

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE AGRONOMÍA
ÁREA INTEGRADA



RODRIGO FERNANDO VÉLIZ MEJICANOS

GUATEMALA, SEPTIEMBRE DE 2019

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE AGRONOMÍA
ÁREA INTEGRADA

TRABAJO DE GRADUACIÓN

“Evaluación del sustrato a base de residuos de Tule (*Typha domingensis* Person) para la producción de plántulas de especies forestales, en el vivero forestal de Agrobosques, finca San Miguel, Sanarate, El Progreso, Guatemala, C.A.”

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

POR

RODRIGO FERNANDO VÉLIZ MEJICANOS

**EN EL ACTO DE INVESTIDURA COMO
INGENIERO AGRÓNOMO**

EN

**SISTEMAS DE PRODUCCIÓN AGRÍCOLA
EN EL GRADO ACADÉMICO DE LICENCIADO**

GUATEMALA, SEPTIEMBRE DE 2019

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE AGRONOMÍA

RECTOR

Ing. M.Sc. Murphy Olympto Paiz Recinos

JUNTA DIRECTIVA DE LA FACULTAD DE AGRONOMÍA

DECANO	Ing. Agr. Mario Antonio Godínez López
SECRETARIO	Ing. Agr. Juan Alberto Herrera Ardón
VOCAL I	Dr. Marvin Roberto Salguero Barahona
VOCAL II	Dra. Gricelda Lily Gutiérrez Álvarez
VOCAL III	Ing. Agr. M.A. Jorge Mario Cabrera Madrid
VOCAL IV	P. Agr. Marlon Estuardo González Álvarez
VOCAL V	P. Agr. Marvin Orlando Sicajaú Pec

GUATEMALA, SEPTIEMBRE DE 2019

Guatemala, septiembre de 2019

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

Honorables miembros:

De conformidad con las normas establecidas por la Ley Orgánica de la Universidad de San Carlos de Guatemala, tengo el honor de someter a vuestra consideración, el trabajo de graduación titulado,

“Evaluación del sustrato a base de residuos de Tule (*Typha domingensis* Person) para la producción de plántulas de especies forestales, en el vivero forestal de Agrobosques, finca San Miguel, Sanarate, El Progreso, Guatemala, C.A.”

Como requisito previo a optar al título de Ingeniero Agrónomo en Sistemas de Producción Agrícola, en el grado académico de Licenciado. Esperando que la presente investigación llene los requisitos necesarios para su aprobación, me suscribo,

Atentamente

“ID Y ENSEÑAD A TODOS”

RODRIGO FERNANDO VÉLIZ MEJICANOS

ACTO QUE DEDICO

A:

Dios: Gracias Padre todo poderoso por haberme dado la fuerza y la sabiduría para poder lograr una de mis más grandes metas. Por no abandonarme en los momentos que más te necesité y por darme la oportunidad de vivir y regalarme una familia maravillosa.

Mis padres: Mario y Bonnie, mis viejitos, gracias por darme la vida y estar conmigo en todo momento. Gracias por darme una carrera para mi futuro y por creer siempre en mí, aunque hemos pasado momentos difíciles siempre han estado apoyándome y brindándome todo su amor, gracias por enseñarme a nunca rendirme, por esto y todo lo demás les agradezco de todo corazón. Este trabajo se los dedico a ustedes. Papa gracias por ser mi mayor ejemplo a seguir, por tus consejos, regaños y sabiduría, sos el mejor para mí. Mama gracias por ser siempre esa fuerza que me levanta, por siempre madrugar conmigo, por ser la mejor de todas, te amo. Gracias a ustedes hoy puedo decir: lo logramos.

Mis hermanos: Josué y Rocio. Gracias por siempre estar conmigo y apoyarme. Espero que esto les sirva de ejemplo para nunca darse por vencido y que vean que cualquier cosa es posible si se lo proponen, más ustedes que son unos cracks en lo que hacen. Este trabajo también va dedicado para ustedes, los amo.

Mis abuelos: Papa Nel, Mama Chona, Mama Gude, Papa Chema. Les agradezco por su amor, sus consejos, su apoyo incondicional y por siempre darme comida. También les agradezco por haberme dado a mis padres.

Mis tíos y tías: Gracias por sus consejos y apoyo, en especial a vos Tío Werner por ser como un papá postizo, gracias por siempre echarme una mano en lo que podías, por cuidarnos desde pequeños, te quiero mucho.

Mis primos: Walter, Chelu, Mario, Yami, Emmer, Bicha, los quiero mucho, gracias por su apoyo y su amistad, saben que cuentan conmigo siempre.

Mis amigos:

Que sería la vida sin ustedes, gracias por darle color, gracias por cada momento compartido, por cada consejo, cada risa y cada cerveza.

Gracias Ale, Mau, Velo, Koro, Tefa, Regina, Federico, Chiwichón, Sazo, Urizar, Willy y a todos los demás que no pude mencionar, por haber llenado la carrera de buenos momentos y compartir conmigo siempre. A mis amigos de toda la vida Andrés, Pichón, Ñaky, Diego, Chepe, los quiero perros. A mi maestra y amiga Angelita, le debo mucho, gracias por todo lo que me enseñó. A Luisinho mi amiguchete, sabe que lo aprecio bastante, cuenta conmigo siempre. Y por último a mis nuevos amigos Mario, Franz, Melany y no podían faltar las Kim's espero que logren sus metas y que les sirva como motivación de que si se puede.

Usted:

Que le puedo decir, muchas gracias por el tiempo que me ha dedicado y en el cual hemos compartido tantas cosas, gracias por estar conmigo en un día tan especial. Gracias por todo el apoyo que me ha dado para continuar y seguir con mi camino, nunca olvide que es muy importante para mí.

TRABAJO DE GRADUACIÓN QUE DEDICO

A:

Dios: Proveedor de sabiduría y eterna fidelidad.

Guatemala: Querida y amada patria, país que me vio nacer.

Universidad de San Carlos de Guatemala: Máxima casa de estudio, institución que me dio la oportunidad de formarme como profesional.

Facultad de Agronomía: Formadora de grandes profesionales, por poner a disposición las herramientas esenciales que me permitirán desarrollarme y desenvolverme en el campo profesional.

Particularmente: A mis padres, abuelos, hermanos, tíos, primos, amigos y al Ingeniero Wolffan Rodríguez, por toda la ayuda y apoyo recibido, en el transcurso de la formación superior, gracias por depositar su confianza en mí.

AGRADECIMIENTOS

A:

Mis catedráticos: Por sus sabias enseñanzas y muestras de amistad a lo largo de la carrera.

Mis asesores: Doctor Dimitri Santos e Ing. Cesar Linneo. Muchas gracias por su tiempo y dedicación, sin ustedes esto no fuera posible.

Familia Valdés: Muchas gracias por su apoyo incondicional. En especial a Doña Norita, le agradezco bastante su hospitalidad y cariño.

Ingeniero: Wolffan Rodríguez, Inge de todo corazón muchas gracias por su apoyo y por sus consejos. Lo aprecio bastante y sabe que cuenta conmigo cuando me necesite. Es una gran persona, sin su ayuda esto no hubiera sido posible.

ÍNDICE DE CONTENIDO

	PAGINA
CAPÍTULO I: DIAGNÓSTICO	1
1.1. PRESENTACIÓN	2
1.2. MARCO REFERENCIAL	3
1.2.1. Ubicación político-administrativa de Sanarate	3
1.2.2. Localización geográfica	3
1.2.3. Área de estudio	3
1.2.4. Precipitación	3
1.2.5. Temperatura	3
1.2.6. Clima	3
1.2.7. Zona de vida	3
1.2.8. Hidrología y cuencas	3
1.2.9. Topografía	3
1.3. OBJETIVOS	4
1.3.1. Objetivo general	4
1.3.2. Objetivos específicos	4
1.4. METODOLOGÍA Y RECURSOS	5
1.4.1. Fase de campo	5
1.4.2. Fase de gabinete	5
1.5. ORGANIGRAMA INSTITUCIONAL “FINCA SAN MIGUEL”	6
1.6. DESCRIPCIÓN DE ACTIVIDADES	7
1.6.1. Producción de árboles forestales	7
1.6.2. Producción de compostaje	8
1.6.3. Mantenimiento de la planta de reciclaje de agua “wetland”	10
1.6.4. Estudio florístico de las fincas “La Pedrera” y “San Gabriel”	11
1.7. RESULTADOS	12
1.7.1. Matriz de priorización de problemas	12
1.7.2. Descripción de los principales problemas	13
1.8. CONCLUSIONES	15
1.9. BIBLIOGRAFÍA	16
CAPÍTULO II: INVESTIGACIÓN	17

2.1.	INTRODUCCIÓN	18
2.2.	MARCO TEÓRICO	21
2.2.1.	Marco conceptual	21
2.2.2.	Marco referencial	31
2.3.	OBJETIVOS	38
2.3.1.	Objetivo general.....	38
2.3.2.	Objetivos específicos	38
2.4.	HIPÓTESIS.....	39
2.5.	METODOLOGÍA	40
2.5.1.	Ubicación geográfica del sitio experimental	40
2.5.2.	Actividades realizar	41
2.6.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	52
2.6.1.	Caracterización de las principales propiedades físicas de las combinaciones de residuos de <i>Typha domingensis</i> Pearson y arena pómez.....	52
2.6.2.	Caracterización de las principales propiedades químicas de los residuos de <i>Typha domingensis</i> Pearson, sometidas a diferentes tiempos de degradación.....	56
2.6.3.	Evaluación del efecto de treinta combinaciones de <i>Typha domingensis</i> y arena pómez en la producción de plántulas de especies forestales.....	59
2.6.4.	Análisis económico.....	69
2.7.	CONCLUSIONES	73
2.8.	RECOMENDACIONES.....	74
2.9.	BIBLIOGRAFÍA	75
2.10.	ANEXOS	80
2.10.1.	Fotografías del proceso.....	80
	CAPÍTULO III: SERVICIOS.....	87
3.1.	PRESENTACIÓN	88
3.2.	EJECUCIÓN.....	89
3.2.1.	Servicio 1.....	89
3.2.2.	Servicio 2.....	102

ÍNDICE DE FIGURAS

	PÁGINA
Figura 1. Organigrama Institucional Finca San Miguel, Cementos Progreso S.A.	6
Figura 2. Efecto de los sustratos de Tule comparado con la turba de <i>Sphagnum</i> (Peat moss) sobre la germinación acumulada de Pino, Eucalipto y Aripín a los 7 dds.	61
Figura 3. Efecto de los sustratos de Tule comparado con la turba de <i>Sphagnum</i> (Peat moss) sobre la germinación acumulada de Pino, Eucalipto y Aripín a los 15 dds.	62
Figura 4. Efecto de los sustratos de Tule comparado con la turba de <i>Sphagnum</i> (peat moss) sobre la germinación acumulada de Pino, Eucalipto y Aripín a los 20 dds.	63
Figura 5. Efecto de los sustratos sobre la altura en plántula de Pino, Eucalipto y Aripín.	64
Figura 6. Efecto de los sustratos sobre el peso fresco del sistema radicular (g) en plántulas de Pino, Eucalipto y Aripín.	65
Figura 7. Efecto de los sustratos sobre la relación tallo/raíz en plántulas de Pino, Eucalipto y Aripín.	69
Figura 8A. Hábitat de la especie <i>Typha domingensis</i> Person	80
Figura 9A. Colecta de material en la planta de tratamiento de aguas residuales "wetland"	81
Figura 10A. Material seco listo para ser procesado por el Molino de Martillo.	81
Figura 11A. Material molido, listo para comenzar proceso de degradación.	82
Figura 12A. Inicio del proceso de degradación del material.	82
Figura 13A. (De izquierda a derecha) Material a los 15 días, 30 días, 45 días y 60 días.	83
Figura 14A. Llenado y siembra de bandejas para evaluar los tratamientos a utilizar.	83
Figura 15A. Identificado de las bandejas, por tratamiento, repetición y especie forestal.	84
Figura 16A. Plántulas de <i>Pinus oocarpa</i> a los 18 días dds.	84
Figura 17A. Plántulas de <i>Eucalyptus citriodora</i> a los 18 días dds.	85
Figura 18A. Plántulas de <i>Caesalpinia velutina</i> a los 18 días dds.	85
Figura 19. Corte transversal de tule.	92
Figura 20. Corte longitudinal de tule.	92
Figura 21. Picadora de zacate utilizada para el tule.	92

	PÁGINA
Figura 22. Material picado de tule.....	93
Figura 23. Tule molido listo para proceso de degradación.....	93
Figura 24. Total del material molido de tule a utilizar (10 bolsas).....	94
Figura 25. Siembra de pino oocarpa utilizando sustrato de tule a los 0, 15,30,45 y 60 días (Arriba hacia abajo).....	95
Figura 26. Siembra de <i>Pino oocarpa</i> utilizando sustrato de tule a los 0,15,30,45 y 60 días un mes después (Derecha hacia izquierda).	96
Figura 27. Manejo forestal Finca La Pedrera.....	104
Figura 28. Unidades de muestreo del bosque de galería " Finca San Gabriel".....	108
Figura 29. Recuento de especies colectadas en finca San Gabriel.	113
Figura 30. Recuento de especies colectadas en finca La Pedrera.....	114

ÍNDICE DE CUADROS

	PÁGINA
Cuadro 1. Problemática identificada en la finca San Miguel.	12
Cuadro 2. Matriz de priorización de problemas en la Finca San Miguel	12
Cuadro 3. Valores óptimos de las propiedades físicas para los sustratos.	28
Cuadro 4. Valores óptimos para las propiedades químicas de los sustratos.	29
Cuadro 5. Clasificación básica según el criterio de Abad y Noguera.	30
Cuadro 6. Métodos utilizados en el laboratorio para determinar la disponibilidad de nutrientes y pH de los sustratos.	47
Cuadro 7. Composición volumétrica de las combinaciones (sustratos) a ensayar para la producción de plántulas en pilón de especies forestales <i>Pinus oocarpa</i> Schiede ex Schltdl, <i>Caesalpinia velutina</i> (Britton & Rose) Standl., y <i>Eucalyptus</i> <i>citriodora</i> (Hook.) K. D. Hi	50
Cuadro 8. Propiedades físicas de los sustratos evaluados de <i>Typha domingensis</i> Person sin degradar mezclada con arena pómez.	52
Cuadro 9. Propiedades físicas de los sustratos evaluados de <i>Typha domingensis</i> Person con 15 días de degradación mezclada con arena pómez.	53
Cuadro 10. Propiedades físicas de los sustratos evaluados de <i>Typha domingensis</i> Person con 30 días de degradación mezclada con arena pómez.	54
Cuadro 11. Propiedades físicas de los sustratos evaluados de <i>Typha domingensis</i> Person con 45 días de degradación mezclada con arena pómez.	55
Cuadro 12. Propiedades físicas de los sustratos evaluados de <i>Typha domingensis</i> Person con 60 días de degradación mezclada con arena pómez.	55
Cuadro 13. Valores de pH, y conductividad eléctrica (CE, dS/ m) de los sustratos sometidos a degradación y sin mezcla con arena pómez evaluados en el ensayo de <i>Typha domingensis</i> Pearson.	57
Cuadro 14. Concentración de nutrientes mayores disponibles expresada en ppm de los sustratos a base de residuos de <i>Typha domingensis</i> Pearson.	57
Cuadro 15. Concentración de nutrientes mayores disponibles expresada en ppm de los sustratos a base de residuos de <i>Typha domingensis</i> Pearson.	58
Cuadro 16. Porcentaje de materia orgánica (MO, %), nitrógeno total (N, %) y relación C/N de los sustratos a base de residuos de <i>Typha domingensis</i> Pearson.	58

Cuadro 17. Efecto de los sustratos utilizados en la producción de especies forestales sobre el porcentaje de germinación acumulada durante los 24 dds (días después de siembra) en Pino (P), Eucalipto (E) y Aripín (A).....	60
Cuadro 18. Efecto del sustrato sobre el peso fresco de la parte aérea y radicular (g) en plántulas de Pino, Eucalipto y Aripín a los 60 DDS (trasplante). Efecto entre todos los sustratos incluyendo la turba de <i>Sphagnum</i> (peat moss).....	66
Cuadro 19. Efecto de los sustratos sobre el contenido de materia seca de la parte aérea completa (%) y raíz (%) a los 60 DDS (trasplante).....	67
Cuadro 20. Efecto de los sustratos sobre la relación tallo/raíz 60 DDS (trasplante).	68
Cuadro 21. Costo de producción en quetzales (Q.) estimado para la elaboración de los sustratos.	70
Cuadro 22. Costo en quetzales estimado por L de sustrato.....	70
Cuadro 23. Cantidad en litros de sustrato elaborado para los distintos tratamientos evaluados.	71
Cuadro 24. Ingresos brutos estimados por la venta de los sustratos elaborados a base de residuos de <i>Typha domingensis</i> Person.....	71
Cuadro 25. Estimación de los indicadores de rentabilidad y relación beneficio costo para los sustratos elaborados a base de <i>Typha domingensis</i> Person.....	72
Cuadro 26. Análisis sobre la relación C/N de la planta de tule.	91
Cuadro 27. Toma de temperatura y humedad del material	95
Cuadro 28. Valores de M.O, porcentaje de nitrógeno total y relación C/N de los sustratos sometidos a degradación.....	96
Cuadro 29. Valores de pH y conductividad eléctrica (CE,dS/m) de los sustratos sometidos a degradación y sin mezcla con arena pómez.....	97
Cuadro 30. Concentración de nutrientes disponibles expresada en ppm.....	98
Cuadro 31. Concentraciones de nutrientes menores disponibles expresada en ppm.....	98
Cuadro 32. Efecto de los sustratos de producción sobre el porcentaje de germinación acumulada en plántulas en pilón de (<i>P. oocarpa</i>)	99
Cuadro 33. Vegetación presente en la unidad de muestreo "El Tablón.	105
Cuadro 34. Vegetación presente en la unidad de muestreo "El Tablón".	106
Cuadro 35. Vegetación presente en la unidad de muestreo "Adyacente a Cantera".....	107

PÁGINA

Cuadro 36. Vegetación presente en el área de muestreo "Zona de Galería".....	109
Cuadro 37. Vegetación presente en el área de muestreo "El Pozo".	110
Cuadro 38. Vegetación presente en el área de muestreo "Camino Largo".....	111
Cuadro 39. Vegetación presente en el área de muestreo " Turno IV".	112
Cuadro 40. Vegetación presente en el área de "La Trituradora-Finca Sagui".....	112

RESUMEN

El presente documento es parte de las actividades del Programa del Ejercicio Profesional Supervisado, de la Facultad de Agronomía (FAUSAC) realizándose durante el período de febrero de 2,016 a abril de 2,017, agrupándose en tres capítulos, los cuales son: Diagnóstico, Investigación y Servicios.

El diagnóstico realizado en el vivero de Agrobosques, perteneciente a la Finca San Miguel de Cementos Progreso S.A., fue enfocado en la producción de pilones forestales y en las aboneras para creación de compostaje, mediante la búsqueda de información y reconocimiento de campo, logrando un marco de referencia sobre el estado actual de las actividades que se llevan a cabo dentro del vivero.

Dicho diagnóstico se basó principalmente en la identificación de deficiencias y la priorización de estos, con el fin de encontrar posibles soluciones por medio de la elaboración de un plan de servicios y una investigación.

La investigación llevada a cabo en el vivero de Agrobosques, fue enfocada a la evaluación de un sustrato a base de residuos de Tule (*Typha domingensis* Person) para la producción de plántulas de especies forestales.

El objetivo principal de la investigación fue encontrar un sustrato que lograra sustituir al utilizado en el vivero, en este caso el PEAT MOSS, este es uno de los más ampliamente utilizados para la producción de plántulas en el ámbito mundial, debido a que sus propiedades físicas y químicas permiten una adecuada germinación y crecimiento, pero debido a su elevado costo y explotación no sostenible, su uso a comenzado a ser restringido.

Al contar con residuos mensuales de Tule se consideró que eran un recurso que podía utilizarse como sustrato, siendo una alternativa técnica y económica, no solo para la empresa, sino que también para muchas regiones ya que con ello producirían su propio material ahorrando costos y produciendo plantas de buena calidad.

Posteriormente, se evaluó la respuesta agronómica en tres especies distintas, estas fueron una conífera *Pinus oocarpa*, una latifoliada exótica *Eucalyptus citriodora* y una latifoliada nativa *Caesalpinia velutina* finalizando con un análisis económico de los tratamientos propuestos.

Esta investigación buscó generar información nueva y propia sobre la especie *Typha domingensis* así como también poner a disposición una metodología que sirva de herramienta para la elaboración de un sustrato de origen nacional con características aceptables de bajo costo y accesibles a cualquier persona.

Por último, los servicios realizados en campo fueron orientados de acuerdo a las deficiencias encontradas en el vivero de Agrobosques donde el primer servicio consistió en la degradación de residuos de Tule (*Typha domingensis*) para la elaboración de un sustrato alternativo a la turba de *Sphagnum* (PEAT MOSS) para la producción de especies forestales.

El segundo servicio consistió en el manejo de las colecciones de herbario sobre los estudios florísticos de las fincas La Pedrera y San Gabriel. Esto se hizo con el fin de documentar la diversidad florística de las fincas.

Como resultado del estudio para la finca La Pedrera, se trabajaron con alrededor de 162 especies de las cuales 32 árboles, 53 arbustos, 53 hierbas, 14 lianas y 10 epífitas. En total fueron 64 familias y 119 géneros.

Para la realización de este servicio se contó con el apoyo del Herbario BIGU de la Escuela de Biología y con la ayuda del Ingeniero Agrónomo Mario Esteban Véliz Pérez.



DESCRIPCIÓN DE LAS ACTIVIDADES REALIZADAS EN EL ÁREA DE AGROBOSQUES, DENTRO DE LA FINCA SAN MIGUEL, UBICADA EN EL MUNICIPIO DE SANARATE, DEPARTAMENTO DEL PROGRESO, GUATEMALA.

1.1. PRESENTACIÓN

La Finca San Miguel se encuentra ubicada en el municipio de Sanarate, departamento El Progreso, a 45 km de la Ciudad de Guatemala sobre la ruta CA 9 Norte; dentro de la planta productora de Clinker y cemento San Miguel.

Esta finca se dedica a la producción de árboles forestales ya que cuenta con un vivero con una capacidad de 1.5 millones de árboles al año, plantaciones forestales para la producción de biomasa, las cuales se aprovechan para la transformación en chips de madera o astilla como sustituto de combustibles fósiles derivados del petróleo con el propósito de reducir costos y emisiones, un sistema de tratamiento de aguas residuales, wetland, con el cual se reúsa el agua dentro de la finca.

Además, cuenta con un sistema de aboneras para crear compostaje a base de residuos alimenticios, hojarasca procesados por las lombrices coqueta roja (*Eisenia foetida* Savigny) y la biomasa generada por la planta de tratamiento de aguas residuales (*Typha domingensis* Person y *Eichhornia crassipes* (MART.) SOLMS.)

El presente trabajo se realizó con el fin de diagnosticar la situación actual de la finca San Miguel, en el cual se pudo detectar una serie de problemas que dan un panorama actual de las actividades agrícolas que se llevan a cabo en la finca.

Dicho diagnóstico se basó principalmente en la identificación de problemas y la priorización de estos, con el fin de encontrar posibles soluciones a los problemas por medio de la elaboración de un plan de servicios y una investigación.

1.2. MARCO REFERENCIAL

1.2.1. Ubicación político-administrativa de Sanarate

Municipio de Sanarate, departamento de El Progreso, Guatemala

1.2.2. Localización geográfica

Latitud. 14°48'0" N a 14°52'0" N - Longitud. 90°20'0" O a 90°15'0" O

1.2.3. Área de estudio

El área de estudio lo conforman dos estratos ubicados dentro de la empresa, los dos estratos se denominan Agrobosques y la Finca San Miguel.

1.2.4. Precipitación

Esta oscila entre 600 a 650 mm/anuales.

1.2.5. Temperatura

Máxima. 28 C° a 30 C° - Mínima. 17 C° a 20 C°

1.2.6. Clima

El clima según el método de Thorntwhite es semiseco, semicálido (CB')

1.2.7. Zona de vida

Según De la Cruz, basado en el método de Holdridge, la zona de vida es bosque seco subtropical – BsS.

1.2.8. Hidrología y cuencas

El área de estudio se encuentra en la vertiente del Caribe, cuenca Motagua y subcuenca Los Plátanos.

1.2.9. Topografía

El área presenta una elevación que va de 600 m s.n.m. a 1100 m s.n.m. con una pendiente que oscila de 0 % a 55 %.

1.3. OBJETIVOS

1.3.1. Objetivo general

Conocer la problemática del vivero forestal y el área de compostaje, en la finca San Miguel, Agrobosques de Cementos Progreso, El Progreso, Guatemala.

1.3.2. Objetivos específicos

1. Identificar los principales problemas que afectan las áreas de Agrobosques.
2. Analizar la problemática encontrada en la finca San Miguel para la elaboración de un plan de servicios y un proyecto de investigación.

1.4. METODOLOGÍA Y RECURSOS

Para la realización del diagnóstico se trabajó únicamente en las áreas de viveros y compostaje, siendo estas áreas las asignadas por la administración de la finca. El diagnóstico realizado en la finca San Miguel se elaboró de la siguiente manera:

1.4.1. Fase de campo

- Observación

Esta técnica se llevó a cabo en las áreas de trabajo mencionadas anteriormente por medio de un reconocimiento de la finca, donde se pudo conocer una serie de aspectos que determinaron la problemática.

- Entrevistas Personales

Esta técnica fue aplicada con algunos miembros del personal de cada una de las áreas de trabajo, con el fin de obtener la opinión de los trabajadores sobre la situación en la que para ellos se encontraba la finca.

- Análisis de la información

En esta fase se llevó a cabo la descripción y priorización de los problemas encontrados en la finca, con la ayuda de la técnica “matriz de priorización”, para posteriormente plantear una solución en un plan de servicios o un proyecto de investigación.

1.4.2. Fase de gabinete

En esta fase, se recolectó la información básica de la finca, tal como el clima, suelos, vegetación, zona de vida, etc., al mismo tiempo, se procedió a la recolección de información sobre las áreas de trabajo asignadas, recopilando datos sobre manejo que se le daba, fecha de siembra, especies y variedades trabajadas. En el área de compostaje, se recolectó información sobre la especie de lombriz utilizada, manejo de las aboneras, cosecha de humus, aireación de aboneras.

1.5. ORGANIGRAMA INSTITUCIONAL “FINCA SAN MIGUEL”

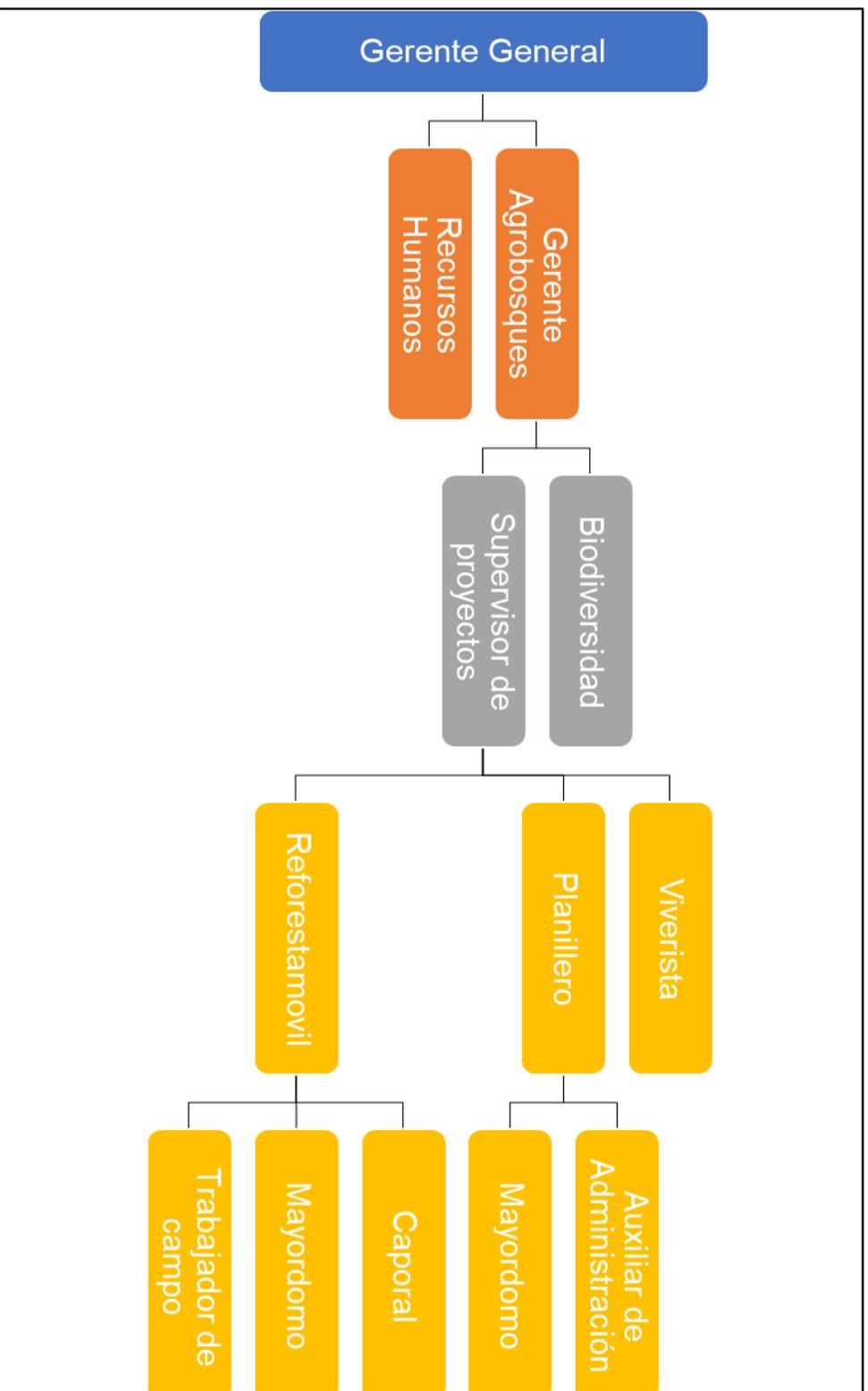


Figura 1. Organigrama Institucional Finca San Miguel, Cementos Progreso S.A.

1.6. DESCRIPCIÓN DE ACTIVIDADES

1.6.1. Producción de árboles forestales

De acuerdo con la recopilación de información realizada, en el área de Agrobosques, se describieron las actividades siguientes:

1.6.1.1. Proceso de producción

1.6.1.1.1. Elaboración de sustrato

Este proceso consistía en que la turba (Peat Moss) que se utiliza como sustrato, fue introducida a una máquina donde se mezcló con un poco de agua y arena pómez, para luego ser arrojada por una rampa, posteriormente se recogía por los trabajadores para llenar las bandejas.

- Siembra de semilla

En esta etapa, los trabajadores colocaban de 1 a 3 semillas por cavidad con la finalidad de que al menos una germine, dependiendo de la especie a trabajar, las cuales eran, *Pinus oocarpa*, *Pinus maximinoi* y *Pinus pseudostrobus*, *Neocupressus lusitanica* y *Alnus glutinosa*. Las semillas fueron mezcladas en un enraizador, para que la semilla tuviera buen desarrollo y también protección contra enfermedades.

- Tapado de la semilla

Éste fue el final del proceso básico que se le dió a la semilla, aquí se le colocó arena para cubrir cada cavidad, además ésta le sirvió también para retener humedad, ya que la protegía de los rayos directos del sol y de las aves.

- Transporte de bandejas

Las bandejas fueron colocadas en marcos de metal para ser trasladadas a las mesas de crecimiento del vivero. Cada marco tenía capacidad de transportar 10 bandejas.

1.6.1.2. Prácticas culturales

- Riego

Los pilones eran regados por un sistema de aspersión aéreo, el cual se aplicaba dependiendo de la demanda de los pilones por la mañana y por la tarde. El sistema de riego contiene 26 boquillas de 0.8 gpm. Debido a que el agua en ciertas ocasiones se encontraba con el pH alto, era necesario aplicar ácido fosfórico para reducirlo.

- Pesaje de bandejas

Las bandejas eran pesadas dos veces al día, antes y después de haber sido regadas, esto se realizaba para obtener el porcentaje de humedad y determinar cuánta agua perdía cada pilón diariamente.

- Repique

También conocido como trasplante, consistía en revisar cada cavidad de las bandejas en busca de semillas no germinadas, en caso de ser detectada una cavidad carente de plántula, se trasplantaba de otra cavidad una germinada, esto con el fin de que la bandeja estuviera completa.

- Fertilización

Se realizaba por medio de un móvil de 2 aguilonos que aplicaba fertilizante soluble. La fertilización dependía de la etapa de crecimiento de los pilones y la necesidad nutricional de los mismos.

- Control de Insectos

En Agrobosques se utilizaba un producto a base de grasa vegetal conocido como “pega patas”, el mismo era aplicado en cada lado de la cama de germinación, untando el producto alrededor de cada pata, en el cual los insectos quedaban atrapados.

1.6.2. Producción de compostaje

De acuerdo con la recopilación de información realizada en el área de compostaje de la finca San Miguel, se describen las actividades siguientes:

1.6.2.1. Proceso de producción

- Preparación de lombricompost

La preparación se llevaba a cabo colocando hojas verdes al fondo de la cama, luego se le colocaba desperdicio de comida, posteriormente, se agregaba hojas secas y por último, se agregaba un producto el cual le proveía microorganismos que aceleraban la descomposición del material.

- Control diario

Este control se realizaba cada mañana, donde se examinaba la temperatura, humedad, las lombrices para que el material tuviera las condiciones adecuadas para continuar el proceso de descomposición de una manera adecuada.

1.6.2.2. Prácticas culturales

- Riego

El área de compostaje era regada cada vez que se realizaban los volteos. Se aplicaba agua en forma de aspersion, tratando de lograr aproximadamente un 65 % de humedad en el material, para lo cual se realizaba la prueba del puño.

- Prueba del puño

Dicha prueba consiste en introducir la mano en el material para sustraer una pequeña cantidad de este y apretarla con la finalidad de verificar la humedad. El material debía quedar apelmazado, sin escurrir agua; si contenía mucha agua, se debía voltear y/o añadir material secante como aserrín o paja para reducir la humedad. Si el material quedaba suelto en la mano, entonces se debía añadir agua y/o material fresco como restos de hortalizas o grama.

- Volteo del compostaje

Esta actividad se realizaba cada 15 días para favorecer las condiciones aerobias del sustrato, además favorecía la homogenización de la mezcla logrando que el proceso se estabilizara. Esto se realizaba de manera manual utilizando palas para acelerar el proceso.

- Control de Insectos

Las aboneras eran atacadas por hormigas, por lo que se realizaba un control diariamente para evitar que estas lastimaran y acabaran con las lombrices, por dicha razón se aplicaba insecticida en polvo, cabe mencionar que antes de aplicarlo se aislaban las lombrices.

- Cernido o Tamizado

Al comprobar que el compostaje estaba listo, se realizaba un tamizado al material con el fin de eliminar los elementos gruesos y otros contaminantes como vidrios, metales, cerámicas y piedras. El tamiz utilizado fue de 0.8 cm.

1.6.3. Mantenimiento de la planta de reciclaje de agua “wetland”

De acuerdo con la recopilación de información realizada, en el área de se describen las actividades siguientes:

1.6.3.1. Proceso de limpieza

- Corte de biomasa de tule (*Typha domingensis* Person)

Debido a que la planta era de crecimiento muy rápido, el corte se realizaba cada mes, cortándola a una distancia más o menos a la rodilla de quien lo corta, esto se hacía para que la planta volviera a crecer de una manera rápida y segura.

- Transporte de biomasa de tule

La biomasa cortada era transportada al área de compostaje de Agrobosques por medio de un camión, donde fue colocada para degradarse al menos 3 meses.

- Recolección de ninfa (*Eichhornia crassipes* Kunth)

La recolección se realizaba por medio de unas redes las cuales eran sumergidas en el agua para coleccionar la mayor cantidad de la planta que fuera posible, luego eran colocadas en recipientes, trasladándolos al área de compostaje.

1.6.4. Estudio florístico de las fincas “La Pedrera” y “San Gabriel”.

De acuerdo con la recopilación de información realizada, a continuación, se describen las actividades siguientes:

- Colecta de especies

Esta es la etapa de campo donde se seleccionaba uno o varios lugares específicos para realizar la recolección de material vegetal en floración. Debía tenerse en cuenta el equipo con el que se trabajaba, siendo este: prensa, secador, cartones corrugados, periódico, tijeras de podar, libreta de notas de bolsillo, lapicero o lápiz, cuerda, altímetro, GPS y vehículo, ya que se debía estar preparado ante cualquier situación que se suscite.

Se colectaban por lo menos 3 muestras de cada planta, identificándola en la libreta de campo con un número de colecta (el mismo para ambos especímenes), además se debía tomar las coordenadas del lugar y la descripción del hábitat para no olvidar detalle alguno.

Por último, las plantas eran trasladadas a un herbario para su respectivo manejo y determinadas para completar el estudio florístico.

1.7. RESULTADOS

Para el análisis de la problemática se utilizó la técnica matriz de priorización, la cual ayudó a definir el orden de importancia de los problemas encontrados, estos se exponen a continuación:

Cuadro 1. Problemática identificada en la finca San Miguel.

No.	Problemas identificados
1	No existe manejo de colecciones florísticas de las fincas La Pedrera y San Gabriel
2	Poca utilización de a biomasa de tule generada por la planta de tratamiento de aguas residuales "wetland"

1.7.1. Matriz de priorización de problemas

En la primera columna se incluyen los problemas identificados, en las columnas adyacentes se colocan algunas categorías para calificar la importancia del problema, para lo cual se asigna un valor numérico (de 1-10), posteriormente para determinar la prioridad de los problemas se realiza una sumatoria de los puntos asignados a cada problema y luego se coloca una letra mayúscula (de "A" a la "B") para saber el orden de priorización.

Cuadro 2. Matriz de priorización de problemas en la Finca San Miguel

Problema	Pérdida económica (1-10)	Daños al ambiente (1-10)	Personas afectadas por el problema (1-10)	Prioridad (Sumatoria)
No existe manejo de colecciones florísticas de las fincas La Pedrera y San Gabriel.	3	1	1	5B
Poca utilización de la biomasa de tule generada por la planta de tratamiento de aguas residuales "wetland"	8	1	5	14A

Problemas priorizados de acuerdo con el análisis anterior:

- A. Poca utilización de la gran cantidad de biomasa de Tule (*Typha domingensis* Person), generada por el wetland.
- B. No existe manejo de las colecciones florísticas de las fincas "La Pedrera" y "San Gabriel".

1.7.2. Descripción de los principales problemas

- **Poca utilización de la gran cantidad de biomasa de *Typha domingensis* Person, generada por la planta de tratamiento de aguas residuales "wetland".**

La finca San Miguel cuenta con una planta de tratamiento de aguas residuales, en donde crece la especie *Typha domingensis*, esta fue introducida en la planta con la finalidad de ayudar en el proceso de tratamiento del agua, obteniendo de ella nutrientes y minerales que son esenciales para su desarrollo.

Al tener las condiciones adecuadas estas plantas acuáticas crecen alrededor de 2.5 m y 3 m causando un problema, este es que al llegar a esta altura las plantas se doblan causando una imagen negativa para la empresa, por lo que son podadas a una altura de 30 cm aproximadamente, el residuo de dichas plantas es transportado por medio de un camión hacia el área de compostaje, aquí se corta de forma manual para acelerar la descomposición de los más de 100 kg obtenidos mensualmente. Aproximadamente tarda en descomponerse de 5 a 8 meses.

Si se le diera un manejo adecuado y controlado, se podría considerar obtener un sustrato alternativo para ser utilizado en la producción de plántulas de especies forestales, lo que generaría un ahorro económico significativo, ya que si funcionara se podría sustituir por la turba (Peat Moss) utilizada actualmente.

Es importante considerar entonces que los residuos de Tule son un recurso que podría utilizarse como sustrato en la industria de producción de semilleros y almácigos de especies forestales y que a su vez sería una alternativa técnica y económica no solo para la empresa, sino que también, para muchas regiones al producir su propio material de siembra ahorrando costos y produciendo plantas de buena calidad.

De esta manera se generó una herramienta para solucionar no solo problemas ambientales, sino que también económicos, ya que utilizando correctamente los residuos de tule (*Typha domingensis* Person), se propicia una industria ecológica y contribuir al desarrollo económico de la región a través de la generación de fuentes de trabajo y reducción de costos de producción.

- **No existe un manejo adecuado de las colecciones florísticas de las fincas La Pedrera y San Gabriel.**

Los registros florísticos tales como las floras ilustradas, herbarios, listados, guías, monografías, entre otros, tanto a nivel nacional, regional, estatal, municipal, etc., son de mucha importancia para el incremento y difusión del conocimiento botánico, el cual es sumamente relevante en otros campos como la ecología, conservación, genética, etc.

Las colectas de plantas respaldan la distribución y sirven como evidencia de que las especies están o estuvieron en dichas regiones, lo cual da oportunidad para la generación de otros temas de estudio.

Es por ello, que estas colecciones debían tener un manejo especial para una adecuada selección y preservación del material colectado.

Debido a que Agrobosques no contaba con un herbario propio, los especímenes colectados en los estudios florísticos no tenían el manejo adecuado para su preservación, por lo que fueron trasladados al herbario BIGU, perteneciente a la Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia, por último, estas fueron determinadas y registradas en la base de datos de este.

1.8. CONCLUSIONES

1. Durante los meses de febrero y marzo se realizó un diagnóstico a la Finca San Miguel donde se pudieron detectar algunos problemas los cuales afectan a la misma. Estos fueron detectados con la ayuda de técnicas como encuestas, entrevistas personales, revisión de antecedentes, entre otros.
2. En el área de vivero forestal se pudieron detectar los siguientes problemas: Alto costo en la producción de plántulas de especies forestales debido al precio elevado de la turba (Peat Moss).
3. En el área de compostaje se detectó el siguiente problema: Poca utilización de la gran cantidad de biomasa de Tule (*Typha domingensis* Person), generada por la planta de tratamiento de aguas residuales “wetland”.
4. Agrobosques al no contar un herbario propio ni con un botánico especialista, los especímenes colectados en los estudios florísticos no tenían el manejo ni la identificación adecuada, por lo que fueron trasladados al herbario BIGU, perteneciente a la Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia.
5. Al analizar la problemática encontrada en la Finca San Miguel se determinaron los siguientes servicios: Elaboración de un sustrato alternativo a base de *Typha domingensis* Person, para la producción de plántulas de especies forestales y Manejo de las colecciones de herbario sobre los estudios florísticos de las fincas La Pedrera, San Gabriel.
6. El proyecto de investigación identificado fue “*Evaluación del sustrato a base de residuos de Tule (Typha domingensis Person) para la producción de plántulas de especies forestales*”.

1.9. BIBLIOGRAFÍA

1. De la Cruz, J. R. (1982). *Clasificación de zonas de vida de Guatemala; según el sistema Holdridge*. Guatemala: Instituto Nacional Forestal. 42 p.
2. Instituto Geográfico Nacional, Guatemala (IGN). (1979). *Atlas nacional de Guatemala*. Guatemala.
3. Simmons, C., Tárano, J. M., & Pinto, J. H. (1959). *Clasificación a nivel de reconocimiento de los suelos de la república de Guatemala*. Guatemala: Instituto Agropecuario Nacional. 1,000 p.

CAPÍTULO II: INVESTIGACIÓN

Evaluación del sustrato a base de residuos de Tule (*Typha domingensis* Person) para la producción de plántulas de especies forestales, en el vivero forestal de Agrobosques, finca San Miguel, Sanarate, El Progreso, Guatemala, C.A.

Substrate evaluation of tule's wastes (*Typha domingensis* Person) for the production of seedling forest species in the forest nursery of Agrobosques, finca San Miguel, Sanarate, El Progreso, Guatemala, C.A.

2.1. INTRODUCCIÓN

Históricamente, en casi todo el mundo, la regeneración de los bosques no era un tema de importancia mientras la madera constituía un bien abundante, ahora a medida que el tiempo avanza, se ha creado la urgente necesidad de la reforestación. En Guatemala, la producción de plantas forestales en vivero ha venido incrementando debido a la repoblación de bosques naturales afectados por incendios forestales, degradados por el pastoreo indiscriminado, perturbados por la extracción excesiva de madera y leña, etc.

A esto se le suman otros problemas de menor envergadura, pero con un gran potencial, tales como planes de control de erosión hídrica y eólica, la agroforestería, el arbolado urbano y la creación de parques periurbanos.

Esta actividad de producción de especies forestales se ha llevado a cabo en semilleros o almácigos utilizando sustratos alternativos como la turba de *Sphagnum* (Peat Moss) lo cual ha incrementado la importación de estos.

La turba es uno de los sustratos más ampliamente utilizados para la producción de plántulas en el ámbito mundial, sus propiedades físicas, químicas y biológicas permiten una adecuada germinación y crecimiento, pero debido a su elevado costo y explotación no sostenible, se ha comenzado a restringir su uso. (Santos, 2,002).

Debido a lo anterior, se ha motivado la búsqueda de otros materiales locales tanto orgánicos como inorgánicos o la mezcla de ellos como alternativa para la sustitución de la turba y con ello reducir costos de producción. Dentro de estos materiales, se encuentra la especie *Typha domingensis* Person (TYPHACEAE) conocida como Tule, es una planta semiacuática sumergida con gran adaptabilidad y crecimiento agresivo. En la actualidad, esta planta se encuentra a orillas de humedales, ríos, lagunas y pantanos de Guatemala.

En la producción de especies forestales es estratégica la etapa de crecimiento inicial de la o las plántulas, teniendo ciertos requerimientos funcionales que pueden ser provistos por el medio al que estén sometidas (Mastalerz, 1,997).

El medio donde están sometidas se denomina medio de crecimiento o sustrato artificial ya que es una mezcla de diversos materiales, aunque algunos viveros forestales utilicen solamente un material (por ejemplo, turba de musgo *Sphagnum*) como sustrato.

A pesar de los evidentes avances en el conocimiento de los sustratos alternativos para plantas, en nuestro país aún aparecen como un "enigma", por eso resulta necesario que los productores, empresas proveedoras de insumos, profesionales de la agronomía e investigadores, comencemos a planificar el futuro de los sustratos alternativos en Guatemala.

Es importante considerar que los residuos de Tule son un recurso que podría utilizarse como sustrato en la industria de producción de semilleros o almácigos y que a su vez sería una alternativa técnica y económica, no solo para las empresas, sino que también para muchas regiones al producir su propio material de siembra ahorrando costos y produciendo plantas de buena calidad.

De lo anterior deriva el hecho de que el sustrato producto de Tule, constituya una alternativa potencial para remplazar al actual sustrato más utilizado en la producción de pilones conocido como turba, cuya desventaja radica en su alto costo y principalmente por ser un material importado de países europeos.

Con los objetivos de la presente investigación, se pretendió elaborar un sustrato a base de residuos de Tule alternativo a la turba para la producción de plántulas de especies forestales en semilleros o almácigos; caracterizando las propiedades físicas y químicas durante un proceso de degradación del material que duró 60 días.

Posteriormente se evaluó la respuesta agronómica con el material producido a base de Tule, en plántulas de una conífera (*Pinus oocarpa* Schiede ex Schltdl.), una latifoliada exótica (*Eucalyptus citriodora* Hook.) y una latifoliada nativa (*Caesalpinia velutina* (Britton & Rose) Standl.), finalizando con un análisis económico de los tratamientos propuestos.

Con la información generada, se pretende poner a disposición una metodología que sirva de herramienta para la elaboración de un sustrato de origen nacional a base de Tule, con características aceptables para la producción de plántulas de especies forestales, de bajo costo y accesible a cualquier persona.

El estudio se desarrolló del 01 de febrero del 2,016 al 15 de abril del 2,017. La mayoría de las fases se desarrollaron en el área de Agrobosques, perteneciente a la Planta San Miguel de Cementos Progreso S.A, ubicado en el Departamento del Progreso; la etapa de laboratorio se llevó a cabo en el Centro Experimental Docente de la Facultad de Agronomía de la Universidad de San Carlos de Guatemala.

Finalmente, esta investigación buscó generar información nueva y propia sobre *Typha domingensis* Person, la cual podrá aplicarse a la realidad nacional.

2.2. MARCO TEÓRICO

2.2.1. Marco conceptual

2.2.1.1. Los sustratos alternativos

La necesidad de cultivar las plantas fuera de su medio natural crea la obligación de utilizar contenedores y por lo tanto sustratos. Esto ha provocado que haya una gran demanda de nuevos medios de cultivo, pues la mayor parte de la producción de plantas hortícolas y forestales tiene lugar en contenedores y bajo invernadero (Santos & Camejo, 2,010).

2.2.1.2. Definición de sustrato alternativo

Se define al sustrato alternativo como “todo material sólido distinto del suelo *in situ*, natural, de síntesis o residual, mineral u orgánico, que, colocado en un contenedor, en forma pura o en mezcla, permite el anclaje del sistema radicular, desempeñando, por tanto, un papel de soporte a la planta” (Abad et al, 1,996).

2.2.1.3. Los sustratos en la producción en vivero

El término “sustrato”, que se aplica en la producción viverística, se refiere a todo material sólido diferente del suelo que puede ser natural o sintético, mineral u orgánico y que colocado en contenedor, de forma pura o mezclado, permite el anclaje de las plantas a través de su sistema radicular; el sustrato puede intervenir o no en el proceso de nutrición de la planta allí ubicada (Pasto, 1,999).

Esto último, según Pastor clasifica a los sustratos en químicamente inertes (perlita, lana de roca, roca volcánica, etc.) y químicamente activos (turba, corteza de pino, etc.). En el caso de los materiales químicamente inertes, éstos actúan únicamente como soporte de la planta, mientras que en los restantes intervienen además en procesos de adsorción y fijación de nutrientes.

Una vez conocidos los principales parámetros que definen un sustrato, probablemente se proceda hacer referencia al “sustrato ideal”. Ante la reiterada pregunta, de si existe un sustrato ideal, la respuesta es “no”; el sustrato adecuado para cada caso concreto dependerá de numerosos factores: tipo de planta que se produce, fase del proceso productivo en el que se interviene (semillado, estaquillado, crecimiento, etc.), condiciones climatológicas, y lo que es fundamental, el manejo de ese sustrato (Pastor, 1,999).

Por lo tanto, la imposibilidad de referenciar un sustrato ideal, pero sí que puede hacerse referencia a los requerimientos que un sustrato debe tener, como son:

- Elevada capacidad de retención de agua fácilmente disponible
- Elevada aireación
- Baja densidad aparente
- Elevada porosidad
- Baja salinidad
- Elevada capacidad tampón
- Baja velocidad de descomposición
- Estabilidad estructural
- Reproductividad y disponibilidad
- Bajo costo
- Fácil manejo (mezclado, desinfección, etc.)

2.2.1.4. Propiedades de los sustratos

A continuación, se mencionan las propiedades para tener en cuenta en los materiales utilizados para fabricar sustratos (García et al, 1,997).

- Granulometría: tamaño medio y distribución del tamaño de partículas. A partículas más grandes, mayor será el contenido de aire y menor el de agua para determinada succión. Relación óptima aire/agua: 3/1.
- Porosidad (mayor a 85 %)
- Capacidad de agua disponible (24 % a 40 %)
- Densidad aparente (menor a 0.4 g/cm³).

- Relación C/N y grado de estabilidad de la materia orgánica.
- Capacidad de intercambio de cationes (CIC): 6-15 meq/100g (24 meq/L a 60 meq/L).
- pH con efecto importante en la disponibilidad de nutrientes.
- Cantidad y disponibilidad de nutrientes.
- Concentración de sales en la solución acuosa. La salinidad dependerá del tipo de sustrato y del agua de riego. A menor volumen del recipiente, más riesgoso es la acumulación de sales a niveles de toxicidad.
- Conductividad eléctrica menor a 0.65 mmhos/cm.
- Libre de enfermedades, plagas y malezas.
- Ser fácilmente disponible.
- Bajo costo.

Para determinado sustrato se comporte de manera adecuada, con propiedades físicas y químicas óptimas, es necesario que tenga un correcto reparto y composición de las fases sólidas, líquida y gaseosa. Es necesario que el sustrato combine propiedades físicas y químicas favorables manteniéndolas inalteradas.

2.2.1.5. Propiedades físicas de los sustratos

Las propiedades físicas de los medios de cultivo son de primerísima importancia. Una vez que el medio esté en el contenedor, y la planta esté creciendo en él, no es posible modificar las características físicas básicas de dicho medio.

Generalmente suele darse más importancia a las propiedades físicas de los sustratos, ya que, una vez seleccionada una mezcla como medio de cultivo, apenas puede modificarse su estructura física, a diferencia de su composición química, que puede ser alterada durante el desarrollo de la planta, mediante el riego y el abonado.

Las propiedades físicas más importantes que permiten evaluar la capacidad de un material como sustrato, o comparar diferentes materiales, son:

- Distribución del tamaño de partículas o granulometría
- Porosidad, y su reparto entre las fases líquida y gaseosa, es decir: capacidad de retención de agua y porosidad de aire.

Las características físicas de un sustrato que, generalmente son consideradas en un análisis de rutina, son densidad aparente, porosidad y curva de retención de agua. Según García, (1,997); sugiere los valores “ideales” para un sustrato (como porcentaje del volumen total): el total de espacio poroso (PT) sería 85 %; porosidad del aire (PAI) 10% a 30 %; agua fácilmente disponible (AFD) 20 % a 30 %; y capacidad buffer del agua (agua de reserva) (AR) 4 % a 10 %.

a. Granulometría

El tamaño de los gránulos o fibras condiciona el comportamiento del sustrato, ya que además de su densidad aparente varía su comportamiento hídrico a causa de su porosidad externa, que aumenta de tamaño de poros conforme sea mayor la granulometría.

De la naturaleza y del tamaño de partículas del sustrato dependerán principalmente sus propiedades físicas, como el reparto de aire y agua y la disponibilidad para las raíces.

- Influencia de la granulometría en las propiedades del sustrato

En sustratos que presentan amplia distribución de tamaños de partículas, las partículas pequeñas se alojan en los huecos entre las partículas grandes, reduciendo su tamaño y, por tanto, la porosidad total y la ocupada por aire. Al mismo tiempo, aumentará la cantidad de agua retenida, al ser mayor el número de microporos.

En consecuencia, las propiedades físicas de los sustratos dependen en gran medida de la distribución de los tamaños de partícula, por lo que modificando o seleccionando adecuadamente el tamaño de partícula, se pueden alcanzar propiedades físicas óptimas.

b. Porosidad

Es el volumen total del medio no ocupado por las partículas sólidas, y, por tanto, lo estará por aire o agua en una cierta proporción. Su valor óptimo no debería ser inferior al 80 % a 85 %, aunque sustratos de menor porosidad pueden ser usados ventajosamente en determinadas condiciones.

El grosor de los poros condiciona la aireación y retención de agua del sustrato. Poros gruesos suponen una menor relación superficie/volumen, por lo que el equilibrio tensión superficial/fuerzas gravitacionales se restablece cuando el poro queda solo parcialmente lleno de agua, formando una película de espesor determinado.

El total de poros existentes en un sustrato se divide entre: 1) Poros capilares de pequeño tamaño (< 30 μm), que son los que retienen el agua y 2) Poros no capilares o macroporos, de mayor tamaño (>30 μm), que son los que se vacían después que el sustrato ha drenado. Sin embargo, los poros no drenan completamente y una fina película de agua es retenida alrededor de las partículas del sustrato.

c. Porosidad del aire

La porosidad de aire (P_a) es la propiedad física más importante de los sustratos. Los valores de P_a necesarios dependen mucho de la especie cultivada, ya que la sensibilidad de las plantas a la aireación es muy variable. Además, dependen del método de medida utilizado y de las condiciones ambientales y de manejo.

El contenido de aire de un sustrato es definido como la proporción del volumen que contiene aire después de que ha sido saturado con agua y dejado drenar. La porosidad de aire consiste en el porcentaje de volumen de sustrato que contiene aire. El valor que se aconseja como óptimo oscila entre el 10 % y el 30 %.

d. Agua fácilmente disponible

Es la diferencia entre el volumen de agua retenido por el sustrato, después de haber sido saturado con agua y dejado drenar a 10 cm de tensión matricial y el volumen de agua presente en dicho sustrato a una succión de 50 cm de capacidad de absorción. El valor óptimo para el agua fácilmente disponible oscila entre el 20 % y el 30% del volumen.

e. Densidad

La densidad de un sustrato se puede referir bien a la del material sólido que lo compone y entonces se habla de densidad real, o bien a la densidad calculada considerando el espacio total ocupado por los componentes sólidos más el espacio poroso, y se denomina porosidad aparente.

La densidad aparente indica indirectamente la porosidad del sustrato y su facilidad de transporte y manejo. Los valores de densidad aparente se prefieren bajos (0,7 a 0.1) y que garanticen una cierta consistencia de la estructura.

f. Estructura

Puede ser granular como la de la mayoría de los sustratos minerales o bien fibrilares. La primera no tiene forma estable, acoplándose fácilmente a la forma del contenedor, mientras que la segunda dependerá de las características de las fibras.

Si son fijadas por algún tipo de material de cementación, conservan formas rígidas y no se adaptan al recipiente, pero tienen cierta facilidad de cambio de volumen y consistencia cuando pasan de secas a mojadas.

2.2.1.6. Propiedades químicas del sustrato

La reactividad química de un sustrato se define como la transferencia de materia entre el sustrato y la solución nutritiva que alimenta las plantas a través de las raíces. Esta transferencia es recíproca entre sustrato y solución de nutrientes y puede ser debida a reacciones de distinta naturaleza.

Según Gallo y Viana, (2,005); mencionan que las propiedades químicas más importantes de los materiales que componen un medio de crecimiento son:

a. Capacidad de intercambio catiónico

Según Nuez, (2,001); se define como la suma de los cationes cambiables que pueden ser adsorbidos por unidad de peso (o de volumen) del sustrato. Dichos cationes quedan así retenidos frente al efecto lixivante del agua y están usualmente disponibles para la planta. La capacidad de los sustratos orgánicos para adsorber cationes metálicos depende del pH: Cuando más alto es el pH, más elevada es la capacidad de intercambio catiónico. Para una turba rubia, la capacidad de intercambio catiónico se incrementa desde 50 meq/100 g hasta 100 meq/100 g cuando el pH aumenta desde 3.5 hasta 5.5.

b. Salinidad

La salinidad de una solución acuosa se mide por su contenido en sales disueltas (mg/l o ppm) o, más comúnmente, por su capacidad para conducir la corriente eléctrica o conductividad (en miliSiemens por cm, mS/cm, o microSiemens por cm, μ S/cm) (Gallo y Viana 2,005). El efecto más común de la salinidad es un retraso general en el crecimiento de la planta, aunque no todas las partes de la planta son afectadas igualmente, el crecimiento aéreo muy a menudo se suspende más que el crecimiento de la raíz.

c. pH

Según Nuez, (2,001); la planta del tomate puede sobrevivir en un amplio intervalo de pH del sustrato sin sufrir desórdenes fisiológicos aparentes, siempre y cuando todos los nutrientes se suministren en forma asimilable. No obstante, el crecimiento y el desarrollo de las plantas se ven reducidos de modo marcado en condiciones de acidez o alcalinidad extremas. Según Gallo y Viana, (2,005); en sustratos orgánicos, el rango óptimo de pH para el crecimiento de plantas está entre 5,0 y 6,5, lo que no excluye que no puedan crecer satisfactoriamente fuera de ese intervalo.

d. Relación Carbono/Nitrógeno

Se usa tradicionalmente como un índice del origen de la materia orgánica, de su madurez y de su estabilidad. Los daños que aparecen sobre las plantas cultivadas en materiales orgánicos inmaduros son, en parte por una inmovilización del nitrógeno como a una baja disponibilidad de oxígeno en la rizosfera.

Esta situación está provocada por la actividad de los microorganismos, que descomponen los materiales orgánicos crudos y utilizan el N para la síntesis de sus proteínas celulares.

2.2.1.7. Propiedades óptimas de los sustratos

Para obtener buenos resultados durante la germinación como el enraizamiento y el crecimiento de las plantas, se requieren las siguientes propiedades (Raviv, 1,986; Abad, 1,995).

- Propiedades físicas. (Cuadro 1)
 - a. Elevada capacidad de retención de agua fácilmente disponible.
 - b. Suficiente suministro de aire.
 - c. Distribución del tamaño de las partículas que mantenga las condiciones antes mencionadas.
 - d. Baja densidad aparente.
 - e. Elevada porosidad total.
 - f. Estructura estable que impida la contracción del sustrato (Cadahia, 2,000).

Cuadro 3. Valores óptimos de las propiedades físicas para los sustratos.

Parámetro	Valores óptimos
Espacio Poroso Total	EPT > 85 % vol.
Agua fácilmente disponible	AFD = 20 % - 30 % vol.
Agua de reserva	AR = 4 % - 10 % vol.
Capacidad de aireación	CA = 10 % - 30 % vol.

- Propiedades químicas. (Cuadro 2)
 - a. Baja capacidad de intercambio catiónico.
 - b. Suficiente nivel de nutrientes asimilables.
 - c. Salinidad reducida.
 - d. pH ligeramente ácido y moderada capacidad tampón.
 - e. Mínima velocidad de descomposición (Cadahia, 2,000).

Cuadro 4. Valores óptimos para las propiedades químicas de los sustratos.

Parámetro	Valores óptimos
N-NO₂	100 ppm – 199 ppm
N-NH₄	0 ppm – 20 ppm
P	6 ppm – 10 ppm
K	150 ppm – 249 ppm
Ca	> 200 ppm
Mg	> 70 ppm
Salinidad (Conductividad eléctrica en dS/m a 25°C)	0.75 dS/m - 3.49 dS/m
Capacidad de intercambio catiónico en meq/100g	> 20 meq/100 g
pH	5.2 - 6.3

2.2.1.8. Inventario de sustratos orgánicos: clasificación y propiedades.

La forma práctica en teoría de clasificar los sustratos debiera considerar los criterios que afectan el tipo de manejo y/o las influencias sobre las condiciones de la especie. Por ello el criterio de si son o no químicamente activos, como arriba se ha indicado parece adecuado para su clasificación. Igualmente, también sería un criterio útil clasificar a los sustratos atendiendo a propiedades físicas relevantes que afectan directamente al crecimiento radical, sin olvidar la variación a lo largo del tiempo de la especie, es decir su capacidad de degradación.

En este último aspecto, por ejemplo, se podrían clasificar a las turbas negras como sustratos que modifican sus propiedades físicas en un corto período de tiempo, mientras que las arenas, o el poliuretano como material orgánico modificarían poco o nada la capacidad de degradación. A continuación, se muestra una clasificación básica siguiendo el criterio de Abad y Noguera y que coincide en lo esencial con otros autores como Burés (Cuadro 3).

Cuadro 5. Clasificación básica según el criterio de Abad y Noguera.

Clasificación	Ejemplos
1. <i>Materiales Inorgánicos (Minerales)</i>	Arenas, lana de roca, perlita, etc.
1.1. <i>De origen natural</i>	Turbas
1.2. <i>De síntesis</i>	Espuma de poliuretano, poliestireno expandido, etc.
2. <i>Materiales Orgánicos</i>	
2.1 <i>Residuos y subproductos de diferentes actividades de producción y consumo</i>	Residuos sólidos urbanos, cascarilla de arroz, fibra de coco, etc.

Aunque no es problema exclusivo de los sustratos orgánicos la homogeneidad de las muestras es otro factor vital en su manejo.

Este es un factor muy importante pues si bien se debe adecuar el manejo a las propiedades y características de cada sustrato para sacarle su máxima rentabilidad, también es verdad que debe primar la homogeneidad de los lotes ya que se puede encontrar en la práctica que cuando se ha llegado a un óptimo de manejo, la variación de un sustrato hace que de nuevo se tenga que cambiar para adecuarlo al óptimo de nuevo y con ello el consiguiente ajuste continuo no deseado por el técnico y productor.

2.2.2. Marco referencial

2.2.2.1. Antecedentes

- **Presencia de *Typha domingensis* Person en Guatemala**

Según Standley y Steyermark la especie de *Typha domingensis* se distribuye en suelos húmedos o inundados, en diques o en bordes de lagos, charcos, suamos, encontrándose entre 0 m s.n.m. a 1,200 m s.n.m. Se reporta en Izabal, Zacapa, Jutiapa, Guatemala, Quiché y largamente distribuida en el mundo.

Los mayas le llamaban en Yucatán “Puh” es confundida usualmente con *Typha angustifolia*, lo esponjoso de sus hojas es útil para fabricar petates y sopladores, es muy abundante en el lago de Amatitlán, dónde es económicamente importante, esta planta se encuentra incluso en bosques en la laguna Ocubilá, cerca de Huehuetenango donde está mezclada con *T. latifolia* (Labastille, 1,974).

- **Descripción de *Typha domingensis* Person**

La planta se caracteriza por ser robusta, de 2 m a 4 m de altura; hojas planas, tallos verdes y coriáceos de 5 cm a 20 cm de ancho, inflorescencias desiguales, eje de la flor estaminada provista de pelos rojizos y de color café, ésta es siempre enramada, dilatada en el ápice con la hoja curva; inflorescencia estaminada, dilatada de 0.7cm a 2 cm de largo.

Pistilos con púa pálida café; de 10 cm a 40 cm de largo de 5 cm a 22 cm de espesor, espesando conforme madura, pedicelo de la flor pistilada arriba de 1 mm de largo, brácteas romboides; obtusas, ovadas o elípticas espatuladas, acerca del largo de los pelos; simples delgados agrandados o espesos, espatulados cafés en el ápice, más cortos que el estigma raquis desnudo, y pistilos cuando están maduros con un pico delgado de 3 mm a 4.5 mm; pétalos espesos cortos y rígidos. (Labastille, 1,974).

- **Los tulares**

Los tulares presentan serios problemas, porque su crecimiento rápido invade las playas, en donde debe ser rigurosamente controlada, en ellas se ha visto invadiendo especialmente el cultivo de arroz, tierras irrigadas, lagos y canales.

Los aztecas las usaban como artesanías extrayéndolas de los lagos y suamos, también eran utilizadas para hacer caminos en los fangos colocándolas en forma apilada. Los tulares absorben nutrientes del agua estancada y además pueden ser una fuente de celulosa para la industria (National Academy of Sciences, 1,976).

- Usos del Tule en Guatemala

En Guatemala, *Typha domingensis* debido a su gran resistencia, es utilizada para la creación artesanal de textiles utilizando sus hojas, además de ser utilizadas para crear artesanías.

A nivel mundial se utiliza para la fabricación de “esteras” de usos múltiples; últimamente la cosecha de esta especie ha aumentado, ya que se han encontrado nuevos usos de estas, como ser de protectores en forma de cortinas, para ventanales o aberturas directas al exterior (Meréles, 2,006).

La misma desarrolla un tallo con abundante aerénquima que actúa como amortiguador, razón por la cual resulta bastante cómodo como esteras para dormir; crece con bastante rapidez. Se cosechan cuando estos tallos aéreos llegan a una altura de al menos 1.50 m o más; el corte se realiza en superficie, dejando el rizoma intacto, el que reinicia el proceso de generación del tallo aéreo.

Los tallos aéreos cosechados se dejan secar, para luego ser manufacturados y posteriormente enviados al mercado. Según el producto obtenido, se ofertan al por mayor o menor; así los “pirí” en forma de esteras se comercializan al menudeo, ya que a menudo son objeto de algunos valores agregados como “vísceras” y otros tipos de elementos de apoyo; para este tipo de manufacturación, los tallos reciben un tratamiento especial con barniz (Meréles, 2,006).

- **Estudios sobre *Typha domingensis* Pearson.**

“Influencia de *Typha domingensis* en la acumulación y distribución de contaminantes (Cr, Ni, Zn y P) en el sedimento de humedales naturales y construidos”

Con el objetivo de evaluar si *Typha domingensis* influye en la acumulación y especiación de Cr, Ni, Zn y P en sedimentos, Di Luca, G. en el 2013 llevó a cabo experiencias en invernadero y a campo, en dos humedales construidos para tratamiento de efluentes de industrias metalúrgicas y dos humedales naturales.

Tanto en las experiencias en invernadero como en los humedales construidos los cuatro contaminantes estudiados fueron eficientemente removidos del agua. Se estudiaron concentraciones de metales y P de 100 mg/L y 500 mg/L. No existieron diferencias significativas entre los porcentajes de remoción de los contaminantes en los tratamientos no vegetados y vegetados con *T. domingensis* en los tratamientos de concentración 100 mg/L de metales agregados en forma individual y combinados.

Sin embargo, en las experiencias con agregado de las dos concentraciones de P y en los tratamientos de mayor concentración de metales (500 mg/L), excepto para el Cr cuando se agregó en forma individual, los porcentajes de remoción fueron significativamente mayores en los tratamientos vegetados respecto de los no vegetados. *T. domingensis* produjo una disminución de pH y un aumento de potencial redox en los sedimentos.

Esta macrófita demostró su alta capacidad de retención de metales, especialmente en sus raíces, lo que demuestra su capacidad de fitoestabilización. Asimismo, demostró excelente respuesta en términos de crecimiento y propagación.

La concentración total de Cr, Ni, Zn y P en sedimento varió con la profundidad, acumulándose fundamentalmente en la capa superficial (0 cm a 3 cm), tanto en sedimento vegetado como no vegetado, de todos los sitios estudiados y en las experiencias, sugiriendo una escasa movilidad de los contaminantes o bien que los sitios de sorción de esta capa no fueron saturados.

La presencia de *T. domingensis* afectó la acumulación de Cr, Ni, Zn y P en los sedimentos.

En las experiencias y en el humedal 1 construido, Di Luca encontró que la concentración de Cr, Ni, Zn y P en los sedimentos no vegetados fue mayor que en los sedimentos vegetados; además, pudo observarse un aumento de la concentración de los contaminantes en profundidades mayores en los sedimentos sin presencia de *T. domingensis*, mostrando que los mismos son incorporados y permanecen retenidos, además, en las macrófitas.

La concentración de los 4 elementos estudiados en el sedimento del humedal natural 1, permite utilizar este humedal como testigo o control. La especiación de los metales y del P en el sedimento no fue afectada ni por la presencia de *T. domingensis* ni por las profundidades estudiadas ni por la forma en la que fueron agregados en las experiencias (en forma individual o combinada). Los cuatro contaminantes estudiados se unieron a fracciones estables del sedimento en todos los estudios.

La fracción intercambiable de los tres metales estudiados, que es la más lábil y fácilmente biodisponible presentó en todos los casos una concentración despreciable frente a las otras.

Si las condiciones de los efluentes se mantienen en los humedales construidos (alto pH, Fe, Ca²⁺ y concentraciones iónicas), se espera que estas fracciones continúen reteniendo y acumulando Cr, Ni, Zn y P y no lo liberen al agua, asegurando su acumulación estable dentro del humedal a lo largo del tiempo. En el humedal natural 2 las condiciones están dadas por la hidrología y geología de la laguna, la cual no cambiará a menos que se produzca una gran perturbación.

Así, los humedales estudiados serían altamente eficientes en cuanto a la retención de los tres metales y del P, ya que se encuentran unidos a fracciones que no los liberarán al agua mientras las condiciones químicas y ambientales del sistema se mantengan.

- **Biología y ecología de las poblaciones de *Typha domingensis* en el embalse San Juan de la Sierra del Rosario, Cuba**

Plasencia, J. en 2,017 determinó la dinámica de los principales parámetros que caracterizan la biología y ecología de la población de *Typha domingensis* en el embalse San Juan, Reserva de la Biosfera “Sierra del Rosario”; cobertura vegetal, estructura vertical y horizontal, competencia con otras especies, biomasa aérea y subterránea, producción primaria neta anual y descomposición de la biomasa. Se analizó, además, el impacto de las poblaciones de *Typha* sobre la ecología del embalse.

La comunidad de *Typha* cubrió la totalidad de las zonas con profundidades menores de 2 m en solo siete años después de construido el embalse, lo cual representó el 25.4 % del área total del embalse. Su persistencia durante el año marcó las principales diferencias en el comportamiento de esta especie creciendo bajo las condiciones climáticas de Cuba en comparación con lo que ocurre en países templados o subtropicales. La biomasa producida durante el año no se descompone totalmente, con la consiguiente acumulación neta de materia orgánica en la comunidad.

Esta acumulación incide negativamente en la densidad de vástagos, lo que influyó en los bajos valores de biomasa y en la aparición de otras especies de plantas dentro de la comunidad. El empleo de cortes sucesivos de los vástagos de *Typha* y el uso del fuego demostraron la posibilidad de utilizar estas técnicas en el manejo de esta especie, fundamentalmente en los cuerpos de agua creados por el hombre dedicados al abasto de la población.

- **Estudios relacionados para la elaboración de un sustrato alternativo.**

“La descontaminación de las aguas del Lago Izabal en Guatemala a través de la extracción de la planta *Hydrilla verticillata* (L.F.) Royle y su uso como sustrato alternativo para la producción de plántulas de chile pimienta en invernadero”.

Santos D. y Camejo L. en 2,010 caracterizaron las principales propiedades físicas, químicas y biológicas de sustratos elaboradas a base de residuos de *Hydrilla verticillata*.

Una planta que se encuentra en el lago de Izabal creando problemas sociales, económicos y ambientales, evaluando el efecto sobre la germinación y desarrollo durante la fase de plántula de semillas de chile pimiento (variedad tropical Irazú mejorado).

Santos D. y Camejo L. obtuvieron datos como agua fácilmente aprovechable, capacidad de aireación, pH, porcentaje de germinación, germinación acumulada (24 días después de la siembra), altura de la planta (cm), diámetro del tallo (cm), peso fresco y materia seca de la parte aérea y sistema radicular (g), todo ello 50 días después de la siembra. Esto fue evaluado mediante 17 tratamientos, con 3 repeticiones, dando un total de 51 unidades experimentales, las cuales fueron tomadas como bandejas de poliestireno de 242 cavidades.

Santos D. y Camejo L. concluyen que el mejor tratamiento bajo las condiciones y metodologías utilizadas como sustrato fue el N.12 (H30-85-15), es decir, 85 % de sustrato de *Hydrilla* con 30 días de degradación + 15 % de perlita.

Este sustrato obtenido es el recomendado como el alternativo para sustituir al comercial (turba de *Sphagnum*) para la producción de plántulas de chile pimiento en pilones y con ello dar uso productivo a esta planta contaminante de los lagos de Guatemala.

“Evaluación de sustratos alternativos para la producción de pilones del cultivo de tomate *Lycopersicon esculentum* Mill., en los municipios de Esquipulas y Chiquimula, departamento de Chiquimula, Guatemala”.

Picón en 2,011, evaluó el efecto de distintos sustratos orgánicos a partir de la mezcla de materiales orgánicos utilizando microbiología para su descomposición y homogenización, en el crecimiento de plántulas de tomate híbrido Silverado bajo condiciones de invernadero.

Picón evaluó 6 sustratos alternativos compuestos por diferentes materiales orgánicos e inorgánicos para determinar el efecto en el desempeño de las plantas de tomate en cuanto al porcentaje de germinación, altura de planta, diámetro del tallo, materia seca de la parte aérea, materia seca de raíces, calidad de adobe, porcentaje de plantas trasplantables y porcentaje de rendimiento de las plantas de tomate.

Picón determinó que el sustrato testigo (T0) compuesto por Peat moss obtuvo el mayor porcentaje de rendimiento (93.88 %), esta variable incluye el número de plantas de calidad producidas por unidad experimental (bandejas de espumaplast de 200 celdas) en la localidad del vivero de la carrera de Agronomía, CUNORI.

En la empresa Pilonos Cristo Negro el grupo de los sustratos conformado por el sustrato testigo T0 y el sustrato T1, compuesto por fibra de coco 40%, cascarilla de arroz 20 %, carbón 15%, bocashi 15 % y semolina 10 %, obtuvieron los mayores valores en la variable porcentaje de rendimiento con (97.88 % y 96.63 %) respectivamente.

2.2.2.2. Ubicación político-administrativa de Sanarate

Municipio de Sanarate, departamento de El Progreso, Guatemala.

2.2.2.3. Localización geográfica

Latitud. 14°48'0" N a 14°52'0" N - Longitud. 90°20'0" O a 90°15'0" O (IGN, 1,966).

2.2.2.4. Área de estudio

El área de estudio lo conforman dos estratos ubicados dentro de la empresa, los dos estratos se denominan Agrobosques y la Finca San Miguel.

2.2.2.5. Precipitación

Esta oscila entre 600 mm/anuales a 650 mm/anuales.

2.2.2.6. Temperatura

Máxima. 28 °C a 41 °C - mínima. 18 °C a 25 °C

2.2.2.7. Clima

El clima según el método de Thorntwhite es semiseco, semicálido (CB)

2.2.2.8. Zona de vida

Según De la Cruz (14), basado en el método de Holdridge, la zona de vida es bosque seco subtropical – BsS.

2.2.2.9. Hidrología y cuencas

El área de estudio se encuentra en la vertiente del Caribe, cuenca Motagua y subcuenca Los Plátanos.

2.3. OBJETIVOS

2.3.1. Objetivo general

Elaborar un sustrato con residuos de Tule (*Typha domingensis* Pearson), alternativo a la turba de *Sphagnum* (Peat moss), para la producción de plántulas de especies forestales.

2.3.2. Objetivos específicos

1. Degradar los residuos de Tule para ser utilizado como un sustrato alternativo en la producción de plántulas de especies forestales.
2. Caracterizar las propiedades fisicoquímicas del sustrato a base de residuos de Tule degradado a los 0 días, 15 días, 30 días, 45 días y 60 días.
3. Evaluar la respuesta agronómica de 3 especies forestales mediante 30 tratamientos a base de residuos de Tule combinados con arena pómez a dos proporciones (100 % de Tule y 85 % de Tule + 15 % de arena) y a diferentes tiempos de degradación (0 días, 15 días, 30 días, 45 días y 60 días).
4. Comparar económicamente el sustrato generado a base de Tule con la turba de *Sphagnum* (Peat moss) utilizada en el vivero forestal de Agrobosques.

2.4. HIPÓTESIS

1. Al menos una proporción elaborada con residuos de Tule sometida a degradación mezclada con arena pómez presentará propiedades físicas y químicas similares a las de la turba.
2. Al menos una proporción elaborada con residuos de Tule sometida a degradación mezclada con arena pómez tendrá una respuesta agronómica similar a la turba en la producción de plántulas forestales.
3. Al menos una proporción elaborada con residuos de Tule mezclada con arena pómez serán de menor costo que la turba para la producción de plántulas forestales.

2.5. METODOLOGÍA

2.5.1. Ubicación geográfica del sitio experimental

La caracterización física, química y biológica del sustrato se desarrolló durante el periodo de agosto a noviembre de 2,016, en las instalaciones del laboratorio de suelos de la Facultad de Agronomía Universidad de San Carlos de Guatemala, geográficamente está ubicada en las coordenadas 14°35'6" Latitud Norte 90°33'9" Longitud Oeste, a una altitud de 1,502 m s.n.m. en la zona de vida Bosque Húmedo Subtropical templado (Bh-st), con una precipitación media anual de 1,216.2 mm., temperatura media de 18.3 °C y humedad relativa del 79 % (MAGA, 2,000).

La degradación del material y la evaluación agronómica se realizó durante el periodo de junio a agosto de 2,016, en el vivero propiedad de Agrobosques dedicada a la producción comercial de pilones de especies forestales. Este se encuentra ubicado dentro de la empresa Cementos Progreso S.A., finca San Miguel en el municipio de Sanarate, del departamento El Progreso. La finca geográficamente está ubicada en las coordenadas: Latitud. 14°48'0" N a 14°52'0" N y Longitud. 90°20'0" O a 90°15'0" O. Se encuentra en el km 45 carretera al Atlántico (MAGA, 2,000).

Se encuentra a una altitud entre los 600 m s.n.m. a 1,100 m s.n.m. El clima en general presenta las siguientes características: es cálido, cálido con estación seca bien definida. La precipitación media anual oscila entre 600 mm/anuales a 650 mm/anuales (MAGA, 2,000).

La temperatura promedio anual es de 32 °C, la temperatura máxima es de 43 °C alcanzándose esta en los meses de marzo y abril y la mínima de 23 °C, alcanzándose esta en los meses de noviembre y diciembre (MAGA, 2,000).

La humedad relativa puede variar entre 35 % en los meses de marzo y abril y 45 % en el mes de septiembre registrándose una humedad media anual de 38 %. Se encuentra en la zona de vida; es bosque seco subtropical – BsS (MAGA, 2,000).

2.5.2. Actividades realizar

La metodología constó de cuatro fases; fase de campo, fase de laboratorio, fase de vivero y fase de gabinete.

La fase de campo a su vez consistió en tres etapas; 1) la colecta y el transporte de la planta; 2) el corte del material y 3) la degradación del material en un total de 60 días. Seguidamente, la fase de laboratorio, la cual consistió en la caracterización de las propiedades físicas y químicas del sustrato, evaluándolas a los 0, 15, 30, 45 y 60 días de degradación del material.

La fase de vivero donde se evaluó la viabilidad del sustrato obtenido, comparando 30 tratamientos a diferentes proporciones de sustrato (100 % y 85 % de tule + 15 % de arena) a diferentes tiempos de degradación (15, 30, 45 y 60 días).

Por último, la fase de análisis económico, donde se comparó los sustratos de *Typha* con la turba de *Sphagnum* (Peat moss) utilizada en el vivero.

2.5.2.1. Fase de campo

ETAPA 1. Colecta y transporte de residuos de *Typha domingensis*.

Se colectaron los residuos de tule dentro de la planta de reciclaje de aguas residuales “Wetland”, la cual se realizó con equipo especializado (trajes) para la remoción de esta planta. La biomasa se transportó en vehículo (camión) desde el “Wetland” hasta el área de compostaje de Agrobosques.

ETAPA 2. Corte del material colectado de *Typha domingensis*.

Consistió en moler, triturar y destrozarse residuos de *Typha* utilizando la parte aérea de la planta, por medio de un molino con una serie de martillos rotativos que impactaron sobre el material vegetal repetidamente, esto se realizó con el fin de obtener un tamaño de partícula adecuado.

a. Molienda del material

Se procedió a la molienda del material vegetal, esto se realizó a través de un molino de martillos para obtener una granulometría con un tamaño comprendido entre 0.2 mm y 7 mm de grosor, lo más fino posible para favorecer la degradación y descomposición de los residuos.

ETAPA 3. Degradación del material de Tule.

Durante esta etapa se alcanzó el primer objetivo específico planteado.

Luego de haber molido el material, se continuó con la etapa de degradación, esto se realizó en un tiempo total de 60 días, evaluando el sustrato a los 15 días, 30 días, 45 días y 60 días, utilizando el método de tratamiento al aire libre en pilas o montones. Se utilizaron 30 cubetas de 20 L de este material debidamente secado, molido y degradado para las diferentes fases de la investigación.

a. Degradación y descomposición de *Typha domingensis*

Para la degradación, los residuos se colocaron sobre un plástico regándose con agua hasta humedecerlo completamente, repitiendo los riegos cada semana y haciendo volteos cada 15 días. Se cubrieron con plástico de polietileno color negro para favorecer el aumento de la temperatura y humedad.

Se estimó la humedad con la prueba del puñado manteniéndola en valores de 50 % al 65 %. La temperatura se estimó con un termómetro de manera que ésta no sobrepase los 65 °C, debido a que por encima de esta temperatura los microorganismos benéficos morirán.

2.5.2.2. Fase de laboratorio

Durante esta fase se alcanzó el segundo objetivo específico planteado:

Esto se llevó a cabo en el laboratorio de Agua, Suelo y Planta perteneciente a UVIGER, perteneciente a la Facultad de Agronomía de la Universidad de San Carlos de Guatemala. En esta etapa se determinaron las propiedades físicas y químicas de la proporción de arena y tula sin degradar y los sometidos a degradación durante los periodos de 15, 30, 45 y 60 días.

a. Propiedades físicas

La caracterización física comprende la distribución volumétrica del material sólido, el agua y el aire, así como su variación en función del potencial matricial.

- Contenido de materia seca (% Ms)

Se registraron los datos de materia fresca (MF), luego de secado el sustrato en horno durante 24 h a 105 °C, permitió calcular la humedad del sustrato. Un sustrato demasiado seco puede ser difícil de rehumedecer, un sustrato demasiado húmedo es más pesado de transportar (Koranski, 2,004).

$$PH = PH - PS / PH * 100 \quad 100 - PH = PS$$

PH= Peso húmedo del sustrato

PS= Peso seco del sustrato

- Contenido de agua (CAh)

La humedad en peso referida al material húmedo (Hmf) es la razón entre la masa de agua y la masa del material húmedo. La humedad en peso referida al material seco (Hm) es la razón entre la masa de agua y la masa del material seco (Cordón, 1,991).

CDA= Espacio poroso – Agua fácilmente disponible

- Humedad volumétrica (% Hvol)

Es la razón entre el volumen de agua y el volumen total aparente del sustrato. Esta manera de expresar el contenido de humedad presenta la ventaja de dar una idea más concreta de la cantidad de agua retenida por el material referido al volumen ocupado por este material en un contenedor para cultivo (Koranski, 2,004).

$$Hvol = Va / Vs * 100$$

Siendo:

Hvol: Humedad volumétrica expresada en porcentaje

Va: Volumen de agua

Vs: Volumen total del sustrato

- Densidad aparente (Da)

La densidad aparente se define como la masa seca del material sólido por unidad de volumen aparente del sustrato seco, incluyendo el espacio poroso entre las partículas.

La medición se efectuó pesando una probeta graduada de 100 ml llena del sustrato; luego de haber pesado la probeta vacía (tara T), se llenó con 100 ml de muestra, luego se pesó la probeta (P) (Koranski, 2,004).

$$Da = (P-T) / V$$

Siendo:

Da = Densidad aparente del sustrato (gr/cm³)

P = Peso de la probeta (g) más sustrato.

T = Tara (peso de la probeta vacía).

V = Volumen de la probeta (250 ml)

- Espacio poroso total (EPT)

Se define como la cuantificación del espacio ocupado por poros en un sustrato y también se denomina espacio de poros, espacio poroso o espacio vacío. Normalmente se expresa como porcentaje respecto al volumen aparente del suelo.

Para calcularlo se aplicó agua con una probeta graduada de 50 ml a la probeta llena de sustrato que se utilizó en el cálculo de la densidad aparente, hasta que todos los espacios porosos fueron llenados. Se anotó el volumen de agua requerido, esto equivale al % de porosidad (Cordón, 1,991).

- Agua fácilmente disponible (AFD)

El agua fácilmente disponible es la diferencia entre el volumen de agua retenida por el sustrato después de haber sido saturado con agua y dejado drenar a 10 cm de tensión (matricial), y el volumen de agua presente en dicho sustrato a una succión de 50 cm de columna de agua. Se determinó de la siguiente manera:

Se vertió el sustrato saturado contenido en la probeta de 100 ml que utilizaremos para el cálculo del espacio poroso sobre un papel absorbente y se dejó que el agua filtre libremente. Después de filtrado, se volvió a pesar la probeta más el sustrato. Se restó (peso del sustrato - tara) al peso de la probeta más el sustrato después de filtrado. Esta diferencia es igual al agua fácilmente disponible (Cordón, 1,991).

$$AFD = (\text{Probeta} + \text{sustrato filtrado}) - (\text{probeta} + \text{sustrato-tara})$$

$$H_{vol} = \text{Agua absorbida del sustrato} / \text{peso neto del sustrato} * 100$$

$$\text{Agua absorbida del sustrato} = (\text{Probeta} + \text{sustrato filtrado}) - (\text{tara})$$

$$\text{Peso neto del sustrato} = (\text{Tara} + \text{sustrato}) - (\text{tara})$$

- Capacidad de aireación (CDA)

Se define como la proporción del volumen del sustrato de cultivo que contiene aire, después de que dicho sustrato ha sido saturado con agua y dejado drenar, usualmente a 10 cm de tensión de columna de agua. Se consideran valores óptimos aquellos entre 20 % y 30% del volumen. Se restó el agua retenida a capacidad de campo del espacio poroso total. Esto equivale a espacio con capacidad de aireación (Cordón, 1,991).

$$CDA = (\text{Espacio poroso}) - (\text{Agua fácilmente disponible})$$

- Mojabilidad (M)

La mojabilidad se expresa como el tiempo (min) necesario para que se absorban 10 ml de agua destilada a través de la superficie de una muestra de sustrato seco a 40 °C. El nivel óptimo es igual o inferior a 5 min.

El tiempo de mojabilidad se determinó de la siguiente manera: Se secaron 10 g del sustrato a 40 °C. Se les aplicó 10 ml de agua destilada, determinando con cronómetro el tiempo que tarda en absorber dicha agua (Cordón, 1,991).

- b. Propiedades químicas

Las propiedades químicas de los sustratos caracterizan las transferencias de materia entre el sustrato y la solución del sustrato (química, fisicoquímica, bioquímica).

- Disponibilidad de nutrientes

El procedimiento de análisis de los nutrientes asimilables consistió en equilibrar la muestra del sustrato con una solución extractante (agua destilada) durante un tiempo normalizado.

Una vez alcanzado el equilibrio se determinaron los nutrientes disueltos o extraídos por dicha solución. Estos elementos fueron: elementos primarios N, P, K elementos secundarios Ca, Mg, y microelementos Fe, Cu, Zn, Mn. La metodología para la determinación de estas características se presenta en el Cuadro 4 (Cordón, 1,991).

- pH

El pH ejerce sus efectos principales sobre la asimilabilidad de los nutrientes, la capacidad de intercambio catiónico y la actividad biológica. La metodología para determinar esta característica se presenta en el cuadro 4 (Cordón, 1,991).

Cuadro 6. Métodos utilizados en el laboratorio para determinar la disponibilidad de nutrientes y pH de los sustratos.

Determinación	Método
Fósforo (%)	Colorimetría
Potasio (%)	Espectrofotometría de absorción atómica
Nitrógeno (%)	Micro-Kjeldahl
Elementos secundarios	Espectrofotometría de absorción atómica
Microelementos	Espectrofotometría de absorción atómica
pH	Potenciómetro relación 1:2.5

- Salinidad

La salinidad se refiere a la concentración de sales solubles presentes en el extracto de saturación. La metodología para la determinación de esta propiedad fue la siguiente: Se colocaron en un Erlenmeyer 25 g de sustrato más 50 ml de agua destilada. Se determinó la concentración de sales con un conductímetro (Cordón, 1,991).

- Relación carbono/nitrógeno (C/N)

Se usa como un índice de origen del sustrato, de su madurez y de su estabilidad. Una relación inferior a 40 se considera óptima para el sustrato y es un índice de un material orgánico maduro y estable. La medición de contenido de carbono orgánico se realizó por el método Walkley- Black de oxidación de la materia orgánica con dicromato de potasio. El contenido en carbono se estimó para el cálculo de la relación C/N, a partir de la tasa de materia orgánica del sustrato (MO) (Koranski, 2,004).

$$C = 0.75 * MO = 0.75 * (100 - c)$$

El nitrógeno total (N) se midió por el método Micro-Kjeldahl (digestión, destilación, titulación) (Koranski, 2004).

- Contenido de materia orgánica (MO)

La medición de contenido de materia orgánica se realizó por el método Walkley-Black de oxidación de la materia. (Koranski, 2,004).

2.5.2.3. Fase de vivero

Durante esta fase se alcanzó el tercer objetivo específico planteado:

La evaluación se realizó durante los meses de junio, julio y agosto en un vivero perteneciente a Agrobosques ubicada en planta San Miguel, Cementos Progreso S.A.

a. Tratamientos evaluados

Los tratamientos evaluados fueron 30 combinaciones a base de residuos de *Typha domingensis*, con diferentes tiempos de degradación (0 días,15 días,30 días,45 días,60 días) y proporciones (100 % *Typha* y 85 % *Typha* + 15 % de arena pómez), en 3 especies forestales diferentes.

Como sustrato control se incluirán, seis tratamientos con turba de *Sphagnum* (Peat moss), uno 100% de turba y el otro 85 % turba + 15 % de arena pómez para las especies forestales a trabajar. La composición de los sustratos se realizó en base a volumen (V/V), utilizando una cubeta plástica con capacidad de 20 L.

El cuadro 5 recoge en la primera columna el número de tratamiento evaluados, en la segunda la nomenclatura que se utilizó para definir cada una de las combinaciones y en la tercera la composición de cada una de ellas en porcentaje.

b. Unidad experimental

La unidad experimental estuvo conformada de 40 plántulas ubicadas en una bandeja de poliestireno V-93 (40 cavidades), de las cuales se utilizaron 18 plántulas de la parte central de la unidad experimental como parcela útil para evitar efecto de borde. Se estableció una unidad experimental por bandeja utilizando la parte central. Los tratamientos se distribuyeron en el vivero, buscando la uniformidad de estos y que todos fueran evaluados bajo las mismas condiciones.

c. Diseño experimental

Se utilizó un diseño completamente al azar utilizando treinta tratamientos con tres repeticiones, en tres especies forestales: *Pinus oocarpa* Schiede ex Schltdl., *Caesalpinia velutina* (Britton & Rose) Standl., y *Eucalyptus citriodora* (Hook.) K.D. Hill & L.A.S. Johnson. Treinta tratamientos consistieron en sustratos elaborados a base de *Typha* y seis tratamientos testigo o control (Peat moss) constituyendo los 36 tratamientos para un total de 108 unidades experimentales (cuadro 5).

Este diseño se utilizó debido a la uniformidad de las condiciones con ausencia de gradientes de variación que afectarían el experimento debido a que el mismo se llevó a cabo bajo condiciones de vivero.

d. Modelo Estadístico

$$Y_{ij} = \mu + \tau_i + \epsilon_{ij}. \text{ (Rueda, 2,015)}$$

Dónde:

Y_{ij} = Variable de respuesta de la ij -ésima unidad experimental.

μ = Media general de las variables de respuesta

τ_i = Efecto del i -ésima proporción de *Typha* y piedra pómez sobre las variables respuesta.

ϵ_{ij} = Error experimental asociado a la ij -ésima unidad experimental.

e. Variables de respuesta

Para la evaluación de este experimento se tomó en cuenta las variables siguientes: i) % de germinación de las semillas, ii) altura de la planta al principio, durante y al final de experimento, iii) peso fresco de la parte aérea y las raíces, iv) peso seco de la parte aérea y las raíces de las plantas.

Para el análisis de los resultados se tomó en cuenta las medias de crecimiento de los tratamientos a lo largo del tiempo, pudiendo construir una gráfica explicativa del comportamiento de esta variable, mientras que para los valores de germinación y peso se realizó un análisis de varianza y pruebas de Tukey al 5 % para determinar diferencias estadísticas entre tratamientos.

Cuadro 7. Composición volumétrica de las combinaciones (sustratos) a ensayar para la producción de plántulas en pilón de especies forestales *Pinus oocarpa* Schiede ex Schltdl, *Caesalpinia velutina* (Britton & Rose) Standl., y *Eucalyptus citriodora* (Hook.) K. D. Hi

TRATAMIENTO	NOMENCLATURA	MEZCLA (% EN VOLUMEN)
1C	TB -100%	Turba 100% en Pino
2C	TB -100%	Turba 100% en Aripín
3C	TB -100%	Turba 100% en Eucalipto
4C	TB - 85%	Turba 85%, 15% arena, en Pino
5C	TB - 85%	Turba 85%, 15% arena, en Aripín
6C	TB - 85%	Turba 85%,15% arena, en Eucalipto
7A	TU - 100% - 0	Tule 100% a los 0 días, en Pino
8A	TU - 100% - 0	Tule 100% a los 0 días, en Aripín
9A	TU - 100% - 0	Tule 100% a los 0 días, en Eucalipto
10A	TU - 85 % - 0	Turba 85% a los 0 días, 15% arena, en Pino
11A	TU - 85 % - 0	Turba 85% a los 0 días, 15% arena, en Aripín
12A	TU - 85 % - 0	Turba 85% a los 0 días,15% arena, en Eucalipto
13	TU - 100% - 15	Tule 100% a los 15 días, en Pino
14	TU - 100% - 15	Tule 100% a los 15 días, en Aripín
15	TU - 100% - 15	Tule 100% a los 15 días, en Eucalipto
16	TU - 85 % - 15	Turba 85% a los 15 días, 15% arena, en Pino
17	TU - 85 % - 15	Turba 85% a los 15 días, 15% arena, en Aripín
18	TU - 85 % - 15	Turba 85% a los 15 días,15% arena, en Eucalipto
19	TU - 100% - 30	Tule 100% a los 30 días, en Pino
20	TU - 100% - 30	Tule 100% a los 30 días, en Aripín
21	TU - 100% - 30	Tule 100% a los 30 días, en Eucalipto
22	TU - 85% - 30	Turba 85% a los 30 días, 15% arena, en Pino
23	TU - 85 % - 30	Turba 85% a los 30 días, 15% arena, en Aripín
24	TU - 85 % - 30	Turba 85% a los 30 días,15% arena, en Eucalipto
25	TU - 100 % - 45	Tule 100% a los 45 días, en Pino
26	TU - 100% - 45	Tule 100% a los 45 días, en Aripín
27	TU - 100% - 45	Tule 100% a los 45 días, en Eucalipto
28	TU - 85% - 45	Turba 85% a los 45 días, 15% arena, en Pino
29	TU - 85 % - 45	Turba 85% a los 45 días, 15% arena, en Aripín
30	TU - 85 % - 45	Turba 85% a los 45 días,15% arena, en Eucalipto
31	TU - 100 % - 60	Tule 100% a los 60 días, en Pino
32	TU - 100% - 60	Tule 100% a los 60 días, en Aripín
33	TU - 100% - 60	Tule 100% a los 60 días, en Eucalipto
34	TU - 85 % - 60	Turba 85% a los 60 días, 15% arena, en Pino
35	TU - 85 % - 60	Turba 85% a los 60 días, 15% arena, en Aripín
36	TU - 85 % - 60	Turba 85% a los 60 días,15% arena, en Eucalipto

Fuente: elaboración propia, 2,017

2.5.2.4. Fase de análisis económica

Durante esta fase se alcanzó el cuarto y último objetivo específico planteado:

El análisis se realizó examinando los costos en los cuales se incurrió para la elaboración de los sustratos, examinando también los ingresos, asumiendo estos en el ingreso que se generó con la venta de los pilones de cada unidad experimental, basándose para ello en los precios por pilón (según la variedad) al momento de culminar la evaluación.

Este análisis se realizó con el cálculo de los siguientes indicadores:

$$R = (IN/CT) 100 \text{ (Rueda, 2,015).}$$

Dónde:

R = Rentabilidad IN = Ingreso bruto - Costos Totales

CT = Costos fijos + Costos variables

$$B/C = IB/CT \text{ (Rueda, 2,015).}$$

Dónde:

B/C =Relación beneficio costo

IB= Ingreso bruto

CT= Costo total

2.6. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

2.6.1. Caracterización de las principales propiedades físicas de las combinaciones de residuos de *Typha domingensis* Pearson y arena pómez.

2.6.1.1. Residuos sin degradar mezclados con arena pómez.

Los valores que recoge el cuadro 6, muestra que la mezcla volumétrica de *Typha* sin degradar TL100D0 destaca por tener un porcentaje alto de agua fácilmente disponible (AFD) en comparación con el tratamiento TL85A15D0, esto puede deberse a que no contiene ningún porcentaje de arena pómez.

Cuadro 8. Propiedades físicas de los sustratos evaluados de *Typha domingensis* Person sin degradar mezclada con arena pómez.

Tratamiento	Cah	Hvol	Da	EPT	AFD	CDA	M
TL100D0	48.3	49.9	0.535	73	47.3	25.7	6.52
TL85A15D0	46	45.3	0.521	75	36.8	38.2	6.21
TU100D0	69.5	67.2	0.2	90	67.2	22.8	4.51
TU85A15D0	66.7	65.3	0.2	92	63.7	28.3	4.38
Niveles óptimos	55-65	24-40	0.15.0.5	>85	20-30	20-30	<5

En cuanto al agua fácilmente disponible es notorio que el tratamiento TL100D0 posee el valor más alto, esto puede deberse a que no contiene arena pómez. Este material está conformado por una estructura celular cerrada, es por ello por lo que el agua es retenida solamente en la superficie de las partículas siendo liberada muy fácilmente a bajas tensiones, esto hace que el agua quede poco retenida y disponible en mezclas con elevadas proporciones de arena. Los niveles óptimos mostrados en el cuadro anterior son los referidos por Koranski, DS (2,004) y Cadahia, L (2,005).

Es por ello, que los tratamientos con la proporción de arena pómez aumenta su aireación, pero no mantiene cantidades elevadas de agua.

Por lo tanto, queda claro que el TL85A15D0 por su baja disponibilidad de agua requiera de riegos más frecuentes debido a que volumétricamente puede contraerse o desecarse mucho más rápido que los otros tratamientos.

Los tratamientos control o TU100 y TU85A15 presentaron los valores más elevados en cuanto al espacio poroso total (EPT) y agua fácilmente disponible (AFD) lo cual demuestra que es un material físicamente más estable debido a que el agua fácilmente disponible mantiene la humedad del sustrato por periodos más prolongados, viéndose afectado únicamente su valor de capacidad de aireación por no contener perlita, esto se compensa con su alto espacio poroso, propiedad beneficiada por su estructura fibrilar.

2.6.1.2. Residuos con 15 días de degradación mezclados con arena pómez.

Los tratamientos TL100D15 y TL85A15D15 que recoge el cuadro 7 muestran una densidad aparente similar, aunque con un valor menor con respecto a los tratamientos sin proceso de degradación de los residuos de *Typha*, los residuos sometidos a degradación redujeron su granulometría a partículas más finas reflejándose en su porcentaje de capacidad de aireación.

Cuadro 9. Propiedades físicas de los sustratos evaluados de *Typha domingensis* Person con 15 días de degradación mezclada con arena pómez.

<i>Tratamiento</i>	<i>Cah</i>	<i>Hvol</i>	<i>Da</i>	<i>EPT</i>	<i>AFD</i>	<i>CDA</i>	<i>M</i>
TL100D15	44.2	43.8	0.482	71	42.7	28.3	6.03
TL85A15D15	52.3	42.3	0.468	73	40.7	32.3	5.45
TU100D0	69.5	67.2	0.2	90	67.2	22.8	4.51
TU85A15D0	66.7	65.3	0.2	86	65.7	23	4.38
Niveles óptimos	55-65	24-40	0.15-0.5	>85	20-30	20-30	<5

Valores como capacidad de aireación (CDA) se encuentran dentro de los intervalos o niveles óptimos recomendados, siendo notorio el valor del tratamiento T16 (TL85A15D15), el cual es levemente más alto (32.3 %).

Esto confirma con ello que la capacidad de aireación en los materiales está muy relacionada con el porcentaje de arena pómez presente en la combinación, así como un valor mayor de agua fácilmente disponible (42.7 %) para el tratamiento sin arena pómez TL100D15.

2.6.1.3. Residuos con 30 días de degradación mezclados con arena pómez.

Los valores presentes en el cuadro 8 muestran también un descenso en la densidad aparente del sustrato. Esto indica una disminución en el tamaño de partícula disminuyendo los valores de porosidad con respecto a los tratamientos con 15 días de degradación. Además, se observa que la capacidad de aireación también disminuye y con ello aumenta el porcentaje de agua fácilmente disponible (AFD).

Cuadro 10. Propiedades físicas de los sustratos evaluados de *Typha domingensis* Person con 30 días de degradación mezclada con arena pómez.

<i>Tratamiento</i>	<i>Cah</i>	<i>Hvol</i>	<i>Da</i>	<i>EPT</i>	<i>AFD</i>	<i>CDA</i>	<i>M</i>
<i>TL100D30</i>	27.8	45.8	0.437	70	44.5	25.5	5.19
<i>TL85A15D30</i>	36	46.7	0.431	72	43.6	28.4	4.47
<i>TU100D0</i>	69.5	67.2	0.2	90	67.2	22.8	4.51
<i>TU85A15D0</i>	66.7	65.3	0.2	86	65.7	23	4.38
<i>Niveles óptimos</i>	55-65	24-40	0.15-0.5	>85	20-30	20-30	<5

2.6.1.4. Residuos con 45 días de degradación mezclados con arena pómez.

Los valores de capacidad de aireación (CDA) presentes en el cuadro 9, se encuentran entre los niveles óptimos según Koranski, DS. 2,004 y Cadahia, L. 2,005 quienes indican que los requerimientos de aireación de un sustrato deben estar entre 20 % - 30 %.

El tratamiento TL85A15D45 presenta un valor de 6.8 % arriba de lo recomendado, esto puede ser efecto del porcentaje de arena pómez en la mezcla (15 %). Este resultado es similar al manifestado en los cuadros anteriores en los que los tratamientos con mayor porcentaje de arena pómez poseen los valores más altos de aireación.

Cuadro 11. Propiedades físicas de los sustratos evaluados de *Typha domingensis* Person con 45 días de degradación mezclada con arena pómez.

<i>Tratamiento</i>	<i>Cah</i>	<i>Hvol</i>	<i>Da</i>	<i>EPT</i>	<i>AFD</i>	<i>CDA</i>	<i>M</i>
<i>TL100D45</i>	33	41.6	0.428	68	36	32	4.17
<i>TL85A15D45</i>	26	41.7	0.415	70	33.2	36.8	3.48
<i>TU100D0</i>	69.5	67.2	0.2	90	67.2	22.8	4.51
<i>TU85A15D0</i>	66.7	65.3	0.2	86	65.7	23	4.38
<i>Niveles óptimos</i>	55-65	24-40	0.15.0.5	>85	20-30	20-30	<5

2.6.1.5. Residuos con 45 días de degradación mezclados con arena pómez.

Las propiedades físicas de los tratamientos TL100D60 y TL85A15D60 que recoge el cuadro 10 presentan características fuera de los niveles óptimos recomendados. Sobresale su alta capacidad de aireación (CDA) y su baja densidad aparente, así como también su disponibilidad de agua (AFD). Posee una aireación adecuada, lo cual indica que la mayoría de sus poros están bien distribuidos en capilares y no capilares. Su mojabilidad es más rápida que los anteriores tratamientos a pesar de que es un material fibroso.

Cuadro 12. Propiedades físicas de los sustratos evaluados de *Typha domingensis* Person con 60 días de degradación mezclada con arena pómez.

<i>Tratamiento</i>	<i>Cah</i>	<i>Hvol</i>	<i>Da</i>	<i>EPT</i>	<i>AFD</i>	<i>CDA</i>	<i>M</i>
<i>TL100D60</i>	27.5	39.3	0.408	66	35.2	30.8	3.15
<i>TL85A15D60</i>	28.9	39.8	0.39	70	33	37	3.05
<i>TU100D0</i>	69.5	67.2	0.2	90	67.2	22.8	4.51
<i>TU85A15D0</i>	66.7	65.3	0.2	86	65.7	23	4.38
<i>Niveles óptimos</i>	55-65	24-40	0.15.0.5	>85	20-30	20-30	<5

Los valores de AFD en todos los tratamientos sometidos a degradación superan los niveles óptimos ya sea con o sin presencia de perlita en la mezcla, mientras que los valores de CDA normalmente están dentro de los niveles óptimos, presentándose mejores cuando el contenido de perlita en la mezcla es más mayor.

El residuo de *Typha* es un material potencial que pueden utilizarse como sustrato para la producción de plántulas forestales, siempre y cuando se mejoren sus propiedades principalmente físicas y entre ellas su capacidad de aireación utilizando materiales como la arena pómez, aunque esto conlleve realizar riegos más frecuentes.

Además, es un residuo con alta disponibilidad por lo que producir sustratos en elevadas cantidades puede contribuir a reducir significativamente los costos finales por pilón.

2.6.2. Caracterización de las principales propiedades químicas de los residuos de *Typha domingensis* Pearson, sometidas a diferentes tiempos de degradación.

La caracterización química se realizó únicamente para los tratamientos con tiempos de degradación, puesto que el material secundario (arena pómez) se asumió como material inerte. Con relación al pH, según Santos, D; 2,010, todos los tratamientos presentaron valores superiores a 7.0, esto es importante ya que la mayoría de los nutrientes mantienen su máximo nivel de asimilabilidad en pH entre 5.0 y 6.5.

Este comportamiento puede deberse al origen del material donde crece la especie *Typha*, ya que se encuentra en una planta de tratamiento de aguas residuales o "wetland".

Puede notarse que los valores de pH se mantienen conforme se da el proceso de degradación. El pH de los tratamientos control TU100 y TU85A15 se encuentra en los rangos adecuados, sin embargo, los pH alcalinos del resto de tratamientos no tienen efecto negativo sobre la germinación y desarrollo de las plantas, esto según Santos, puede corresponder a la naturaleza orgánica de los sustratos presentando una mayor capacidad tampón.

Cuadro 13. Valores de pH, y conductividad eléctrica (CE, dS/ m) de los sustratos sometidos a degradación y sin mezcla con arena pómez evaluados en el ensayo de *Typha domingensis* Pearson.

TRATAMIENTO	pH	C.E
		dS/m
TL100D0	-	-
TL100D15	-	6.81
TL100D30	8.00	7.54
TL100D45	7.90	9.16
TL100D60	8.10	9.54
TU100	5.90	3.00
Nivel Óptimo*	(5.2-6.3)	(0.75-3.49)

El cuadro 12 muestra las concentraciones de elementos disponibles de los tratamientos a base de *Typha* y del sustrato control. Los valores óptimos mostrados en el cuadro anterior son los referidos por Masaguer, A. (2,006). Destacando que los tratamientos presentan concentraciones bajas con respecto a los niveles óptimos. Esto hace evidente la poca disponibilidad de nutrientes cuando el pH es elevado, haciendo a estos tratamientos en gran medida dependientes de la fertilización.

Cuadro 14. Concentración de nutrientes mayores disponibles expresada en ppm de los sustratos a base de residuos de *Typha domingensis* Pearson.

TRATAMIENTO	ppm		meq/100g	
	P	K	Ca	Mg
TL100D0	0.52	1.62	2.18	0.20
TL100D15	0.23	1.19	2.19	0.19
TL100D30	0.24	1.38	2.88	0.20
TL100D45	0.28	1.69	3.19	0.21
TL100D60	0.29	1.63	3.44	0.24
TU100	1.18	1.44	14.19	1.90
Nivel Óptimo*	(0.6-1)	(1.5-2.5)	(> 2)	(> 0.7)

Los niveles de nutrientes menores presentados en el cuadro 13, se encuentran en los rangos óptimos. Estos rangos mostrados en el cuadro anterior son los referidos por Masaguer, A. (2,006).

Se distinguen los altos valores de hierro con concentraciones de hasta 4.30 ppm, esto puede estar relacionado al origen del material debido a que proviene de aguas residuales, encontrándose para la mayoría de los tratamientos de forma elevada.

Cuadro 15. Concentración de nutrientes mayores disponibles expresada en ppm de los sustratos a base de residuos de *Typha domingensis* Pearson.

TRATAMIENTO	Ppm			
	Cu	Zn	Fe	Mn
TL100D0	0.50	2.50	1.75	2.20
TL100D15	0.50	3.00	3.95	1.75
TL100D30	1.00	3.00	3.75	1.75
TL100D45	1.00	3.00	4.30	1.90
TL100D60	1.50	3.00	3.90	1.95
TU100	1.50	24.00	115.50	58.50
Nivel Óptimo*	(0.001-0.5)	(0.3-3.0)	(0.3-3.0)	(0.02-3.0)

El contenido de materia orgánica M.O (Cuadro 14) no varía significativamente y están por arriba de los niveles óptimos, presentando el mayor contenido el tratamiento TL85A15D60 debido al aporte por mineralización.

Cuadro 16. Porcentaje de materia orgánica (MO, %), nitrógeno total (N, %) y relación C/N de los sustratos a base de residuos de *Typha domingensis* Pearson.

TRATAMIENTO	M.O	%	C/N
	%	N	
TL100D0	42.65	1.44	36.9:1
TL100D15	67.23	1.78	21.9:1
TL100D30	62.51	2.36	14.7:1
TL100D45	66.80	2.80	12.1:1
TL100D60	69.27	2.36	12.4:1
TU100	63.92	0.73	68.1:1
Nivel Óptimo*	(50-60)	(1-2)	(20-40:1)

La relación carbono nitrógeno se encuentra adecuada para los tratamientos en general, lo cual, según Santos, D. (2010) es indicativo de una mayor estabilidad del material, debido a su origen el carbono está presente en formas no resistentes a la degradación. Los valores óptimos mostrados en el cuadro anterior son los referidos por Abad et al, (1,993).

Se destaca la relación C/N del sustrato TL85A15D60, influida igual que la materia orgánica por la naturaleza del material presentado en ambas propiedades los valores más altos.

2.6.3. Evaluación del efecto de treinta combinaciones de *Typha domingensis* y arena pómez en la producción de plántulas de especies forestales.

Después de analizado el comportamiento físico y químico de los sustratos ensayados, se estudió la respuesta de las especies forestales *Pinus oocarpa* Schiede ex Schtdl., *Eucalyptus citriodora* Hook. y *Caesalpinia velutina* (Britton & Rose) Stand., a las diferentes combinaciones como medios de cultivo midiendo el comportamiento de las variables, de forma que se pudo establecer diferencias según el crecimiento vegetativo desarrollado con cada una de las combinaciones.

Las variables estudiadas para establecer el desarrollo foliar y radicular de las plántulas se hicieron a través de muestreos destructivos, determinando el peso fresco y seco de la parte aérea y de la raíz, además de la altura de las plántulas, diámetro en la base del tallo y porcentaje de germinación.

2.6.3.1. Porcentaje de germinación

El porcentaje de germinación se estimó a partir del día 7 hasta el día 24 después de la siembra. En la primera evaluación, la turba o los tratamientos control TU100 y TU85A15 presentaron los porcentajes de germinación más alto, siendo diferente estadísticamente al obtenido en los demás tratamientos, lo cual podría atribuirse a sus características fisicoquímicas dentro de las que destacan su alta retención de humedad, elevada porosidad y reducida conductividad eléctrica. (Cuadro 15).

En esta misma evaluación, dentro de los sustratos a base de *Typha domingensis* destacan los tratamientos con mayor tiempo de degradación TL100D60 y TL85A15D60, obteniendo un porcentaje de germinación similar que el de los tratamientos control, a excepción del Pino, el cual presenta un crecimiento más lento que el de las demás especies evaluadas.

Cuadro 17. Efecto de los sustratos utilizados en la producción de especies forestales sobre el porcentaje de germinación acumulada durante los 24 dds (días después de siembra) en Pino (P), Eucalipto (E) y Aripín (A).

TRA	D7			D15			D18			D20			D22			D24		
	P	E	A	P	E	A	P	E	A	P	E	A	P	E	A	P	E	A
TU100	31.67 ^c	26.25 ^{cd}	37.50 ^e	42.33 ^{bcd}	43.33 ^{bc}	65.00 ^{cd}	56.67 ^{cd}	64.17 ^{bc}	79.58 ^{ef}	64.33 ^{bcd}	75.83 ^{ab}	90.00 ^e	64.33 ^{bcd}	75.83 ^{ab}	90.00 ^e	64.33 ^{bcd}	75.83 ^{ab}	90.00 ^e
TU85A15	29.33 ^c	27.50 ^d	34.17 ^{de}	36.00 ^{bc}	46.25 ^c	64.17 ^{bcd}	54.00 ^{bcd}	69.58 ^c	77.50 ^{def}	63.33 ^{bc}	78.75 ^{ab}	90.83 ^{ef}	63.33 ^{bc}	78.75 ^{ab}	90.83 ^{ef}	63.33 ^{bc}	78.75 ^{ab}	90.83 ^{ef}
TL100D0	15.67 ^a	15.42 ^{abc}	20.83 ^a	25.00 ^a	30.42 ^{abc}	31.25 ^a	46.00 ^a	42.92 ^a	59.17 ^a	60.00 ^{abc}	57.50 ^a	74.58 ^{ab}	60.00 ^{abc}	57.50 ^a	74.58 ^{ab}	60.00 ^{abc}	57.50 ^a	74.58 ^{ab}
TL85A15D0	13.67 ^a	12.50 ^a	23.75 ^{ab}	24.33 ^a	22.50 ^a	33.75 ^a	52.33 ^b	52.50 ^{abc}	62.50 ^{ab}	62.00 ^{bc}	70.00 ^{ab}	78.33 ^{abc}	62.00 ^{bc}	70.00 ^{ab}	78.33 ^{abc}	62.00 ^{bc}	70.00 ^{ab}	78.33 ^{abc}
TL100D15	14.67 ^a	13.75 ^{ab}	20.00 ^a	34.67 ^b	25.00 ^{ab}	32.92 ^a	55.00 ^{bcd}	44.58 ^{ab}	65.83 ^{ab}	55.33 ^a	60.00 ^a	72.92 ^a	55.33 ^a	60.00 ^a	72.92 ^a	55.33 ^a	60.00 ^a	72.92 ^a
TL85A15D15	18.67 ^c	26.25 ^{cd}	26.25 ^{abc}	35.00 ^b	43.33 ^{bc}	57.08 ^{bc}	54.00 ^{bcd}	58.75 ^{abc}	69.58 ^{bcd}	58.67 ^{ab}	70.00 ^{ab}	80.00 ^{bc}	58.67 ^{ab}	70.00 ^{ab}	80.00 ^{bc}	58.67 ^{ab}	70.00 ^{ab}	80.00 ^{bc}
TL100D30	30.33 ^c	20.00 ^{abcd}	30.42 ^{cd}	46.33 ^d	35.83 ^{abc}	52.92 ^b	57.00 ^d	60.00 ^{abc}	75.83 ^{cde}	65.33 ^{cd}	69.58 ^{ab}	80.00 ^{bc}	65.33 ^{cd}	69.58 ^{ab}	80.00 ^{bc}	65.33 ^{cd}	69.58 ^{ab}	80.00 ^{bc}
TL85A15D30	27.67 ^c	22.08 ^{abcd}	28.33 ^{cd}	45.00 ^{cd}	33.33 ^{abc}	55.42 ^{bc}	57.00 ^d	55.42 ^{abc}	70.42 ^{bcdde}	64.00 ^{bcd}	70.00 ^{ab}	80.83 ^{bc}	64.00 ^{bcd}	70.00 ^{ab}	80.83 ^{bc}	64.00 ^{bcd}	70.00 ^{ab}	80.83 ^{bc}
TL100D45	18.67 ^{ab}	13.33 ^{ab}	30.42 ^{cd}	51.33 ^d	30.00 ^{abc}	58.33 ^{bcd}	53.33 ^{bc}	56.67 ^{abc}	67.50 ^{abc}	65.00 ^{cd}	74.58 ^{ab}	81.25 ^c	65.00 ^{cd}	74.58 ^{ab}	81.25 ^c	65.00 ^{cd}	74.58 ^{ab}	81.25 ^c
TL85A15D45	18.00 ^{ab}	20.00 ^{abcd}	28.75 ^{bcd}	42.33 ^{cd}	31.25 ^{bc}	58.75 ^{bcd}	55.00 ^{bcd}	56.67 ^{abc}	71.67 ^{bcdde}	64.67 ^{bcd}	74.17 ^{ab}	82.92 ^{cd}	64.67 ^{bcd}	74.17 ^{ab}	82.92 ^{cd}	64.67 ^{bcd}	74.17 ^{ab}	82.92 ^{cd}
TL100D60	25.00 ^{bc}	24.58 ^{bcd}	33.75 ^{de}	43.67 ^{bcd}	39.58 ^{abc}	66.25 ^{cd}	63.33 ^e	67.50 ^c	78.75 ^{def}	69.67 ^{de}	79.58 ^{ab}	87.92 ^{de}	69.67 ^{de}	79.58 ^{ab}	87.92 ^{de}	69.67 ^{de}	79.58 ^{ab}	87.92 ^{de}
TL85A15D60	25.33 ^{bc}	29.17 ^d	34.58 ^{de}	47.66 ^d	47.50 ^c	70.00 ^d	64.67 ^e	69.17 ^c	86.25 ^f	72.33 ^e	85.83 ^b	97.08 ^f	72.33 ^e	85.83 ^b	97.08 ^f	72.33 ^e	85.83 ^b	97.08 ^f

Medias con la misma letra dentro de columnas son estadísticamente iguales (P<0.05)

A medida que avanzó el experimento, la diferencia entre los porcentajes de germinación entre la turba o tratamiento control y los demás sustratos utilizados se redujo considerablemente, siendo el sustrato TU85A15D60 el de mayor porcentaje de germinación para Pino, Eucalipto y Aripín, mostrando diferencia significativa (figura 2).

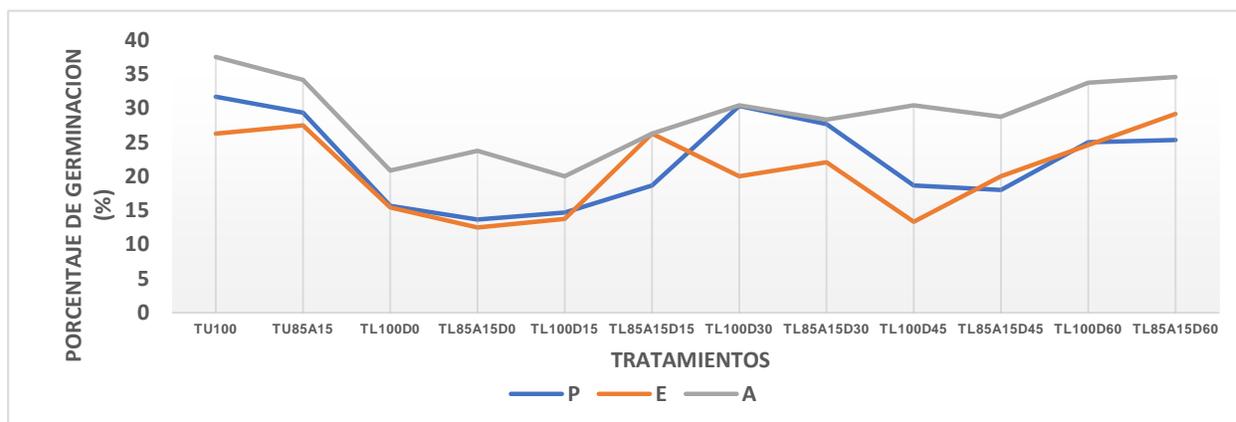


Figura 2. Efecto de los sustratos de Tule comparado con la turba de Sphagnum (Peat moss) sobre la germinación acumulada de Pino, Eucalipto y Aripín a los 7 dds.

Según Santos (2,010) el retraso en el inicio de la germinación parece estar relacionado a la densidad aparente en los sustratos con menor tiempo de degradación debido a que la mayoría de los tratamientos que tienen un retraso en la germinación fueron degradados mientras que la conductividad eléctrica (CE) y otras propiedades químicas no tuvieron efecto significativo en este retraso. Más aun propiedades físicas como la baja capacidad de aireación pudieran estar asociadas a este retraso.

La turba presentó una germinación uniforme, mientras que los sustratos con mayor tiempo de degradación tuvieron un pico muy pronunciado, como se observa en el cuadro anterior, a los 15 días después de siembra. El tratamiento que mejor germinación uniforme presentó fue el tratamiento TL100D45. El comportamiento fue similar para el tratamiento TL85A15D60 manifestando un pico ligeramente menor al anteriormente mencionado.

Entre los tratamientos más des uniformes podemos observar los tratamientos TL100D0 y TL85A15D presentado una velocidad baja de germinación. Estadísticamente ubica al tratamiento TL100D45 con el porcentaje de germinación más cercano a la turba en los primeros 15 días después de siembra (figura 2).

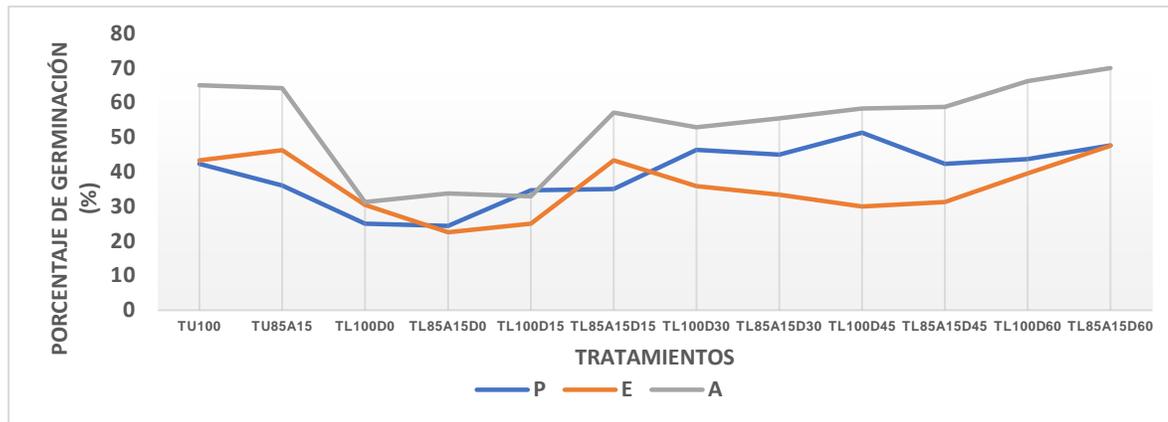


Figura 3. Efecto de los sustratos de Tule comparado con la turba de Sphagnum (Peat moss) sobre la germinación acumulada de Pino, Eucalipto y Aripín a los 15 dds.

La agregación de arena pómez (15 %) favoreció las condiciones para el inicio de la germinación debido a que este proporciona un nivel aceptable de espacio poroso (70 %), así como agua fácilmente disponible (43.4 %).

En la figura 3, se observa la germinación a los 20 dds, en donde los tratamientos con mayor tiempo de degradación (TL100D60 y TL85A15D60) muestran diferencia con respecto a los de menor tiempo. Con respecto a la turba se ve una clara similitud en los resultados finales con respecto a los tratamientos con mayor tiempo de degradación.

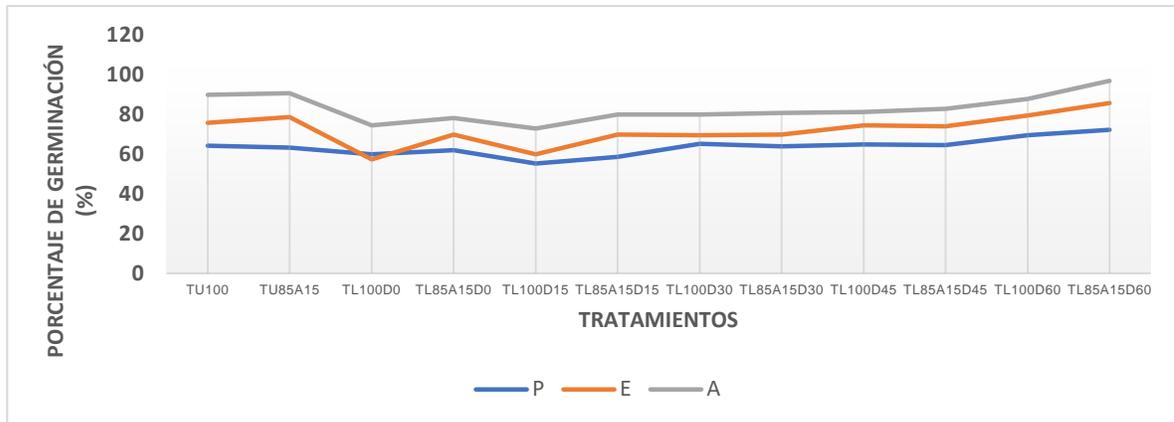


Figura 4. Efecto de los sustratos de Tule comparado con la turba de Sphagnum (peat moss) sobre la germinación acumulada de Pino, Eucalipto y Aripín a los 20 dds.

2.6.3.2. Altura de plántula (cm)

Para esta variable se puede notar que existe estadísticamente mejores tratamientos que la turba o tratamiento control, siendo superiores los tratamientos TL100D45, TL85A15D45, TL100D60 Y TL85A15D60, mientras que el tratamiento control TU100 se encuentra entre los peores tratamientos precedido únicamente por los tratamientos TL85A15D0 y TL85A15D30.

Los sustratos elaborados con residuos sin degradar y los de poco tiempo de degradación (15 días y 30 días) presentaron valores de altura bajos, esto concuerda si se observa la germinación inicial donde estos sustratos son los peores, esto puede deberse según (Santos, D; 2,010) a que en el transcurso del desarrollo de la plántula y con la humedad que estos sustratos mantienen se inicia el proceso de degradación dentro de las celdas de la bandeja.

Este proceso requiere de nutrientes y oxígeno para mantener a los organismos en altas poblaciones y degradar el material, esto puede observarse con los valores de la relación carbono/nitrógeno (21.9:1 y 14.7:1) de los sustratos, ello indica mayor contenido de materia orgánica provocando la actividad de los microorganismos que descomponen estos materiales orgánicos frescos.

Estos procesos de degradación limitan a la plántula recién germinada a tener un desarrollo vegetativo adecuado, por lo que se ve marcadamente poco crecimiento.

Los tratamientos TL100D45, TL85A15D45, TL100D60 y TL85A15D60 son los mejores, los cuales presentan un porcentaje de germinación alto (80 % - 91 %) para cada especie evaluada como se observa a continuación en la figura 4.

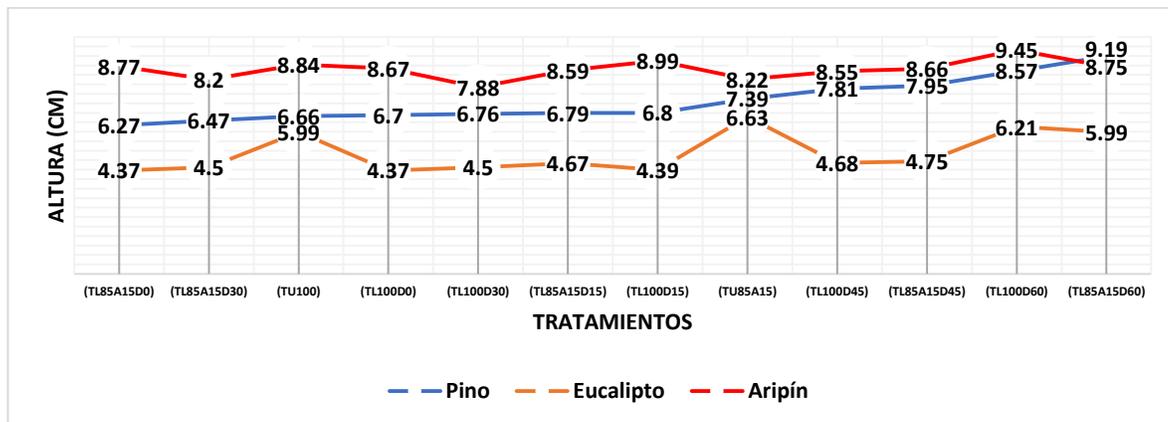


Figura 5. Efecto de los sustratos sobre la altura en plántula de Pino, Eucalipto y Aripín.

2.6.3.3. Peso fresco de tallo y raíz (g)

El comportamiento de las variables de peso fresco de la parte aérea y radicular se manifiesta de manera similar a la altura, situando a los obtenidos en turba o tratamiento control con arena y sin arena como los valores más bajos, alcanzando al final del ensayo una altura promedio de 6.66 cm y 7.39 cm en pino, 5.99 cm y 6.63 cm en eucalipto y por último 8.84 cm y 8.22 cm en aripín.

Los tratamientos mezclados con tulle a los 60 días de degradación con y sin arena pómez presentaron resultados muy satisfactorios respecto a los anteriores, en pino fueron 8.57 cm y 9.19 cm, para eucalipto 6.21 cm y 5.99 cm y para aripín 9.45 cm y 8.75 cm.

Los tratamientos control fueron precedidos por los tratamientos con menor tiempo de degradación mezclados con arena pómez, confirmando que los tratamientos sometidos a mayor tiempo de degradación mezclados con arena pómez dan mejores resultados.

Como se observa en la figura 5, los valores de peso fresco de mayor importancia se obtuvieron en la mezcla de tulle con 60 días de degradación y arena pómez, esto se debe a contienen más aireación, permitiendo un mejor desarrollo y disponibilidad en cuanto a nutrientes y oxígeno para el proceso de respiración radicular.

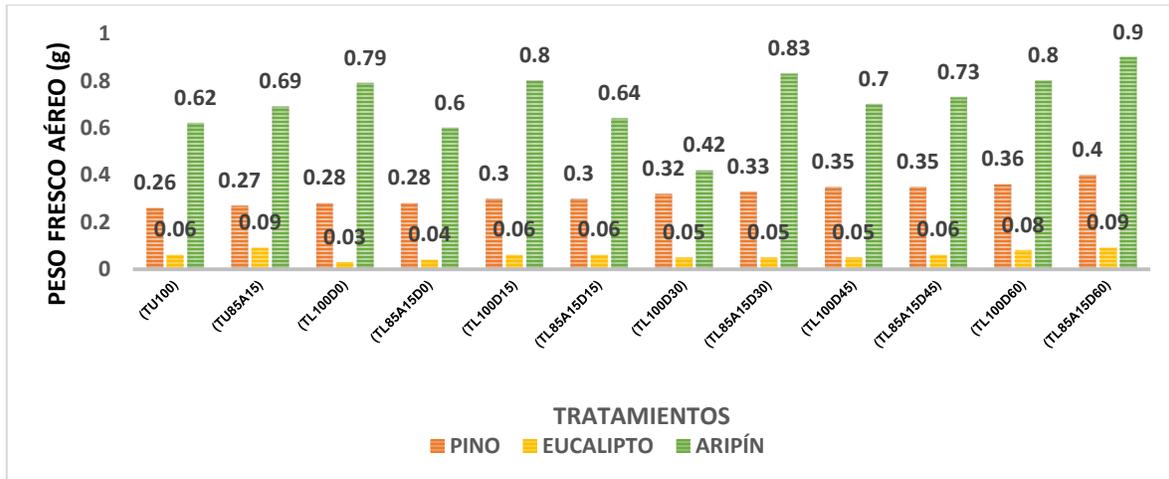


Figura 6. Efecto de los sustratos sobre el peso fresco del sistema radicular (g) en plántulas de Pino, Eucalipto y Aripín.

Es evidente que un sustrato con mejores propiedades físicas y químicas promueve un mejor crecimiento de la raíz y directamente un efecto proporcional en la parte aérea, esto es de considerar, puesto que un sustrato con pobres propiedades físicas proporcionará plantas débiles y sin desarrollo de raíces, sistema fundamental en un pilón.

El cuadro 16 muestra el peso fresco aéreo de plántulas de pino, eucalipto y aripín a los 60 DDS. Se observa el mayor peso fresco alcanzado por los tratamientos TL85A15D45, TL100D60 y TL85A15D60, los cuales superan el peso reportada por plántulas desarrolladas en la turba.

Algunos autores confirman que altas conductividades eléctricas pueden dar lugar a un mal desarrollo radicular, pero en este caso, los sustratos con conductividades más altas (45 y 60 días de degradación), presentan el mayor desarrollo radicular.

Con respecto al peso fresco radicular, se observa que no hubo una diferencia significativa en la especie de pino y eucalipto, sin embargo, en aripín se observa que en los tratamientos TL100D15 y TL85A15D30 si existe una diferencia significativa respecto a los otros (cuadro 16).

Cuadro 18. Efecto del sustrato sobre el peso fresco de la parte aérea y radicular (g) en plántulas de Pino, Eucalipto y Aripín a los 60 DDS (trasplante). Efecto entre todos los sustratos incluyendo la turba de *Sphagnum* (peat moss).

PARTE AÉREA (g)			TRATAMIENTO	SISTEMA RADICULAR (g)		
PINO	EUCALIPTO	ARIPÍN		PINO	EUCALIPTO	ARIPÍN
0.26 ^a	0.06 ^{ab}	0.62 ^{ab}	(TU100)	0.1309 ^a	0.03 ^a	0.16 ^{ab}
0.27 ^a	0.09 ^b	0.69 ^{ab}	(TU85A15)	0.1580 ^a	0.04 ^a	0.17 ^{ab}
0.28 ^a	0.03 ^a	0.79 ^b	(TL100D0)	0.1870 ^a	0.01 ^a	0.28 ^b
0.28 ^a	0.04 ^{ab}	0.6 ^{ab}	(TL85A15D0)	0.1039 ^a	0.02 ^a	0.15 ^{ab}
0.30 ^a	0.06 ^{ab}	0.8 ^b	(TL100D15)	0.1597 ^a	0.04 ^a	0.30 ^b
0.30 ^a	0.06 ^{ab}	0.64 ^{ab}	(TL85A15D15)	0.1194 ^a	0.03 ^a	0.15 ^{ab}
0.32 ^{ab}	0.05 ^{ab}	0.42 ^a	(TL100D30)	0.1580 ^a	0.03 ^a	0.04 ^a
0.33 ^{ab}	0.05 ^{ab}	0.83 ^b	(TL85A15D30)	0.1493 ^a	0.03 ^a	0.26 ^b
0.35 ^{ab}	0.05 ^{ab}	0.7 ^{ab}	(TL100D45)	0.1381 ^a	0.03 ^a	0.14 ^{ab}
0.35 ^{ab}	0.06 ^{ab}	0.73 ^{ab}	(TL85A15D45)	0.2064 ^a	0.04 ^a	0.15 ^{ab}
0.36 ^{ab}	0.08 ^{ab}	0.8 ^b	(TL100D60)	0.1959 ^a	0.04 ^a	0.18 ^{ab}
0.40 ^b	0.09 ^b	0.9 ^b	(TL85A15D60)	0.2067 ^a	0.05 ^a	0.19 ^{ab}

Medias con la misma letra dentro de columnas son estadísticamente iguales (P<0.05)

2.6.3.4. Contenido de materia seca parte aérea y radicular (%)

Los valores del contenido de materia seca de la parte aérea se comportaron de manera similar (cuadro 17) que en el peso fresco demostrando que los materiales con mayor tiempo de degradación.

En este caso los que tiene 60 días, presentan un mayor contenido de materia seca, mientras que los que tienen entre 0 días y 30 días, presentaron un menor contenido de materia seca, esto puede atribuirse a una germinación lenta, lo que pudo perjudicar la maduración de la parte aérea ya que se mantuvo menos tiempo en el ensayo, ralentizando la lignificación de sus tejidos, dando como resultado un menor contenido en materia seca. Para el contenido de materia seca radicular estadísticamente todos los tratamientos son iguales.

Cuadro 19. Efecto de los sustratos sobre el contenido de materia seca de la parte aérea completa (%) y raíz (%) a los 60 DDS (trasplante).

PARTE AÉREA						PARTE RADICULAR						
PINO (g)	PINO (%)	EUCALIPTO (g)	EUCALIPTO (%)	ARIPÍN (g)	ARIPÍN (%)	TRATAMIENTO	PINO (g)	PINO (%)	EUCALIPTO (g)	EUCALIPTO (%)	ARIPÍN (g)	ARIPÍN (%)
0.085 ^a	32.44	0.033 ^{abcd}	53.23	0.179 ^{ab}	28.73	(TU100)	0.026 ^a	19.85	0.012 ^a	41.38	0.034 ^{ab}	21.79
0.099 ^a	29.73	0.04 ^{cd}	42.55	0.207 ^{ab}	29.96	(TU85A15)	0.029 ^a	18.35	0.014 ^a	38.88	0.042 ^b	25.3
0.089 ^a	29.67	0.019 ^{ab}	73.08	0.228 ^{ab}	28.91	(TL100D0)	0.033 ^a	17.65	0.009 ^a	69.23	0.04 ^b	14.34
0.083 ^a	29.86	0.018 ^a	45	0.206 ^{ab}	34.11	(TL85A15D0)	0.024 ^a	23.08	0.01 ^a	47.62	0.041 ^b	27.15
0.086 ^a	27.81	0.019 ^{ab}	31.15	0.229 ^{ab}	28.48	(TL100D15)	0.027 ^a	16.88	0.008 ^a	22.22	0.043 ^b	14.29
0.083 ^a	30.97	0.019 ^{ab}	33.33	0.187 ^{ab}	29.26	(TL85A15D15)	0.026 ^a	21.85	0.008 ^a	25.81	0.034 ^{ab}	23.13
0.085 ^a	26.81	0.018 ^a	33.96	0.149 ^a	35.39	(TL100D30)	0.028 ^a	17.72	0.008 ^a	25.81	0.021 ^a	52.5
0.077 ^a	28	0.023 ^{ab}	43.4	0.207 ^{ab}	24.91	(TL85A15D30)	0.022 ^a	14.77	0.01 ^a	37.04	0.041 ^b	15.7
0.103 ^{ab}	28.77	0.023 ^{ab}	44.23	0.176 ^{ab}	25.18	(TL100D45)	0.031 ^a	22.46	0.013 ^a	41.94	0.028 ^{ab}	19.58
0.105 ^{ab}	29.66	0.026 ^{abc}	45.61	0.202 ^{ab}	27.48	(TL85A15D45)	0.032 ^a	15.53	0.008 ^a	15.69	0.037 ^{ab}	24.5
0.105 ^{ab}	29.83	0.034 ^{bcd}	41.98	0.25 ^b	27.72	(TL100D60)	0.031 ^a	15.81	0.012 ^a	27.91	0.04 ^b	22.35
0.128 ^b	31.76	0.42 ^d	45.65	0.198 ^{ab}	24.84	(TL85A15D60)	0.028 ^a	13.53	0.015 ^a	31.91	0.032 ^{ab}	16.58

Medias con la misma letra dentro de columnas son estadísticamente iguales (P<0.05)

La discrepancia entre los valores de peso fresco y peso seco radicular pudo estar relacionada al grado de humedad en el sustrato e hidratación de las raíces al momento de realizar el muestreo destructivo, por lo que el sistema radicular no se desarrolló más ni menos en un determinado sustrato interviniendo únicamente la eficiencia que esta tenga en un sustrato con mejores propiedades, lo que se manifiesta en una diferencia en el peso fresco y contenido de materia seca de la parte aérea. (Santos, D; 2,010).

2.6.3.5. *Relación Tallo/Raíz*

La relación tallo/raíz en base al contenido de materia seca presenta diferencia estadística favoreciendo a los sustratos con mayor tiempo de degradación, los cuales presentaron mayor contenido de materia seca foliar. Los valores más altos de estos tratamientos confirman que los tratamientos con mayor contenido de materia seca son aquellos que iniciaron una germinación rápida permitiendo la maduración del tejido vegetal. Por el contrario, con aquellos cuya germinación fue lenta y des uniforme donde la relación tallo/raíz es inferior a la unidad (cuadro 18).

Cuadro 20. Efecto de los sustratos sobre la relación tallo/raíz 60 DDS (trasplante).

TRATAMIENTO	RELACIÓN TALLO/RAÍZ		
	PINO	EUCALIPTO	ARIPÍN
(TU100)	1.690	1.430	1.190
(TU85A15)	1.600	1.170	1.100
(TL100D0)	1.690	1.100	2.000
(TL85A15D0)	1.290	0.980	1.250
(TL100D15)	1.670	1.170	2.060
(TL85A15D15)	1.410	1.310	1.200
(TL100D30)	1.500	1.360	0.770
(TL85A15D30)	1.950	1.150	1.630
(TL100D45)	1.300	1.080	1.250
(TL85A15D45)	1.940	3.690	1.130
(TL100D60)	1.930	1.480	1.250
(TL85A15D60)	2.390	1.450	1.520

Este comportamiento puede indicar que mientras más lenta es la germinación y el desarrollo foliar, las plántulas se concentran en desarrollar un sistema radicular más consistente. (Santos, 2,010)

Las relaciones T/R superiores a la unidad son indicadores de que la parte aérea supera en contenido de materia seca a la radicular, mientras que valores inferiores a la unidad presentan mayor contenido de materia seca en el área radicular (figura 6).

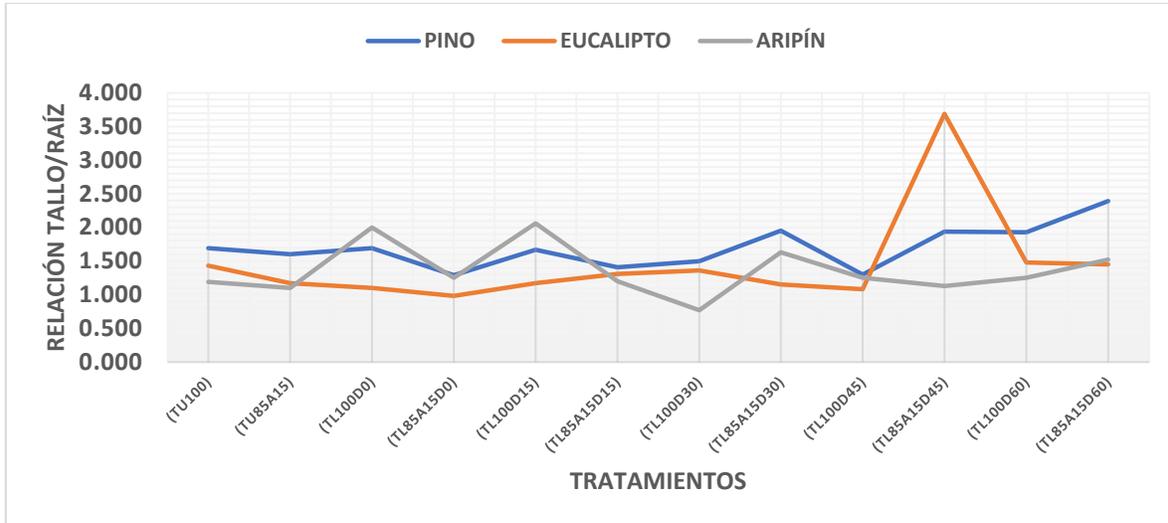


Figura 7. Efecto de los sustratos sobre la relación tallo/raíz en plántulas de Pino, Eucalipto y Aripín.

2.6.4. Análisis económico

2.6.4.1. Estimación del costo de elaboración por kilogramo de sustrato a base de residuos de Tule

El análisis económico de los sustratos se estimó mediante un cuadro de costos de producción para la cantidad de sustrato utilizado en la realización del ensayo, con el objetivo de calcular los indicadores de rentabilidad y relación beneficio costo, los cuales requieren de ingresos mismos que se asumieron de la venta de los sustratos elaborados para el ensayo (cuadro 19).

Cuadro 21. Costo de producción en quetzales (Q.) estimado para la elaboración de los sustratos.

	UNIDAD DE MEDIDA	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO (Q.)	SUB-TOTALES (Q.)	TOTALES (Q.)
I. Costos Directos					10.6
1. Combustible					
a. Molino de martillo	galón	0.5	21.19	10.6	
2. Mano de obra					200
a. Extracción de Typha	jornal	1	50	50	
b. Picado	jornal	1	50	50	
d. Compostaje	jornal	2	50	100	
				Costo Total	210.6

El costo estimado por L de sustrato fue de Q. 0.35 (cuadro 20), mientras que un L de sustrato de turba de *Sphagnum* tiene un costo de Q. 1.40 existiendo una diferencia de Q. 1.05. es decir que un L de turba es Q. 1.05 más costoso que un L de sustrato de Tule. El costo por L de turba se estimó según el precio de un fardo equivalente a 300 L, con un costo de Q. 215.00 a la fecha de terminar el ensayo.

Cuadro 22. Costo en quetzales estimado por L de sustrato.

Costo total de elaboración (Q.)	210.6
Cantidad total de sustrato (Kg)	600
Costo por L (Q.)	0.35

En total se utilizaron 600 L de Tule, 120 L fueron sin degradar, 120 L con 15 días de degradación, 120 L con 30 días de degradación, 120 L con 45 días de degradación y 120 L más con 60 días de degradación (cuadro 21).

Cuadro 23. Cantidad en litros de sustrato elaborado para los distintos tratamientos evaluados.

TIEMPO DE DEGRADACIÓN (días)	CANTIDAD (L)
Sin degradar	120
15 días de degradación	120
30 días de degradación	120
45 días de degradación	120
60 días de degradación	120

Para estimar los ingresos que se obtendrían al vender el sustrato elaborado, se asumió un precio de venta menor al de un L de turba, asignando un precio de Q. 1.00 por L de sustrato elaborado.

Cuadro 24. Ingresos brutos estimados por la venta de los sustratos elaborados a base de residuos de *Typha domingensis* Person.

Descripción del producto	Cantidad (L)	Precio Unitario de venta/L (Q.)	Total de ingreso (Q.)
Sustrato a base de <i>Typha domingensis</i> Person.	600	1	600

El valor de la rentabilidad calculada es muy bueno debido a que su valor es mayor al 100 % indicando que este proyecto es factible.

La relación beneficio costo supera la unidad (cuadro 23), lo cual indica que se obtienen beneficios con la utilización de este material, indicando que se obtienen Q. 1.85 de utilidades por cada quetzal que se invierte en la elaboración de sustrato a base de *Typha domingensis* Person.

Cuadro 25. Estimación de los indicadores de rentabilidad y relación beneficio costo para los sustratos elaborados a base de *Typha domingensis* Person.

Ingreso Bruto	600
Costo Total	210.6
Ingreso Neto	389.4
Rentabilidad	Relación B/C
185 %	1.85

Se puede decir que al utilizar sustrato a base de *Typha*, se aprovechan recursos locales alternativos y con esto se puede ir sustituyendo gradualmente la turba de *Sphagnum* (Peat moss).

2.7. CONCLUSIONES

1. Las treinta y seis combinaciones de residuos de *Typha domingensis* Person y arena pómez presentaron propiedades físicas y químicas muy parecidas entre sí, destacando de manera general los residuos degradados en 60 días y con la combinación de 15 % de arena TL85A15D60, siendo este sustrato el que presentó mejores resultados en todas las variables evaluadas durante el crecimiento vegetativo del cultivo superando a los tratamientos testigos.
2. Económicamente el sustrato elaborado a base de *Typha domingensis* Person son cincuenta y un centavos más baratos por cada L, que la turba de *Sphagnum*, por lo cual puede ser utilizado como una alternativa obteniéndose mejores plántulas de especies forestales en el sustrato con 60 días de degradación combinado con 15 % de arena pómez.
3. Con los resultados obtenidos se demuestra que el manejo y aprovechamiento correcto de *Typha domingensis* Person, constituye una alternativa promisorias para su transformación en sustrato, para la producción de plántulas en pilón, en sustitución de la turba importada.
4. El estudio de *Typha domingensis* Person permitió generar información para las condiciones propias de Guatemala y así recomendar estrategias de manejo para este recurso, promoviendo la conciencia ecológica de las personas, para lograr armonía con el ambiente evitando su contaminación.
5. Finalmente, con esta innovación tecnológica se sientan las bases para desarrollar y producir sustrato a base de *Typha domingensis* Person en pequeña y mediana escala.

2.8. RECOMENDACIONES

1. Se recomienda evaluar porcentajes mayores y menores al 15 % de arena pómez para determinar el efecto en la densidad aparente y en la capacidad de aireación de los sustratos elaborados con residuos de *Typha*.
2. Se recomienda sumergir los sustratos a base de *Typha domingensis* Person en agua hirviendo durante 20 min, con el fin de esterilizarlo, esto evitará que crezcan malezas durante más de un mes.
3. Se recomienda utilizar el sustrato a base de residuos de *Typha domingensis* Person en cultivos hortícolas para enriquecer la información obtenida del sustrato.
4. Se recomienda probar el sustrato en diferentes condiciones ambientales para evaluar la respuesta agronómica de las especies forestales.

2.9. BIBLIOGRAFÍA

- (1) Abad, M. (1,993). *Sustratos: Características y propiedades*. En: F. Cánovas y J.R. Díaz. (ed.). *Cultivos sin suelo*. Almería, España: Instituto de Estudios Almerienses / Fédération Internationale des Association de Personnes Âgées (FIAPA). pp. 47-62.
- (2) Abad, M; Noguera, P; Noguera, V. (1,996). *Turbas para semilleros*. En Jornadas sobre semillas y semilleros hortícolas (2, 1996, España); Congreso y jornadas, 35/96. Sevilla, España, Junta de Andalucía, Consejería de Agricultura y Pesca. p. 79-101.
- (3) Ansonera, J; (1,994). *Sustratos: Propiedades y caracterización*. Madrid, España: Mundi-Prensa. 172 p.
- (4) Asaeda, T., *et al.* (2005). Latitudinal characteristics of below- and aboveground biomass of *Typha*: A modelling approach. *Annals of Botany*, 96(2), 299-312.
- (5) Bonilla Barbosa, J. R., Araúz, B. S. (2,012). *Flora del bajío y de regiones adyacentes*. México: Universidad Autónoma del Estado de Morelos. 13 p.
- (6) Búres, S. (1,997). *Sustratos*. Madrid, España: Aerotécnicas. 342 p.
- (7) _____. (1,999). *Introducción a los sustratos; aspectos generales*. (p. 19-46). En: *Tecnología de sustratos: su aplicación a la producción viverística ornamental, hortícola y forestal*. J.N. Pastor S. (ed.). España: Universidad de Lleida.
- (8) Calderón Muller, K. E. (2,004). *Evaluación de sustratos para la producción de plántulas de tomate (*Lycopersicum esculentum* híbrido Elios) en recipientes, bajo condiciones de invernadero*. Tesis Ing. Agr. Guatemala, USAC. 68 p.

- (9) Castro Reinoso, E. V. (1,998). *Evaluación de sustratos para semillero de chile pimiento (Capsicum annum L.) en bandejas plásticas para trasplante en pilón, Cobán, Guatemala*. Tesis Ing. Agr. Cobán, Guatemala, USAC, CUNOR. 56 p.
- (10) Coll I Llorens, M. (2,005). Tipos de sustratos en viveros. *Revista Extra*, p. 74-75.
- (11) Cordón Sosa, E. N. (1,991). *Levantamiento detallado de suelos del Centro Experimental Docente de la Facultad de Agronomía de la Universidad de San Carlos de Guatemala*. Tesis Ing. Agr. Guatemala, USAC. 137 p.
- (12) De Boodt, M., O. Verdonck, E I., & Cappaert. (1,974). Method for measuring the water release curve of organic substrates. *Acta Hort.* 37:2054-2062.
- (13) Drogue De Velásquez, E. (1,997). *Evaluación de cinco sustratos para la realización de semilleros de tomate (Lycopersicum esculentum var. Roma Gigante), en bandejas de plástico para trasplante en pilón*. (Tesis Ing. Agr.). Universidad de San Carlos de Guatemala, Centro Universitario del Norte, CUNOR. 42 p.
- (14) Earl, J. S. (2,004). *Typha angustifolia: 1. Narrow Leaf Cattail*. Available from: <http://www.rook.org/earl/bwca/nature/aquatics/typhaan.html>.
- (15) Euclides M., Gonzales E. (2,015). Typha angustifolia L. evaluada como sustrato sólido orgánico natural para biorremediar agua subterránea contaminada con nitrato. *Revista I+D Tecnológico*, 11(1), 54 p. Obtenido de <http://revistas.utp.ac.pa/index.php/id-tecnologico/article/view/18>
- (16) García, M.; Escobar, I.; Urrestarazu, M.; Guzmán, M; Salas, M. C. (1,997). Evaluación de diferentes parámetros en cultivo de perlita para distintas especies hortícolas en invernadero. *Actas de Horticultura*, 18, 519-525.

- (17) Gonzáles Sotz, B. E. (2,004). Evaluación de seis mezclas de sustratos para la producción de plántulas de brócoli (*Brassica oleracea* var itálica) en pilón, en la aldea Despoblado, Camotán, Chiquimula, Guatemala. Tesis Ing. Agr. Guatemala, USAC, Facultad de Agronomía. 35
- (18) IGN (Instituto Geográfico Nacional, Guatemala). (1,966). *Mapa topográfico de la república de Guatemala; Hoja San Pedro Ayanpuc, no. 2169-III*. Guatemala. Esc. 1:50,000. Color.
- (19) Koranski, D. S. (2,004). *Recomendaciones generales para producción de plántulas* (en línea). Estados Unidos. Consultado 19 julio 2,017. Disponible en <http://www.faxsa.com.mx/submen01.htm>
- (20) Labastille, A. (1,974). *Ecología y manejo de los patos de Atitlán*. Guatemala, Wild Life Soc. p. 37-66
- (21) Marchorro Ponce, M. R. (1,999). *Evaluación de siete sustratos para el trasplante en pilón de lechuga (Lactuca sativa var Salinas)*. Guatemala. Tesis Ing. Agr. Guatemala, USAC, CUNOR. 56 p.
- (22) MAGA (Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación, Guatemala.) (2,000). *Mapas temáticos digitales de Guatemala, a escala 1: 250,000*. Guatemala. 1 CD.
- (23) Masaguer, A; López, M. C.; Ruiz, J. (2,006). *Producción de planta ornamental en contenedor con sustratos alternativos a la turba*. Madrid, España: Consejería de Economía e Innovación Tecnológica. 169 p.
- (24) Meréles H., M. F. (2,006). La diversidad, los usos y la conservación de las especies vegetales de los humedales en Paraguay. *Periódico Rojasiana.*, 7, 171-185.

- (25) Molina, N. (1,999). *Experiencia de metrocompost en la producción de sustratos orgánicos mediante compostaje*. En: Tecnología de sustratos. Aplicación a la producción viverística ornamental, hortícola y forestal. (pp. 161-175). España: Universidad de Lleida.
- (26) National Academy of Sciences, USA. 1,976. *Uso de plantas acuáticas en los países en desarrollo*. Washington, EE.UU. p. 99-107
- (27) Noguera, P.; Abad, M.; & Puchades, R; (2,000). *Caracterización y evaluación agronómica del residuo de fibra de coco: un nuevo material para el cultivo en sustrato*. (Tesis Doctoral). Universidad Politécnica de Valencia: España.
- (28) Pagés, M.; Matallana, A. (1,984). Caracterización de las propiedades físicas en los sustratos empleados en horticultura ornamental. *Comunicación I.N.I.A. Serie: Producción Vegetal* no. 61.
- (29) Pastor, J. (1,999). Utilización de sustratos en viveros - use of growing mediums in the nursery production. *Revista Terra*, 17(3), 231-235.
- (30) Pastor, N. (1,999). *Tecnología de sustratos. Aplicación a la producción viverística ornamental, hortícola y forestal*. España: Universidad de Lleida. pp. 193.
- (31) Petit, F. (2,000). *Cultivo en fibra de coco*. En: Manual de cultivo sin suelo. (2 ed.). Almería, España: Servicio de Publicaciones de la Universidad de Almería / Mundi-Prensa. pp. 516-536.
- (32) Picón Canahuí, R. C. (2,011). *Evaluación de sustratos alternativos para la producción de pilones del cultivo de tomate *Lycopersicon esculentum* Mill., en los municipios de Esquipulas y Chiquimula, departamento de Chiquimula, Guatemala 2,011*. Tesis Ing. Agr. USAC, CUNOR: Chiquimula, Guatemala. p.127

- (33) Puustjärvi, V. (1,994). *La turba y su manejo en la horticultura*. España: Ediciones de Horticultura. pp. 125.
- (34) Rojas, A; Orellana, R; Sotomayor, F; & Varnero, M. (2,005). Fitotoxicidad de extractos de residuos orgánicos y su efecto sobre el índice de germinación de rabanito y pepino. *Revista de la Ciencia del Suelo y Nutrición Vegetal* 5(2), 61-66.
- (35) Rueda, J. (2,005). *Principios del diseño experimental*. Bogotá, Colombia: UNCM. p.14.
- (36) Salas, M.C.; Urrestarazu, M.; (2,000). *Métodos de riego y fertirrigación en cultivo sin suelo*. En: Manual de cultivo sin suelo. (2 ed.). España: Servicio de Publicaciones de la Universidad de Almería / Mundi-Prensa. pp. 185-253.
- (37) Santos Castillo, I.D., Camejo Borreiro, L.E. (2,010). La descontaminación de las aguas del Lago Izabal en Guatemala a través de la extracción de la planta *Hydrilla verticillata* (L.F) Royle y su uso como sustrato alternativo para la producción de plántulas de chile pimiento en invernadero. *Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias*, 19(4), 43-52.
- (38) Standley, P; Steyermark, J. 1,958-1,962. Flora de Guatemala. Guatemala, Chicago Natural History Museum, Fieldiana Botany, v.24, pt. 1, p. 64,67 y 180.
- (39) Tiquia, S. M. (2,000). Evaluating phytotoxicity of pig manure from the pig on litter system. En Warman, PR y Taylor, BR (eds.). Proceedings of the international composting symposium (2000, NS). Truro, Suiza, Secretaria de la Conversión Ramsar. p. 625-647.
- (40) Valle Barrientos, C. I. (2,009). *Aprovechamiento del jacinto acuático de la planta de tratamiento "ing. Arturo pazos sosa" para la producción de abono orgánico*. Tesis Ing. Agr. Guatemala, Guatemala, USAC, Facultad de Agronomía. 78 p.

2.10. ANEXOS

2.10.1. Fotografías del proceso.



Figura 8A. Hábitat de la especie *Typha domingensis* Person



Figura 9A. Colecta de material en la planta de tratamiento de aguas residuales "wetland".



Figura 10A. Material seco listo para ser procesado por el Molino de Martillo.



Figura 11A. Material molido, listo para comenzar proceso de degradación.



Figura 12A. Inicio del proceso de degradación del material.



Figura 13A. (De izquierda a derecha) Material a los 15 días, 30 días, 45 días y 60 días.



Figura 14A. Llenado y siembra de bandejas para evaluar los tratamientos a utilizar.



Figura 15A. Identificado de las bandejas, por tratamiento, repetición y especie forestal.



Figura 16A. Plántulas de *Pinus oocarpa* a los 18 días dds



Figura 17A. Plántulas de *Eucalyptus citriodora* a los 18 días dds.



Figura 18A. Plántulas de *Caesalpinia velutina* a los 18 días dds.



CAPÍTULO III: SERVICIOS

Descripción de los servicios realizados en el área de Agrobosques, dentro de la finca San Miguel, ubicada en el Municipio de Sanarate, Departamento del Progreso, Guatemala

3.1. PRESENTACIÓN

La Finca San Miguel se encuentra ubicada en el municipio de Sanarate, departamento El Progreso, a 45 km de la Ciudad de Guatemala sobre la ruta CA 9 Norte; dentro de la planta productora de Clinker y cemento San Miguel. El presente trabajo tiene como objetivo desarrollar los servicios seleccionados para proporcionar apoyo a la finca y al mismo tiempo contribuir con la solución de ellos.

Agrobosques cuenta con dos unidades productivas, generando en cada una de ellas actividades tanto administrativas como agroforestales, en los meses de febrero y marzo de 2016 se realizó un diagnóstico en las áreas de vivero y compostaje, donde se pudo detectar una serie de problemas que afectan el desarrollo productivo de manera eficaz.

A continuación, se presentan los dos servicios realizados: “Elaboración de un sustrato alternativo a base de residuos de Tule (*Typha domingensis* Person) para la producción de plántulas de especies forestales y “Manejo de las colecciones de herbario sobre los estudios florísticos de las fincas La Pedrera y San Gabriel”.

3.2. EJECUCIÓN

3.2.1. Servicio 1.

“Degradación de residuos de tule (*Typha domingensis* Person), para la elaboración de un sustrato alternativo a la turba de *Sphagnum* (PEAT MOSS) para la producción de especies forestales”.

3.2.1.1. Problema

A raíz de los elevados costos para la elaboración de semilleros o almácigos de especies forestales utilizando como sustrato la turba, la cual es exportada de países extranjeros, se pretende tener productos alternativos y disponibles en el medio nacional, es por ello que se busca utilizar los residuos de tule, obtenidos en gran cantidad, ya que crece a orillas de una planta de tratamiento de aguas “wetland” produciendo más de 200 kg mensualmente, para la elaboración de un sustrato alternativo, el cual presente las características físicas, químicas y biológicas apropiadas para la producción de plántulas de especies forestales, así como también, elaborar un sustrato más accesible económicamente y que se presenta como un recurso natural dentro de la empresa, por lo cual, se observa una gran oportunidad, ya que con esto se reduciría considerablemente los costos en la producción de especies forestales en semilleros o almácigos para el vivero forestal.

3.2.1.2. Objetivos

1. Degradar los residuos de tule (*Typha domingensis* Pearson) para la elaboración de un sustrato alternativo a la turba de *Sphagnum* (PEAT MOSS) en la producción de plántulas de especies forestales.
2. Caracterizar las propiedades físicas, químicas del sustrato a base de residuos de tule a los 0 días, 15 días, 30 días, 45 días y 60 días para la producción de especies forestales.

3.2.1.3. Metodología

La metodología se realizó de la siguiente manera: La fase de campo, consistió en tres etapas; 1) la colecta y el transporte de la planta (*Typha domingensis* Person); 2) el corte y molido del material y 3) la degradación del material en un total de 60 días. Cada una de las etapas se describe a continuación:

3.2.1.3.1. Fase de campo

ETAPA 1. Colecta y transporte de residuos de tule.

Se colectaron los residuos de tule dentro de la planta de tratamiento de aguas residuales “wetland”, la cual se realizó con el equipo adecuado (trajes) para la remoción de esta planta. La biomasa se transportó en vehículo (camión) desde el “wetland” hacia el área de compostaje de Agrobosques.

ETAPA 2. Corte y molido del material colectado de tule.

Consistió en moler, triturar y destrozarse los residuos de tule por medio de un molino, con una serie de martillos rotativos que impactarán sobre el material vegetal repetidamente utilizando la parte aérea de la planta, esto se efectuó para obtener el tamaño de partícula adecuado para la degradación del material.

- Molienda del material

Se procedió a la molienda del material vegetal, a través de un molino de martillos para obtener una granulometría con un tamaño comprendido entre 0.5 mm y 10 mm de grosor, lo más fino posible para favorecer la degradación y descomposición de los residuos.

ETAPA 3. Degradación del material de tule.

Luego de haber cortado y tamizado el material, se continuó con la etapa de degradación, esto se realizó en un tiempo total de 60 días, evaluando el sustrato a al final de los 60 días, utilizando el método de tratamiento al aire libre en pilas o montones. Se utilizaron 30 cubetas de 20 L de este material debidamente secado, molido y degradado.

- Degradación y descomposición de residuos de tule.

Para la degradación, los residuos se colocaron sobre un plástico de polietileno negro, regándose hasta humedecerlo completamente, repitiendo los riegos cada dos semanas y volteando el material semanalmente. Se cubrió con plástico de polietileno color negro para favorecer el aumento de la temperatura y humedad. Se estimó la humedad con la prueba del puñado manteniéndola en valores de 50 % al 65 %. La temperatura se estimó con un termómetro de manera que ésta no sobrepase los 65 °C, debido a que por encima de esta temperatura los microorganismos benéficos morirán.

- Tamizado del material degradado

A los 15 días, 30 días y 45 días antes de utilizar el material se realizó un tamizado, hasta obtener la cantidad necesaria de un tamaño homogéneo. El producto obtenido se conservó en bolsas plásticas, para posteriormente realizar los análisis químicos y biológicos. Estos análisis se desarrollaron en el laboratorio de análisis de suelo y agua de la Facultad de Agronomía de la Universidad de San Carlos de Guatemala.

3.2.1.4. Resultados

Cuadro 26. Análisis sobre la relación C/N de la planta de tule.

IDENTIFICACIÓN	%		C/N
	C.O.	N	
M-1	53.2	1.44	36.9:1

Como se puede observar en la tabla 1 el análisis indicó que la relación C/N fue de 36.9:1. Según revisión bibliográfica, el material presenta una relación baja con respecto a otros materiales vegetales como la paja de caña (49:1), cascarilla de arroz (61.1), o paja de maíz (312:1). Aunque esto no quiere decir que la degradación del material se rápida ya que el material presenta gran cantidad de fibra tal y como se observa en la figura 19 y 20.



Figura 19. Corte transversal de tule.

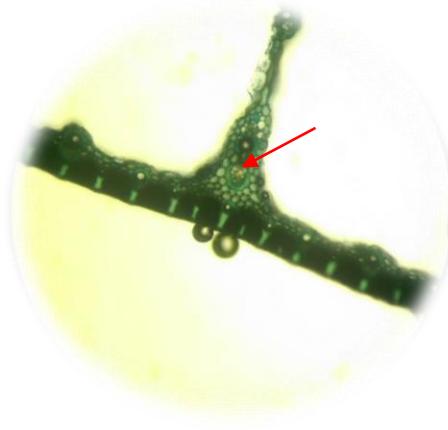


Figura 20. Corte longitudinal de tule.

ETAPA 1. Colecta y transporte de residuos de tule (*Typha domingensis* Person.)

En los meses de mayo a julio se colectó una gran cantidad de biomasa de tule (más de 500 kg), se colocó bajo el sol para que perdiera la mayor cantidad de humedad y facilitara su manipulación y molienda del material.

ETAPA 2. Corte del material colectado de tule (*Typha domingensis* Person.)

Se procesó por medio de una picadora de zacate (figura 21), con el fin de realizar algunas pruebas preliminares sobre el tamaño de partícula a utilizar (figura 22).



Figura 21. Picadora de zacate utilizada para el tule.



Figura 22. Material picado de tule.

La partícula obtenida fue demasiado grande para el proceso de degradación, ya que, a mayor tamaño de partícula obtenido, mayor será el tiempo de degradación de este, además, al reducir el tamaño pasándolo por el molino, este se atascaba, por lo que se optó moler el material en seco, sin picarlo antes y así obtener un material de mejor tamaño de partícula.

En la figura 23 se muestra el material molido obteniendo un tamaño de partícula de entre 7 mm a 12 mm, adecuado para que el proceso de degradación fuera más rápido.



Figura 23. Tule molido listo para proceso de degradación.

En total, se obtuvo diez bolsas de seis cubetas de veinte litros cada una, para un total de 600 L de material molido de tule (figura 24), con ello dio inicio al proceso de degradación con una duración de 60 días.



Figura 24. Total del material molido de tule a utilizar (10 bolsas).

En el transcurso de los 60 días, se realizaron tomas de temperatura y humedad como se puede observar en el cuadro 27. La temperatura y humedad se mantuvo en los niveles adecuados para un buen proceso de degradación del material a excepción del día 14 de septiembre, ya que al aplicarle riego se humedeció demasiado, haciendo que descendiera la temperatura, interrumpiendo el proceso de degradación, por lo que se tomó la decisión de ponerlo a secar bajo el sol durante 5 días hasta que la humedad fue la adecuada.

Luego de los 60 días, se realizó una prueba de germinación en el sustrato de tule a los 0, 15, 30, 45 y 60 días, llenando 5 bandejas de 40 cavidades respectivamente, utilizando semilla de pino *oocarpa*, colocando dos semillas por cavidad, para un total de 400 semillas por cavidad. Estas fueron cubiertas con arena blanca para protección y mantenimiento de la humedad. (Figura 25)

La siembra se realizó el 02 de noviembre, a los siete días después inició la germinación con un total del 26 % de plantas germinadas, siete días después se realizó el segundo conteo con un porcentaje de germinación del 87 % (Figura 26).

Cuadro 27. Toma de temperatura y humedad del material

#	FECHA	HORA	TEMPERATURA	HUMEDAD
1	02-sep-16	7:30	38°	65%
2	06-sep-16	8:15	43°	58%
3	09-sep-16	7:10	40°	55%
4	14-sep-16	7:08	32°	85%
5	20-sep-16	7:45	28°	-
6	27-sep-16	7:05	52°	60%
7	04-oct-16	8:20	55°	57%
8	12-oct-16	7:10	51°	55%
9	18-oct-16	7:51	47.1°	50%
10	25-oct-16	8:56	43.3°	48%
11	02-nov-16	7:50	38.6°	45%



Figura 25. Siembra de pino oocarpa utilizando sustrato de tulle a los 0, 15,30,45 y 60 días (Arriba hacia abajo).

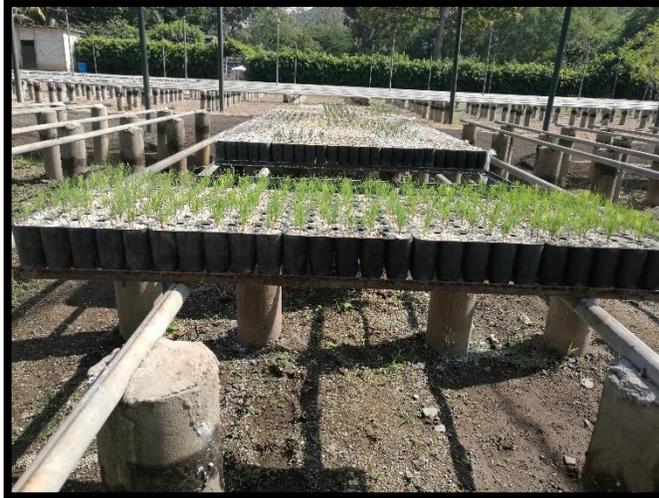


Figura 26. Siembra de Pino oocarpa utilizando sustrato de tule a los 0,15,30,45 y 60 días un mes después (Derecha hacia izquierda).

Por último, se realizaron los análisis fisicoquímicos a cada sustrato, dando como resultado lo que se muestra a continuación en el cuadro 28.

Cuadro 28. Valores de M.O, porcentaje de nitrógeno total y relación C/N de los sustratos sometidos a degradación.

TRATAMIENTO	M.O	%	C/N
	%	N	
(0 días)	42.65	1.44	36.9:1
(15 días)	67.23	1.78	21.9:1
(30 días)	62.51	2.36	14.7;1
(45 días)	66.80	2.80	12.1:1
(60 días)	69.27	2.36	12.4:1
TC (Turba)	63.92	0.73	68.1:1
Nivel Óptimo	(50-60)	(1-2)	(20-40:1)

La relación carbono nitrógeno se encuentra adecuada para las muestras sin proceso de degradación (TC (turba) y (0 días)), reduciéndose considerablemente en los tratamientos sometidos a degradación, lo cual indica una mayor estabilidad del material, debido a su origen, el carbono está presente en formas no resistentes a la degradación. Se destaca la relación C/N del sustrato control, influida igual que la materia orgánica, por la naturaleza del material presentado en ambas propiedades los valores más altos.

Con relación al pH, todos los tratamientos presentan valores superiores a 7. Esto es importante, ya que la mayoría de los nutrientes mantienen su máximo nivel de asimilabilidad en pH entre 5 y 6.5. Este comportamiento puede deberse al origen del material, ya que, al encontrarse en una planta de tratamiento de aguas residuales, la planta absorbe los sedimentos acuáticos (Cuadro 29).

Cuadro 29. Valores de pH y conductividad eléctrica (CE,dS/m) de los sustratos sometidos a degradación y sin mezcla con arena pómez.

TRATAMIENTO	pH	C.E
		dS/m
(0 días)	-	-
(15 días)	-	6.81
(30 días)	8.00	7.54
(45 días)	7.90	9.16
(60 días)	8.10	9.54
TC (Turba)	5.90	3.00
Nivel Óptimo	(5.2-6.3)	(0.75-3.49)

Puede notarse que los valores de pH van aumentando conforme se da el proceso de degradación, donde los nutrientes pasan de forma orgánica a mineral. El pH del material control se encuentra en los rangos adecuados, sin embargo, los pH alcalinos del resto de muestras no tienen efecto negativo sobre la germinación y desarrollo de las plantas, esto puede corresponder a la naturaleza orgánica de los sustratos presentando una mayor capacidad tampón.

Los niveles de nutrientes menores se encuentran en los rangos en los rangos óptimos (cuadro 30), principalmente Zn y Mn excepto la muestra control, el cual todas sus concentraciones en todos los nutrientes están muy por encima de los niveles óptimos (cuadro 31).

Cuadro 30. Concentración de nutrientes disponibles expresada en ppm.

TRATAMIENTO	ppm		meq/100g	
	P	K	Ca	Mg
(0 días)	0.52	1.62	2.18	0.20
(15 días)	0.23	1.19	2.19	0.19
(30 días)	0.24	1.38	2.88	0.20
(45 días)	0.28	1.69	3.19	0.21
(60 días)	0.29	1.63	3.44	0.24
TC (Turba)	1.18	1.44	14.19	1.90
Nivel Óptimo	(0.6-1)	(1.5-2.5)	(> 2)	(> 0.7)

Cuadro 31. Concentraciones de nutrientes menores disponibles expresada en ppm.

TRATAMIENTO	ppm			
	Cu	Zn	Fe	Mn
(0 días)	0.50	2.50	1.75	2.20
(15 días)	0.50	3.00	3.95	1.75
(30 días)	1.00	3.00	3.75	1.75
(45 días)	1.00	3.00	4.30	1.90
(60 días)	1.50	3.00	3.90	1.95
TC (Turba)	1.50	24.00	115.50	58.50
Nivel Óptimo	(0.001-0.5)	(0.3-3.0)	(0.3-3.0)	(0.02-3.0)

Se distinguen los altos valores de hierro y cobre con concentraciones de hasta 4.30 ppm y 1.5 ppm respectivamente, esto puede estar relacionado al origen del material, debido a que proviene de aguas contaminadas por lo mismo los niveles de calcio se encuentran para la mayoría de las muestras en forma elevada.

La muestra de los 45 días fue el que menor porcentaje de germinación reportó, esto se vio marcado por una velocidad inicial de germinación muy lenta mantenida en el tiempo, ello puede apreciarse en el cuadro 32 de las curvas de germinación, lo que puede atribuirse a la alta densidad del sustrato, a la baja capacidad de aireación o al alto contenido de humedad del sustrato. Este presenta una densidad del 0.428 gr/cm^3 .

Cuadro 32. Efecto de los sustratos de producción sobre el porcentaje de germinación acumulada en plántulas en pilón de (*P. oocarpa*)

TRATAMIENTO	DÍAS DESPUÉS DE SIEMBRA							% GERMINACION
	7	15	18	20	22	24	30	
(0 días)	15	72	72	74	74	74	74	91%
(15 días)	13	64	68	72	72	72	72	
(30 días)	30	66	72	72	72	72	72	
(45 días)	17	25	33	57	68	71	71	
(60 días)	25	72	74	76	76	76	76	
TC (Turba)	30	66	73	73	73	73	73	
TOTAL	130	365	392	424	435	438	438	

3.2.1.5. Conclusiones

- Se puede utilizar la especie *Typha domingensis* Person como sustrato para la producción de pilones en sustitución de la turba de *Sphagnum* (PEAT MOSS), reduciendo el costo en importaciones de sustrato.
- La mejor muestra para sustituir a la turba fue *Typha domingensis* degradada en 60 días.

3.2.1.6. Bibliografía

- (1) Abad, M. (1993). *Sustratos: Características y propiedades*. In F. Cánovas y J.R. Díaz. (ed.). Cultivos sin suelo. Almería, España: Instituto de Estudios Almerienses / Fédération Internationale des Association de Personnes Âgées (FIAPA). p. 47- 62.
- (2) Abad, M., Noguera, P., & Noguera, V. (1996). *Turbas para semilleros*. In Jornadas sobre semillas y semilleros hortícolas (2., 1996, España). Congreso y jornadas, 35/96. Sevilla, España: Junta de Andalucía, Consejería de Agricultura y Pesca. p. 79-101.

- (3) Búres, S. (1997). *Sustratos*. Madrid, España: Aerotécnicas. 342 p.
- (4) _____. (1999). *Introducción a los sustratos; aspectos generales*. (p. 19-46). In *Tecnología de sustratos: su aplicación a la producción viverística ornamental, hortícola y forestal*. J.N. Pastor S. (ed.). España: Universidad de Lleida.
- (5) Coll i Llorens, M. (2005). Tipos de sustratos en viveros. *Horticultura Internacional*, no. Extra 1, 74-75. Recuperado de https://www.mapa.gob.es/ministerio/pags/biblioteca/revistas/pdf_hortint/hortint_2005_E_74_75.pdf
- (6) Drogue De Velásquez, E. (1997). *Evaluación de cinco sustratos para la realización de semilleros de tomate (Lycopersicum esculentum var. Roma Gigante), en bandejas de plástico para trasplante en pilón*. (Tesis Ing. Agr.). Universidad de San Carlos de Guatemala, Centro Universitario del Norte (CUNOR): Guatemala, Cobán. 42 p.
- (7) Euclides M., Gonzales, E. (2015). Typha angustifolia L. evaluada como sustrato sólido orgánico natural para biorremediar agua subterránea contaminada con nitrato. *Revista I+D Tecnológico*, 11(1), 54. Recuperado de <http://revistas.utp.ac.pa/index.php/id-tecnologico/article/view/18>
- (8) Koranski, D. S. (2004). *Recomendaciones generales BallSeed para producción de plántulas* (en línea). México: FAX. Consultado 19 jul. 2017. Disponible en <http://www.faxsa.com.mx/submen01.htm>
- (9) Labastille, A. (1974). *Ecología y manejo de los patos de Atitlán*. Guatemala: Wild Life Soc. p. 37-66.
- (10) Masaguer, A., López, M. C., & Ruiz, J. (2006). *Producción de planta ornamental en contenedor con sustratos alternativos a la turba*. Madrid, España: Consejería de Economía e Innovación Tecnológica. 169 p.

- (11) Meréles H., M. F. (2006). La diversidad, los usos y la conservación de las especies vegetales de los humedales en Paraguay. *Periódico Rojasiana*, 7, 171-185.
- (12) National Academy of Sciences (NAS). (1976). *Uso de plantas acuáticas en los países en desarrollo*. Washington, EE.UU. p. 99-107.
- (13) Pastor, J. (1999). Utilización de sustratos en viveros - use of growing mediums in the nursery production. *Revista Terra*, 17(3), 231-235.
- (14) Picón Canahuí, R. C. (2011). *Evaluación de sustratos alternativos para la producción de pilones del cultivo de tomate *Lycopersicon esculentum* Mill., en los municipios de Esquipulas y Chiquimula, departamento de Chiquimula, Guatemala 2,011*. (Tesis Ing. Agr.). Universidad de San Carlos de Guatemala, Centro Universitario del Norte (CUNOR): Guatemala, Cobán p. 127.
- (15) Rueda, J. (2005). *Principios del diseño experimental*. Bogotá, Colombia: Universidad Nacional de Colombia, Departamento de Matemática. p. 14.
- (16) Santos Castillo, I. D., & Camejo Borreiro, L. E. (2010). La descontaminación de las aguas del Lago Izabal en Guatemala a través de la extracción de la planta *Hydrilla verticillata* (L.F) Royle y su uso como sustrato alternativo para la producción de plántulas de chile pimiento en invernadero. *Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias*, 19(4), 43-52. Recuperado de <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=93215932008>
- (17) Standley, P., & Steyermark, J. (1958-1962). *Flora de Guatemala*. Chicago, USA: Chicago Natural History Museum, Fieldiana Botany, v. 24, pt. 1, p. 64,67 y 180.
- (18) Valle Barrientos, C. I. (2009). *Aprovechamiento del jacinto acuático de la planta de tratamiento "Ing. Arturo Pazos Sosa" para la producción de abono orgánico*. (Tesis Ing. Agr.). Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Agronomía: Guatemala. 78 p.

3.2.2. Servicio 2.

“Manejo de las colecciones de herbario sobre los estudios florísticos de las fincas La Pedrera y San Gabriel”.

3.2.2.1. Problemática

Documentar la diversidad florística de las fincas La Pedrera y San Gabriel es importante para su manejo y debido a que Agrobosques no cuenta con un herbario propio ni con un botánico especialista, los especímenes recolectados en las fincas La Pedrera y San Gabriel no tendrían el manejo adecuado para su preservación, por lo que fueron trasladados al herbario BIGU, de la Escuela de Biología, para su determinación y registro.

3.2.2.2. Objetivos

- Determinar, manejar y preservar los especímenes colectados en los estudios florísticos realizados a las fincas La Pedrera y San Miguel.
- Realizar un conteo de las especies colectadas en las fincas La Pedrera y San Gabriel.

3.2.2.3. Metodología

La metodología constó de cinco etapas; E1: Recolección, E2: Secado de especímenes, E3: Montaje, E4: Identificado y Etiquetado, por último, E5: Registro

Cada una de las etapas se describe a continuación:

3.2.2.3.1. Recolección

Esta es la etapa de campo donde se seleccionaron puntos específicos para realizar la recolección de material vegetal en floración. Para el caso se usó el siguiente equipo con el que se trabaja, siendo este: prensa, secador, cartones corrugados, periódico, tijeras de podar, libreta de notas de bolsillo, lapicero o lápiz, cuerda, altímetro, GPS y vehículo. Se colectaron por lo menos 3 muestras de cada especie, identificándola en la libreta de campo con un número de colecta (el mismo para ambos especímenes), además se tomaron las coordenadas del lugar y la descripción del hábitat para no olvidar detalle alguno.

3.2.2.3.2. Secado

El secado se realizó por medio del prensado y deshidratado rápido aplicando calor a los especímenes recién recolectados con el fin de preservar las estructuras de las plantas que permitan su identificación; estos ejemplares fueron mantenidos en papel absorbente (periódico) y colocados entre dos cartones corrugados, siendo estos del mismo tamaño para su fácil manipulación. Los especímenes se dejaron dentro de la secadora durante 3 días o más, dependiendo de la consistencia de cada especie.

3.2.2.3.3. Montaje

El montaje consistió en adherir la planta seca a una cartulina o formato especial, con el fin de asegurar su preservación. El espécimen se pegó con goma, cuidando que las hojas se vean de haz y envés, así como también frutos e inflorescencias queden adheridas.

3.2.2.3.4. Identificado y Etiquetado

Una vez montado el espécimen, fueron identificados por el curador del herbario BIGU, el Ing. Agr. Mario Véliz. Para efectuar la identificación el ingeniero examinó y comparó con otros especímenes ya colectados en el herbario para que su identificación fuera exitosa.

Por último, se agregó la etiqueta a la cartulina o formato colocándola en el extremo inferior derecho. Además, se colocó en la esquina superior izquierdo el sello del herbario para darle mayor validez al montaje.

3.2.2.3.5. Registro

En la última fase, se le agregó un número de inventario sobre la etiqueta antes colocada, así como también el sello de la base de datos del herbario para ya formar parte de la colección de este quedando disponible para su consulta.

3.2.2.4. Resultados FINCA LA PEDRERA

Tomando como base la fotografía aérea actualizada, fotos anteriores como la del MAGA edición 2006 (Figura 27), y el reconocimiento de campo de los concededores de las superficies de la finca, se definió la metodología de muestreo, que en este caso fue una estratificación de coberturas apreciadas en las orto fotos y reconocidas en el campo, las cuales fueron recorridas, colectando dentro de ellas toda la vegetación que se encontraba en floración.

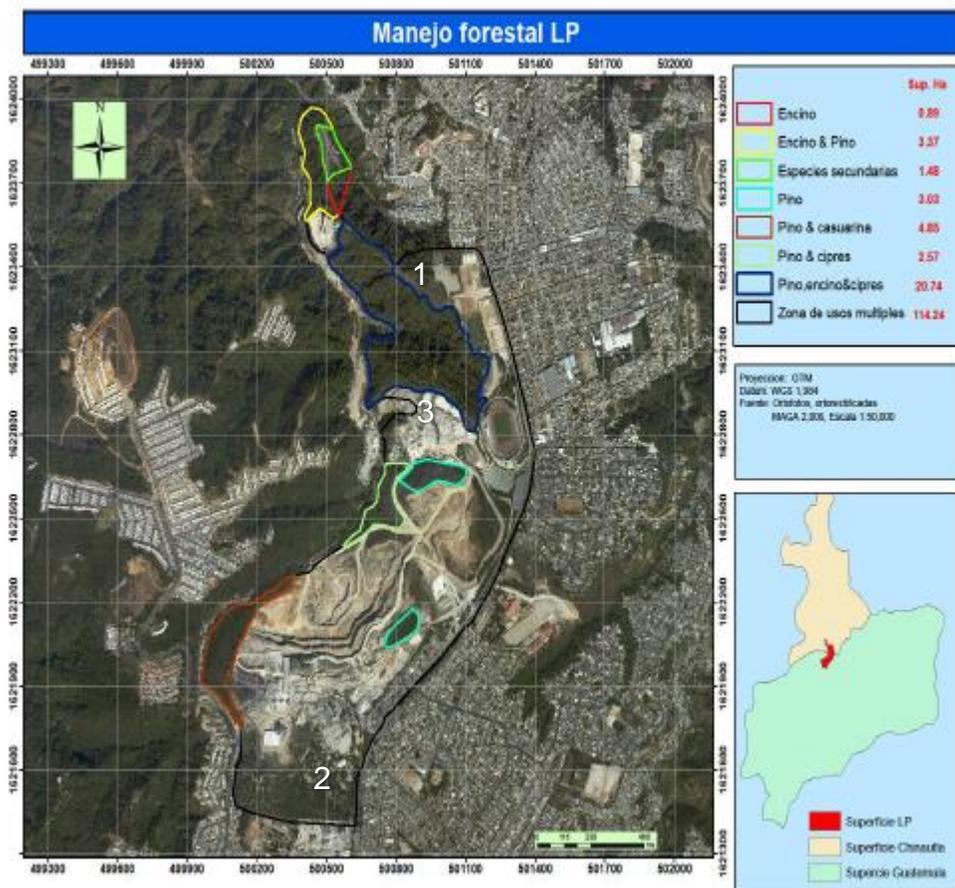


Figura 27. Manejo forestal Finca La Pedrera.

De acuerdo con los especímenes determinados en los diferentes recorridos de las unidades de muestreo, se tiene un total acumulado de 68 especies presentes, encontrándose alrededor de oficinas, parqueos, el museo, adyacentes al estadio, los pozos y el tablón respectivamente como son conocidos los lugares o superficies dentro de la finca.

A continuación, se presentan los resultados obtenidos dentro de cada una de las unidades de muestreo.

- **El Tablón (1)**

Dentro de esta unidad se colectaron 29 especies, teniendo 6 árboles, 11 arbustos, 8 hierbas, 3 lianas y una epífita, en el cuadro 33 se aprecian los resultados mencionados.

Cuadro 33. Vegetación presente en la unidad de muestreo "El Tablón.

NOMBRE	FAMILIA	HABITO
<i>Eucalyptus sp.</i>	MYRTACEAE	A
<i>Neocupressus lusitanica var lindleyi</i> (Klotzs. ex Endl.) de Laub.	CUPRESSACEAE	A
<i>Bursera simarouba</i> (L.) Sarg.	BURSERACEAE	A
<i>Quercus peduncularis</i> Née	FAGACEAE	A
<i>Mastichodendron sp.</i>	SAPOTACEAE	A
<i>Spathodea campanulata</i> Beauv.	BIGNONIACEAE	A
<i>Cnidoscopus urens</i> (L.) Arthur.	EUPHORBIACEAE	Ar
<i>Calliandra houstoniana</i> (Mill.) Standl.	MIMOSACEAE	Ar
<i>Leandra subseriata</i> (Naudin) Cogn.	MELASTOMATACEAE	Ar
<i>Lycianthes arrazolensis</i> (Coult. & Donn. Sm.) Bitter	SOLANACEAE	Ar
<i>Malva viscus arboreus</i> Cav	MALVACEAE	Ar
<i>Chiococca phaenostemon</i> Schlt.	RUBIACEAE	Ar
<i>Psychotria sp.</i>	RUBIACEAE	Ar
<i>Catopsis nutans</i> (Sw) Griseb	BROMELIACEAE	E
<i>Cannabis sativa</i> L.	CANNABACEAE	H
<i>Ricinus communis</i> L.	EUPHORBIACEAE	H
<i>Anemia phyllitidis</i> (L) Sw.	SCHIZAEACEAE	H
<i>Bletia purpurata</i> A.Rich. & Gal.	ORCHIDACEAE	H
<i>Desmodium sp.</i>	FABACEAE	H
<i>Piper auritum</i> Kunth	PIPERACEAE	H
<i>Cyperus sp.</i>	CYPERACEAE	H
<i>Carex polystacha</i> Boeckeler	CYPERACEAE	H
<i>Cissus biformifolia</i> Standl.	VITACEAE	L
<i>Mandevilla donnell-smithii</i> Woodson	APOCYNACEAE	L
<i>Smilax dominguensis</i> Willd.	SMILACACEAE	L

LEYENDA: A - árbol, Ar - arbusto, E - epífita, H - hierba, L – liana.

- **El Museo (2)**

Dentro de esta unidad se determinaron 27 especies, teniendo 8 árboles, 9 arbustos, 8 hierbas y 2 lianas, en el cuadro 34 se aprecian los detalles mencionados. Cabe mencionar que en esta unidad de muestreo la mayoría son especies ornamentales.

Cuadro 34. Vegetación presente en la unidad de muestreo "El Tablón".

NOMBRE	FAMILIA	HABITO
<i>Trema micrantha var strigillosa</i> (Lundell.) Standl. & Steyerem.	ULMACEAE	A
<i>Pinus pseudostrabus</i> Lindl.	PINACEAE	A
<i>Magnolia champaca</i> (L.) Baill. ex Pierre	MAGNOLIACEAE	A
<i>Psidium guajava</i> L.	MYRTACEAE	A
<i>Persea americana</i> Mill.	LAURACEAE	A
<i>Ficus benjamina</i> L.	MORACEAE	A
<i>Pimenta dioica</i> (L.) Merrill	MYRTACEAE	A
<i>Spathodea campanulata</i> Beauv.	BIGNONIACEAE	A
<i>Acalypha</i> sp.	EUPHORBIACEAE	Ar
<i>Lagestroemia indica</i> L.	LYTHRACEAE	Ar
<i>Nerium oleander</i> L.	APOCYNACEAE	Ar
<i>Chusquea</i> sp.	POACEAE	Ar
<i>Podocarpus macrophylla</i> D. Don.	PODOCARPACEAE	Ar
<i>Schefflera gleasonii</i> (Britton & Wilson)	ARALIACEAE	Ar
<i>Cibotium regale</i> Verschaff. & Lem.	DICKSONIACEAE	Ar
<i>Bauhinia purpurea</i> L.	CAESALPINIACEAE	Ar
<i>Bougainvillea glabra</i> Choisy	NYGTAGINACEAE	Ar
<i>Tradescantia pallida</i> (Rose) D. R. Hunt	COMMELINACEAE	H
<i>Ruellia coerulea</i> Morong	ACANTHACEAE	H
<i>Russelia equisetiformis</i> Schlecht. & Cham.	SCROPHULARIACEAE	H
<i>Ocimum basilicum</i> L.	LAMIACEAE	H
<i>Plumbago capensis</i> Thunb.	PLUMBAGINACEAE	H
<i>Pentas lanceolata</i> (Forssk.) Defl.	RUBIACEAE	H
<i>Cleodendrum speciosum</i> Drapiez	VERBENACEAE	H
<i>Cortaderia selloana</i> (Schultes & Schultes f.) Asch. & Graebner	POACEAE	H
<i>Mansoa alliacea</i> (Lam.) A.H. Gentry	BIGNONIACEAE	L
<i>Jasminum multiflorum</i> (Burm. F.) Andr.	OLEACEAE	L

LEYENDA: A - árbol, Ar - arbusto, E - epífita, H - hierba, L – liana.

- **Adyacente a Cantera (3)**

Dentro de esta unidad se determinaron 12 especies, teniendo 2 árboles, 3 arbustos, 5 hierbas y 2 lianas, en el cuadro 35 se aprecian los detalles mencionados. Cabe mencionar que en esta unidad de muestreo predominan especies de hábito herbáceo.

Cuadro 35. Vegetación presente en la unidad de muestreo "Adyacente a Cantera".

NOMBRE	FAMILIA	HABITO
<i>Lysiloma bahamensis</i> Benth.	MIMOSACEAE	A
<i>Bursera simarouba</i> (L.) Sarg.	BURSERACEAE	A
<i>Psychotria</i> sp.	RUBIACEAE	Ar
<i>Malvaviscus arboreus</i> Cav.	MALVACEAE	Ar
<i>Chiococca phaenostemon</i> Schlt.	RUBIACEAE	Ar
<i>Solanum hatwegii</i> Benth.	SOLANACEAE	H
<i>Commelina erecta</i> L.	COMMELINACEAE	H
<i>Galinsoga urticaefolia</i> (Kunth.) Benth.	ASTERACEAE	H
<i>Perezia nudicaulis</i> Gray	ASTERACEAE	H
<i>Rhynchelytrum repens</i> (Willd.) C.E. Hubb.	POACEAE	H
<i>Mandevilla donnell-smithii</i> Woodson	APOCYNACEAE	L
<i>Ipomoea</i> sp.	CONVOLVULACEAE	L

LEYENDA: A - árbol, Ar - arbusto, E - epífita, H - hierba, L – liana

3.2.2.5. Resultados FINCA SAN GABRIEL

Tomando como base el mapa (figura 28) mostrado a continuación y con el reconocimiento de campo de los conocedores de las superficies de la finca, se definió la metodología de muestreo, que en este caso fue una estratificación de coberturas apreciada en el mapa de unidades de muestreo y reconocidas en el campo, las cuales fueron recorridas, colectando dentro de ellas toda la vegetación que se encontraba en floración.

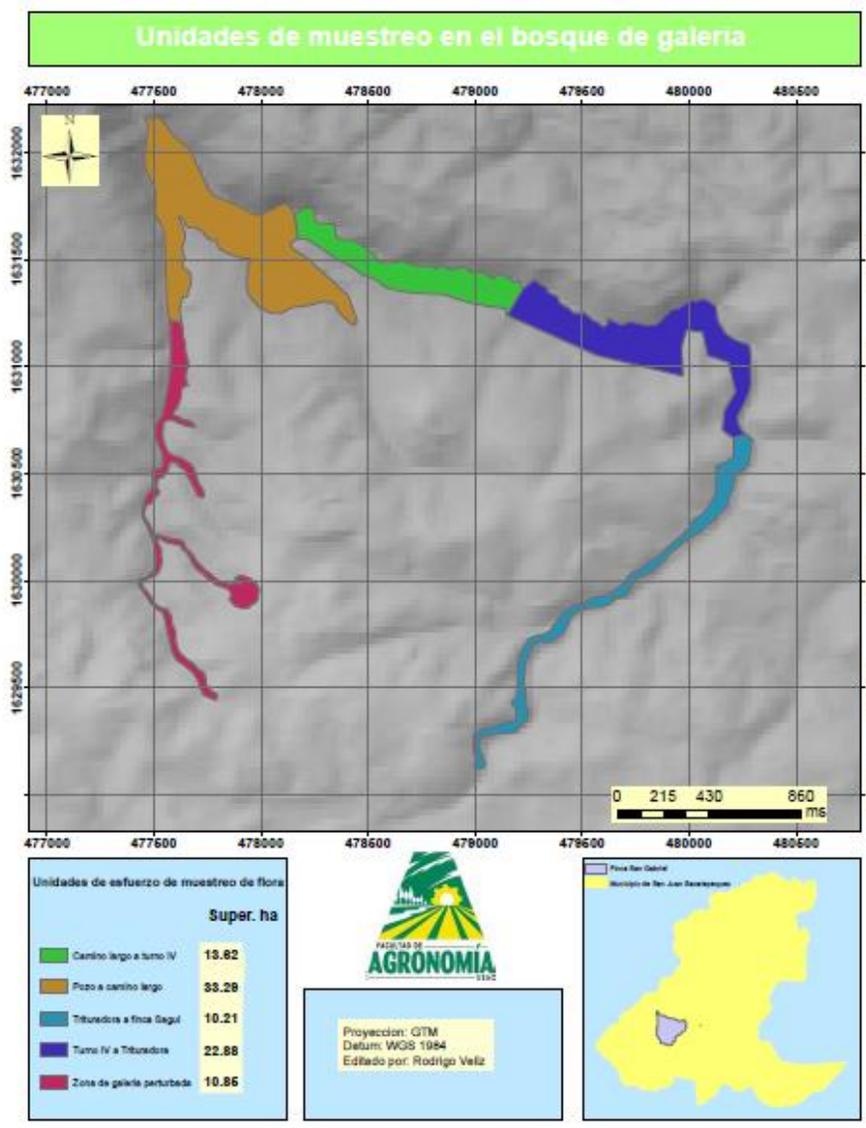


Figura 28. Unidades de muestreo del bosque de galería " Finca San Gabriel".

De acuerdo con los especímenes determinados en los diferentes recorridos de las unidades de muestreo, se tiene un total acumulado de 94 especies presentes. A continuación, se presentan los resultados obtenidos dentro de cada una de las unidades de muestreo.

- **Zona de Galería Perturbada (1)**

Dentro de esta unidad se colectaron 20 especies, teniendo 2 árboles, 7 arbustos, 9 hierbas, 1 liana y 1 epífita, en el cuadro 36 se aprecian los resultados mencionados.

Cuadro 36. Vegetación presente en el área de muestreo "Zona de Galería".

NOMBRE	FAMILIA	HABITO
<i>Haematoxylon brasiletto</i> Karts	CAESALPINIACEAE	A
<i>Hauya elegans</i> sp. Cornuta (Hemsl.) P. H. Raven & Breedlove	ONAGRACEAE	A
<i>Russelia sarmentosa</i> Jacq.	SCROPHULARIACEAE	Ar
<i>Lobelia laxiflora</i> Kunth	CAMPANULACEAE	Ar
<i>Mimosa albida</i> Humb. & Bonpl. ex Willd.	MIMOSACEAE	Ar
<i>Hymenostephium guatemalense</i> (Rob. & Greenm.)	ASTERACEAE	Ar
<i>Bunchosia guatemalensis</i> Niedenzu	MALPHIGIACEAE	Ar
<i>Psychotria</i> sp.	RUBIACEAE	Ar
<i>Senecio deppeanus</i> Hemsl.	ASTERACEAE	Ar
<i>Epidendrum arbuscula</i> Lindl.	ORCHIDACEAE	E
<i>Ruellia hookeriana</i> (Nees) Hemsl.	ACANTHACEA	H
<i>Bouvardia leiantha</i> Benth.	RUBIACEAE	H
<i>Echandia</i> sp.	LILIACEAE	H
<i>Dyssodia montana</i> (Benth.) Gray	ASTERACEAE	H
<i>Vigueria</i> sp.	ASTERACEAE	H
<i>Dahlia coccinea</i> Cav.	ASTERACEAE	H
<i>Iresine calea</i> (Ibañez) Standl.	AMARANTHACEAE	H
<i>Iresine celosia</i> L.	AMARANTHACEAE	H
<i>Fleishmannia pycnocephaloides</i> (B.L. Rob.) R.M. King & H. Rob	ASTERACEAE	H
<i>Galactia</i> sp.	FABACEAE	L

LEYENDA: A - árbol, Ar - arbusto, E - epífita, H - hierba, L – liana

- **Pozo a Camino Largo (2)**

Dentro de esta unidad se colectaron 21 especies, teniendo 4 árboles, 5 arbustos, 7 hierbas, 1 liana y 4 epifitas, en el cuadro 37 se aprecian los resultados mencionados.

Cuadro 37. Vegetación presente en el área de muestreo "El Pozo".

NOMBRE	FAMILIA	HABITO
<i>Cnidocolus tubulosus</i> (Muel. Arg.)M.I .Johnston	EUPHORBIACEAE	A
<i>Phoradendron sp.</i>	VISCACEAE	A
<i>Clethra suaveolens</i> Turcz.	CLETHRACEAE	A
<i>Vachellia pennatula</i> (Schtdl. & Cham.) Seigler & Ebinger	MIMOSACEAE	A
<i>Senna occidentalis</i> (L.) Link	CAESALPINIACEAE	Ar
<i>Lantana Camara</i> L.	VERBENACEA	Ar
<i>Lippia substrigosa</i> Turcz.	VERBENACEA	Ar
<i>Acalypha sp.</i>	EUPHORBIACEAE	Ar
<i>Leandra melanodesma</i> (Naudin) Cogn.	MELASTOMATACEAE	Ar
<i>Epiphyllum crenatum</i> (Lindl.)G.Donn.	CACTACEAE	E
<i>Tillandsia fasciculata</i> Sw.	BROMELIACEAE	E
<i>Tillandsia schiedeana</i> Steudel	BROMELIACEAE	E
<i>Cohniella cebolleta</i> (Jacq.) Christenson	ORCHIDACEAE	E
<i>Hyptis americana</i> (Aubl.) Urban.	LAMIACEAE	H
<i>Asclepias sp.</i>	ASCLEPIADACEAE	H
<i>Borreria laevis</i> (Lam.) Griseb.	RUBIACEAE	H
<i>Salvia purpurea</i> Cav.	LAMIACEAE	H
<i>Cuphea pinetorum</i> Benth.	LYTHRACEAE	H
<i>Cirsium mexicanum</i> A. DC.	ASTERACEAE	H
<i>Eryngium carlinae</i> Delwar.	APIACEAE	H
<i>Mandevilla sp.</i>	APOCYNACEAE	L

LEYENDA: A - árbol, Ar - arbusto, E - epífita, H - hierba, L – liana

- **Camino Largo a Turno IV (3)**

Dentro de esta unidad se colectaron 31 especies, teniendo 6 árboles, 12 arbustos, 8 hierbas, 4 lianas y 1 epífita, en cuadro 38 se aprecian los resultados mencionados.

Cuadro 38. Vegetación presente en el área de muestreo "Camino Largo".

NOMBRE	FAMILIA	HABITO
<i>Chiococca phaenostemon</i> Schlt.	RUBIACEAE	A
<i>Styrax</i> sp.	STYRACACEAE	A
<i>Podachaenium eminens</i> (Lag.) Sch. Bip.	ASTERACEAE	A
<i>Alvaradoa amorphoides</i> Liebm.	SIMAROUBACEAE	A
<i>Telanthophora cobanensis</i> H. Rob. & Brettell	ASTERACEAE	A
<i>Guazuma ulmifolia</i> Lam.	STERCULIACEAE	A
<i>Zexmenia salvinii</i> Hemsl.	ASTERACEAE	Ar
<i>Solanum umbellatum</i> Miller	SOLANACEAE	Ar
<i>Pluchea odorata</i> (L.) Cass.	ASTERACEAE	Ar
<i>Euphorbia leucocephala</i> Lotsy	EUPHORBIACEAE	Ar
<i>Cestrum aurantiacum</i> Lindl.	SOLANACEAE	Ar
<i>Mimosa albida</i> Humb. & Bonpl. ex Willd.	MIMOSACEAE	Ar
<i>Vernonia deppeana</i> Less.	ASTERACEAE	Ar
<i>Malva viscus arboreus</i> Cav.	MALVACEAE	Ar
<i>Leandra melanodesma</i> (Naudin) Cogn.	POLEMONIACEAE	Ar
<i>Solanum hatwegii</i> Benth.	SOLANACEAE	Ar
<i>Rogiera strigosa</i> (Benth.) Hemsl.	RUBIACEAE	Ar
<i>Desmodium orbiculare</i> Schlt. var <i>salvini</i> (Hemsl.) Schubert	FABACEAE	Ar
<i>Tillandsia guatemalensis</i> L. B. Smith	BROMELIACEAE	E
<i>Castilleja arvensis</i> Schlecht. & Cham	SCROPHULARIACEAE	H
<i>Fleischmanniopsis leucocephala</i> (Benth.) R.M. King & H. Rob.	ASTERACEAE	H
<i>Polygonum portoricense</i> Bertero ex Meisn.	POLYGALACEAE	H
<i>Asclepias curassabica</i> L.	ASTERACEAE	H
<i>Perezia nudicaulis</i> Gray	ASTERACEAE	H
<i>Priva mexicana</i> (L.) Pers.	VERBENACEAE	H
<i>Achimenes misera</i> Lindl.	GESNERIACEAE	H
<i>Catopsis nutans</i> (Sw.) Griseb	BROMELIACEAE	H
<i>Gaudichaidia albida</i> Cham. & Schl.	MALPIGHIACEAE	L
<i>Centrosema angustifolium</i> (Kunth) Benth.	FABACEAE	L
<i>Valeriana scandens</i> var <i>candolleana</i> (Gard.) Muell.	VALERIANACEAE	L
<i>Cissampelos pareira</i> L.	MENISPERMACEAE	L

LEYENDA: A - árbol, Ar - arbusto, E - epífita, H - hierba, L – liana

- **Turno IV a Trituradora (4)**

Dentro de esta unidad se colectaron 16 especies, teniendo 2 árboles, 6 arbustos, 6 hierbas, 1 liana y 1 epífita, en el cuadro 39 se aprecian los resultados mencionados.

Cuadro 39. Vegetación presente en el área de muestreo " Turno IV".

NOMBRE	FAMILIA	HABITO
<i>Ardisia revoluta</i> Kunth	MYRSINACEAE	A
<i>Schoepfia vacciniiflora</i> Planch. ex Hemsl.	OLACACEAE	A
<i>Desmodium skinneri</i> Benth. ex Hemsl.	FABACEAE	Ar
<i>Aphelandra scabra</i> (Vahl.) Sm.	ACANTHACEA	Ar
<i>Solanum torvum</i> Swartz.	SOLANACEAE	Ar
<i>Senna pallida</i> (Vahl) H.S. Irwin & Barneby	CAESALPINIACEAE	Ar
<i>Solanum lanceifolium</i> Jacq.	SOLANACEAE	Ar
<i>Roldana petasitis</i> (Sims.) H.Rob. & Brettell.	ASTERACEAE	Ar
<i>Nageliella purpurea</i> (Lindl.) L. O. Williams	ORCHIDACEAE	E
<i>Polygala costaricensis</i> Chodat	POLYGALACEAE	H
<i>Ageratum conyzoides</i> L	ASTERACEAE	H
<i>Eupatorium</i> sp.	ASTERACEAE	H
<i>Iresine</i> sp.	AMARANTHACEAE	H
<i>Kalanchoe laciniata</i> (L.) DC.	CRASSULACEAE	H
<i>Eupatorium</i> sp.	ASTERACEAE	H
<i>Cologania broussonettii</i> (Bail.) DC.	FABACEAE	L

LEYENDA: A - árbol, Ar - arbusto, E - epífita, H - hierba, L – liana

- **Trituradora a Finca Sagui (5)**

Dentro de esta unidad se colectaron 6 especies, teniendo 2 árboles, 2 hierbas y 2 epífita, en el cuadro 40 se aprecian los resultados mencionados.

Cuadro 40. Vegetación presente en el área de "La Trituradora-Finca Sagui".

NOMBRE	FAMILIA	HABITO
<i>Schoepfia vacciniiflora</i> Planch. ex Hemsl.	OLACACEAE	A
<i>Alvaradoa amorphoides</i> Liebm.	SIMAROUBACEAE	A
<i>Monstera siltepecana</i> Matuda	ARACEAE	E
<i>Mandevilla scorpioidea</i> Woodson	APOCYNACEAE	E
<i>Desmodium</i> sp.	FABACEAE	H
<i>Commelina erecta</i> L.	COMMELINACEAE	H

LEYENDA: A - árbol, Ar - arbusto, E - epífita, H - hierba, L – liana

3.2.2.6. Hábitos de la vegetación de las Fincas La Pedrera y San Gabriel

Árboles	Arbustos	Hierbas	Lianas	Epífitas
16	30	32	7	9



Figura 29. Recuento de especies colectadas en finca San Gabriel.

Como se observa en la figura 29, el hábito de tipo hierba es dominante sobre los demás tipos, siendo esto normal ya que es un bosque abierto, con un sotobosque muy diverso. Sotobosque se denomina al conjunto de arbustos, hierbas y lianas que, en un bosque se desarrollan debajo de los árboles. Cabe mencionar que la finca San Gabriel cuenta con bosques de galería de Pino, Encinos y Ciprés, con un área de 90.85 Ha.

Árboles	Arbustos	Hierbas	Lianas	Epífitas
16	23	21	7	1



Figura 30. Recuento de especies colectadas en finca La Pedrera.

Como se puede observar en la figura 30, el tipo arbusto predomina sobre los demás, ya que, por ser un bosque abierto, presenta un sotobosque extenso y muy diverso. Cabe mencionar que la finca La Pedrera cuenta con bosques de galería de Pino, Encinos y Ciprés, con un área de 20.74 Ha.

3.2.2.7. Conclusiones

- Al realizar el inventario florístico de las fincas La Pedrera y San Gabriel, se trabajó con alrededor de 162 especies, a cada una de ellas se le dio el manejo necesario, el cual consistió en cinco etapas: Recolección, Secado, Montaje, Identificado y Etiquetado y el Registro. Cada especie está disponible para consulta en el Herbario BIGU, de la escuela de Biología, en la Universidad de San Carlos de Guatemala.
- De las 162 especies colectadas y trabajadas, 32 eran árboles, 53 arbustos, 53 hierbas, 14 lianas y 10 epífitas. Los hábitos dominantes fueron arbusto y hierba con un porcentaje total del 32.71 % para ambos. En total fueron 64 familias, 119 géneros y 136 especies las que se manejaron.

3.2.2.8. Bibliografía

- (1) Ames, O., Correll, D. (1952). *Orchids of Guatemala*. EE. UU., Chicago Natural History Museum Fieldiana: Botany, v. 26, 395 p.
- (2) Bailey, L. H. (1948). *Manual of cultivated plants*. EE. UU.: Macmillan. 127 p.
- (3) Benavides, R., Cascante, M., & Ruiz, B. (1996). *Herbario Nacional de Costa Rica*. San José, Costa Rica: Museo Nacional de Costa Rica, Departamento de Historia Natural, Herbario Nacional. 22 p.
- (4) Farjon, A., & Styles, B. T. (1997). *Pinus (Pinaceae)*. EE. UU.: The New York Botanical Garden, Flora Neotropica, Monograph 75: 291.
- (5) Font Quer, P. (1982). *Diccionario de botánica*. Barcelona, España: Labor. 1,244 p.
- (6) Lot, A., & Chiang, F. (1990). *Manual de herbario; Administración y manejo de colecciones, técnicas de recolección y preparación de ejemplares botánicos*. México: Consejo Nacional de la Flora de México. 142 p.

- (7) Moreno, N. P. (1984). *Glosario botánico ilustrado*. Xalapa, Veracruz, México: Instituto Nacional de Investigaciones Sobre Recursos Bióticos (INIREB) / CECOSA. 300 p.
- (8) NYBG Steere Herbarium. 2017. Index barbariorum. EE. UU. Recuperado el 19 nov. 2017, de <http://sweetgum.nybg.org/science/vh/>
- (9) Perry, J. P. (1991). *The pines of México and Central América*. EE. UU.: Timber Press. 231 p.
- (10) Soto, A. (2008). *Protocolo de manejo de colecciones de plantas vasculares proyecto "Desarrollando capacidades compartiendo tecnología para la gestión de la biodiversidad en Centroamérica"*. Costa Rica: Instituto Nacional de Biodiversidad Norwegian Ministry of Foreign Affairs. 46 p. Recuperado de <https://docplayer.es/4234440-Protocolo-de-manejo-de-colecciones-de-plantas-vasculares.html>
- (11) Sousa, M., Davidse, G., & Knapp, S. (1994). *Flora mesoamericana*. México: Universidad Nacional Autónoma de México. v. 6.
- (12) Sousa, M., Davidse, G., & Knapp, S. (1995). *Flora mesoamericana*. México: Universidad Nacional Autónoma de México. v. 1.
- (13) Standley, P., & Steyermark, J. (1947-1977). *Flora of Guatemala*. Chicago, EE. UU.: Chicago Natural History Museum, Fieldiana Botany, v. 24.
- (14) Stevens, W. D., Ulloa, C., Pool, A., & Montiel, O. M. (2001). *Flora de Nicaragua: Monographs in Systematic Botany from the Missouri Botanical Garden*. EE. UU.: Missouri Botanical Garden. 85, i-xlii, 1-2, 666.
- (15) The International Plant Names Index (IPNI). 2017. Search plant names. Recuperado el 19 de noviembre de 2017, de www.ipni.org/
- (16) Trópicos. 2017. Quick name search. Recuperado de 19 de noviembre de 2017, de <http://www.tropicos.org/>

(17) Véliz, M. (2016). *Herbario BIGU: determinación y manejo de colecciones*. Guatemala: Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia, Escuela de Biología.

3.2.2.9. Anexos

- **Listado general de las plantas colectadas en los estudios florísticos de las fincas San Gabriel y San Miguel.**

A continuación, se presenta la lista florística en orden alfabético de familia, género y especie. **(64 familias, 119 géneros, 136 especies)**

ACANTHACEAE (1)

1. *Aphelandra scabra* (Vahl.) Sm.
2. *Ruellia coerulea* Morong
3. *Ruellia hookeriana* (Nees) Hemsl.

AMARANTHACEAE (2)

4. *Iresine calea* (Ibañez) Standl.
5. *Iresine celosia* L.
6. *Iresine* sp.

APIACEAE (3)

7. *Eryngium carlinae* Delwar.

APOCYNACEAE (4)

8. *Mandevilla donnell-smithii* Woodson
9. *Mandevilla scorpioidea* Woodson
10. *Mandevilla* sp.
11. *Nerium oleander* L.

ARACEAE (5)

12. *Monstera siltepecana* Matuda

ARALIACEAE (6)

13. *Schefflera gleasonii* (Britton & Wilson)

ASCLEPIADACEAE (7)

14. *Asclepias curassabica* L.

ASTERACEAE (8)

15. *Ageratum conyzoides* L.
16. *Cirsium mexicanum* A. DC.

17. *Dahlia coccinea* Cav.
18. *Dyssodia montana* (Benth.) Gray
19. *Eupatorium* sp.
20. *Fleischmanniopsis leucocephala* (Benth.) R.M. King & H. Rob.
21. *Fleishmannia pycnocephaloides* (B.L. Rob.) R.M. King & H. Rob.
22. *Galinsoga urticaefolia* (Kunth) Benth.
23. *Hymenostephium guatemalense* (Rob. & Greenm.)
24. *Mansoa alliacea* (Lam.) A.H. Gentry
25. *Perezia nudicaulis* Gray
26. *Pluchea odorata* (L.) Cass.
27. *Podachaenium eminens* (Lag.) Sch. Bip.
28. *Roldana petasitis* (Sims.) H. Rob. & Brettell.
29. *Senecio deppeanus* Hemsl.
30. *Telanthophora cobanensis* H. Rob. & Brettell
31. *Vernonia deppeana* Less.
32. *Vigueria* sp.
33. *Zexmenia salvinii* Hemsl.

BIGNONIACEAE (9)

34. *Mansoa alliacea* (Lam.) A.H. Gentry
35. *Spathodea campanulata* Beauv.

BROMELIACEAE (10)

36. *Catopsis nutans* (Sw.) Griseb
37. *Tillandsia fasciculata* Sw.
38. *Tillandsia guatemalensis* L. B. Smith
39. *Tillandsia schiedeana* Steudel

BURSERACEAE (11)

40. *Bursera simarouba* (L.) Sarg.

CACTACEAE (12)

41. *Epiphyllum crenatum* (Lindl.) G. Donn.

CAESALPINEACEAE (13)

42. *Bauhinia purpurea* L.
43. *Haematoxylon brasiletto* Karts
44. *Senna occidentalis* (L.) Link
45. *Senna pallida* (Vahl) H.S. Irwin & Barneby

CAMPANULACEAE (14)

46. *Lobelia laxiflora* Kunth

CANNABACEAE (15)

47. *Cannabis sativa* L.

CLETHRACEAE (16)

48. *Clethra suaveolens* Turcz.

COMMELINACEAE (17)

49. *Commelina erecta* L.

50. *Tradescantia pallida* (Rose) D.R.Hunt

CONVOLVULACEAE (18)

51. *Ipomea* sp.

CRASSULACEAE (19)

52. *Kalanchoe laciniata* (L.) DC.

CUPRESSACEAE (20)

53. *Neocupressus lusitanica* var *Lindleyi* (Klotzs. ex Endl.) de Laub.

CYPERACEAE (21)

54. *Carex polystacha* Boeckeler

55. *Cyperus* sp.

DICKSONIACEAE (22)

56. *Cibotium regale* Verschaff. & Lem.

EUPHORBIACEAE (23)

57. *Acalypha* sp.

58. *Cnidioscolus tubulosus* (Muel. Arg.) M.I.Johnston

59. *Euphorbia leucocephala* Lotsy

60. *Ricinus communis* L.

FABACEAE (24)

61. *Centrosema angustifolium* (Kunth) Benth.

62. *Cologania broussonettii* (Bail.) DC.

63. *Desmodium orbiculare* Schl. var *salvini* (Hemsl.) Schubert

64. *Desmodium skinneri* Benth. ex Hemsl.

65. *Desmodium* sp.

66. *Galactia* sp.

FAGACEAE (25)

67. *Quercus peduncularis* Née

GESNERIACEAE (26)

68. *Achimenes misera* Lindl.

LAMIACEAE (27)

69. *Hyptis americana* (Aubl.) Urban.

70. *Ocimum basilicum* L.

71. *Salvia purpurea* Cav.

LAURACEAE (28)

72. *Persea americana* Mill.

LILIACEAE (29)

73. *Echendia* sp.

LYTHRACEAE (30)

74. *Cuphea pinetorum* Benth.

75. *Lagestroemia indica* L.

MAGNOLIACEAE (31)

76. *Magnolia champaca* (L.) Baill. ex Pierre

MALPIGHIACEAE (32)

77. *Bunchosia guatemalensis* Niedenzu

78. *Gaudichaidia albida* Cham. & Schl.

MALVACEAE (33)

79. *Malvaviscus arboreus* Cav.

MELASTOMATACEAE (34)

80. *Leandra melanodesma* (Naudin) Cogn.

81. *Leandra subseriata* (Naudin) Cogn.

MENISPERACEAE (35)

82. *Cissampelos pareira* L.

MIMOSACEAE (36)

83. *Calliandra haematocephala* Hassk.

84. *Calliandra houstoniana* (Mill.) Standl. subsp. *houstoniana*

85. *Lysiloma bahamensis* Benth.

86. *Mimosa albida* Humb. & Bonpl. ex Willd.

87. *Vachellia pennatula* (Schltdl. & Cham.) Seigler & Ebinger

MYRSINACEAE (37)

88. *Ardisia revoluta* Kunth

MORACEAE (38)

89. *Ficus benjamina* L.

NYCTAGINACEAE (39)

90. *Bougainvillea glabra* Choisy

OLACEAE (40)

91. *Schoepfia vacciniiflora* Planch. Ex Hemsl.

OLEACEAE (41)

92. *Jasminum multiflorum* (Burm.F.) Andr.

ONAGRACEAE (42)

93. *Hauya elegans* ssp. *Cornuta* (Hemsl.) P. H. Raven & Breedlove

ORCHIDACEAE (43)

94. *Bletia purpurata* A. Rich. & Gal.

95. *Cohniella cebolleta* (Jacq.) Christenson

96. *Epidendrum arbuscula* Lindl.

97. *Nageliella purpurea* (Lindl.) L. O. Williams

PINACEAE (44)

98. *Pinus pseudostrobus* Lindl.

PIPERACEAE (45)

99. *Piper auritum* Kunth

PLUMBAGINACEAE (46)

100. *Plumbago capensis* Thunb.

POACEAE (47)

101. *Chusquea* sp.

102. *Cortaderia selloana* (Schultes & Shultes F.) Asch. & Graebner

103. *Rhynchelytrum repens* (Willd.) C. E. Hubb.

PODOCARPACEAE (48)

104. *Podocarpus macrophylla* D. Don.

POLYGALACEAE (49)

105. *Polygala costaricensis* Chodat

106. *Polygonum portoricense* Bertero ex Meisn.

ROSACEAE (50)

107. *Eryobotria japonica* (Thunb.) Lindl.

RUBIACEAE (51)

108. *Borreria laevis* (Lam.) Griseb.

109. *Bouvardia leiantha* Benth.

110. *Chiococca phaenostemon* Schl.

111. *Pentas lanceolata* (Forssk.) Defl.

112. *Psychotria* sp.

113. *Rogiera strigosa* (Benth.) Hemsl.

SAPOTACEAE (52)

114. *Mastichodendron* sp.

SCHIZAEACEAE (53)

115. *Anemia phyllitidis* (L.) Sw.

SCROPHULARIACEAE (54)

116. *Castilleja arvensis* Schlecht. & Cham.

117. *Russelia equisetiformis* Schlecht. & Cham.

118. *Russelia sarmentosa* Jacq.

SIMAROUBACEAE (55)

119. *Alvaradoa amorphoides* Liebm.

SMILACEAE (56)

120. *Smilax dominguensis* Willd.

SOLANACEAE (57)

121. *Cestrum aurantiacum* Lindl.

122. *Lycianthes arrazolensis* (Coul. & Donn. Sm.) Bitter

123. *Solanum hatwegii* Benth.

124. *Solanum lanceifolium* Jacq.

125. *Solanum torvum* Swartz.

126. *Solanum umbellatum* Miller

STERCULIACEAE (58)

127. *Guazuma ulmifolia* Lam.

STYRACEAE (59)

128. *Styrax* sp.

ULMACEAE (60)

129. *Trema micrantha* var *strigillosa* (Lundell) Standl. & Steyerf.

VALERIANACEAE (61)

130. *Valeriana scandens* var *candolleana* (Gard.) Muell.

VERBENACEAE (62)

131. *Clerodendrum speciosum* Drapiez

132. *Lantana Camara* L. 250

133.

134. *Lippia substrigosa* Turcz.

135. *Priva mexicana* (L.) Pers.

VISCACEAE (63)

136. *Phoradendron* sp.

VITACEAE (64)

137. *Cissus biformifolia* Standl.