal manejo forestal.

- Etapa 5. Ejecución de trabajo de campo

Esta etapa contempla la práctica de todas las técnicas para el cuidado y tratamiento de un bosque en según las especies y problemas que estos demuestren.

- Etapa 6. Medidas de protección

Estas contemplan medidas como barreras cortafuegos, protectores de plástico o polímeros en los tallos de árboles jóvenes para que los protejan de ser cortados, además acequias para la disminución de la erosión.

- Etapa 7. Podas de crecimiento

Esta actividad será necesaria para árboles con edades mayores a 3 años, con el objetivo de definir un fuste principal, para orientar a un engrose y crecimiento apto de cada uno de los ejemplares.

- Etapa 8. Limpieza y desbroce

Esta actividad de manejo debe ser aplicadas a todas las áreas forestales, priorizando las menores a 3 años, dado que anterior a este periodo de tiempo las plantaciones forestales se ven mayormente susceptibles a los efectos negativos que puedan causar la presencia de maleza de grandes dimensiones que lo rodona.

- Etapa 9. Actividades de fertilización y fumigación

Estas actividades se deberán emplear en áreas en donde las alturas y diámetros a la altura del pecho no sean acordes a su edad, así como en donde se presenten un número considerable de ejemplares con enfermedades por presencia de plagas.

- Etapa 10. Reporte de finalización

Luego de realizar las prácticas de manejo por parte de los trabajadores de campo, el encargado de las cuadrillas deberá solicitar a quienes realizaron las actividades, el dato de las plantas que se encontraron con problemas, como enfermedades o muerte, las cuales deberán ser estaqueadas, y consideradas para la reposición.

- Etapa 11. Actividades de mejoras y reposiciones

Por último, se deberá atender a cada árbol que presente problema y en caso de los árboles que hayan sido declarados de baja deberán ser resembrados, con el propósito de no perder el alcance de cobertura de las áreas forestales establecidas bajo los programas municipales.

- Final. Reporte final de manejo

Tiene como objetivo dejar las evidencias de todas las acciones realizadas y el estado en que se dejan las plantaciones forestales, con el fin de marcar el punto de partida para apertura para el siguiente ciclo de manejo por parte de la municipalidad.

## 5. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

### 5.1 Dinámica forestal

Según la técnica de teledetección mediante el análisis espectral de imágenes satelitales de las misiones Landsat 8, cuya resolución espectral es de 30 metros por píxel para el sensor Oli, se ha podido determinar la masa forestal del municipio Guatemala del departamento Guatemala a escala 1:30,000.

Luego de aplicar el método de clasificación supervisada que se basa en el cálculo de paralelepípedos, para las regiones de interés establecidas sobre las áreas boscosas identificadas en campo, mediante la proyección visual de los rangos del índice de vegetación diferenciada normalizada por sus siglas (NDVI).

Se pudo obtener para el año 2017 este procedimiento arrojó un área de 877.09 hectáreas, estableciendo este dato como línea base, dado que es primer año evaluado no se puede hacer la comparativa.

Posteriormente y siguiendo con la metodología para procesamiento de imágenes satelitales se obtuvo el área correspondiente al año de 2018 obteniendo un resultado de 812.61 hectáreas de bosque. Lo cual significa una pérdida de 7.35 % de forma anual.

Se continuó con la generación de área forestal para el año 2019 dando como resultado una cifra de 798.92 hectáreas, lo que representa una disminución del área de tipo forestal del 1.69 % siendo una disminución poco severa, entre estos años.

Al generar el área que de la cubierta forestal para el año 2020 se identificó que la misma era de 708.58 hectáreas, contrario al resultado entre los últimos años, aquí el cambio fue severo alcanzando un 11.31% siendo una degradación sustancialmente mayor que el resto de los años estudiados.

Por último, se generó la cobertura forestal del año 2021 revelado un área forestal de 665.92 hectáreas que corresponde a un 6.02 % de disminución.

## **5.2 Evaluación**

Esta fase del trabajo se realizó mediante los resultados de datos de producción procedente del vivero forestal, así como la información recabada en campo mediante el establecimiento de parcelas temporales de medición forestal. Lo que dio lugar al procesamiento de la información al aplicarle a los resultados una media aritmética ponderada.

Para esto se analizaron los aspectos del porcentaje de árboles sanos, según el número de árboles que se encontraban sin ningún daño aparente, del total de árboles encontrados en la parcela, seguido por los parámetros del porcentaje diámetro a la altura pecho y porcentaje de relación altura con relación a su edad, cabe destacar que el análisis de ambas variables toma en cuenta del total de árboles evaluados, cuales correspondían a un estado óptimo.

En relación con los árboles que no demostraron tener la altura y el grosor ideal, para algunas especies como pino, ciprés, matilisguate, según *Dinámica de los bosques en Guatemala*, (INAB, 2015), y para otras especies como el hormigo, magnolia, manzana rosa, según Valenzuela, (2018), se pudo determinar el porcentaje de ambas variables, para que de esta forma se pudieran operar para obtener un índice de efectividad forestal.

Así mismo en cuanto a las prácticas forestales propiamente del porcentaje árboles que contaban con plateo, con podadas de crecimiento, el grado en que las protecciones evitaban los problemas en cada ejemplar evaluado y el distanciamiento promedio que tenían entre sí; fueron tomados en cuenta para identificar que el porcentaje de efectividad del manejo forestal, resultado ser 77.17 %. O lo que se podría traducir que por cada 100 árboles sembrados únicamente 23 se pueden ver afectados por causas como incendios, daños mecánicos en su manejo, enfermos o bien inclusive muertos.

Por otro lado, si tomamos los 166,684 árboles producidos en el vivero y las cruzamos con el porcentaje de efectividad de manejo tendríamos que cercanas a unas 128,630 plantas podrían formar parte de la masa forestal del país. Lo que a su vez podría pasarse a área de cobertura teniendo en cuenta que la variable del distanciamiento entre árboles de sembrados arrojó en promedio 3.62 metros cuadrados, dando como resultado un potencial 465,640 metros cuadrados de área boscosa es decir cercano a 46.56 hectáreas de recuperación forestal.

Las parcelas 2, 4, 8 y 9 se encontraban por debajo del índice general, en ellas se han podido verificar que problemas como: falta de plateo, falta de medidas de protección, especies con un engrose de tallo principal delgado, así como muerte de especies a causa de la falta de agua, o intervención de los vecinos que incendian las plantaciones impactan sobre la variable del porcentaje de árboles sanos.

Por otro lado, las parcelas 1,3,6,5 y 7, fueron las parcelas que demostraron estar en buen estado dado que sobrepasan el índice de efectividad en la gestión forestal municipal promedio, son bosques que cumplen con la calidad esperada y además tienen un alto porcentaje de árboles en buen estado.

### **5.3 Procedimientos**

Es importante mencionar que al día de hoy el trabajo de la Municipalidad de Guatemala, en cuanto desarrollo de sus viveros forestales de estado permanente, así como el objeto de reforestar las cuencas de los ríos, reservas ecológicas y demás áreas de su circunscripción territorial, tal y como lo establece nuestro Código Municipal, en su artículo 68, es una tarea que lleva a cabo de forma excepcional, a pesar que la dinámica forestal se mediante el método empleado de teledetección, indique una disminución.

No obstante, los procedimientos se basan en tres principales actividades, siendo las más recurrentes dentro de los programas forestales de la Municipalidad de Guatemala, ya que para su establecimiento se han determinado acciones que podrían mejorar las intervenciones de parte del gobierno local.

Principalmente en cuanto a las reforestaciones, se ha identificado que hay especies que no se encontraban aptas a las condiciones de la disponibilidad de agua y sol, bajos las cuales se había sembrado, justo de allí viene la propuesta de hacer una Identificación de del entorno en los lugares donde se tenga planificado realizar una reforestación, para que con base en ello se identifiquen las plantas que se utilizarán.

Fortalecer la coordinación social que va ligado a la conflictividad es otro aspecto que se consideran inclusive en todos los procedimientos, dado que fue común encontrar sitios incendiados a propósito por las personas, con el fin de limitar la extensión de la masa forestal, muchas veces según argumentaban los técnicos de campo, esto era producto de los interese por ocupar dichos territorios.

Otro aspecto fundamental para darle sentido a los procedimientos propuestos fue el tema de la capacitación, puesto que se identificaron problemas que indicaban la falta de capacidad de parte de las personas que sembraban como de las personas que han dado el mantenimiento a los boques.

Por último, el tema del seguimiento en cuanto a la aplicación de registros para quienes forman parte de los programas, al igual que de los resultados, por la razón que sin estos registros no es posible dar el seguimiento debido los programas que conforman la gestión forestal municipal de la Ciudad de Guatemala.

Los procedimientos por lo general se dividen en el inicio, que es el momento en el la cual se reciben o realizan la planificación de proyectos, siendo esta el inicio, pasando por diferentes acciones que deberían tomarse como parte del plan, estas se ubican como etapas, también se contempla las acciones a tomar en caso de hacer una evaluación de la situación, y tener que tomar una decisión, siendo las condicionales, para que a partir de estos filtros de calidad, se pueda llegar a concretar el proyecto, ya sea de reforestación o donaciones.



## CONCLUSIONES

1. Se elaboró un plan que contiene medidas acordes a la dinámica forestal de los últimos 5 años, basadas en establecer compromisos entre las partes interesadas para el establecimiento y protección de las áreas reforestadas, planificaciones alcanzables para el manejo forestal y seguimiento a las donaciones de especies forestales; fortaleciendo así la gestión municipal forestal de los programas actuales, luego de haber evaluado el importante trabajo de la Municipalidad de Guatemala.
2. Se determinó que la dinámica forestal de los últimos cinco años ha disminuido en un 24 %, reflejando una diferencia entre el área boscosa del año 2021 ante el área boscosa del 2016 en el municipio de Guatemala, del departamento de Guatemala, con una pérdida de bosque alrededor de 220.28 hectáreas lo que supone una dinámica forestal en disminución.
3. Se evaluaron los proyectos municipales de los últimos cinco años mediante visitas a campo y análisis de bases de datos estimando un porcentaje de efectividad del 77.17 %. Es decir que, de cada 100 árboles sometidos a prácticas de manejo forestal municipal, 23 presentan condiciones mejorables.
4. Se establecieron 3 procedimientos centrados en mejorar los compromisos, el control y el monitoreo, por parte de la municipalidad en sus programas de: reforestación, donación y manejo forestal; que además se enfocan en impulsar la participación por parte de los vecinos para garantizar una mejor efectividad.



## RECOMENDACIONES

1. Implementar parcelas permanentes de medición forestal por parte de la Municipalidad de Guatemala, con el enfoque de realizar el monitoreo del desarrollo de las áreas forestales actuales, ya que es importante controlar del crecimiento de los bosques que forman parte del cinturón ecológico metropolitano a los cuales se ha dotado de mantenimiento y protección.
2. Mejorar la captación del personal, en cuanto a los perfiles de técnicos de campo, al igual que la capacitación constante, para reducir el desconocimiento y la falta de habilidad al momento de ejecutar las actividades de manejo forestal, ya que esto repercute grandemente en la dinámica de los bosques a cargo de la Municipalidad de Guatemala.
3. Establecer el alcance y objetivos de las actividades de mantenimiento, tomando en cuenta las condiciones en las cuales se ubican los bosques, la herramienta con la se cuenta y la cantidad de personal disponible, para no comprometer la calidad de los mantenimientos y disminuyendo la posibilidad de incurrir en daños mecánicos durante las prácticas de mantenimiento en las áreas reforestadas.
4. Coordinar actividades de resiembra, fertilización y control como parte del mantenimiento, para garantizar la recuperación de productividad en alguna de las áreas reforestadas por parte de la municipalidad, en conjunto con la comunidad del municipio Guatemala, por la relevancia adquirida luego de identificar la dinámica forestal por medio de en esta investigación.



## REFERENCIAS

1. Abaj, M. (2013). *Apoyo a la producción forestal que incluye la determinación de parcelas permanentes de muestreo, en los municipios de Lanquín y La Tinta, Alta Verapaz, Guatemala, C.A.* (Tesis de licenciatura). Universidad de San Carlos de Guatemala. Guatemala. Recuperado de: <http://www.repositorio.usac.edu.gt/6081/1/MIGUEL%20ANGEL%0ABAJ%20MAZAT.pdf>
2. Catalán E. (2016). *Monitoreo de parcelas de medición forestal para bosques naturales de coníferas y latifoliadas; INAB región II sistematización de prácticas profesional.* Guatemala. (Tesis de licenciatura). Universidad Rafael Landívar. San Juan Chamelco, Alta Verapaz. Recuperado de: <http://recursosbiblio.url.edu.gt/tesisjcem/2016/06/22/CatalanLuis.pdf>
3. Chuvieco, E. (1996). *Fundamentos de Teledetección Espacial* España, Madrid: Ediciones RIALP.
4. Decreto del Congreso de la República Número 101-96. Reglamento para el Aprovechamiento Forestal de Consumo Familiar. Diario de Centroamérica. Guatemala. 19 de noviembre de 2015.
5. Decreto 101-96. Ley Forestal de Guatemala. Diario de Centroamérica. Guatemala. 31 de octubre de 1996.

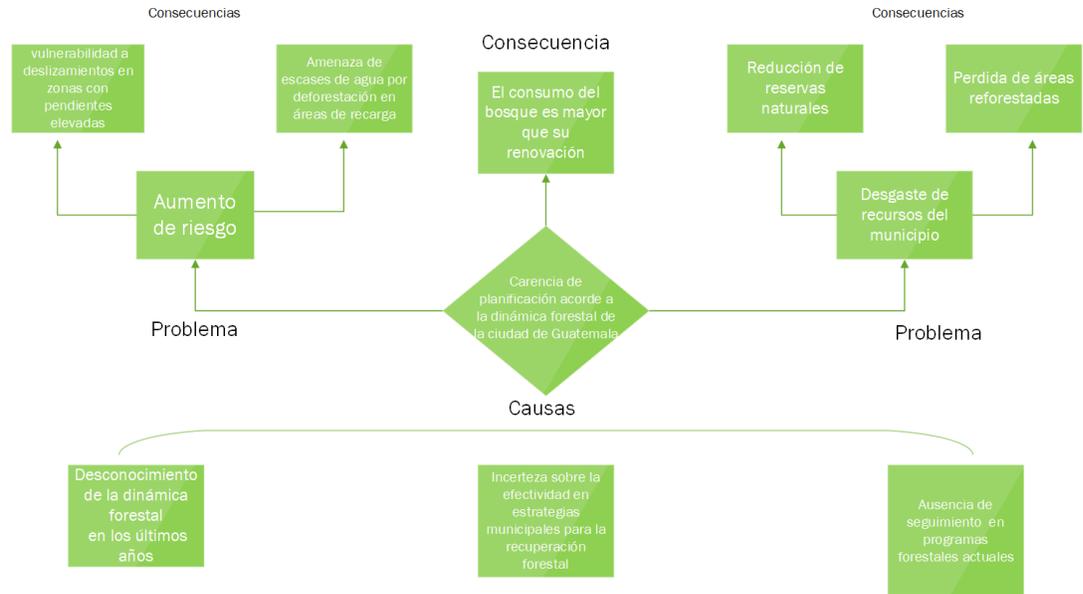
6. Decreto Número 12-2002. Código Municipal. Guatemala. Diario de Centroamérica. Guatemala. 30 de marzo de 2022.
7. Instituto Nacional de Bosques (2014). *Dinámica de crecimiento y productividad de 28 especies forestales en plantaciones en Guatemala (Serie Técnica No. DT-002 2015)*. Guatemala: Autor.
8. Instituto Nacional De Bosques (2019). *Calendario forestal desde los conocimientos ancestrales y prácticas tradicionales de los pueblos indígenas (Serie Técnica No. GT-021 2018)*. Guatemala: Mayagráfica.
9. Lemus, J. (2018). *Diagnóstico y Estudio de la Dinámica de la Cobertura Forestal del Periodo de 1999 Al 2017, para el municipio de Palencia, Guatemala, C. A.* (Tesis de licenciatura). Universidad de San Carlos de Guatemala. Guatemala. Recuperado de <http://www.repositorio.usac.edu.gt/8951/1/Trabajo%20de%20graduaci%C3%B3n%202018.pdf>
10. MARN. (2017). *Informe Ambiental del Estado 2016- Guatemala*. Guatemala: Autor. Recuperado de <https://www.marn.gob.gt/Multimedios/8879.pdf>.
11. Masek, J. (11 de febrero de 2013). *Landsat 8*. [Mensaje en un blog]. Recuperado de [https://landsatgscnasagov.translate.google.com/landsat8?\\_x\\_tr\\_sl=en&\\_x\\_tr\\_tl=es&\\_x\\_tr\\_hl=es-419&\\_x\\_tr\\_pto=nui,sc,elem](https://landsatgscnasagov.translate.google.com/landsat8?_x_tr_sl=en&_x_tr_tl=es&_x_tr_hl=es-419&_x_tr_pto=nui,sc,elem)

12. Mejia K. (2011). *Propuesta de Áreas Prioritarias de Conservación de los Recursos Naturales Renovables del Cinturón Ecológico Metropolitano (Cem) Fase 2, Guatemala*. (Tesis de licenciatura). Universidad de San Carlos de Guatemala. Guatemala. Recuperado de [http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/01/01\\_2664.pdf](http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/01/01_2664.pdf)
  
13. Pérez. D. (2007). *Introducción a los Sensores Remotos – Aplicaciones en la Geología*. Buenos Aires, Argentina: Universidad de Pabellón 2. Recuperado de: [http://aviris.gi.fcen.uba.ar/Curso\\_SR/Guia\\_Curso\\_sr\\_2007.pdf](http://aviris.gi.fcen.uba.ar/Curso_SR/Guia_Curso_sr_2007.pdf).
  
14. Universidad Rafael Landívar (2007). *Media Aritmética Simple*. Guatemala: Autor.



# APÉNDICES

## Apéndice 1. Árbol de problemas



Fuente: elaboración propia.

Apéndice 2. Cronograma de actividades

	Actividades	Mes 1	Mes 2	Mes 3	Mes 4	Mes 5	Mes 6	Mes 7
1	Determinar el comportamiento de la dinámica forestal de los últimos años	█	█	█	█	█	█	█
2	Evaluar la dinámica productiva de los proyectos municipales				█	█	█	
3	Establecer un procedimiento que contemple los mecanismos de compromisos, control y monitoreo					█	█	█
4	Elaboración y presentación de Informe Final						█	█

Fuente: elaboración propia.

### Apéndice 3. Matriz de coherencia

Problema Principal	Preguntas de Investigación	Objetivo general	Justificación	Plan de investigación o plan acción
<p><b>Carencia de gestión municipal forestal acorde a la dinámica de la ciudad de Guatemala</b></p>	<p><b>Principal</b> ¿Cuál solución permitirá a la municipalidad de la Ciudad de Guatemala, fortalecer su gestión municipal forestal que contengan medidas acordes a su dinámica forestal actual?</p> <p><b>Secundarias</b> ¿Cómo se comporta la dinámica forestal de los últimos cinco años a la actualidad del municipio de Guatemala, mediante técnicas de teledetección y validación de campo?</p> <p>¿Qué tan efectivo ha sido el desempeño de los proyectos municipales en materia de gestión forestal con relación a la deforestación local de los últimos cinco años?</p> <p>¿De qué forma la municipalidad de la ciudad de Guatemala garantiza el éxito de sus intervenciones a favor de la recuperación forestal?</p>	<p><b>General</b> Elaborar un Plan que contenga todas las medidas necesarias acordes a su dinámica de los forestal últimos cinco años, para que se fortalezca su capacidad de gestión municipal forestal</p> <p><b>Específicos</b> -Determinar el comportamiento de la dinámica forestal de los últimos cinco años en el municipio de Guatemala, mediante técnicas de Teledetección y validación de campo</p> <p>- Evaluar la dinámica productiva de los proyectos municipales de los últimos cinco años mediante visitas a campo y análisis de bases de datos para estimar un porcentaje de efectividad.</p> <p>-Establecer un procedimiento que contemple los mecanismos de compromisos, control y monitoreo necesarios por parte de la municipalidad y los vecinos que garantice el éxito de los proyectos municipales para la recuperación forestal</p>	<p>Cuando se halla identificado la situación del municipio con respecto a su consumo y regeneración, y además habiendo evaluado que tanto aportan las acciones realizadas por parte de la municipalidad, será muy importante plasmar las directrices sobre las cuales es correcto que se establezcan nuevos bosques como producto final de los proyectos municipales forestales.</p>	<p>Elaborar un documento que cuente con un plan que contenga todas las medidas necesarias acordes a su dinámica forestal para que se fortalezca su capacidad de gestión municipal forestal</p> <p>-Generación de información geográfica sobre cobertura forestal de los últimos cinco años del municipio de Guatemala, mediante técnicas de teledetección y validación de campo</p> <p>-Cálculo de la estimación de área potencial reforestada con las diversas acciones dentro de los proyectos municipales, para hacer una comparación entre el porcentaje de efectividad y el área deforestada para el mismo período.</p> <p>-Realización de un procedimiento sobre los compromisos, control y monitoreo necesarios por parte de la municipalidad y los vecinos que garantice el éxito de los proyectos municipales para la recuperación forestal, de acuerdo con el marco legal competente.</p>

Fuente: elaboración propia.

