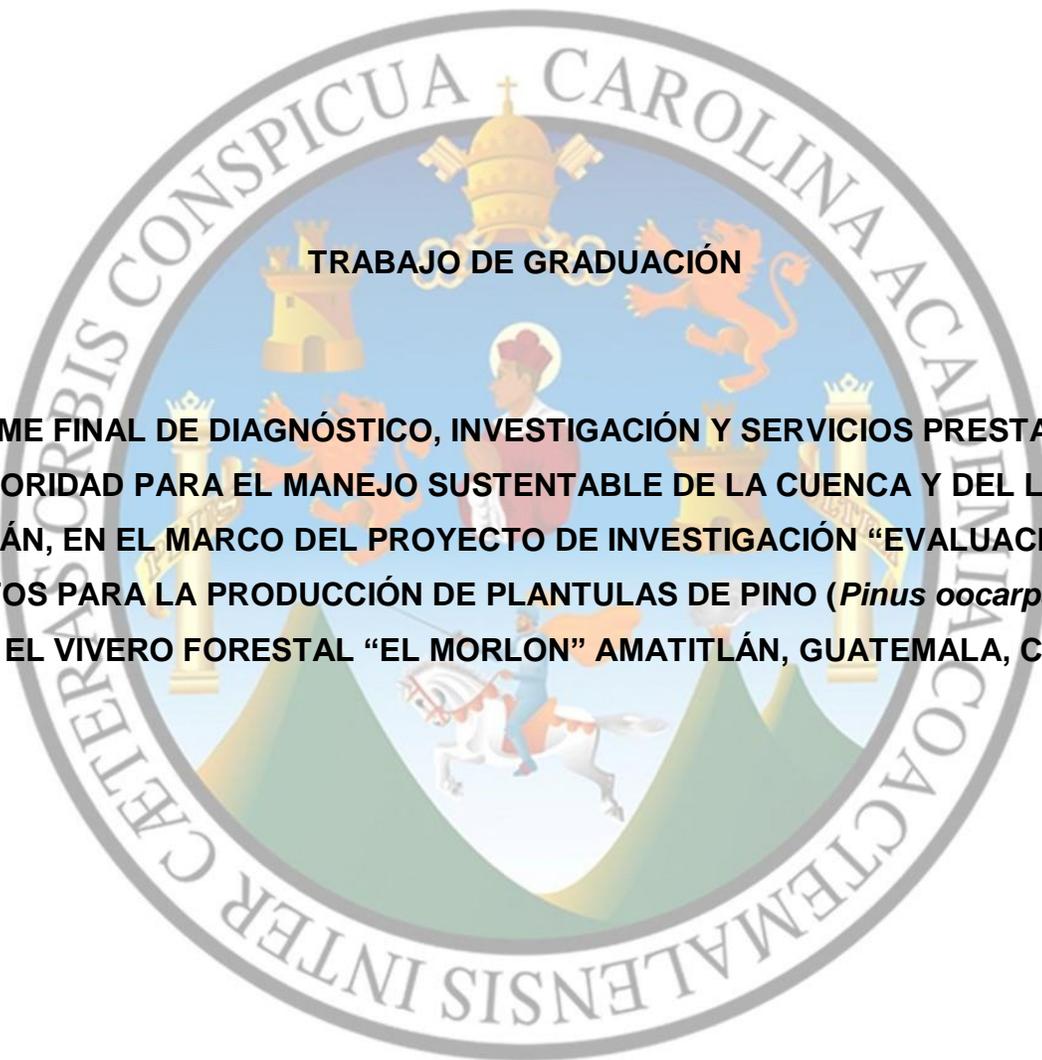


UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

FACULTAD DE AGRONOMÍA

ÁREA INTEGRADA



TRABAJO DE GRADUACIÓN

INFORME FINAL DE DIAGNÓSTICO, INVESTIGACIÓN Y SERVICIOS PRESTADOS A LA AUTORIDAD PARA EL MANEJO SUSTENTABLE DE LA CUENCA Y DEL LAGO DE AMATITLÁN, EN EL MARCO DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN “EVALUACIÓN DE 10 SUSTRATOS PARA LA PRODUCCIÓN DE PLANTULAS DE PINO (*Pinus oocarpa* Schiede) EN EL VIVERO FORESTAL “EL MORLON” AMATITLÁN, GUATEMALA, C.A.”

MISIA NOEMI HERNÁNDEZ VILLAGRAN

GUATEMALA, MAYO DE 2018

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE AGRONOMÍA
ÁREA INTEGRADA

INFORME FINAL DE DIAGNÓSTICO, INVESTIGACIÓN Y SERVICIOS PRESTADOS A LA AUTORIDAD PARA EL MANEJO SUSTENTABLE DE LA CUENCA Y DEL LAGO DE AMATITLÁN, EN EL MARCO DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN “EVALUACIÓN DE 10 SUSTRATOS PARA LA PRODUCCIÓN DE PLANTULAS DE PINO (*Pinus oocarpa* Schiede) EN EL VIVERO FORESTAL “EL MORLON” AMATITLÁN, GUATEMALA, C.A.”

TRABAJO DE GRADUACIÓN

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

POR

MISIA NOEMI HERNÁNDEZ VILLAGRAN

EN EL ACTO DE INVESTIDURA COMO INGENIERA AGRÓNOMA

EN

RECURSOS NATURALES RENOVABLES
EN EL GRADO DE LICENCIADA

GUATEMALA, MAYO DE 2018

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE AGRONOMÍA

RECTOR

Dr. Carlos Guillermo Alvarado Cerezo

JUNTA DIRECTIVA DE LA FACULTAD DE AGRONOMÍA

Decano	Ing. Agr. Mario Antonio Godínez López
Vocal I	Dr. Tomás Antonio Padilla Cámara
Vocal II	Ing. Agr. M.A. César Linneo García Contreras
Vocal III	Ing. Agr. M.Sc Erberto Raúl Alfaro Ortiz
Vocal IV	P. en Electrónica Carlos Waldemar De León Samayoa
Vocal V	P. Cont. Neydi Yasmine Juracán Morales
Secretario	Ing. Agr. Juan Alberto Herrera Ardón

Guatemala, mayo de 2018

Guatemala, mayo de 2018

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

Honorable 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: “Informe final de diagnóstico, investigación y servicios prestados a la Autoridad para el Manejo Sustentable de la Cuenca y del Lago de Amatitlán, en el marco del proyecto de investigación “Evaluación de 10 sustratos para la producción de plántulas de pino (*Pinus oocarpa* schiede) en el Vivero Forestal “El Morlón” Amatitlán, Guatemala, C.A.”; como requisito previo a optar al título de Ingeniera Agrónoma en Recursos Naturales Renovables, en el grado académico de Licenciada.

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

Atentamente,

“ID Y ENSEÑAD A TODOS”

Misia Noemi Hernández Villagran

ACTO QUE DEDICO

A:

DIOS:

Por ser mí Padre y el mejor ejemplo de vida en la tierra. Por amarme y permitir que se cumplan mis sueños de acuerdo a su perfecta voluntad.

MIS PADRES:

Joel y Noemi, por ser la perfecta voluntad de Dios para mi vida. Por amarme y enseñarme con su ejemplo. Por su dedicación, sus cuidados y por esforzarse para darme lo mejor.

MIS HERMANOS:

Mis hermanos Ozni, Nina, Belén y mi cuñada Lesli, por ser el propósito perfecto de Dios para mi vida. Son los mejores hermanos que Dios me pudo dar.

MI FAMILIA:

Mis abuelas y abuelos, mis tías y tíos, mis primas y primos, por su amor y apoyo incondicional.

MI NOVIO:

Noe, por tu amor, comprensión y apoyo incondicional, y por ser parte de los mejores momentos de mi vida.

MIS PASTORES:

Por guiarme espiritualmente para ser de bendición en esta sociedad, por sus consejos y su apoyo en todo momento.

MIS AMIGOS Y COLEGAS:

Estuardo Hernández, Marco Antonio Linares, Narcy Bran, Andre Gamboa, Rut Curruchich, Yasmin Silvestre, Cindy Mejía, Sofía Morales, César Axpuc, amigos de la iglesia, universidad y trabajo, por su amistad valiosa, gracias amigos.

TRABAJO DE GRADUACIÓN QUE DEDICO

A:

- Dios
- Mi Familia
- Guatemala
- Universidad de San Carlos de Guatemala
- Facultad de Agronomía
- Autoridad para el Manejo Sustentable de la Cuenca del Lago de Amatitlán
- Instituto Técnico Vocacional Dr. Imrich Fischmann

AGRADECIMIENTOS

A la Universidad de San Carlos de Guatemala por darme la oportunidad de ampliar mis conocimientos.

A la Facultad de Agronomía por todas sus valiosas enseñanzas, que gracias a ellas podré forjar un mejor futuro.

A mi supervisor el Ing. Agr. César Linneo García Contreras por su apoyo y su valiosa orientación brindada en el desarrollo de mi Ejercicio Profesional Supervisado (EPS) y en la elaboración de este documento. Quedo muy agradecida.

A mi asesor el Ing. Agr. Edwin Enrique Cano, por su valiosa asesoría técnica para el desarrollo de la investigación presentada en este documento, sus observaciones y correcciones, así como también todas sus valiosas enseñanzas. Quedo muy agradecida.

Al Ing. Agr. Oscar Joel de León, por su invaluable colaboración en el desarrollo de mi Ejercicio Profesional Supervisado (EPS), por sus enseñanzas y su aprecio. Quedo muy agradecida.

Al Ing. Agr. Andre Gamboa, por su valiosa colaboración y sus enseñanzas en la fase final de la presente investigación. Quedo muy agradecida.

A todo el personal técnico de la Autoridad para el Manejo Sustentable de la Cuenca y del Lago de Amatitlán -AMSA- por su colaboración en la fase de campo para realizar la presente investigación. Quedo muy agradecida.

ÍNDICE DE CONTENIDO

	PÁGINA
1 CAPÍTULO I	1
1.1 INTRODUCCIÓN.....	2
1.2 MARCO REFERENCIAL	3
1.2.1 Aspectos generales.....	3
1.2.2 Límites.....	4
1.2.3 División Política.....	4
1.2.4 Aspectos biofísicos	7
1.2.5 Características socioeconómicas.....	19
1.2.6 Aspectos institucionales.....	20
1.3 OBJETIVOS.....	25
1.3.1 Objetivo General	25
1.3.2 Objetivos Específicos.....	25
1.4 METODOLOGÍA	26
1.4.1 Fase inicial de gabinete.....	26
1.4.2 Fase de campo	26
1.4.3 Fase final de gabinete.....	26
1.5 RESULTADOS	27
1.5.1 Actividades principales de la División Forestal de AMSA.....	27
1.5.2 Árbol de causa y efecto.....	32
1.5.3 Árbol de fines	35
1.6 CONCLUSIONES.....	39
1.7 BIBLIOGRAFÍA.....	40
2 CAPÍTULO II	41
2.1 INTRODUCCIÓN.....	42
2.2 MARCO TEÓRICO	45
2.2.1 MARCO CONCEPTUAL	45
2.2.2 Características de un buen sustrato.....	50
2.2.3 Funciones de los sustratos.....	51
2.2.4 Clasificación de sustratos.....	52
2.2.5 MARCO REFERENCIAL.....	54
2.3 OBJETIVOS.....	69

	PÁGINA
2.3.1	Objetivo General.....69
2.3.2	Objetivos Específicos69
2.4	HIPÓTESIS69
2.5	METODOLOGÍA70
2.5.1	Fase inicial de gabinete70
2.5.2	Fase de campo70
2.5.3	Fase final de gabinete78
2.6	RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....81
2.6.1	Variables de respuesta81
2.6.2	Análisis comparativo de los tratamientos evaluados94
2.7	CONCLUSIONES96
2.8	RECOMENDACIONES98
2.9	BIBLIOGRAFÍA99
2.10	ANEXOS103
3	CAPÍTULO III..... 111
3.1	INTRODUCCIÓN112
3.2	OBJETIVOS113
3.2.1	Objetivo General.....113
3.2.2	Objetivos Específicos113
3.3	METODOLOGÍA114
3.3.1	Servicio 1114
3.3.2	Servicio 2.....115
3.3.3	Servicio 3.....115
3.3.4	Servicio 4.....116
3.4	RESULTADOS.....117
3.4.1	Servicio 1117
3.4.2	Servicio 2.....120
3.4.3	Servicio 3.....124
3.4.4	Servicio 4.....126
3.5	CONCLUSIONES128
3.6	BIBLIOGRAFÍA129

ÍNDICE DE FIGURAS

PÁGINA

Figura 1. Mapa de ubicación de la Cuenca del Lago de Amatitlán	3
Figura 2. Mapa de la división política de la cuenca del lago de Amatitlán	5
Figura 3. Principales ríos de la cuenca del lago de Amatitlán.....	8
Figura 4. Mapa de series de suelos de la cuenca del lago de Amatitlán	10
Figura 5. Zonas de vida en la cuenca del lago de Amatitlán.....	11
Figura 6. Mapa fisiográfico de la cuenca del lago de Amatitlán	13
Figura 7. Producción agroforestal en viveros.....	27
Figura 8. Producción de especies forestales en vivero.....	28
Figura 9. Áreas reforestadas por AMSA	30
Figura 10. Estructuras de conservación de suelos realizadas por AMSA	31
Figura 11. Árbol de causa y efecto	33
Figura 12. Árbol de fines.....	36
Figura 13. Mapa de Ubicación del Vivero Forestal "El Morlón", Amatitlán	55
Figura 14. Mapa de Zonas de Vida de la Cuenca del Lago de Amatitlán	57
Figura 15. Función de aleatorización en Excel	73
Figura 16. Distribución de unidades muestréales	74
Figura 17. Ensayo de germinación con semillas de Pinus oocarpa Schiede	82
Figura 18A. Boleta de evaluación de las variables de medición	104
Figura 19A. Análisis fisicoquímico de pulpa de coco y compost de ninfa	105
Figura 20A. Análisis fisicoquímico de lodos residuales.....	106
Figura 21A. Recolección y acondicionamiento de materiales utilizados	107
Figura 22A. Mezcla de materiales para la elaboración de los sustratos	107
Figura 23A. Acondicionamiento y llenado de contenedores	108
Figura 24A. Montaje experimental	108
Figura 25A. Manejo experimental	109
Figura 26A. Aplicación de micorriza.....	109
Figura 27A. Medición de variables en campo	110
Figura 28A. Medición de variables en laboratorio.....	110
Figura 29. Mapa de Ubicación de Aldea Cerritos y Tacaton, Amatitlán	117
Figura 30. Coordinación con centros educativos para la organización "Día del Árbol"	118
Figura 31. Divulgación y capacitación en centros educativos.....	118
Figura 32. Acto Protocolario celebración del "Día del Árbol"	118
Figura 33. Caminata de los alumnos hacia la Hana, Amatitlán.....	119
Figura 34. Reforestación en las áreas preparadas	119
Figura 35. Finalización de la celebración "Día del Árbol"	120
Figura 36. Encuestas a posibles beneficiarios del proyecto	121
Figura 37. Capacitación a trabajadores de AMSA sobre el uso del GPS	121
Figura 38. Base de datos del proyecto	122
Figura 39. Mapas de Ubicación del Proyecto "Suministro de Estufas Ahorradoras de Leña" ..	123
Figura 40. Identificación del Área Loma del Trigo, Bárcena, Villa Nueva.	124
Figura 41. Preparación de equipo a utilizar: Nivel en "A"	125

	PÁGINA
Figura 42. Trazo de Curvas de Nivel.....	125
Figura 43. Transporte de planta	125
Figura 44. Finalización de estructuras de conservación de suelos	126
Figura 45. Identificación de áreas degradadas en Bárcena, Villa Nueva	126
Figura 46. Identificación de área degradada en el municipio de Amatlán	127
Figura 47. Apoyo técnico en reforestaciones con centros educativos.....	127

ÍNDICE DE CUADROS

PÁGINA

Cuadro 1. División política de la cuenca del lago de Amatitlán.....	6
Cuadro 2. Ríos principales de la cuenca del lago de Amatitlán	7
Cuadro 3. Pendientes en la cuenca del lago de Amatitlán.....	14
Cuadro 4. Tipo de vegetación dentro de la cuenca del lago de Amatitlán	18
Cuadro 5. Análisis de la población dentro de la cuenca del lago de Amatitlán	19
Cuadro 6. Organización institucional de AMSA	22
Cuadro 7. Marco legal de AMSA	24
Cuadro 8. Análisis fisicoquímico de lodos residuales comparado con niveles óptimos	64
Cuadro 9. Análisis fisicoquímico de pulpa de coco	65
Cuadro 10. Análisis fisicoquímico de compost de ninfa comparado con niveles óptimos	66
Cuadro 11. Costos de producción de los tratamientos evaluados	68
Cuadro 12. Descripción de los sustratos	72
Cuadro 13. Porcentaje de calidad de adobe.....	77
Cuadro 14. Ejemplo de matriz de valoración de los sustratos	80
Cuadro 15. Porcentaje de emergencia	83
Cuadro 16. Análisis de varianza para la variable altura de planta a los 120 días después de la siembra	84
Cuadro 17. Prueba de medias “tukey” para la variable altura de planta a los 120 días después de la siembra.....	84
Cuadro 18. Análisis de varianza para la variable diámetro del cuello en la planta a los 120 días después de la siembra.....	86
Cuadro 19. Prueba de Medias Tukey para la variable diámetro al cuello de planta a los 120 días después de la siembra	86
Cuadro 20. Análisis de varianza para la variable longitud de raíz a los 120 días después de la siembra.....	88
Cuadro 21. Prueba de medias tukey para la variable longitud de raíz a los 120 días después de la siembra.....	88
Cuadro 22. Análisis de varianza para la variable materia seca del tallo de planta a los 120 días después de la siembra	90
Cuadro 23. Prueba de medias tukey para la variable materia seca del tallo de la planta a los 120 días después de la siembra.....	90
Cuadro 24. Análisis de varianza para la variable materia seca de raíz a los 120 días después de la siembra.....	91
Cuadro 25. Prueba de medias tukey para la variable materia seca de raíz de la planta a los 120 días después de la siembra.....	92
Cuadro 26. Análisis de varianza para la variable calidad de adobe de raíz a los 120 días después de la siembra.....	93
Cuadro 27. Prueba de medias tukey para la variable calidad de adobe de raíz a los 120 días después de la siembra.....	94
Cuadro 28. Matriz de valoración de los sustratos	95
Cuadro 29A. Promedios de las variables de medición a los 120 días después de la siembra .	103

RESUMEN

El programa de Ejercicio Profesional Supervisado (EPS) fue desarrollado en la División Forestal, Conservación y Manejo de Suelos de la Autoridad para el Manejo Sustentable de la Cuenca y del Lago de Amatitlán (AMSA), ubicadas las oficinas centrales en el municipio de Amatitlán, departamento de Guatemala.

En el Capítulo I, se presenta el diagnóstico de la División Forestal, Conservación y Manejo de Suelos de AMSA enfocado en las actividades de reforestación, recuperación y valorización de los recursos naturales, en el cual por medio de visitas de campo e información secundaria se describieron las características principales de la cuenca del lago de Amatitlán, las actividades que realiza dicha institución con el objetivo de restaurar la cuenca, y se delimitaron los principales problemas por los que atraviesa dicha cuenca e institución en el manejo de la misma. Posteriormente, se realizó un análisis sobre el problema principal siendo este la pérdida de la cobertura forestal dentro de la cuenca, finalizando con un análisis sobre las acciones que deben de desarrollarse para recuperar e incrementar la cobertura forestal dentro de la cuenca del Lago de Amatitlán y con ello aportar herramientas útiles para la resolución de la problemática.

En el Capítulo II, se presenta la investigación siendo esta la evaluación de 10 sustratos para la producción de plántulas de pino (*Pinus oocarpa* Schiede) en el vivero forestal “El Morlón”, Amatitlán, Guatemala, C.A., como requerimiento por parte de la División Forestal, Conservación y Manejo de Suelos de AMSA, ya que la demanda anual de producción de planta forestal es elevada por las actividades que realiza dicha institución. Para la producción anual de planta forestal, AMSA requiere de materiales como sustrato para la producción, sin embargo, el material usado comúnmente es el sustrato llamado “peat moss” el cual una parte es donado por instituciones y otra es adquirido con presupuesto interno, pero AMSA no siempre dispone de este material por factores económicos, por lo que esta investigación busca un sustrato que pueda producir una planta forestal con buenas características, y así asegurar la producción forestal anual.

Los resultados obtenidos de esta investigación mostraron que existe un sustrato que puede llenar los requerimientos de la producción siendo este el Tratamiento cinco (combinación de pulpa de coco al 50 %, lodos residuales al 25 % y arena al 25 %), ya que este sustrato demostró resultados similares al tratamiento testigo (peat moss al 100 %) en las variables de medición en función del crecimiento y desarrollo de la plántula y sus costos de producción son menores.

En el Capítulo III se presentan los servicios profesionales desarrollados en AMSA, siendo estos la celebración del Día del Árbol según decreto 30-2003 de la República de Guatemala, logrando la participación activa de la niñez en el marco de la reforestación de la cuenca del lago de Amatitlán, también se elaboró una base de datos electrónica y mapas temáticos de los beneficiarios del Proyecto “Suministro de Estufas Ahorradoras de Leña Tipo Plancha dentro de la Cuenca del Lago de Amatitlán”, el cual se lleva a cabo por medio de la División Forestal, Conservación y Manejo de Suelos de AMSA. Otro de los servicios desarrollados fue el apoyo técnico al Plan de Manejo y Conservación de Suelos, logrando establecer estructuras de conservación de suelos en la Loma El Zope, Bárcenas, Villa Nueva y finalizando con el servicio de apoyo técnico a los voluntariados de reforestación de la Autoridad para el Manejo Sustentable de la Cuenca y del Lago de Amatitlán, siendo esta actividad, una de las prioritarias en pro de la restauración de la cuenca del lago de Amatitlán.

The seal of the Universidad Católica de Coahuila de Matamoros is a circular emblem. It features a central figure of a saint on a white horse, set against a background of green hills and a blue sky. Above the figure are two golden castles and a golden lion rampant. The entire scene is enclosed within a circular border containing the Latin text "UNIVERSITAS CATHOLICA COAHUILA MATAMORENSIS INTER CETERAS OBIS CONSPICUA CAROLINA ACADEMIA".

CAPÍTULO I

DIAGNÓSTICO DE LA DIVISIÓN FORESTAL, CONSERVACIÓN Y MANEJO DE SUELOS DE LA AUTORIDAD PARA EL MANEJO SUSTENTABLE DE LA CUENCA Y DEL LAGO DE AMATILÁN, ENFOCADO EN LAS ACTIVIDADES DE REFORESTACIÓN, RECUPERACIÓN Y VALORIZACIÓN DE LOS RECURSOS NATURALES.

1.1 INTRODUCCIÓN

Guatemala cuenta con 38 cuencas hidrográficas y dentro de las cuencas de la Vertiente del Pacífico, al norte, se encuentra la cuenca María Linda con un área de 2,572 Km² que ocupa el 2.4% del área nacional, en la parte sur de esta cuenca se encuentra la subcuenca del Lago de Amatitlán, que ocupa 384 Km², dicha cuenca es de gran importancia nacional y ha sido denominada como cuenca “Metropolitana”, ya que dentro de la cuenca se encuentran 9 municipios del departamento de Guatemala y 5 municipios del departamento de Sacatepéquez.

La Autoridad para el Manejo Sustentable de la Cuenca del Lago de Amatitlán (AMSA) es una institución pública creada con el propósito de proteger, conservar, defender, rehabilitar y restaurar la Cuenca y el Lago de Amatitlán, y con ello amortiguar los efectos de la contaminación que amenaza la calidad de vida, el desarrollo social, y el entorno cultural, político, económico y ambiental de la cuenca.

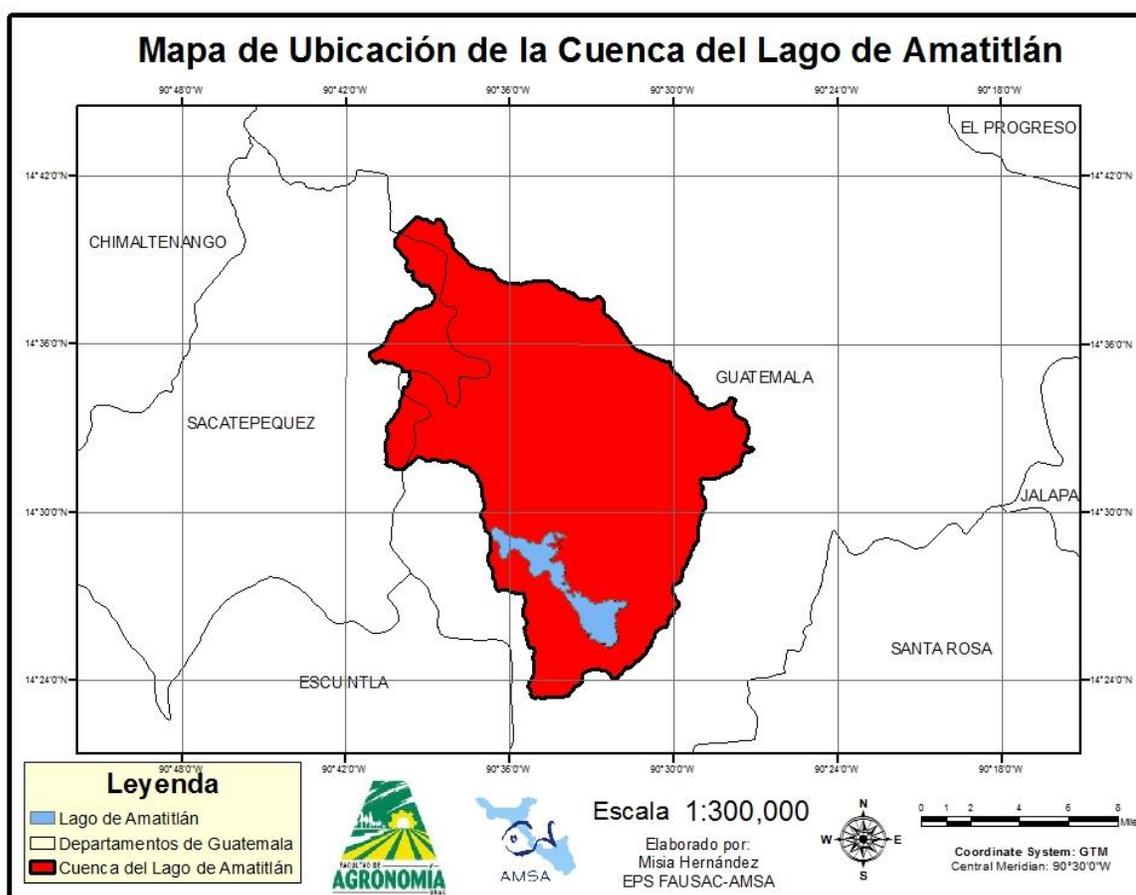
Para la restauración integral de la cuenca del lago de Amatitlán es necesaria la implementación de distintas actividades que persigan tal objetivo y que sea de beneficio colectivo. Es por ello la importancia del diagnóstico dirigido hacia la División Forestal, Conservación y Manejo de Suelos de la Autoridad para el Manejo Sustentable de la Cuenca y del Lago de Amatitlán, enfocado en las actividades de reforestación, recuperación y valorización de los recursos naturales que se llevan a cabo y que sirvieron para identificar las problemáticas dentro de la cuenca y plantear soluciones favorables. Con ello también se establecieron los proyectos de servicios e investigación prestados hacia la institución como parte del programa de Ejercicio Profesional Supervisado (EPS).

1.2 MARCO REFERENCIAL

1.2.1 Aspectos generales

1.2.1.1 Ubicación geográfica

La Cuenca del Lago de Amatitlán se encuentra ubicada en el Valle de las Vacas o de la Ermita, departamento de Guatemala, situada entre tres sistemas de fallas: Mixco, Pinula y Jalpatagua, formando el “graben” (fallas paralelas) en donde se encuentran asentados la mayor parte de los municipios del departamento. Tiene una extensión de 381.31 Km², ubicada en la zona de la Provincia Fisiográfica de la Sierra Madre. Esta cuenca es una subcuenca del río María Linda y se ubica dentro de las coordenadas Lat. 14°42' a 14°22' 75" Long. 90°42' a 90°16'86".



Fuente: Elaboración propia, 2015

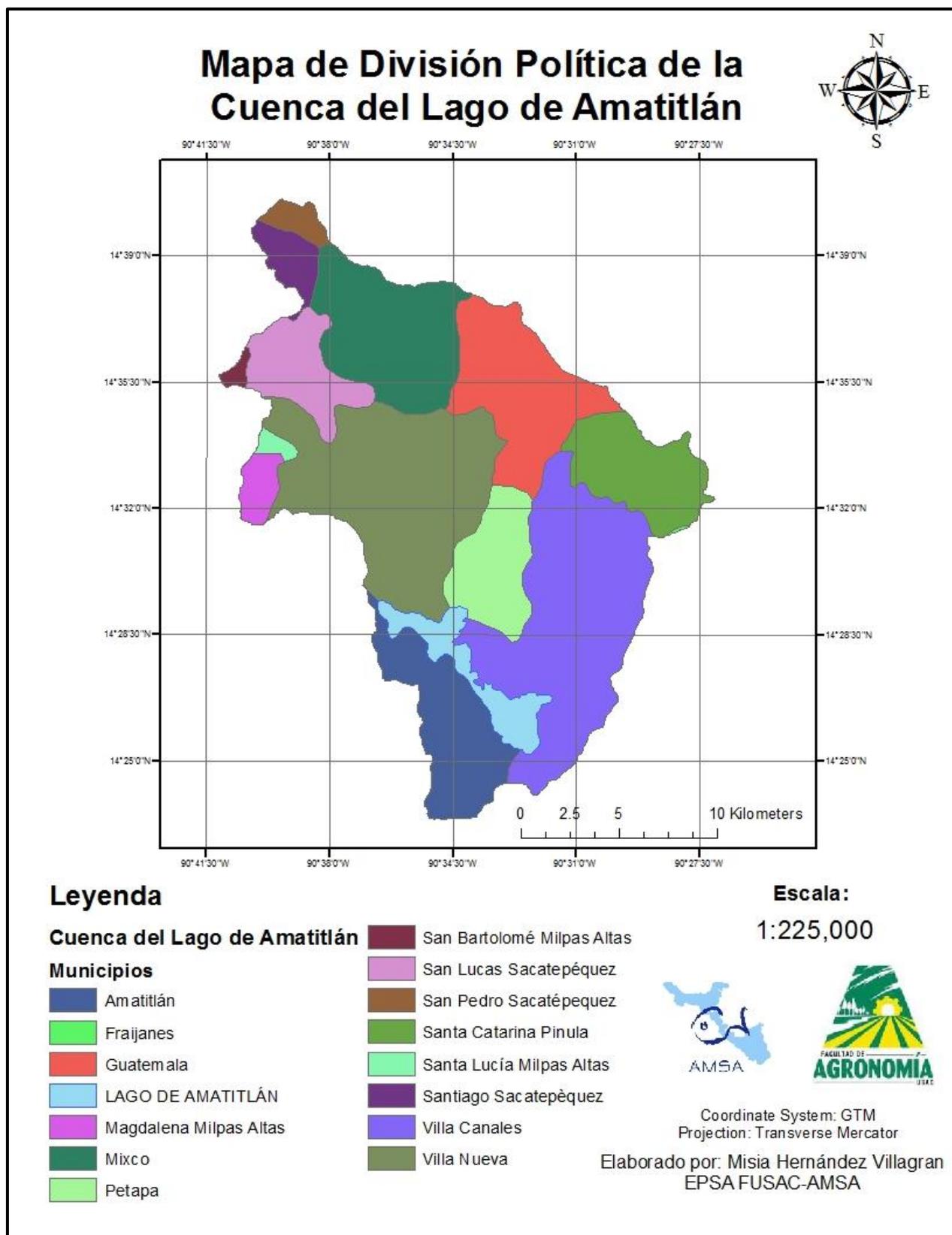
Figura 1. Mapa de ubicación de la Cuenca del Lago de Amatitlán

1.2.2 Límites

Los límites de la Cuenca del Lago de Amatitlán son los siguientes: al Norte con la divisoria continental de aguas (Calzada Roosevelt y Boulevard Liberación hasta los Arcos en la Ciudad de Guatemala) y la cuenca del río Motagua de la Vertiente del Océano Atlántico; al Oeste con la cuenca del río Achiguate; al Este con la cuenca del río Los Esclavos; al Sur con el río Michatoya y parte media del río María Linda, que constituye una de las cuencas de la Vertiente del Pacífico.

1.2.3 División Política

La cuenca del lago de Amatitlán está formada por catorce municipios, algunos del departamento de Guatemala (Guatemala, Amatitlán, Villa Nueva, Villa Canales, San Miguel Petapa, Santa Catarina Pinula, San Pedro Sacatepéquez, Mixco y Fraijanes) y otros del departamento de Sacatepéquez (San Lucas Sacatepéquez, Santiago Sacatepéquez, Magdalena Milpas Altas, Santa Lucía Milpas Altas y San Bartolomé Milpas Altas), como se puede observar en la Figura 2.



Fuente: Elaboración propia, 2015

Figura 2. Mapa de la división política de la cuenca del lago de Amatitlán

La cuenca del lago de Amatitlán está conformada por 14 municipios de Guatemala como se aprecia en el Cuadro 1.

Cuadro 1. División política de la cuenca del lago de Amatitlán

División Política			
No.	Municipio	Área Km ²	Área en Km ² dentro de la cuenca
1	San Pedro Sacatepéquez	30	5.89
2	Santiago Sacatepéquez	15	5.74
3	San Bartolomé Milpas Altas	7	1.77
4	San Lucas Sacatepéquez	24	19.24
5	Mixco	99	45.26
6	Guatemala	228	42.65
7	Santa Catarina Pinula	48	25.18
8	San Miguel Petapa	20.25	20.25
9	Villa Nueva	75	73.42
10	Santa Lucía Milpas Altas	19	9.83
11	Magdalena Milpas Altas	8	5.94
12	Fraijanes	91	2.65
13	Villa Canales	353	76.34
14	Amatitlán	114	32.15
—	Cuerpo del Lago	15	15
TOTAL			381.31

Fuente: PLANDEAMAT, 2013

De los municipios de la cuenca, siete tienen influencia directa en el lago debido al impacto producido por el crecimiento poblacional que ha provocado la degradación de los recursos naturales, eliminación de la cobertura boscosa, explotación del suelo y crecimiento industrial, entre otros factores; siendo ellos: Villa Nueva, Villa Canales, Santa Catarina Pinula, San Miguel Petapa, Mixco, Amatitlán y Guatemala (parte sur de la Ciudad Capital zona 11,12, 13 y 21). (PLANDEAMAT, 2013)

1.2.4 Aspectos biofísicos

1.2.4.1 Hidrología

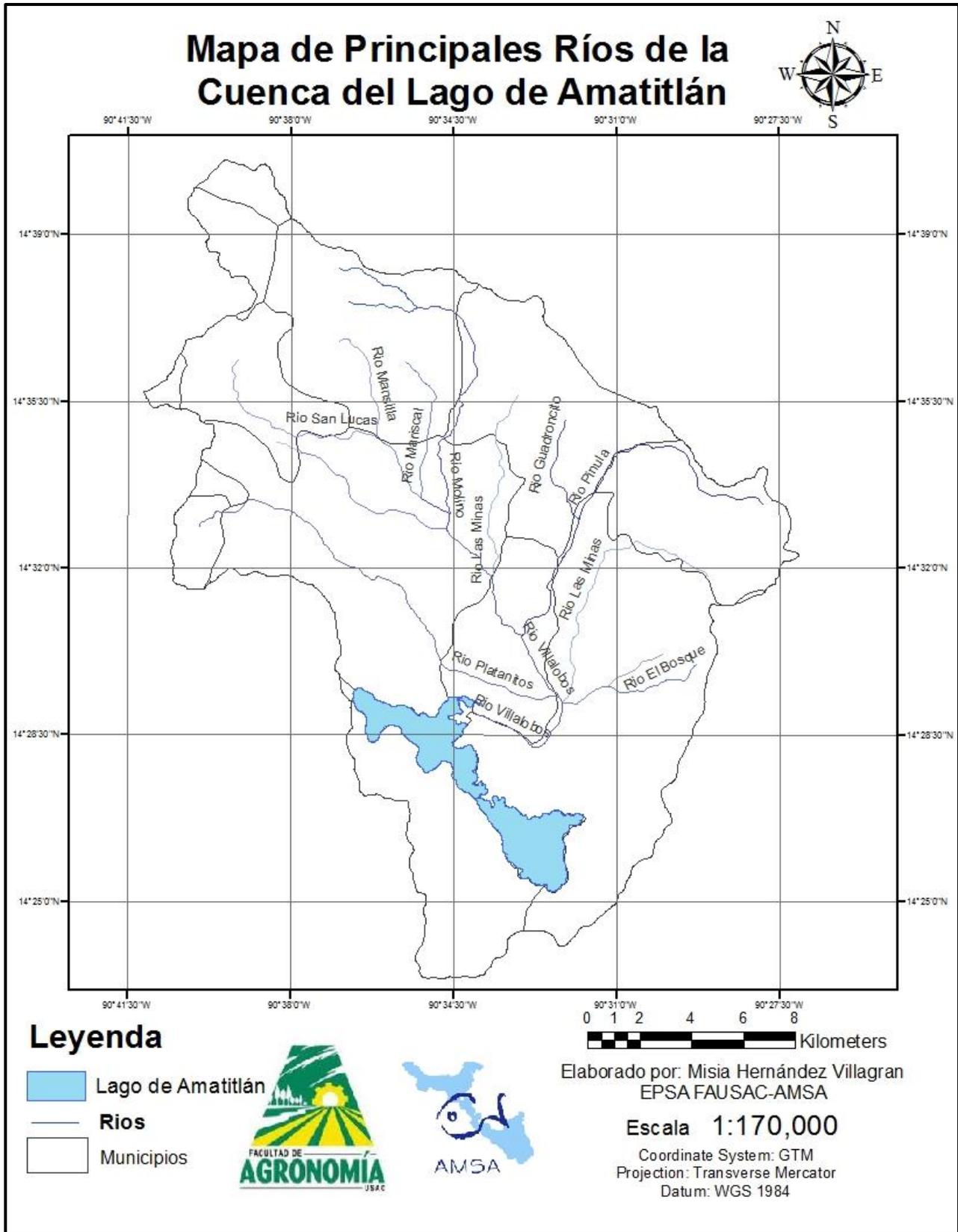
La cuenca del lago de Amatitlán está conformada por varias microcuencas cuyas aguas convergen en el río Villalobos, afluente principal del lago de Amatitlán. Los ríos de la cuenca del lago de Amatitlán suman 289 Km lineales como se muestra en el Cuadro 2.

Cuadro 2. Ríos principales de la cuenca del lago de Amatitlán

Ríos principales de la cuenca	
Ríos	Área en Km²
El Molino	52.593
San Lucas	45.116
Pinula	48.106
Las Minas	35.357
Platanitos	46.213
Villalobos	22.544

Fuente: PLANDEAMAT, 2013

Los ríos principales de la cuenca del lago de Amatitlán son El Platanitos, Pinula, Las Minas, Tulujá, El Bosque, Molino, San Lucas y Parrameño, de estos el río Villalobos es el principal río de la cuenca como se aprecia en la Figura 3.



Fuente: Elaboración propia, 2015

Figura 3. Principales ríos de la cuenca del lago de Amatitlán

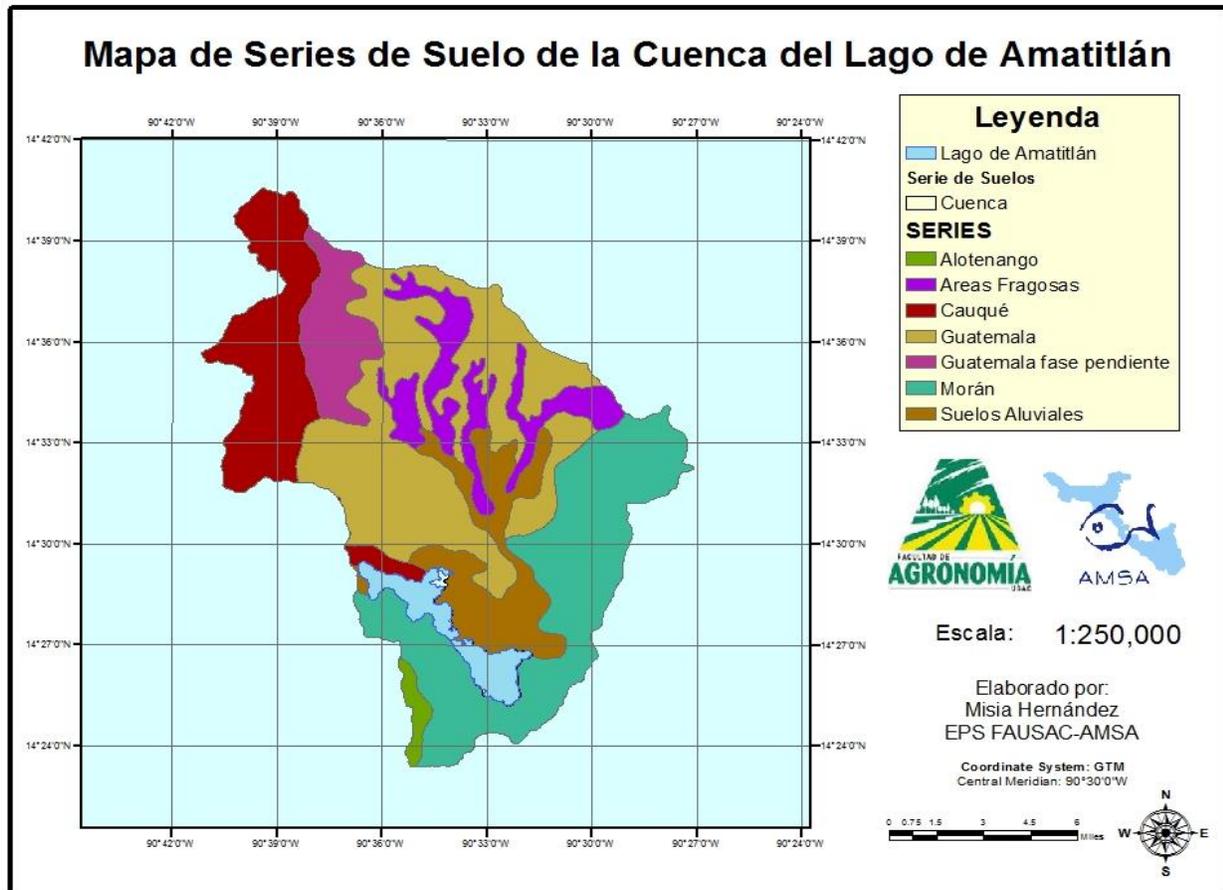
Hacia el lado Este del lago, drenan directamente los ríos Pampumay y Chanquín. El río Villalobos es el principal río de la cuenca e inicia a una altura de 1480 msnm. Su cuenca tiene una extensión de 61.76 Km² y una longitud de 22 Km. Al unirse las aguas de los ríos Molino y San Lucas se forma el río Villalobos a la altura de del km 12.5 ruta CA-9 Pacífico, complejo de puentes Villalobos, por lo que toma su nombre desde ese punto hasta la desembocadura en el Lago de Amatitlán. (PLANDEAMAT, 2013)

1.2.4.2 Suelos

Los suelos que conforman la cuenca del lago de Amatitlán son básicamente formaciones de origen volcánico de diferentes épocas las que a través del tiempo han ido consolidándose hasta llegar a formaciones rocosas. Éstos son de color café, de textura franca a franca arcillosa, para los suelos superficiales; siendo ligeramente ácidos y de un espesor que varía de 25 cm a 50 cm. Los subsuelos por lo general son de textura franco arcilloso, un potencial de hidrógeno ligeramente ácido, color café rojizo y con profundidad en algunos casos, de más de un metro. (PLANDEAMAT, 2013)

La cuenca del río Villalobos está compuesta por aluvión; siendo la parte norte del Lago compuesta por sedimentos eólicos, flujo de ceniza, sedimentos fluviales y lacustres sufriendo los riesgos de licuefacción, soliflucción e inundaciones. Superficialmente, los suelos están formados por una capa orgánica que varía entre 20 cm a 75 cm de profundidad, formaciones de arena blanca, materiales de relleno, roca y disposiciones volcánicas. (PLANDEAMAT, 2013)

Según la Primera Aproximación de la Clasificación Taxonómica de los Suelos de la República de Guatemala, la cuenca del lago de Amatitlán cuenta con una serie de suelos en la que se destaca la serie de Guatemala, que abarca los departamentos de Guatemala, Sacatepéquez y Chimaltenango. La serie Morán abarca los departamentos de Guatemala y Santa Rosa. La serie de Alotenango, que abarca los departamentos de Guatemala, Sacatepéquez, Chimaltenango y Quetzaltenango, como se pueden observar en la Figura 4. (MAGA, 2001)



Fuente: Elaboración propia, 2015

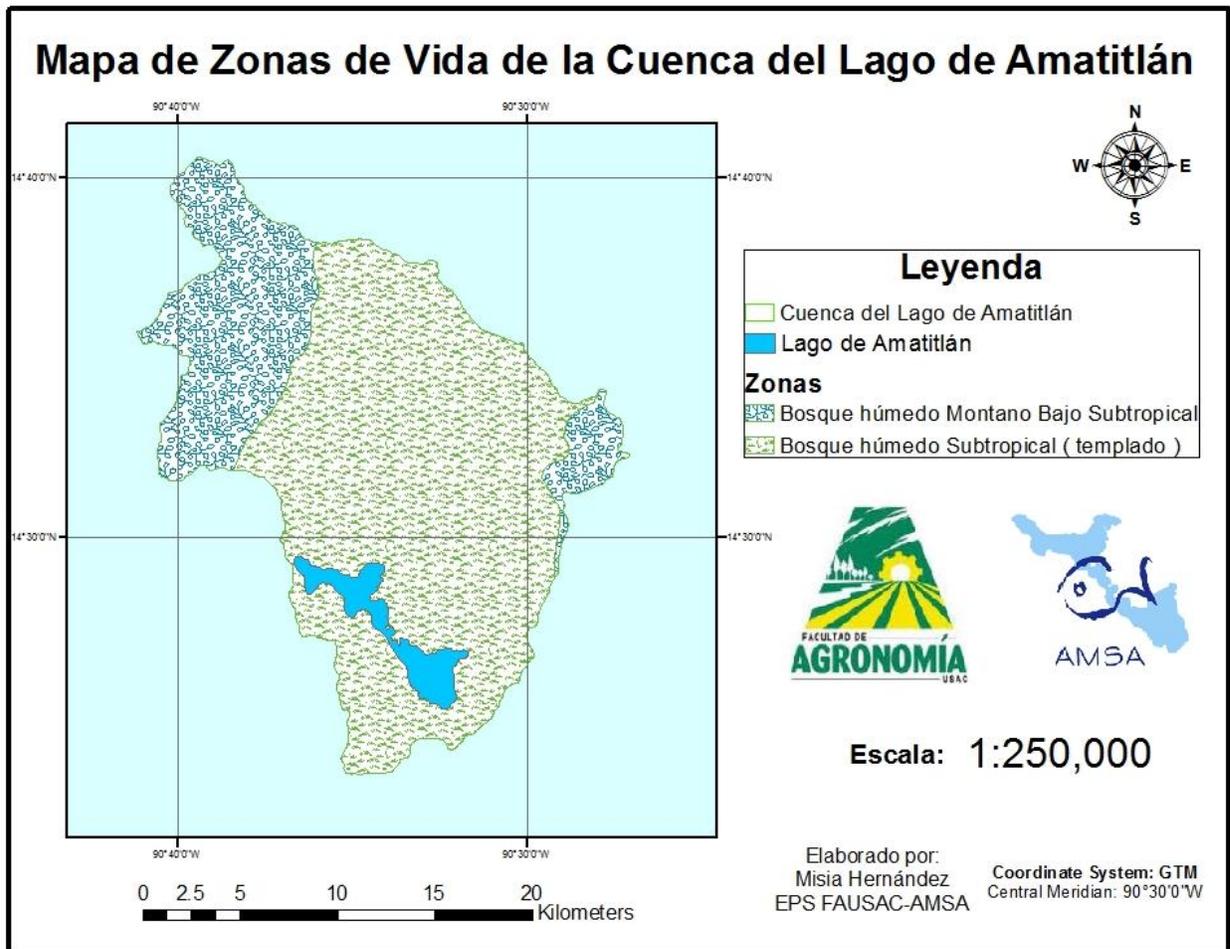
Figura 4. Mapa de series de suelos de la cuenca del lago de Amatitlán

1.2.4.3 Zonas de Vida

Según la clasificación de Tornthwhite, en la cuenca del lago de Amatitlán hay 2 zonas de vida las cuales se complementan al cuerpo de agua como se muestra en la Figura 5.

La zona de vida Bosque Húmedo subtropical templado (Bh-s (t)) se encuentra al norte y sur del lago de Amatitlán cubriendo un 87 % de la extensión de la cuenca. El bosque húmedo subtropical templado abarca las partes medias bajas de las microcuencas Parrameño, San Lucas, El Molino, Platanitos, toda la microcuenca Villalobos, la mayor parte de la microcuenca Pinula. Las Minas Tulujá, El Bosque y el lago de Amatitlán.

La zona de vida Bosque Húmedo montano bajo (Bh-MB) se encuentra al noreste y noroeste abarcando el 13 % de la superficie. La zona de bosque húmedo montano bajo cubre las partes altas de las microcuencas Platanitos, Parrameño, San Lucas y Molino, también una pequeña área al Oeste de las microcuencas Pinula, Las Minas y Tulujá. (PLANDEAMAT, 2013)



Fuente: Elaboración propia, 2015

Figura 5. Zonas de vida en la cuenca del lago de Amatitlán

1.2.4.4 Geología

La presencia de una caldera en la región de la cuenca de Amatitlán es consistente con grandes volúmenes de recientes rocas piroclásticas silíceas que cubre el área en su mayor parte. Se ha reconocido la fuente de estos piroclásticos al Sur pero no cerca de la Ciudad de Guatemala.

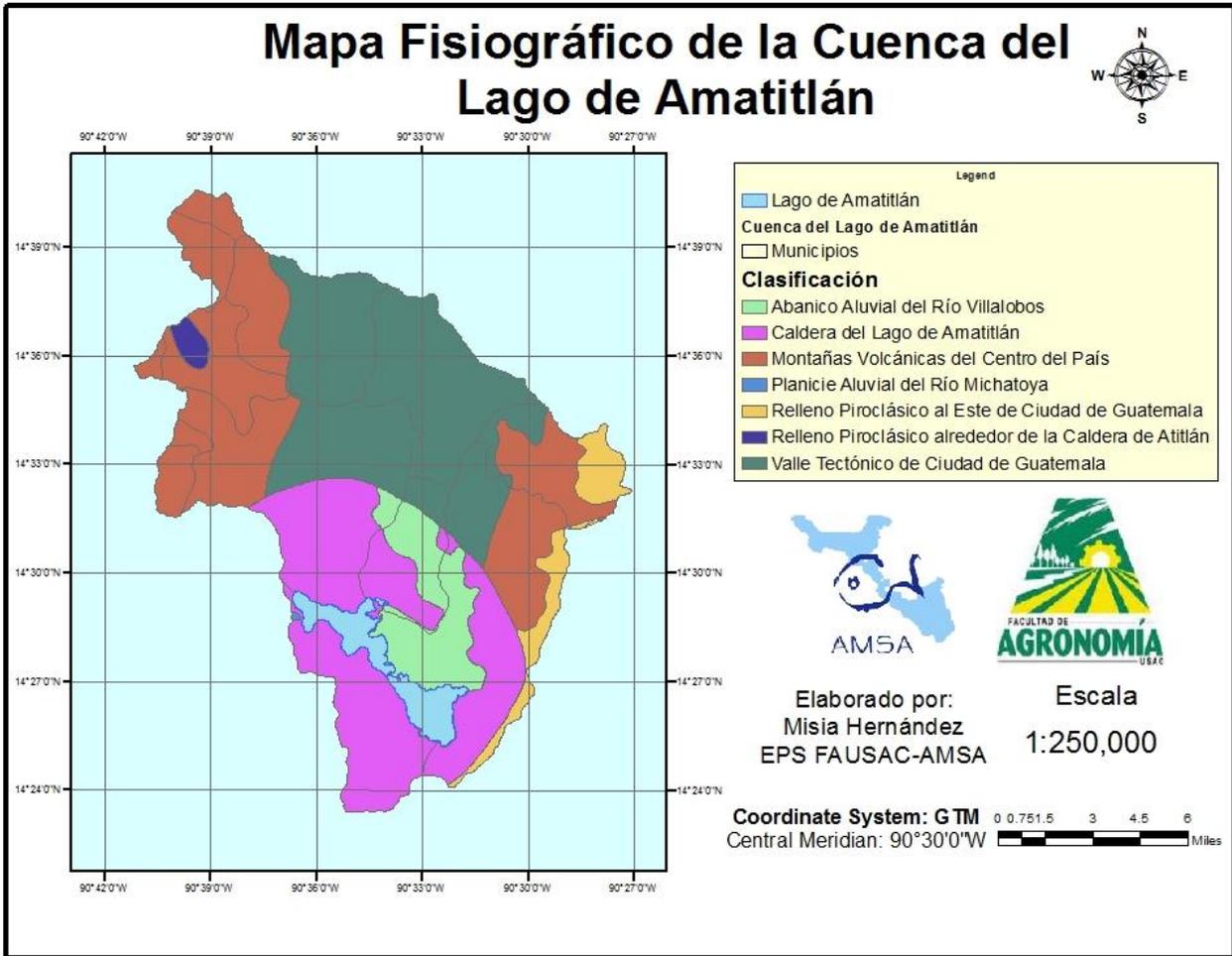
Una variedad de otras características geológicas comúnmente observadas en las calderas están también presentes. Estas incluyen hasta ahora hot springs y actividad fumarólica, depósitos de oleadas dentro de la caldera, extensos mapeos de sedimentos del lago que siguen (ayudan a delinear) la extensión Norte aproximada de la caldera; una caldera en aro brechada al Sur, evidencia de resurgencia y un posible indicativo de continuidad de actividad sísmica dentro de la caldera. (PLANDEAMAT, 2013)

1.2.4.5 Fisiografía

Las placas tectónicas que afectan a Centro América y que a su vez afectan a Guatemala son la Placa Norteamericana, la Placa del Caribe y la Placa de Cocos. Existe una gran interacción a lo largo de la fosa Mesoamericana, entre la Placa de Cocos y la del Caribe. Como consecuencia principalmente por los desplazamientos relativos de las placas tectónicas, se han formado fallas de menor dimensión. Mencionando algunas de ellas: fallas de Mixco y Santa Catarina Pínula, fallas de Zunil, Jalpatagua y Olinstepeque, de las cuales las 2 primeras se manifiestan dentro del área de la cuenca del Lago de Amatitlán.

El análisis de la fisiografía hace relación de la geomorfología (origen y desarrollo de la topografía de los continentes), y el patrón de distribución de los suelos (material que lo origina) en el área de estudio. Los sectores se encuentran ubicados en la Cuenca fisiográfica de la provincia Volcánica, pero influenciada por parte del sistema cordillera central, que se desarrolla desde Chiapas hasta las Islas del Golfo de Honduras, y además ubicándose entre dos sistemas de fallas que han estado en evolución desde el paleozoico. (PLANDEAMAT, 2013)

En la Figura 6 se aprecia la clasificación de la fisiografía dentro de la cuenca del lago de Amatitlán.



Fuente: Elaboración propia, 2015

Figura 6. Mapa fisiográfico de la cuenca del lago de Amatitlán

1.2.4.6 Pendientes

La depresión arqueada alrededor del lago de Amatitlán es estructuralmente y morfológicamente sugestiva de una caldera. Un margen topográfico ondulado arqueado es visible, así como numerosas fallas normales arqueadas concéntricas (desplazamiento hacia abajo hacia el centro de la caldera) alrededor del margen estructural de la caldera.

Las pendientes en la cuenca se originan por el cambio de altura del suelo, siendo estas pendientes fuertes en las partes altas de las cuencas (mayor de 32 %), cambiando bruscamente a pendientes mínimas en la planicie, lo que genera grandes zonas susceptibles de inundación en la parte baja al producirse crecidas instantáneas de gran magnitud y corta

duración y deslizamientos en las partes altas como se muestra en el Cuadro 3. (PLANDEAMAT, 2013)

Cuadro 3. Pendientes en la cuenca del lago de Amatitlán

Pendientes del terreno de la cuenca del lago de Amatitlán		
Parámetro	Área Km²	Porcentaje (%)
0-8	141.396	34.519
8-16	63.964	15.615
16-32	73.014	17.825
>32	131.232	32.038
TOTAL	409.606	100

Fuente: Elaboración propia, 2015

1.2.4.7 Clima

Los vientos predominantes son noreste sureste, las temperaturas promedio son de 21 °C.; la baja de 16 °C.; y la máxima de 30 °C. La precipitación pluvial es variable, identificando en el lago precipitaciones hasta de 1100 mm por año, para el año 2013 se registró una media de 1450 mm de lluvia. El clima está marcado por dos estaciones: la seca que va de noviembre a abril y la lluviosa entre mayo a octubre. (PLANDEAMAT, 2013)

1.2.4.8 Áreas Protegidas

La cuenca del lago de Amatitlán posee parte de 5 áreas protegidas importantes descritas a continuación.

A. Parque Nacional Volcán Pacaya

Se encuentra localizado en el municipio de San Vicente Pacaya del Departamento de Escuintla; partiendo de la ciudad capital se encuentra a 47.5 Km, que comprende un total de 2,065 ha.

El rasgo más sobresaliente del parque es precisamente el Volcán de Pacaya, uno de los tres volcanes activos del país, que presenta la oportunidad de observar y conocer los procesos volcánicos, su impacto sobre la biodiversidad y los procesos de regeneración natural que se desarrollan. Así mismo constituye uno de los atractivos turísticos naturales más visitados del país, después de Atitlán, Río Dulce y Monterrico. Esta área protegida se encuentra en la parte más baja de la cuenca, sin embargo, solo una pequeña área pertenece a la Cuenca del Lago de Amatitlán. (PLANDEAMAT, 2013)

B. Reserva Forestal Protectora de Manantiales Cordillera Alux

Esta reserva tiene una extensión de 5,372 ha., y actualmente cuenta con un Plan Maestro. Se encuentra entre los municipios de San Juan Sacatepéquez, San Lucas Sacatepéquez, San Pedro Sacatepéquez y Mixco, pero está bajo la administración estatal. La Cordillera Alux es conocida como Cerro Alux, por su cercanía a la capital del departamento de Guatemala, constituye un pulmón para la ciudad y es la reserva generadora de agua más importante que abastece a las poblaciones cercanas, incluyendo a la misma capital. El área aún conserva una muestra representativa del Bosque de Montaña en buen estado de conservación y la diversidad de avifauna lo hace un lugar ideal para la observación de aves. (PLANDEAMAT, 2013)

C. Parque Eco Turístico La Cerra

La Cerra está ubicada en la zona de vida Bosque sub-tropical (templado), el patrón de lluvia es de 932 mm a 1,045 mm con un promedio de 988.5 mm de precipitación anual, las biotemperaturas van de 19 °C a 27 °C, la evapotranspiración potencial promedio es de 0.80. La topografía es medio escarpada a escarpada, en algunos casos es muy accidentada y está a 1,512 m s.n.m. Su extensión territorial es de 259.39 ha. (PLANDEAMAT, 2013)

La Municipalidad de San Miguel Petapa es la encargada de organizar las actividades que en dicho parque se llevan a cabo, tales como:

- Forestación
- Educación ambiental
- Deportivas
- Culturales
- Ambientales

Así también, la organización y coordinación de la participación en los circuitos turísticos dentro del Parque Metropolitano, ya que éste es uno de los sitios turísticos más importantes que existen entre los 14 municipios que se mencionan dentro de la Cuenca del Lago de Amatitlán. (PLANDEAMAT, 2013)

D. Parque Nacional Naciones Unidas

El Parque tiene una extensión de 372 ha. Es uno de los cinco Parques Nacionales más antiguos del país. Se encuentra localizado en el departamento de Guatemala a 21.5 Km del Parque Central de la Ciudad de Guatemala, con jurisdicción en las Municipalidades de Villa Nueva y Amatitlán, pero su administración le corresponde a la Fundación Defensores de la Naturaleza. (PLANDEAMAT, 2013)

El Parque Naciones Unidas es un área estratégica para satisfacer la demanda de la población en los campos de la educación ambiental y recreación forestal para más de 1.5 millones de habitantes. El parque es importante para los centros educativos de la Cuenca actualmente sus principales usuarios son los escolares y los jóvenes. Por su cercanía a la ciudad, se cree que el parque contiene un enorme potencial como área recreativa y como una de las últimas áreas boscosas de la ciudad, que puede servir como pulmón verde y purificador de aire. (PLANDEAMAT, 2013)

E. Parque Natural de Calderas

Actualmente el parque nacional es Co-Administrado por el INAB (Instituto Nacional de Bosques), la Municipalidad de San Vicente Pacaya y la Asociación Comité de Administración y Manejo, este último, integrado por representantes de las comunidades locales. El parque comprende un total de 2,065 ha., encontrándose dentro del mismo la Laguna de Calderas con una extensión de 35 ha., la cual está asentada en un antiguo cráter y que actualmente surte de agua potable a 11 comunidades y 10,000 habitantes. (PLANDEAMAT, 2013)

Así mismo se encuentra el cráter activo del volcán. Calderas es el desarrollo eco turístico donde se mezcla la belleza de milenarios bosques, con las cristalinas aguas de la Laguna Calderas en donde hay gran variedad de mamíferos, aves y peces. La actividad económica/social del lugar es recreacional. Su función principal es como un área y paseo ecológico. Este parque de propiedad privada es un lugar donde se realizan actividades ecológicas, naturales recreativas como el camping, rapel y caminatas ecológicas. (PLANDEAMAT, 2013)

1.2.4.9 Vegetación y cobertura

La cuenca ha sufrido grandes transformaciones debido a los cambios drásticos en el uso del suelo lo que ha aumentado considerablemente en los últimos años. La vegetación natural característica en estas zonas de vida está representada por las especies: *Pinus pseudostrobus*, *Pinus oocarpa*, y *Pinus montezumae* (Pinos); *Curatella americana* (lengua de vaca), *Quercus. Sp.* (encinos), *Byrsonima crassifolia* (Nance), *Ficus sp.* (Amates). (PLANDEAMAT, 2013)

En el Cuadro 4 se presenta el análisis de uso de la tierra y cobertura boscosa de la cuenca del lago de Amatitlán, en donde se muestra el área que ocupa el tipo de vegetación en Km², hectáreas y porcentaje de área, y la cuantificación general de la cuenca. En esta se puede observar un predominio de casi un 70 % de áreas sin cobertura boscosa, y si a esta se le agrega la asociación de bosque mixto con cultivos, esta área aumenta casi un 10 % más, quedando tan solo un 20 % de áreas boscosas.

Cuadro 4. Tipo de vegetación dentro de la cuenca del lago de Amatitlán

TIPO DE VEGETACIÓN	Área en Km ²	Área en Hectáreas	(%)
Bosque Mixto	21.793	2179.32	18.48
Bosque Secundario/Arbustal	4.624	462.409	3.17
As. Mixto-Cultivos	3.929	392.873	9.58
Área sin Cobertura Forestal	274.322	27432.18	68.78
TOTAL	398.853	39885.26	100

Fuente: PLANDEAMAT, 2013

1.2.4.10 Diversidad biológica

La flora que se encuentra dentro de la cuenca es diversa, está conformada de árboles forestales como *Pino oocarpa*, *Pino pseudostrobus*, *Pino montezumae*, *Alnus glutinosa*, *Cupressus*, *Quercus sp.*, y frutales como nance, mango, jocote, etc. No se han registrado especies amenazadas o en peligro de extinción forestales según el listado oficial CITES. (Celis, 2008)

La fauna silvestre de la cuenca no cuenta con un cuidado directo del ser humano, y esta tiene una serie de usos como por ejemplo para la alimentación, fuente de materia prima para usos medicinales, industriales, artesanales, y como atractivo turístico entre otros usos. Por medio de entrevistas se determinaron que las especies predominantes son: los gavilanes, palomas, sanates, cenizontles, ratón de campo, ardillas, conejo, mapache, cantil, mazacuata, entre otros. (Celis, 2008)

En partes altas de las montañas, aun se pueden contemplar ciertos animales pequeños como ardillas, conejos, serpientes, ratones y búhos. En el lago existen varias clases de plantas. En sus orillas se encuentran plantas como la *Jussiaea peruviana* conocida como hierva de clavo y la *Typha scirpas* conocida como tul. Otras plantas flotan como la *Eichhornia crassipes* conocida como lechuguilla o ninfa. (PLANDEAMAT, 2013)

1.2.5 Características socioeconómicas

1.2.5.1 Población

La Cuenca del Lago de Amatitlán cuenta con una población aproximada de 2,177,624 habitantes según el último censo realizado en el año 2002 por el INE, sin embargo, ha existido un acelerado crecimiento poblacional en dicha cuenca, y a través de la Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL) existe una proyección hacia el año 2010 de la población obteniendo como resultado el Cuadro 5.

Cuadro 5. Análisis de la población dentro de la cuenca del lago de Amatitlán

Población dentro de la cuenca del lago de Amatitlán			
No.	Municipio	Población en 2002	Población proyectada al 2010
1	San Pedro Sacatepéquez	31,503	40,159
2	Santiago Sacatepéquez	22,038	28,167
3	San Bartolomé Milpas Altas	5,291	7,996
4	San Lucas Sacatepéquez	18,394	23,997
5	Mixco	403,172	474,421
6	Guatemala	942,348	998,150
7	Santa Catarina Pinula	63,767	85,290
8	San Miguel Petapa	101,242	156,790
9	Villa Nueva	355,901	501,395
10	Santa Lucía Milpas Altas	10,106	14,138
11	Magdalena Milpas Altas	8,331	10,436
12	Fraijanes	28,868	42,607
13	Villa Canales	103,793	139,449
14	Amatitlán	82,870	105,738
TOTAL		2,117,624	2,628,733

Fuente: PLANDEAMAT, 2013

1.2.5.2 Distribución étnica

La cuenca del Lago de Amatitlán está integrada por 14 municipios, que posee una diversa multiculturalidad y diferentes aspectos culturales y tradicionales, que son propios de sus habitantes y de las etnias que en estos se encuentran, por ejemplo en el Municipio de San

Lucas Sacatepéquez pertenecen a la etnia Kakchiquel y ladinos al igual en el Municipio de Magdalena Milpas Altas, en el Municipio de Mixco habita una pequeña población Poqomam, que conservan hasta el día de hoy sus costumbres y tradiciones, al igual que en todos los municipios de la cuenca. (PLANDEAMAT, 2013)

1.2.5.3 Educación

El municipio de Guatemala se encuentra en condiciones óptimas respecto a la educación ya que cuentan con suficiente infraestructura educacional en instituciones públicas y privadas y se ha catalogado a la ciudad como de primer nivel. En el caso de Mixco, el 57 % de la población en pre primaria está cubierta, el 85 % en primaria, el 58 % en educación básica y 25 % en diversificado, con tan solo el 4.2 % de analfabetismo. En el caso del municipio de San Miguel Petapa, en el nivel primario existe un 72 % de cobertura, en el básico un 45 % y en el diversificado tan solo un 8 % de cobertura, con 32 establecimientos educativos. (PLANDEAMAT, 2013)

Para el caso de San Lucas Sacatepéquez se establece que la pre primaria tiene una cobertura de 70 %, la primaria 100 % (existen alumnos que vienen de municipios vecinos, por eso el alto porcentaje), básico 51 % y diversificado el 17 %. (PLANDEAMAT, 2013)

1.2.6 Aspectos institucionales

1.2.6.1 Nombre de la institución

Autoridad para el Manejo Sustentable de la Cuenca y del Lago de Amatitlán (AMSA).

1.2.6.2 Ubicación geográfica

Las oficinas Centrales se ubican en el kilómetro 22 CA-9 Bárcenas, Villanueva.

1.2.6.3 Visión

Procurar la integración de recursos necesarios para devolverle a la humanidad, en el menor tiempo posible, el Lago de Amatitlán en condiciones adecuadas para su uso y disfrute sostenible, a través del manejo apropiado de la cuenca de acuerdo a su ley de creación.

1.2.6.4 Misión

A través del trabajo en equipo con los diferentes sectores de la sociedad, procura los medios necesarios y aplica estrategias socioambientales para resguardar los recursos naturales y culturales de los catorce municipios de influencia, mediante la ejecución de planes, programas y proyectos, garantizando la mejora de vida de sus habitantes.

1.2.6.5 Estructura organizacional

La Autoridad para el Manejo Sustentable de la Cuenca y del lago de Amatitlán es una institución pública que depende directamente de la Presidencia de la República de Guatemala.

AMSA es una institución gubernamental no lucrativa que se maneja con fondos asignados en el presupuesto general de la nación. Por su naturaleza esta institución es afectada por el interés que las autoridades en funciones le presten para dar continuidad a los diferentes planes y proyectos que ha emprendido la administración anterior. Es decir, que los funcionarios de AMSA cambian conforme los gobernantes del país.

Actualmente AMSA está formada administrativamente por 11 divisiones (administrativas y técnicas) como se aprecia en el Cuadro 6.

Cuadro 6. Organización institucional de AMSA

No.	Organización en Divisiones de AMSA
1	División de Planeamiento Urbano y Ordenamiento Territorial
2	División de Recolección y Tratamiento de Residuos Líquidos y Sólidos
3	División de Reingeniería Industrial y Agroindustrial
4	División Forestal, Conservación y Manejo de Suelos
5	División de Educación Ambiental, Concientización Ciudadana y Desarrollo Turístico
6	División de Control, Calidad Ambiental y Manejo de Lagos
7	División de Asesoría Jurídica
8	División de Relaciones Interinstitucionales y Fortalecimiento de los Gobiernos Locales
9	División de Ejecución de Proyectos
10	División de Evaluación y Seguimiento
11	Auditoría Interna

Fuente: AMSA, 2009

Cada división técnico-administrativa está bajo la responsabilidad de un profesional quien ejerce autoridad sobre el personal a su cargo para la realización de las tareas que le corresponden a cada división, y cada división está subdividida por tareas con personal profesional y especializado como no especializado.

Todas las actividades que se desempeñan desde los diferentes puestos de trabajo para alcanzar los objetivos y metas de AMSA, están coordinados y controlados según ciertas reglas tanto generales como particulares según cada división de trabajo, lo cual es afectado por las actitudes y el comportamiento subyacente de parte de los miembros que integran cada división, por tanto, a la institución en general. (Gill, 2004)

Además de la Dirección Ejecutiva de AMSA, existe lo que se denomina Junta de Representantes, integrada por directivos de diferentes instituciones y representantes de otros sectores que de una u otra manera tienen injerencia y hacen uso de los recursos naturales que se extraen de las áreas de la cuenca y del lago, lo cual hace más compleja su estructura organizacional desde el punto de vista de la intervención de otros actores y de cómo se constituyen, entonces, los niveles de jerarquía.

La Junta de Representantes está integrada por: El Gobernador Departamental de Guatemala, quien tiene a su cargo presidir la junta; Vicepresidencia de la República; El Comandante de la Región Militar Guatemala-Sur; Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social; Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación; Procuraduría del Medio Ambiente de la Procuraduría General de la Nación; Fiscalía del Medio Ambiente del Ministerio Público; un representante de las municipalidades dentro del territorio de la cuenca tributaria; Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales; Comité de Cámaras Agrícolas, Comerciales, Industriales y Financieras – CACIF-; e Instituciones no gubernamentales legalmente constituidas, cuyos fines, objetivos y funciones estén directa o indirectamente relacionados con el rescate y resguardo del lago de Amatitlán y sus cuencas tributarias.

Como parte de la organización administrativa de la Autoridad para el Manejo del Lago, también se encuentra el Comité de Vigilancia, el cual está integrado por un coordinador, un secretario y un vocal, quienes son representantes de las organizaciones de vecinos que al igual que los miembros de la Junta de Representantes, intervienen directa o indirectamente en la protección del ambiente y el saneamiento de la cuenca. (Gill, 2004)

1.2.6.6 Marco legal

La División Forestal, Conservación y Manejo del Suelo está respaldada por leyes, acuerdos y marcos legislativos e instrumentos de política apropiados para hacer posible y facilitar la planificación anual de todas las actividades que pretende elaborar. La normativa legal se presenta en el Cuadro 7.

Cuadro 7. Marco legal de AMSA

No.	Ley o Decreto
1	Constitución Política de la República de Guatemala
2	Decreto Número 64-96 del Congreso de la República de Guatemala, Ley de Creación de la Autoridad para el Manejo Sustentable de la Cuenca y el Lago de Amatitlán. Acuerdo Gubernativo Número 186-99 Art. 16
3	Decreto Número 68-86 del Congreso de la República de Guatemala, Ley de Protección y Mejoramiento del Medio Ambiente
4	Decreto Número 4-89 del Congreso de la República de Guatemala, Ley de Áreas Protegidas
5	Decreto Número 101-96 del Congreso de la República de Guatemala, Ley Forestal
6	Decreto Número 90-2000 del Congreso de la República de Guatemala, Creación del Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales –MARN-
7	Decreto Número 12-2002 del Congreso de la República de Guatemala, Código Municipal
8	Decreto Número 30-95 del Congreso de la República de Guatemala, Aprobación del Convenio Regional del Cambio Climático
9	Decreto Número 23-99 del Congreso de la República de Guatemala, Aprobación de Protocolo de Kyoto
10	Decreto Número 39-87 del Congreso de la República de Guatemala, Aprobación del Convenio para la Protección de la Capa de Ozono.
11	Decreto Número 12-90 del Congreso de la República de Guatemala, Aprobación del Convenio Centroamericano para la Protección del Ambiente
12	Convenio Centroamericano para el Manejo y Conservación de los Ecosistemas Naturales Forestales y el Desarrollo de Plantaciones Forestales (Marco legal específico para División Forestal)

Fuente: AMSA, 2009

1.3 OBJETIVOS

1.3.1 Objetivo General

Conocer las actividades de recuperación y valorización de los recursos naturales que realiza la División Forestal, Conservación y Manejo de Suelos de la Autoridad para el Manejo Sustentable de la Cuenca y del Lago de Amatitlán.

1.3.2 Objetivos Específicos

- 1.3.2.1 Conocer las características biofísicas y socioeconómicas de la Cuenca del Lago de Amatitlán.
- 1.3.2.2 Describir las principales actividades que realiza la División Forestal, Conservación y Manejo de Suelos de AMSA.
- 1.3.2.3 Identificar la problemática de mayor relevancia en relación a las actividades que realiza la División Forestal, Conservación y Manejo de Suelos de AMSA.
- 1.3.2.4 Formular acciones que se consideren necesarias para solventar la problemática principal identificada en relación a las actividades que realiza la División Forestal, Conservación y Manejo de Suelos de AMSA.

1.4 METODOLOGÍA

1.4.1 Fase inicial de gabinete

Esta fase incluyó la recopilación de información secundaria para fundamentar el diagnóstico, dicha información permitió delimitar el área en estudio, caracterizar física, socioeconómica e institucional de la cuenca del lago de Amatitlán.

1.4.2 Fase de campo

Esta fase consistió en la recopilación de información primaria que permitió obtener fuentes de información para delimitar la situación actual de interés de la cuenca del lago de Amatitlán.

Para ello se realizó un recorrido sobre la cuenca del lago de Amatitlán, visitas a proyectos establecidos por AMSA, visitas a las actividades realizadas por la División Forestal, Conservación y Manejo de suelos de AMSA en las cuales se identificaron los principales actores que afectan a la cuenca.

1.4.3 Fase final de gabinete

Esta fase consistió en la síntesis del diagnóstico, donde se integró toda la información recopilada en las dos fases anteriores. Primero se ordenaron los datos obtenidos para describir las actividades principales que realiza la División Forestal de AMSA, luego se definieron los principales problemas dentro de la cuenca por medio de un árbol de Causa-Efecto y por último se plantearon árboles de medios y acciones o alternativas para la resolución de los problemas principales dentro de la cuenca.

1.5 RESULTADOS

1.5.1 Actividades principales de la División Forestal de AMSA

1.5.1.1 Producción en viveros agroforestales

Dentro de las actividades que realiza La Autoridad para el Manejo Sustentable de la Cuenca y del Lago de Amatitlán (AMSA) a través de la División Forestal, Conservación y Manejo de Suelos, es la producción de plantas agroforestales dentro de dos viveros, uno ubicado dentro de las instalaciones de AMSA, KM 22 Ruta al Pacífico, Villa Nueva, y el segundo ubicado en el Municipio de Amatitlán llamado Vivero Forestal “El Morlón” como se muestra en la Figura 7.



Figura 7. Producción agroforestal en viveros

El vivero dentro de las instalaciones de AMSA cuenta con una capacidad de 30,000 plantas en bolsa de polietileno y bandeja plástica. En este vivero producen plantas de pino, ciprés, frutales como cítricos y aguacate.

El segundo vivero se encuentra en el municipio de Amatitlán, el cual tiene una capacidad tecnificada para 200,000 plantas, y para la producción en bolsa de polietileno una capacidad de 200,000 plantas como se observa en la Figura 8.



Figura 8. Producción de especies forestales en vivero

Para ocupar el espacio del vivero cuentan con un convenio con la estación naval, dentro del vivero cuentan con 3 fuentes de agua, dos por servicios de la municipalidad, y uno directo del lago de Amatitlán, extraída por una bomba y neutralizada por medio de ácido, debido a que es el agua de riego de la producción de plantas. Las plantas que son producidas en este vivero son pino ocarpa, ciprés, matiliguete, aguacate, bambú, vetiver y frutales.

Los insumos para la producción los obtienen por intercambios con los que requieren servicios de AMSA, y por medio del presupuesto de la División Forestal. Los insumos utilizados para la producción son sustrato peat moss, fertilizantes, semillas, agroquímicos, arena, bandejas, bolsas, insecticidas, tierra negra, entre otros.

1.5.1.2 Reforestación de la cuenca del lago de Amatitlán

La División Forestal, Conservación y Manejo del Suelo cuenta con un plan de reforestación anual, que tiene como objetivo incrementar la cobertura forestal dentro de la cuenca, haciéndolo en áreas prioritarias y con especies nativas. Para ello establece convenios con varias instituciones gubernamentales y no gubernamentales, buscando involucrar a todos los sectores dentro de la cuenca y alrededores a ella, como por ejemplo con el Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales -MARN-, municipalidades, la Brigada Militar Mariscal Zavala, Consejo Nacional de Áreas Protegidas –CONAP-, el Instituto Nacional de Bosques -INAB-, entre otros. Para lograr tal objetivo, la división realiza las siguientes actividades.

- Producción de plantas en dos viveros agroforestales.
- Identificación de áreas a trabajar.
- Divulgación del plan de reforestación a los integrantes de la junta de representantes.
- Visita a oficinas ambientales y forestales en las diferentes municipalidades de los municipios que forman parte de la cuenca del lago de Amatitlán.
- Coordinación con centros educativos, organizaciones no gubernamentales, ONG`s, otros actores.
- Preparación de terrenos para las reforestaciones.
- Entrega y transporte de plantas.
- Actividades de reforestación al establecimiento de la época de lluvia.
- Replantación/mantenimiento a plantaciones establecidas.
- Monitoreo, vigilancia y protección forestal.

Estas actividades son llevadas a cabo con un plan establecido, y con ello cumplir con los objetivos de la división, de reforestar, recuperar y valorizar los recursos naturales de la cuenca del lago de Amatitlán. Por lo que cada año se trazan las siguientes metas. (Ver Figura 9)

- 160,000 plantas de diferentes especies forestales producidas en viveros forestales y plantadas en las áreas identificadas en la cuenca del lago de Amatitlán.

- 10 campañas de reforestación con escolares y grupos organizados.
- Haber coordinado con diferentes municipalidades actividades de reforestación.
- Participación de instituciones del estado, organizaciones no gubernamentales ONG`s, grupos organizados.
- Aumentar la cobertura forestal dentro de la cuenca del lago de Amatitlán.



Figura 9. Áreas reforestadas por AMSA

1.5.1.3 Establecimiento y mantenimiento de estructuras de conservación de suelos

Otro de los objetivos de la División Forestal es la recuperación de áreas degradadas, ya que el uso del suelo dentro de la cuenca se modifica en forma constante, pasando de áreas forestales a usos agrícolas o áreas urbanas, y por lo tanto predomina la degradación del suelo, provocando erosión del suelo, inundaciones, entre otros problemas.

Es por ello que la división ha implementado proyectos de establecimiento de estructuras de conservación de suelo, utilizando en mayor cantidad estructuras como barreras vivas utilizando

la especie de Vetiver (*Chrysopogon zizanioides*), y así mejorar las condiciones de áreas prioritarias para lograr el mejor uso posible al suelo como se puede apreciar en la Figura 10.



Figura 10. Estructuras de conservación de suelos realizadas por AMSA

1.5.1.4 Proyecto “Suministro de estufas ahorradoras de leña tipo plancha dentro de la Cuenca del Lago de Amatitlán”

Este es un proyecto que ha desarrollado por varios años la División Forestal, Conservación y Manejo de Suelos, que tiene como objetivo el suministrarle a las viviendas más necesitadas una estufa ahorradora de leña tipo plancha, para que cada vivienda logre vivir más saludablemente y utilizando una cantidad menor de leña en su consumo diario, con lo que se pretende proteger y conservar los recursos naturales como lo es el bosque dentro de la cuenca, y reducir el riesgo de enfermedades respiratorias.

La División Forestal tiene como meta abarcar con este proyecto a todas las áreas prioritarias, esto es donde se encuentra en mayor riesgo áreas boscosas dentro de la cuenca, ya que se ha cuantificado que cada familia consume al menos 1.5 metros cúbicos de leña por mes, y con la implementación de este proyecto se ha reducido aproximadamente el consumo a 0.5 metros cúbicos por familia en un hogar de 5 miembros. La División Forestal tiene como metas al implementar este proyecto en las distintas comunidades de la cuenca:

- Reducir los riesgos de enfermedades infecto-respiratorias y de la vista en mujeres y niños.
- Sustituir el uso de los fogones tradicionales en el cocimiento de los alimentos, por estufas ahorradoras de leña tipo plancha.
- Reducir el consumo de leña para la cocción de los alimentos en los diferentes hogares que utilizan fogones tradicionales y son altamente consumidores de leña.
- Capacitar a las familias beneficiadas en el uso y disfrute de las estufas ahorradoras de leña tipo plancha.

1.5.2 Árbol de causa y efecto

En la Figura 11 se presenta el árbol de causa y efecto del diagnóstico realizado en la División Forestal, Conservación y Manejo del Suelo en donde el problema principal identificado fue la pérdida de la cobertura forestal en la cuenca del lago de Amatitlán, siendo este mismo una de las prioridades que atiende la División Forestal de AMSA.

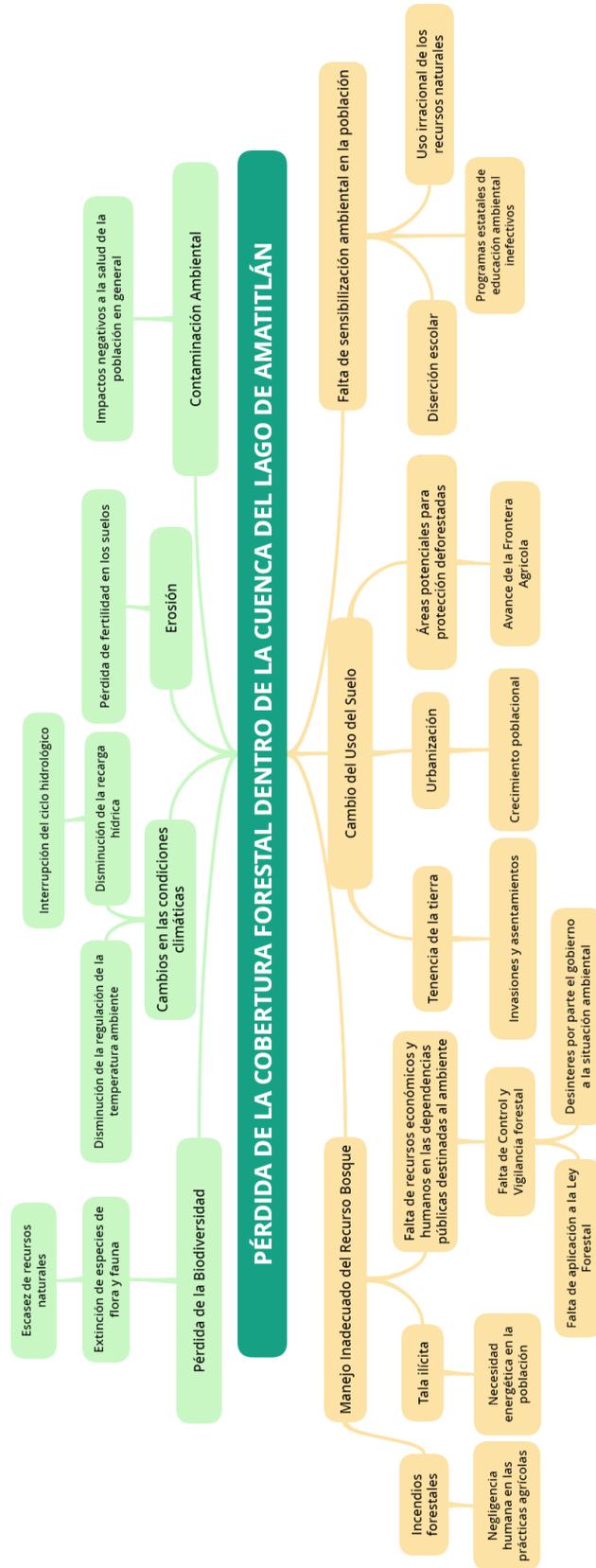


Figura 11. Árbol de causa y efecto

Del problema principal se desglosan tres causas que generan la pérdida de la cobertura forestal en la cuenca.

La primera causa es el manejo inadecuado del recurso bosque, ya que en la actualidad se pierde una gran parte del recurso por la tala ilícita, incendios forestales, la falta de recursos económicos y humanos en las dependencias públicas destinadas al ambiente para proteger dicho recurso y la ineficiencia de las autoridades en la aplicación de la Ley Forestal y sus reglamentos.

La segunda causa es el cambio de uso de suelo en la cuenca, que principalmente los suelos se ven afectados por áreas deforestadas, urbanización de los suelos y tenencia de la tierra producto de invasiones y asentamientos, el crecimiento poblacional y avance de la frontera agrícola que afecta directamente al suelo.

La tercera causa es la falta de sensibilización ambiental en la población, ya que los programas estatales de educación ambiental son inefectivos y no generan una conducta apropiada en la sociedad respecto a salvar guardar los recursos naturales de la cuenca, la deserción escolar es otra causa de la falta de educación ambiental en la población y el uso irracional de los recursos naturales provocan el deterioro de la cuenca.

Una de las consecuencias de la pérdida de la cobertura forestal dentro de la cuenca es la pérdida de la biodiversidad, ya que al transformar nuestros recursos como hábitats naturales se provoca un deterioro en los ecosistemas que impacta a las especies de flora y fauna y bienes y servicios que obtenemos de la naturaleza.

La segunda consecuencia es el cambio en las condiciones climáticas, ya que el recurso bosque es uno de los agentes reguladores del clima y contribuye a mitigar el cambio climático.

Otra consecuencia es la erosión de los suelos que principalmente son provocados por corrientes de agua y aire en suelos secos y sin cobertura y vegetación. Otra consecuencia es la contaminación ambiental que es la presencia de agentes que pueden dañar la salud de seres vivos.

1.5.3 Árbol de fines

Con base en el análisis realizado de las causas que generan la pérdida de cobertura forestal en la cuenca del lago de Amatitlán, se definió el objetivo principal del árbol de fines, siendo este incrementar la cobertura forestal dentro de la cuenca presentado en la Figura 12.

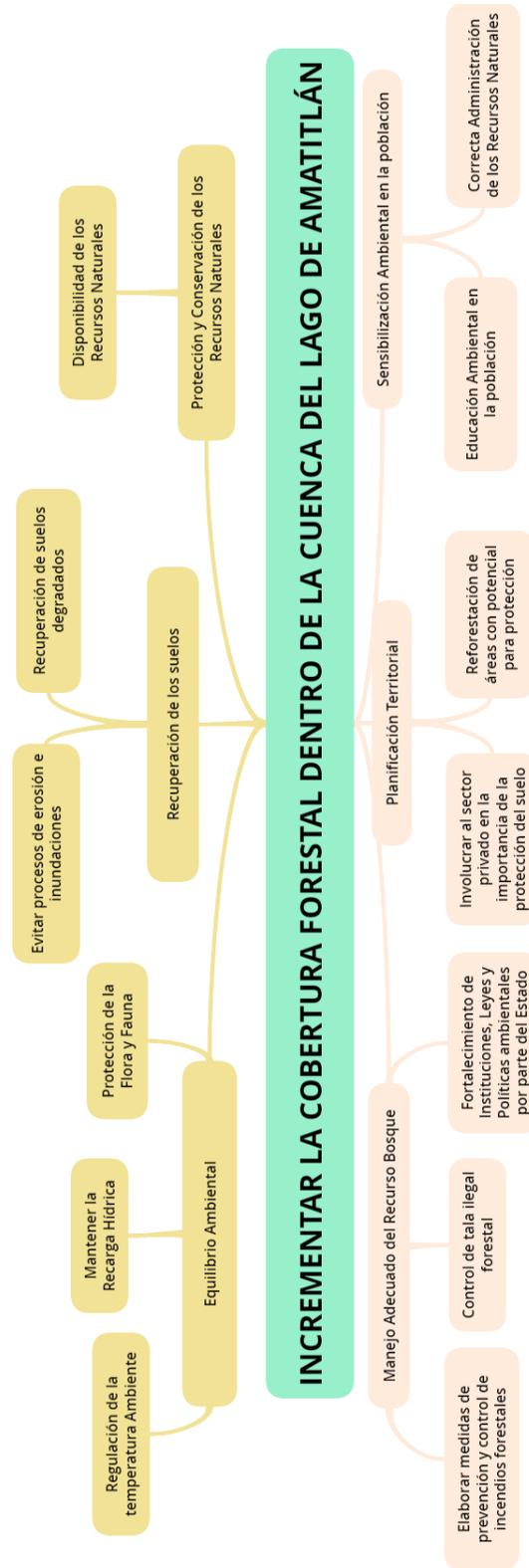


Figura 12. Árbol de fines

Con base en el análisis realizado de las causas que generan la pérdida de cobertura forestal en la cuenca del lago de Amatitlán, se definió el objetivo principal del árbol de fines, siendo este incrementar la cobertura forestal dentro de la cuenca.

Se establecieron 3 medios principales para alcanzar el incremento de la cobertura forestal dentro de la cuenca del lago de Amatitlán, siendo el primero el manejo adecuado del recurso bosque dentro de la cuenca. Una de las actividades siendo estos objetivos específicos para lograr el incremento de la cobertura forestal es elaborar medidas de prevención y control de incendios forestales, ya que esta es una de las causas principales de la pérdida de la cobertura forestal, ya que en la actualidad el recurso bosque se encuentra vulnerable ya que no está protegido.

Otras de las actividades para incrementar la cobertura forestal dentro de la cuenta es el control de la tala ilegal forestal y el fortalecimiento de las instituciones, leyes y políticas ambientales por parte del Estado, ya que las participaciones de los distintos grupos de interés juegan un papel fundamental en proteger y resguardar el recurso bosque dentro de la cuenca.

El segundo medio para incrementar la cobertura forestal dentro de la cuenca es la planificación territorial, involucrando al sector privado y estatal en la importancia sobre la protección del suelo. Otra actividad y una de las más importantes es la reforestación de áreas con potencial para protección ya que es una herramienta esencial para recuperar las grandes pérdidas de cobertura forestal que han dañado a la cuenca del lago de Amatitlán, esta actividad compete tanto al sector estatal como al privado.

El tercer medio para incrementar la cobertura es la sensibilización ambiental en la población, desarrollando actividades como educación ambiental en la población, involucrando a todos los sectores de la población y estimulando una mejor administración de los recursos naturales.

Una vez determinados los medios de acción para aumentar la cobertura forestal dentro de la cuenca del lago de Amatitlán, se examinaron los fines o resultados esperados producto del incremento de la cobertura forestal dentro de la cuenca.

Con base al análisis realizado se determinaron 3 fines principales, iniciando con el equilibrio ambiental producto del incremento de la cobertura forestal dentro de la cuenca, ya que los bosques contribuyen a que exista diversidad biológica, mantiene la recarga hídrica, regulan la temperatura ambiente y producen bienes y servicios ambientales, esenciales y económicos para el ser humano.

El segundo fin es la recuperación de los suelos, ya que un suelo descubierto tiende a estar expuesto directamente a procesos de erosión hídrica y eólica, por lo que recuperar la cobertura forestal en la cuenca del lago de Amatitlán reducirá en gran medida el impacto de estos dos procesos de erosión en mención. La vegetación actúa sobre el suelo de tal forma que favorecen a las características fisicoquímicas y biológicas del suelo, y estos son especialmente adecuados para incrementar el flujo hidrológico proporcionando hábitats terrestres y acuáticos.

El tercer fin es lograr alcanzar un estado de protección y conservación de los recursos naturales, por medio del incremento de la cobertura forestal dentro de la cuenca del lago de Amatitlán, ya que al restablecer la cobertura forestal se restauran los hábitats de especies de flora y fauna silvestre, y estas mismas enriquecen la biodiversidad en la cuenca, así mismo al restaurar la cobertura forestal se fomenta la retención y disponibilidad del recurso hídrico en la cuenca por medio del sistema radicular de las especies forestales.

1.6 CONCLUSIONES

- 1.6.1 El río Villa Lobos es el principal afluente dentro de la cuenca del lago de Amatitlán, al cual lo abastece más de 5 ríos. La cuenca cuenta con una población de más de 2 millones de habitantes ubicándose aproximadamente el 79 % en el área urbana. La cuenca cuenta con 2 zonas de vida, de las cuales el Bosque Húmedo Subtropical templado (Bh-s (t)) cubre un 87 % de la extensión de la cuenca y cuenta con una gran diversidad de flora y fauna que la hace un atractivo turístico.
- 1.6.2 Las principales actividades que realiza la División Forestal, Conservación y Manejo de Suelos de AMSA son la producción de plantas en viveros agroforestales, reforestaciones dentro de la cuenca del Lago de Amatitlán, establecimientos de estructuras de conservación de suelos en la cuenca del lago de Amatitlán y suministro establecimiento de estufas tipo plancha ahorradoras de leña.
- 1.6.3 La problemática de mayor relevancia en relación a las actividades que realiza la División Forestal, Conservación y Manejo de Suelos de AMSA es la pérdida de cobertura forestal dentro de la cuenca del lago de Amatitlán.
- 1.6.4 Las acciones necesarias para solventar la problemática principal en relación a las actividades que realiza la División Forestal, Conservación y Manejo de Suelos de AMSA son el manejo adecuado del recurso bosque, la planificación territorial, reforestación de áreas con potencial protector y la sensibilización ambiental en la población.

1.7 BIBLIOGRAFÍA

1. AMSA (Autoridad para el Manejo Sostenible de la Cuenca y del lago de Amatitlán, División de Educación Ambiental y Concientización Ciudadana, Guatemala). 2009. Folleto nivel superior. Amatitlán, Guatemala. 23 p.
2. Celis R, EE. 2008. Diagnóstico ambiental, relleno sanitario, km 22 CA sur. Villa Nueva (en línea). Consultado 8 feb. 2015. Disponible en: <http://www.guatecompras.gt/concursos/files/371/1852639@Diagnostico%20ambiental%20parte%20I.pdf>
3. Gill Leiva, IN. 2004. Instituciones, organizaciones sociales y pobreza en áreas precarias (ribera del lago en el municipio de Amatitlán-Guatemala). Tesis Lic. CC. Pol. Guatemala, USAC. 96 p.
4. MAGA (Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación, Guatemala). 2001. Mapa fisiográfico-geomorfológico de la república de Guatemala, a escala 1:250,000 (en línea). Guatemala. Consultado 8 feb. 2015. Disponible en: http://web.maga.gob.gt/wp-content/blogs.dir/13/files/2013/widget/public/mapa_fisiografia_memoria_2001.pdf
5. Novotecni, España; Inypsa, España. 2013. Actualización del plan maestro integrado de la cuenca del lago de Amatitlán PLANDEAMAT. Guatemala, AMSA. 773 p.



Polando Barrera



2 **CAPÍTULO II**

EVALUACIÓN DE 10 SUSTRATOS PARA LA PRODUCCIÓN DE PLÁNTULAS DE PINO (*Pinus oocarpa* Schiede) EN EL VIVERO FORESTAL “EL MORLÓN”, AMATITLÁN, GUATEMALA, C.A.

2.1 INTRODUCCIÓN

La Autoridad para el Manejo Sustentable de la Cuenca y del Lago de Amatitlán -AMSA- es una institución estatal creada con el propósito de restaurar el ecosistema natural del lago de Amatitlán y sus cuencas tributarias, llevando a cabo actividades como la descontaminación del lago, reforestación de la cuenca y el uso racional de los recursos tanto renovables como no renovables.

La cuenca del lago de Amatitlán está formada por 14 municipios, de estos, 9 pertenecen al departamento de Guatemala y abarca una gran parte del área metropolitana del país. El crecimiento acelerado de la población en las áreas urbanas y rurales dentro de la cuenca ha sido una de las causas principales del deterioro ambiental de la cuenca, y el poco interés de la población y las autoridades hacia la cuenca ha provocado la degradación de los recursos naturales que posee.

Considerando los problemas de deforestación que existen en la cuenca del lago de Amatitlán, AMSA tiene una división en su organización dedicada a la temática forestal que tiene como objetivo reforestar las áreas degradadas de la cuenca. Sin embargo, a pesar de los esfuerzos realizados por dicha división existe una pérdida de la masa boscosa donde se pierden aproximadamente 200 ha anualmente. Por esta situación la División Forestal ha incrementado su meta anual de reforestación, produciendo 160,000 plántulas de especies forestales para poder ser introducidas a campo definitivo.

Para la producción de 160,000 plantas anuales, AMSA cuenta con dos viveros, uno dentro de las instalaciones de AMSA y el segundo ubicado en “El Morlón” Amatitlán, que tiene capacidad de producción de 200,000 plántulas en bandeja. Para lograr dicha producción la División Forestal cuenta con insumos de distintas procedencias, uno es adquirido con los fondos de AMSA, y otra parte es donada por instituciones interesadas en la recuperación del lago.

AMSA no siempre tiene la posibilidad de financiar la compra de los insumos necesarios para la producción de plántulas, por lo que en algunas ocasiones cuenta con donaciones por parte de otras entidades para adquirir suministros como el sustrato “peat moss”. Actualmente el sustrato peat moss tiene un precio muy elevado, por lo que AMSA se propuso formular un sustrato que sea económicamente más favorable y no comprometa el crecimiento y la calidad de la planta, es por ello que la presente investigación tuvo como objetivo evaluar 10 sustratos para la producción de plántulas de pino (*Pinus oocarpa Schiede*) en función del crecimiento, calidad y costos de producción, estos formulados con materiales orgánicos e inorgánicos de los cuales algunos son procedentes de los procesos de recuperación del lago de Amatitlán.

La primera fase de la investigación consistió en la recopilación de material secundario y revisión bibliográfica para establecer las bases de la misma. En esta fase se formularon los tratamientos de acuerdo a los requerimientos de AMSA y se estableció el diseño experimental. En la fase de campo se realizó un análisis químico a los materiales utilizados por cada tratamiento y se llevó a cabo el montaje experimental de los tratamientos. Así como también se realizó todas las actividades del manejo experimental y toma de datos. En la última fase de esta investigación se presentaron todas las respuestas a todas las variables de medición para su análisis.

Los 10 sustratos evaluados fueron los siguientes, combinación 1 (compost de ninfa al 100 %), combinación 2 (pulpa de coco al 100 %), combinación 3 (lodos residuales al 100 %), combinación 4 (compost de ninfa al 50 %, lodos residuales al 25 % y arena al 25 %), combinación 5 (pulpa de coco al 50 %, lodos residuales al 25 % y arena al 25 %), combinación 6 (compost de ninfa al 75 % y arena al 25 %), combinación 7 (pulpa de coco al 75 % y arena al 25 %), combinación 8 (compost de ninfa al 75 % y lodos residuales al 25 %), combinación 9 (pulpa de coco al 75 % y lodos residuales al 25 %) y combinación 10 (peat moss al 100 %), siendo éste el testigo.

De estos 10 sustratos evaluados de acuerdo con los resultados obtenidos, el sustrato que presenta los mejores resultados en función de una relación beneficio/costo fue el tratamiento 5 que corresponde a la combinación pulpa de coco al 50 %, lodos residuales al 25 % y arena al

25 %, ya que con este tratamiento se obtuvieron los mejores resultados en las variables diámetro al cuello de la planta, longitud de raíz comparado con el tratamiento testigo (peat moss), y en las demás variables mostró mejores resultados comparado con los demás tratamientos; además este tratamiento presenta un costo de producción inferior al testigo, por lo que este mismo podría sustituir al sustrato peat moss si este no estuviera disponible para AMSA.

2.2 MARCO TEÓRICO

2.2.1 MARCO CONCEPTUAL

2.2.1.1 Sustrato

El sustrato es un material en el cual se plantan semillas, se insertan brotes o se establecen plantas que también es llamado medio. El medio da soporte, almacena y suministra nutrientes, agua y aire para el sistema radicular. El propósito de un medio o sustrato es propiciar el buen crecimiento de las plantas dentro del espacio limitado de un recipiente y preparar las plantas para un trasplante exitoso. (Alvarado y Solano, 2002)

Un medio también es definido como un sistema conformado por tres fases: sólida, líquida y gaseosa, donde crecerán las raíces de una planta en un contenedor, donde las propiedades físicas en relación con el agua y el aire cobran una gran importancia para considerar un buen o mal sustrato. (Barla, 2006)

Un sustrato es un sistema de tres fracciones cada una con una función propia. La fracción sólida del sustrato asegura el mantenimiento mecánico del sistema radicular y la estabilidad de la planta, la fracción líquida aporta a la planta el agua y por interacción con la fracción sólida los nutrientes necesarios, y la fracción gaseosa asegura las transferencias de oxígeno y dióxido de carbono del entorno radicular. (Masaguer y López-Cuadrado, 2006)

Los sustratos cumplen cuatro funciones básicas que deben cumplir para propiciar el desarrollo adecuado de las plantas, estos son proveer agua a las raíces, permitir el intercambio gaseoso desde y hacia las raíces, ser reservorio de nutrimentos y brindar soporte físico a las plantas. Los materiales que conforman los sustratos tienen distintas composiciones y propiedades por lo que es de gran importancia conocer las características de cada material para garantizar el éxito en la producción de plantas. (Vence, 2008)

2.2.1.2 Propiedades de los sustratos

Las propiedades de los sustratos son las características físicas, químicas y biológicas de los materiales mezclados que forman los sustratos, por lo que los materiales o ingredientes de los sustratos se eligen para mejorar estas propiedades y que propicien un mejor desarrollo en las plantas.

2.2.1.3 Propiedades físicas

Las propiedades físicas son aquellas que pueden ser percibidas por los sentidos, las características o propiedades físicas se definen de acuerdo a la función de la interacción entre los materiales, entre estas propiedades se destacan la densidad real y aparente, distribución granulométrica, porosidad y aireación, retención de agua, permeabilidad, textura y estructura. (Aguilar, 2011)

De acuerdo a Vence (2008), las propiedades físicas en un sustrato son fundamentales, ya que una vez la planta se encuentre en el contenedor ya no podrá modificarse ninguna característica física en el sustrato. La caracterización física de los sustratos se hace a través de variables que relacionan el contenido hídrico y el potencial.

El sustrato debe contener el agua necesaria para el desarrollo normal de la planta, pero es necesario que el sustrato contenga el espacio (porosidad) necesario para el desarrollo radicular. A continuación, se describen las propiedades físicas de mayor importancia en la caracterización de sustratos.

A. Textura

Se refiere a las partículas elementales que lo constituyen. Expresa las proporciones relativas de las diferentes fracciones sólidas del sustrato. La textura indica el contenido de partículas de diferente tamaño dentro del suelo como la arena, el limo y la arcilla, esta afecta directamente a la cantidad de agua y aire que retiene el suelo y la velocidad con que lo penetra y lo atraviesa. La forma de modificar la textura del sustrato es agregando nuevos materiales. (Aguilar, 2011)

B. Porosidad

La porosidad se define como la cantidad de aire y agua en una unidad de volumen de sustrato la cual se expresa en porcentaje. (Aguilar, 2011)

La porosidad total es una medida de la capacidad del sustrato de retener aire y agua, pero el tamaño de los poros determina la tasa de drenaje y el intercambio de gases. Los poros pequeños limitan la aireación porque permanecen llenos de agua después de un riego. Después del riego el agua drena rápidamente, de los poros grandes por la influencia de la gravedad, lo que permite la entrada de aire al sustrato. (Alvarado y Solano, 2002)

Señala Alvarado y Solano (2002), que es de gran importancia entender que las características de la porosidad en un sustrato van cambiando de acuerdo al desarrollo de raíces en el sustrato, la descomposición de la materia orgánica, la compactación, el contenido de humedad y la técnica de llenado.

C. Retención de Humedad y Aireación

Un sustrato está compuesto por partículas sólidas, agua y aire, por lo que el sustrato debe tener un balance entre la cantidad de agua que recubre las partículas sólidas y el aire que se

encuentra en los poros del sustrato. El contenido de agua disponible debe ser tan alto como sea posible, previendo que la porosidad y densidad del sustrato sea el adecuado para el desarrollo de las raíces de la planta. (Alvarado y Solano, 2002)

D. Densidad real y aparente

La densidad real se define como la relación entre la masa o peso de las partículas y el volumen real que estas ocupan, es decir es la masa o peso sin tomar en cuenta el volumen de poros que existen dentro del sustrato. Y el volumen aparente es la relación entre la masa y el peso de las partículas y el volumen aparente que estas ocupan, es decir se toma en cuenta el volumen de los poros del sustrato. (Burés, 2006)

E. Granulometría

La granulometría es la determinación de la distribución de tamaños de partículas que conforman un sustrato. La granulometría de un sustrato puede medirse fácilmente por medio de tamizar la muestra seca recolectando cada una de las fracciones retenidas en cada tamiz y cuantificando su peso, expresándolo en porcentaje. (Díaz, 2004)

2.2.1.4 Propiedades Químicas

Las propiedades químicas de los sustratos se derivan de la composición elemental de los materiales y del modo de estar los elementos fijados a estos y su relación con el medio. (Burés, 2006)

Las propiedades químicas caracterizan la transferencia de materia entre el sustrato y la solución del mismo. Entre las características químicas más importantes en los sustratos están el pH, conductividad eléctrica, capacidad de intercambio catiónico, contenido de elementos

nutritivos, y en algunos sustratos es indispensable conocer si existen elementos pesados o compuestos fitotóxicos que afecten el desarrollo de la planta. (Burés, 2006)

A. El pH

El pH es la medida de concentración de acidez presente en la solución de sustrato que controla la disponibilidad de los nutrientes. El pH es medible en una escala de 0 a 14. Un pH 7 se define como neutro, mayor de 7 es alcalino o básico y menor de 7 es ácido. (Alvarado y Solano, 2002)

El pH en la solución o sustrato depende de la especie a cultivar y es importante porque determina la disponibilidad de los nutrientes para la planta. Para plantas forestales Alvarado y Solano (2002) mencionan que la turba, corteza de pino y compost contienen pH ácidos, por lo que es importante revisar el pH de los sustratos para que no se den resultados desfavorables por desnutrición de las plantas.

B. Conductividad eléctrica

La conductividad eléctrica se expresa de una manera aproximada la concentración de sales en la solución del sustrato. La concentración total de sales afecta el potencial osmótico que está relacionado con la concentración de iones en la fase líquida de los sustratos. (Burés, 2006)

Un alto valor de conductividad eléctrica en un sustrato puede deberse a la aplicación de fertilizantes o la concentración de sales en los materiales empleados. (Masaguer y López-Cuadrado, 2006)

C. Capacidad de intercambio catiónico (CIC)

Es la medida de la capacidad de un sustrato para contener los nutrientes que se encuentran en él. Estos nutrientes no son lavados por agua, por lo que están disponibles para las plantas. Esto significa que con un valor alto de CIC, la fertilización de base tendrá mayor eficiencia por no ser sensible a la lixiviación. (Alvarado y Solano, 2002)

D. Relación Carbono/Nitrógeno (C/N)

Es muy importante el contenido de nitrógeno en la relación con el carbono, en el sustrato o medio de enraizamiento. El carbono es el mayor componente de la materia orgánica, y el nitrógeno en la materia orgánica debe estar disponible para favorecer la descomposición de la materia orgánica, por lo menos Alvarado y Solano (2002) recomiendan 1 kilogramo de nitrógeno disponible por cada 30 kilogramos de carbono.

2.2.1.5 Propiedades Biológicas

Según Díaz (2004), una de las principales propiedades biológicas de un sustrato es la bioestabilidad que se mide a través de la evaluación de la estabilidad de un sustrato orgánico frente a los organismos que lo pueden degradar, y se evalúa mediante la medición de la cantidad de materia orgánica antes y después del ciclo del cultivo en el sustrato y el estado y velocidad de descomposición.

2.2.2 Características de un buen sustrato

La elección de los materiales para la elaboración de sustratos es de vital importancia, debido a que los materiales deben brindar a las plantas las condiciones óptimas para su desarrollo. Los sustratos de buena calidad tienen características como ser livianos, elevada capacidad de retención de agua, permiten que el agua drene fácilmente, contienen baja salinidad, contienen

estabilidad estructural, es rico en nutrientes, deben estar libres de patógenos, debe contener materia orgánica, debe ser fácilmente trasplantable, de fácil manejo y bajo costo. (Pastor, 1999)

2.2.3 Funciones de los sustratos

2.2.3.1 Soporte de las plantas

El soporte de las plantas se refiere al anclaje que proporciona el medio o sustrato al sistema radical de las plantas, el cual produce una base firme para el tallo en posición erguida. En el caso de contenedores, macetas y bandejas, el sustrato es el encargado de proporcionar el soporte, pero en el caso de medios líquidos se requiere de algunos métodos de soporte mecánico. (PROBOSQUE, 2007)

Para un buen soporte físico, el medio o sustrato debe ser rígido sin llegar a presentar una compactación excesiva que inhiba los procesos de filtración, drenaje y aireación. (PROBOSQUE, 2007)

2.2.3.2 Retención de nutrientes

El medio de soporte de las plantas debe suministrar a las raíces nutrientes requeridos para su crecimiento vegetal. Con excepción del oxígeno y el carbono, las plantas obtienen todos sus elementos minerales esenciales del medio de crecimiento. Un sustrato de fertilidad inicial baja que comúnmente se le denomina sustrato inerte es preferible en el caso del uso de contenedores, porque simplifica el manejo de la fertilización; no obstante, se requiere que un sustrato sea capaz de retener los diferentes elementos nutritivos en cantidades apropiadas. (Álvaro y Solano, 2002)

2.2.3.3 Retención de humedad y aireación

El sustrato debe tener alta capacidad de retención de agua, para satisfacer las necesidades fisiológicas de las plantas. El agua es retenida en la superficie de las partículas y en los poros finos dentro de los agregados del sustrato, pero el drenaje de los poros debe permitir el reingreso de oxígeno al sustrato en un lapso corto después del riego. La aireación del sustrato está directamente relacionada con la porosidad de este, y es indispensable para la respiración de las raíces e intercambio de nutrientes en las plantas. (PROBOSQUE, 2007)

El agua en el sustrato cumple varias funciones, es el solvente en las reacciones bioquímicas dentro de las células, transporta elementos minerales absorbidos por las raíces a todas las partes de las plantas y mantiene en estado turgente las células y tejidos. (Alvarado y Solano, 2002)

2.2.4 Clasificación de sustratos

Existe una gran variedad de materiales utilizados para la conformación de sustratos; sin embargo, muchos materiales son seleccionados con el fin de obtener características estables. Los materiales se han clasificado tradicionalmente de modo muy diverso, una de las clasificaciones más frecuentes es el origen de los materiales y se dividen en orgánicos e inorgánicos, otros por sus propiedades, otros por su capacidad de degradación. (García, 2013; Burés, 2006)

2.2.4.1 Por su origen

Los sustratos pueden ser de origen orgánico (natural por descomposición biológica), por subproductos o residuos de actividades agrícolas, industriales y urbanas, e inorgánicos y/o sintéticos. En su mayoría pasan por procesos de manufactura. Entre los sustratos orgánicos más reconocidos están las turbas, corteza de pino, cascarilla de arroz, residuos de fibra de coco

y compost provenientes de residuos vegetales. Y entre los sustratos inorgánicos más reconocidos están la perlita, arena, vermiculita, lana de roca, poliuretano y poliestireno. (Vence, 2008)

2.2.4.2 Por sus propiedades físicas

Se puede clasificar de acuerdo a la porosidad del sustrato. Un sustrato puede clasificarse particularmente en poroso y compacto. Considerando sustratos porosos aquellos cuya capacidad de retención de agua depende de la microporosidad interna del material, y sustratos compactos son aquellos que su capacidad de retención de agua está causada por la microporosidad interparticular únicamente. (García, 2013)

2.2.4.3 Por sus propiedades químicas

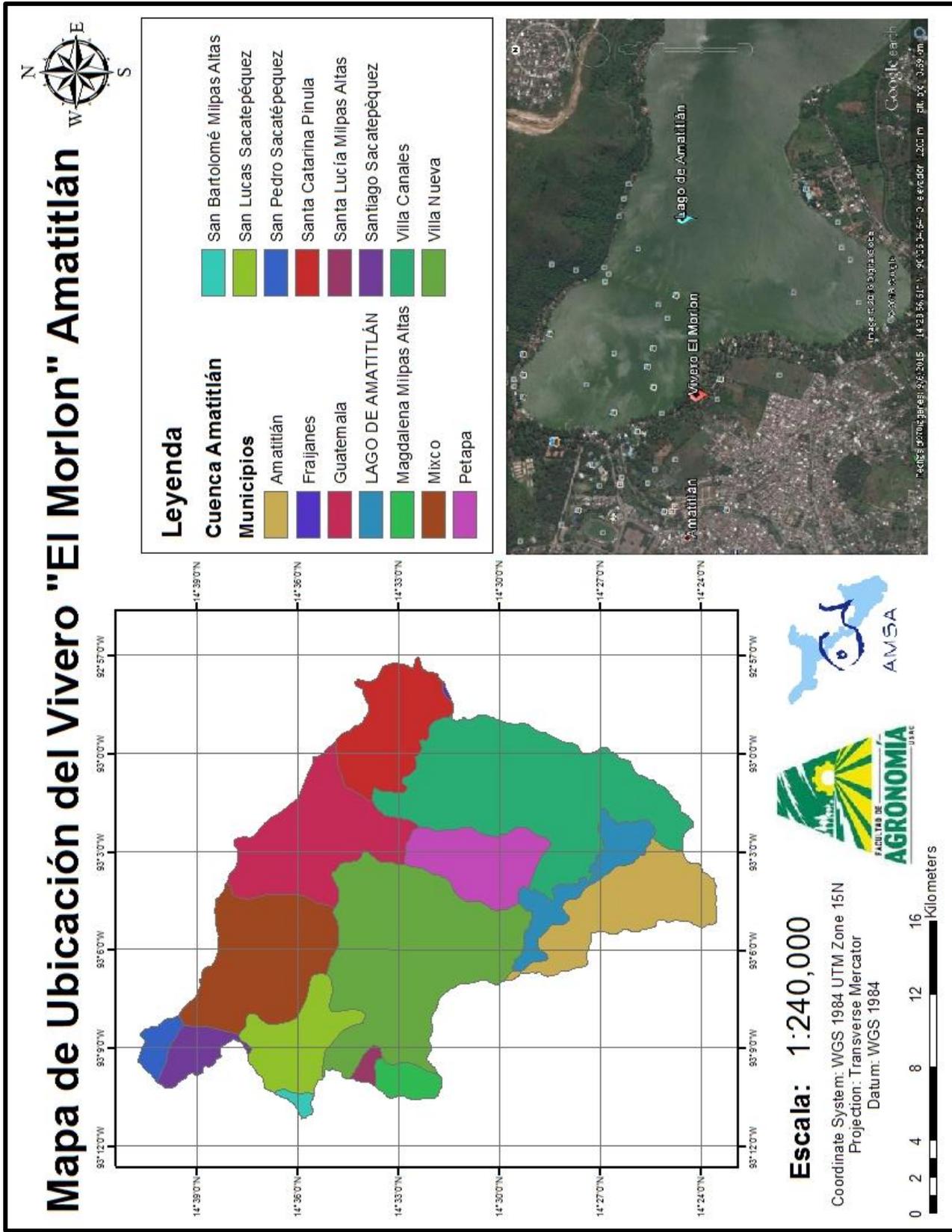
Se pueden clasificar los sustratos en químicamente inertes como arena granítica o silícea, grava, roca volcánica, perlita, arcilla expandida y lana de roca, y sustratos químicamente activos como turbas rubias y negras, corteza de pino, vermiculita y materiales ligno-celulósicos. (García, 2013)

2.2.5 MARCO REFERENCIAL

2.2.5.1 Ubicación del proyecto de investigación

El proyecto de investigación se llevó a cabo en dos instalaciones. La fase de campo se realizó en las instalaciones del Vivero Forestal “El Morlón”, Amatitlán. En la Figura 13 se muestra la ubicación del vivero donde se llevó a cabo la fase de campo. El vivero se encuentra en las coordenadas 14°28'56" Latitud Norte y 90°36'34" Longitud Oeste, y se encuentra a una altura de 1,200 m. s.n.m. La evaluación en el vivero “El Morlón” se realizó durante el periodo de abril a octubre del 2015, en los invernaderos de producción de coníferas.

La fase de gabinete se realizó en la Facultad de Agronomía de la Universidad de San Carlos de Guatemala. La Facultad de Agronomía de la Universidad de San Carlos de Guatemala geográficamente está ubicada en las coordenadas 14°35'6" Latitud Norte y 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 mm, temperatura media de 18.3 °C y humedad relativa del 79 %. (Cordón, 1991)



Fuente: Elaboración propia, 2015

Figura 13. Mapa de Ubicación del Vivero Forestal "El Morlón", Amatitlán

2.2.5.2 Aspectos biofísicos

A. Zona de Vida

Según la clasificación de Thornthwaite, la cuenca del lago de Amatitlán cuenta con dos zonas de vida las cuales se complementan al cuerpo de agua, siendo las siguientes:

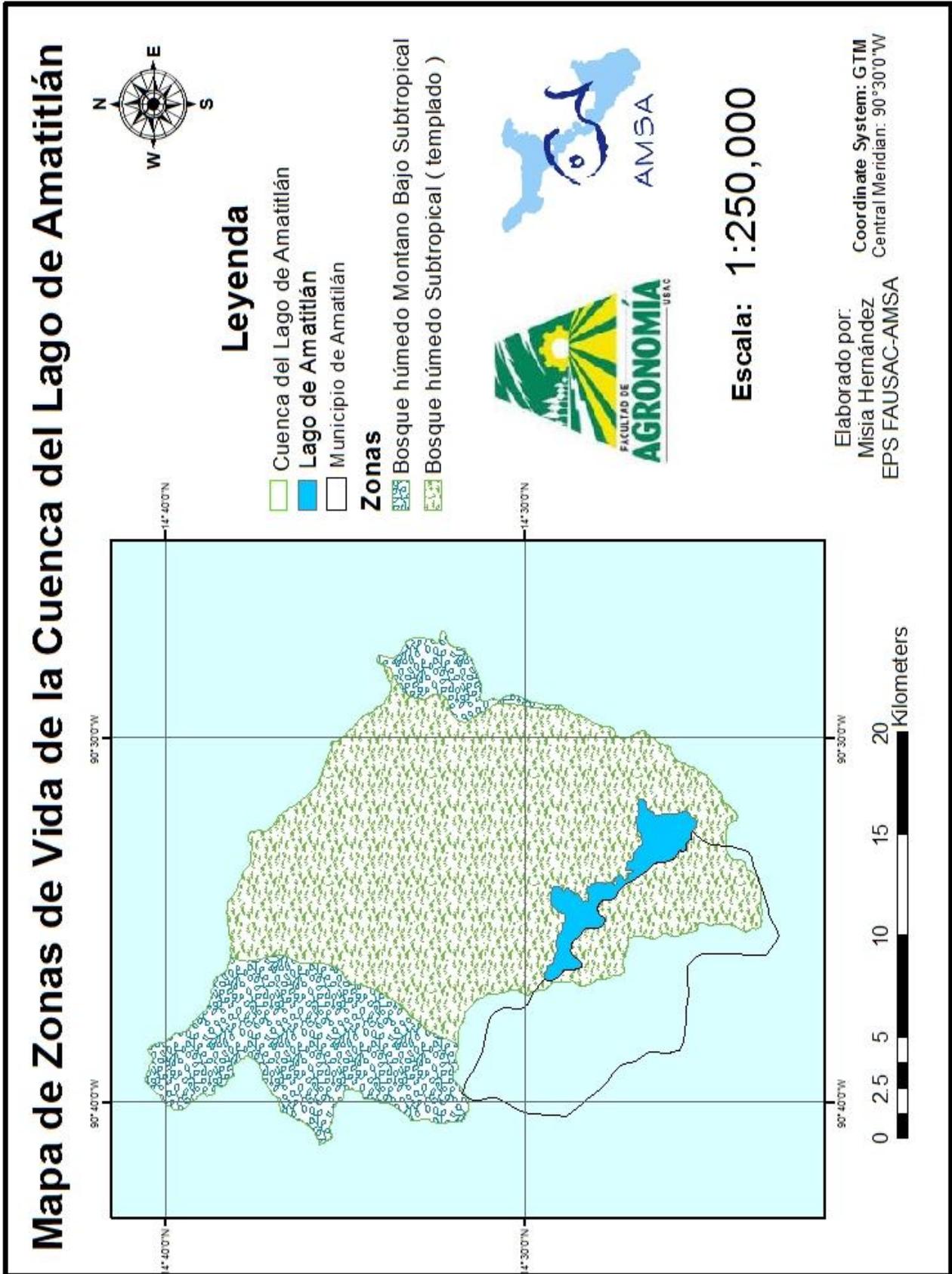
- **Bosque Húmedo subtropical templado (Bh-s (t))**

Se encuentra al norte y sur del lago de Amatitlán cubriendo un 87 % de la extensión de la cuenca. El bosque húmedo subtropical templado abarca las partes medias bajas de las microcuencas Parrameño, San Lucas, El Molino, Platanitos, toda la microcuenca Villalobos, la mayor parte de la microcuenca Pinula. Las Minas Tulujá, El Bosque y el lago de Amatitlán. (PLANDEAMAT, 2013)

- **Bosque Húmedo montano bajo (Bh-MB)**

Se encuentra al noreste y noroeste abarcando el 13 % de la superficie. La zona de bosque húmedo montano bajo cubre las partes altas de las microcuencas Platanitos, Parrameño, San Lucas y Molino, también una pequeña área al Oeste de las microcuencas Pinula, Las Minas y Tulujá. (PLANDEAMAT, 2013)

En la Figura 14 se muestra la zona de vida ubicada en el municipio de Amatitlán, siendo esta la Zona de Vida Boque Húmedo Subtropical templado (Bh-s (t)), que abarca la parte baja de la cuenca donde se encuentra el vivero “El Morlón” donde se llevó a cabo dicha investigación



Fuente: Elaboración propia, 2015

Figura 14. Mapa de Zonas de Vida de la Cuenca del Lago de Amatitlán

B. Clima

Los vientos predominantes son noreste sureste, las temperaturas promedio son de 21 °C, la baja de 16 °C, y la máxima de 30 °C. La precipitación pluvial es variable, identificando en el lago precipitaciones hasta de 1,100 mm por año, para el año 2013 se registró una media de 1,450 mm. El clima está marcado por dos estaciones, la seca que va de noviembre a abril y la lluviosa entre mayo a octubre. (PLANDEAMAT, 2013)

2.2.5.3 Características de la especie (*Pinus oocarpa* Schiede)

A. Características botánicas

La especie *Pinus oocarpa* Schiede pertenece a la familia de las Pinaceae, y sus nombres comunes son pino prieto, pino resinoco, ocote macho, pino colorado, pino ocote, entre otros. Es un árbol monoico, de copa irregular, ramas finas y relativamente ralas, el fuste es recto y cilíndrico, la corteza fuertemente fisurada de 5 cm a 10 cm de espesor, las hojas son aciculadas, entre otras características. La madera presenta una ligera diferencia entre albura y duramen, presenta textura fina, con brillo de mediano a alto, veteado pronunciado, con anillos de crecimiento visibles. (CATIE, 2000)

B. Distribución y hábitat

El *Pinus oocarpa* Schiede se distribuye naturalmente desde los 28° N en el noroeste de México hasta los 12° N en Nicaragua. Las mayores existencias continuas de esta especie se hallan en los altiplanos centrales de América Central, desde el noroeste de Nicaragua pasando por Honduras, el norte del El Salvador y el centro de Guatemala hasta los 18° N en el sur de México. Su rango altitudinal varía entre los 600 m s.n.m y 1,200 m s.n.m., con precipitaciones mínimas anuales de 650 mm y una época seca de cinco a seis meses, con temperaturas de 13 °C a 23 °C. En condiciones naturales se encuentra creciendo sobre suelos erosionados,

delgados, arenosos, bien drenados, ácidos a neutros, pH (4.5-6.8), de baja fertilidad, derivados de materiales de origen volcánico antigua, con un alto contenido de cuarzo. (CATIE, 2000)

C. Calidad física y germinación

Generalmente existen de 41,000 a 65,000 semillas/Kg. Se han reportado porcentajes de germinación de 70 % y 90 %, y porcentajes de pureza de 90 % a 99 %. La germinación es epígea y se inicia a los siete días después de la siembra y finaliza a los 17 días. Se reportan porcentajes de germinación superiores a 80 %. Las semillas son ortodoxas y almacenadas en bolsas de polietileno herméticamente selladas, a bajas temperaturas (3 °C a 4 °C), con un contenido de humedad de 6 % a 8 % que mantienen su poder germinativo superior a 80 %. (CATIE, 2000)

D. Manejo de la especie en vivero

Las semillas pueden sembrarse directamente en bolsas plásticas con 1-2 semillas por bolsa, o en bancales germinadores. Durante ese periodo se requiere sombra permanente, utilizando para ello las acículas de pino. El riego debe ser diario durante el proceso de germinación y trasplante, que se hace a los 22 días. Luego se cambia el régimen a un día de por medio, hasta que las plántulas alcancen 20 cm, altura adecuada para ser llevadas a campo. El sustrato debe tener tres partes de tierra y una de arena. (CATIE, 2000)

Actualmente se utilizan bandejas de distintos materiales que aumentan la producción y permiten los cuidados correspondientes a la siembra con mayor organización, optimizando así las tareas que se requieren en la producción, la siembra puede ser directa de 1 a 2 posturas, o por medio de bancales germinadores. (CATIE, 2000)

E. Problemas fitosanitarios

En análisis fitosanitarios a lotes de semillas se reportan hongos como: *Trichothecium roseum*, *Aspergillus flavus*, *Penicillium* sp., *Pestalotiopsis* sp., *Phomopsis* sp. Los frutos en el árbol son afectados por *Cronartium conigenun*, hongo que puede causar pérdidas en la cosecha de semillas. En los viveros son comunes los hongos que causan el mal del talluelo (damping – off). (CATIE, 2000)

2.2.5.4 Descripción de materiales utilizados en la elaboración de sustratos

A. Turba

El termino turba (peat) se refiere a varios materiales que son similares en origen, pero muy distintos en su composición botánica y en sus propiedades físicas y químicas. La turba se forma por la acumulación de materiales específicos de plantas en lugares mal drenados. La turba consiste en vegetación acuática, pantanosa, o de ciénaga parcialmente descompuesta. (Alvarado y Solano, 2002)

La composición de los diferentes depósitos de turba varía mucho, dependiendo de la vegetación original, estado de descomposición, contenido mineral y grado de acidificación. (Alvarado y Solano, 2002)

Para la agricultura, la turba se clasifica en dos grupos: turba rubia y negra. La turba rubia tiene mayor cantidad de materia orgánica y un menor grado de descomposición, presentando evidentes restos vegetales. En cambio, la turba negra presenta mayor grado de descomposición y no se observan a simple vista los restos vegetales. (Alvarado y Solano, 2002)

La turba de musgo *Sphagnum* (peat moss) es la forma de materia orgánica más popular para la preparación de sustratos en contenedores. Es utilizada como la materia prima para la producción de sustratos de alta calidad para viveros, cultivo de hortalizas y plantas ornamentales. (Alvarado y Solano, 2002)

B. Arena

La arena es el agregado grueso más económico, pero a la vez el más pesado. Es baja en nutrientes y en capacidad de retención de humedad, es química y biológicamente inerte. Es un medio favorito para enraizamiento de esquejes, también es utilizado para ofrecer drenaje y aireación en mezclas que incluyen turba, suelo y compost. Las arenas finas contribuyen muy poco en mejorar las condiciones del sustrato y su uso puede resultar en una reducción del drenaje y aireación. (Alvarado y Solano, 2002)

La arena de origen calcáreo debe ser evitada, ya que este material puede tener un contenido alto de carbonato de sodio que modifica el pH del sustrato, volviéndolo alcalino y consecuentemente frena la absorción del hierro, causando su deficiencia en las plantas. La mejor arena es aquella de origen volcánico, ya que tiene poca influencia en el pH del sustrato. La arena debe estar limpia, debe tener tamaños de partícula de 0.5 mm a 2 mm de diámetro para no provocar una mayor compactación de la deseada. (Alvarado y Solano, 2002)

C. Compost de Ninfa

El lirio acuático es una maleza acuática perenne que flota libremente en la superficie del agua, y crece formando rosetas que a su vez están conectadas por estolones, la forma de la hoja es ovada y miden aproximadamente de 4 cm a 12 cm de ancho. El lirio acuático habita en cuerpos de agua dulce como ríos, lagos, charcas, entre otros. Temperaturas menores de 0 °C afectan su crecimiento al igual que la alta salinidad, sin embargo, cuerpos de agua eutrofizados que contienen niveles altos de nitrógeno, fósforo, potasio, al igual que aguas contaminadas con

metales pesados no limitan su crecimiento. El lirio acuático o jacinto pueden anclarse y enraizar en los suelos saturados de agua por un corto periodo de tiempo. (Robles y Madsen, 2015)

En temperaturas optimas de crecimiento, la biomasa del lirio de agua puede duplicarse en un mes por medio de reproducción vegetativa, esta capacidad provoca colonias densas flotando en el agua que reducen el flujo del agua en los embalses, cantidad de oxígeno, y puede ser utilizado como hospedero de larvas de mosquito, por esas razones esta planta ha sido considerada como una de las peores malezas. (Robles y Madsen, 2015)

Estos problemas ocasionados por poblaciones extensas de ninfa acuática han provocado estudios de aprovechamiento de estas plantas. Han sido utilizadas como emulsionante en la preparación comercial de alimentos, fuente de aceite vegetal, fuente de producción de gas metano, y como alimento por su contenido proteico alto. (Morales, 2003)

La ninfa acuática fue introducida en el lago de Amatitlán con el objetivo de reducir el exceso de nutrientes que entran al mismo. Esta planta creció considerablemente por las condiciones climáticas favorables de la región y la presencia de nutrientes dentro del lago. (Casasola, 2012)

La ninfa acuática es un material de gran disponibilidad dentro del lago de Amatitlán, y ha sido aprovechado para producir abonos orgánicos por pobladores dentro de la cuenca del lago de Amatitlán. Estas plantas son retiradas de las lagunas de biofiltros de las plantas de tratamiento de aguas residuales que se encuentran en la desembocadura del lago de Amatitlán, las trasladan a las orillas de las lagunas para el proceso de molienda y secado por un periodo de 3 meses y posteriormente el material es mezclado dentro del suelo donde cultivan plantas como maíz y frijol.

D. Pulpa o fibra de coco

La fibra de coco se obtiene del mesocarpio fibroso del fruto. Estructuralmente es una de las fibras más duras y en comparación con otras es más corta. El diámetro medio de la fibra de coco es aproximadamente 1 mm. (Alvarado, Blanco y Taquechel, 2008)

La fibra de coco es utilizada como medio o sustrato en muchos países por sus grandes ventajas, tiene una capacidad de retención de agua de hasta 3 o 4 veces su peso, un pH ligeramente ácido entre 5.5 y 6.2, rango que resulta adecuado para muchas plantas, y una densidad aparente de 200 kg/m³. (García, 2013)

Otras características de la pulpa de coco es su alta capacidad de intercambio catiónico que permite la retención de nutrientes, ausencia de plagas o enfermedades y capacidad de inocularse rápidamente con microorganismos benéficos para brindar una rizosfera rica en actividad microbiana. Tiene una alta capacidad de desinfección que permite su uso continuado durante 3-4 años con un adecuado tratamiento de desinfección, es un producto ecológico y renovable ya que su extracción y posterior eliminación no representa ningún impacto medioambiental, y su precio es competitivo frente a otros sustratos. (Alvarado, Blanco y Taquechel, 2008)

E. Lodos residuales derivados de las plantas de tratamiento de aguas

Los lodos residuales son un subproducto de procesos de plantas de tratamiento de aguas residuales. Estos son de gran importancia ya que son una fuente potencial de materia orgánica y energía. Los lodos provienen ya sea de las lagunas o de las plantas depuradoras, siendo el volumen mayor de producción de lodos en las plantas depuradoras, debido principalmente al tiempo de retención. (Torres, 2002)

2.2.5.5 Caracterización fisicoquímica de los sustratos

Previo a la evaluación final de los sustratos se realizó la caracterización fisicoquímica de los materiales utilizados en esta investigación. En el caso del material de lodos residuales, AMSA contaba con análisis de este material, por lo que se procedió a realizar los análisis a los materiales faltantes (pulpa de coco y compost de ninfa). Los análisis faltantes se realizaron en el Laboratorio de Suelo-Planta-Agua “Salvador Castillo Orellana” de la Facultad de Agronomía de la Universidad de San Carlos de Guatemala. El análisis de los materiales pulpa de coco y compost de ninfa fueron determinados con una solución ácido débil.

A continuación, se presentan los análisis fisicoquímicos de los materiales utilizados en esta investigación, comparados con niveles óptimos de acuerdo a revisión bibliográfica realizada para esta investigación. En el Cuadro 8 se muestra el análisis fisicoquímico del material de lodos residuales. La muestra proviene de la planta de aguas residuales ubicada en Mezquital, Villa Nueva, dicha planta de tratamiento de aguas residuales pertenece a AMSA.

Cuadro 8. Análisis fisicoquímico de lodos residuales comparado con niveles óptimos

Material	Carbono total (%)	Materia orgánica (%)	Nitrógeno total (mg/Kg)	Fósforo total (mg/Kg)
Lodos residuales	91.1	130.6	100.25	71.19
Niveles óptimos	20-50	40-100	50-100	10-50.0

Fuente: AMSA, 2013

En el análisis presentado se muestran cuatro variables de medición para el material de lodos residuales. La materia orgánica contenida en esta muestra es de gran importancia porque es la principal característica biológica del sustrato. Es necesario conocer el contenido de la materia orgánica, ya que ésta en condiciones adecuadas pasa por el proceso de descomposición dando como productos finales elementos minerales y ácidos húmicos que dan como resultado un aumento en la disponibilidad de micronutrientes en el sustrato (Burés, 2006).

Debido a que el porcentaje de materia orgánica en el material de lodos residuales es mayor a la necesaria, es importante realizar análisis fisicoquímico de los tratamientos que obtuvieron los mejores resultados, y así verificar la aportación de este material en las mezclas de los sustratos realizados.

En la variable nitrógeno total se observa que el material de lodos residuales cuenta con una fuente elevada de nitrógeno, pero el exceso de nitrógeno en el material puede ser perjudicial para las plantas, ya que puede provocar problemas de eutrofización que es un tipo de contaminación química dentro del sustrato que permite que especies herbáceas tiendan a dominar. El carbono total y el fósforo total son dos elementos que se encuentran en abundancia dentro de este material, por lo que es necesario profundizar y realizar un análisis de laboratorio para verificar en que cantidades se encuentran los macro y micronutrientes. (Ansorena, Batalla y Merino, 2014)

En el Cuadro 9 se muestra el análisis fisicoquímico realizado al material pulpa de coco, siendo este análisis comparado con los niveles óptimos citados por Abad (1993).

Cuadro 9. Análisis fisicoquímico de pulpa de coco

Material	pH	C.E. (mS/cm)	ppm		Meq/100g		ppm				C.O. (%)	NT (%)	C:N
			P*	K*	Ca*	Mg*	Cu*	Zn*	Fe*	Mn*			
Pulpa de coco	6.4	3800	330	4200	2.49	1.7	0.5	14.5	7	5.5	41.7	0.39	107.0:1
Niveles óptimos	5.2-6.3	<3.5	6.0-100	150-249	>200	>70	0.0001-0.5	0.3-3	0.3-3	0.02-3	20-50	1.0-2	20-40

Fuente: FAUSAC, 2015; Martínez y Roca, 2011

El pH que presentó la pulpa de coco fue de 6.4, lo que nos indica que es un buen parámetro para este material, ya que un pH adecuado permite la disponibilidad de nutrientes para las plantas. Sin embargo, este material se encuentra en varios tratamientos mezclados con otros materiales, por lo que el pH en cada tratamiento puede variar significativamente. La conductividad eléctrica del material de pulpa de coco se encuentra en un rango elevado, por lo que puede afectar negativamente a los sustratos que contienen este material, ya que ésta directamente relacionada con la concentración de sales y consecuentemente afecta en la

germinación de las semillas, afecta en la asimilación de agua por la planta y puede ocasionar problemas en el crecimiento de las plantas. (Alvarado y Solano, 2002)

El carbono orgánico en la pulpa de coco se encuentra en los niveles óptimos con un porcentaje de 41.7 %, y este porcentaje favorece al sustrato ya que afecta diversas propiedades físicas como humedad aprovechable, aireación, movimiento del agua, entre otras. El carbono orgánico es esencial para la actividad biológica del suelo, ya que proporciona recursos energéticos a los organismos del suelo. Estos organismos utilizan el carbono orgánico para la formación y estabilización de la estructura y porosidad de los sustratos. (Martínez, Fuentes y Acevedo, 2009)

La relación carbono/nitrógeno es una característica muy importante a considerar ya que si la relación carbono/nitrógeno es mayor a los 40, el nitrógeno disponible es utilizado primero por los microbios que, por las raíces del cultivo, creándose deficiencias nutricionales por este elemento. En este caso el rango es muy elevado, por lo tanto, habrá deficiencias nutricionales en los sustratos que contengan este material. Los macronutrientes como el fósforo y potasio y micronutrientes como cobre, zinc, hierro y manganeso sobrepasan los niveles óptimos para los sustratos por lo que es necesario realizar análisis químico los tratamientos que contienen este material para la toma de decisiones en enmiendas o fertilizaciones por realizar, ya que se observan deficiencias varios elementos como calcio y magnesio.

En el Cuadro 10 se muestra el análisis fisicoquímico realizado al material compost de ninfa, siendo este análisis comparado con los niveles óptimos citados por Abad (1993).

Cuadro 10. Análisis fisicoquímico de compost de ninfa comparado con niveles óptimos

Material	pH	C.E. (mS/cm)	ppm		Meq/100g		ppm				C.O. (%)	NT (%)	C:N
			P*	K*	Ca*	Mg*	Cu*	Zn*	Fe*	Mn*			
Compost de ninfa	7.5	716	1120	1130	24.3	7.9	0.1	12	8.5	247.5	12.36	0.78	15.8:1
Niveles óptimos	5.2-6.3	<3.5	6.0-100	150-249	>200	>70	0.0001-0.5	0.3-3	0.3-3	0.02-3	20-50	1.0-2	20-40

Fuente: FAUSAC, 2015; Martínez y Roca, 2011

El pH que presentó el compost de ninfa fue de 7.5, lo que nos indica que sobrepasa el nivel óptimo para el sustrato. Un pH elevado puede influir en el crecimiento de las plantas y la cantidad de nutrientes disponibles para las plantas e incluso que sean tóxicos para las plantas.

La conductividad eléctrica se muestra estable en este material, por lo que el agua puede ser mayor aprovechable en los sustratos con este material que en los sustratos con pulpa de coco. La relación carbono/nitrógeno para el compost de ninfa es de 15.8, lo que indica que está muy cercano al nivel óptimo, pero como es un material orgánico se considera estable, lo que indica que el estado de degradación del material es estable. (Abad, 1993)

Al igual que en el material de pulpa de coco, el compost de ninfa contiene macronutrientes como el fósforo y potasio y micronutrientes como el zinc, hierro y manganeso que sobrepasan los niveles óptimos para los sustratos por lo que es necesario realizar análisis químico a las mezclas o tratamientos evaluados que obtuvieron los mejores resultados para la toma de decisiones en enmiendas o fertilizaciones por realizar, ya que se observan deficiencias varios elementos como calcio y magnesio.

2.2.5.6 Costos de producción de los sustratos

Para establecer una relación de beneficio-costo en el uso los 10 sustratos evaluados en la presente investigación para la producción de plántulas de pino (*Pinus oocarpa* Schiede), se presenta en el Cuadro 11 los costos de producción de los tratamientos de acuerdo al método de costeo TCO (Total Cost of Ownership), en el cual se toman en cuenta los costos directos e indirectos para cada uno de los componentes de costos, en este caso para cada uno de los tratamientos existe un listado de costos de producción. (AGESIC, 2013)

En este método se identificaron y enlistaron los rubros de costos asociados al proyecto de acuerdo a los componentes que fueron prestados por este. En este caso se realizó la lista de los tratamientos evaluados y cada uno de los materiales que los constituyen para formar los

costos de producción por cada tratamiento, logrando obtener el costo de producción por sustrato.

Cuadro 11. Costos de producción de los tratamientos evaluados

COSTOS DE PRODUCCIÓN							
Tratamiento	Materiales	Porcentaje (%)	Cantidad (lt)	Precio por litro (Q)	Costo Total (Q)	Costo por tratamiento (Q)	Costo por pilón (Q)
T1	Compost de ninfa	100	11.52	1.04	11.98	11.98	0.17
T2	Pulpa de coco	100	11.52	1.46	16.82	16.82	0.23
T3	Lodos residuales	100	11.52	1.07	12.33	12.33	0.17
T4	Compost de ninfa	50	5.76	1.04	5.99	13.68	0.19
	Lodos residuales	25	2.88	1.07	3.08		
	Arena	25	2.88	1.60	4.61		
T5	Pulpa de coco	50	5.76	1.46	8.41	16.10	0.22
	Lodos residuales	25	2.88	1.07	3.08		
	Arena	25	2.88	1.6	4.61		
T6	Compost de ninfa	75	8.64	1.04	8.99	13.59	0.19
	Arena	25	2.88	1.60	4.61		
T7	Pulpa de coco	75	8.64	1.46	12.61	17.22	0.24
	Arena	25	2.88	1.6	4.61		
T8	Compost de ninfa	75	8.64	1.04	8.99	12.07	0.17
	Lodos residuales	25	2.88	1.07	3.08		
T9	Pulpa de coco	75	8.64	1.46	12.61	15.70	0.22
	Lodos residuales	25	2.88	1.07	3.08		
T10	Peat moss	100	11.52	1.72	19.81	19.81	0.28

Fuente: Elaboración propia, 2015

En el Cuadro 11 se muestra el resumen de los costos de producción de los 10 tratamientos evaluados. Según los costos de producción establecidos se observa que el tratamiento 10 (peat moss al 100 %) es el tratamiento con más altos costos de producción por sustrato. Los tratamientos con más bajos costos de producción fueron T1 (compost de ninfa al 100 %), T3 (lodos residuales al 100 %) y T8 (compost de ninfa al 75 % y lodos residuales al 25 %), que tienen en común el material compost de ninfa y lodos residuales y su mezcla respectivamente.

2.3 OBJETIVOS

2.3.1 Objetivo General

Evaluar 10 sustratos para la producción de plántulas de pino (*Pinus oocarpa* Schiede) en el vivero forestal El Morlón, Amatlán.

2.3.2 Objetivos Específicos

2.4.2.1 Evaluar el porcentaje de germinación de la semilla de pino (*Pinus oocarpa* Schiede) y porcentaje emergencia de plántulas de pino (*Pinus oocarpa* Schiede) en 10 sustratos.

2.4.2.2 Evaluar el crecimiento y calidad de plántulas de pino (*Pinus oocarpa* Schiede) en 10 sustratos.

2.4.2.3 Determinar el sustrato que ofrece las mejores condiciones para la producción de plántulas de pino (*Pinus oocarpa* Schiede), en función de calidad, crecimiento y costos de producción.

2.4 HIPÓTESIS

La composición de uno o varios tratamientos evaluados presentará un efecto positivo en la germinación, emergencia, crecimiento, calidad de las plántulas y costos de producción de pino (*Pinus oocarpa* Schiede).

2.5 METODOLOGÍA

2.5.1 Fase inicial de gabinete

Esta etapa consistió en la recopilación de información secundaria para establecer las bases de ésta investigación, se definió la ubicación del experimento, se gestionó la obtención de todas las herramientas, equipo y material necesario para el desarrollo de esta investigación, se formularon las combinaciones de los materiales orgánicos e inorgánicos que se utilizaron para conformar cada tratamiento, se estableció el modelo estadístico (completamente al azar) y su respectivo diseño experimental, se determinaron cuáles serían las variables de medición evaluadas, se diseñaron los instrumentos de recopilación de datos de campo, así como también se estableció el cronograma de actividades.

2.5.2 Fase de campo

El lugar donde se desarrolló el experimento fue en el Vivero Forestal “El Morlón”, Amatitlán. Geográficamente el vivero se encuentra a una latitud norte 14°28'56", y una longitud oeste de 90°36'34", con una elevación de 1,200 m s.n.m. La etapa de campo se realizó en el periodo de junio a octubre del 2015.

Se colectaron los materiales experimentales para la preparación de los sustratos dentro de los límites de la cuenca del lago de Amatitlán, iniciando con la colecta del compost de ninfa, colectado en la planta de tratamiento de biofiltros de AMSA ubicada en el municipio de Villa Canales. Posteriormente se colectó la pulpa de coco en el Vivero “Fleurs”, ubicado en Villa Hermosa, San Miguel Petapa, La pulpa de coco es un material de reciente comercialización para plantas ornamentales en dicho vivero. Posteriormente se colectaron los lodos residuales en la planta de tratamiento de aguas residuales de AMSA ubicada en El Mezquital, Villa Nueva. Y se finalizó con la obtención de turba (peat moss), arena, bandejas, material de desinfección y fertilizantes que fueron suministrados por AMSA.

Para desarrollar la investigación se utilizaron 5 materiales fundamentales para conformar los sustratos, peat moss, ninfa acuática, pulpa de coco, lodos residuales y arena. La preparación de los materiales consistió en realizar un tamizado utilizando un tamiz de 10 mm de abertura con el fin de homogenizar los sustratos. Seguidamente del tamizado los materiales fueron desinfectados para prevenir el daño producido por plagas y enfermedades en las primeras etapas del ciclo de producción.

2.5.2.1 Proceso de preparación de los sustratos

Los sustratos evaluados estaban conformados de materiales disponibles por AMSA y materiales locales dentro de la cuenca del lago de Amatitlán, los materiales como el compost de ninfa y los lodos residuales provienen de actividades para la recuperación del lago de Amatitlán.

El compost de ninfa acuática es un material recolectado por el personal de AMSA, utilizado comúnmente para fertilizar cultivos perennes en el área y los lodos residuales son un material recolectado en las plantas de tratamiento de aguas residuales, y tiene como uso para el personal de campo de AMSA como sustrato o suelo que permite la producción anual de cultivos como maíz y frijol.

Otro material que se encuentra disponible por AMSA es la pulpa de coco, ya que cuentan con la herramienta necesaria para todos los procesos necesarios para elaborar dicho material. En este caso se utilizó dicho material ya procesado por el vivero “Fleurs”, que se encuentra en Villa Hermosa, San Miguel Petapa. Se adquirió dicho material con el propósito de ahorrar el tiempo del proceso que conlleva la preparación de dicho material, y que el programa de EPS (Ejercicio Profesional Supervisado) cuenta con una programación establecida.

La preparación de los sustratos se realizó en base a volumen, es decir que los diferentes porcentajes presentados en el Cuadro 12 fueron medidos en un contenedor de 4 Lt. Estos materiales fueron recolectados en el mes de junio del 2015.

Cuadro 12. Descripción de los sustratos

Tratamiento	Materiales	Porcentajes	Proporción
T1	Compost de Ninfa	100.00	1
T2	Pulpa de Coco	100.00	1
T3	Lodos residuales	100.00	1
T4	Compost de Ninfa	50.00	2:1:1
	Lodos residuales	25.00	
	Arena	25.00	
T5	Pulpa de Coco	50.00	2:1:1
	Lodos residuales	25.00	
	Arena	25.00	
T6	Compost de Ninfa	75.00	3:1
	Arena	25.00	
T7	Pulpa de Coco	75.00	3:1
	Arena	25.00	
T8	Compost de Ninfa	75.00	3:1
	Lodos residuales	25.00	
T9	Pulpa de Coco	75.00	3:1
	Lodos residuales	25.00	
T10	Peat moss	100.00	1

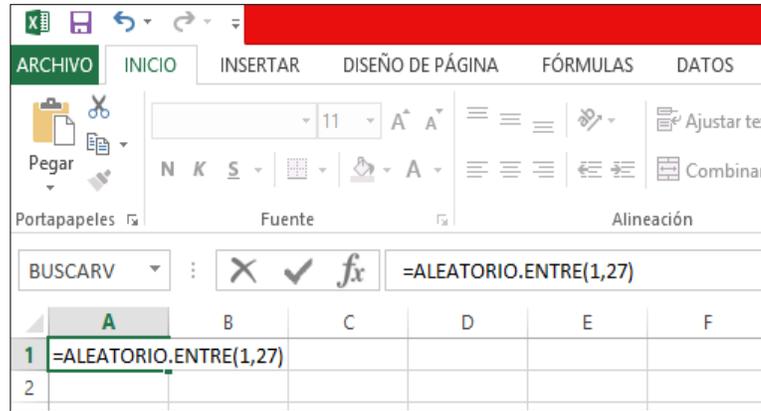
Fuente: Elaboración propia, 2015

2.5.2.2 Unidad experimental

La unidad experimental fue conformada por 24 plantas contenidas en una bandeja plástica de poliestireno. Se estableció una unidad experimental por bandeja.

2.5.2.3 Diseño experimental

El diseño experimental utilizado fue el Diseño Completamente al Azar, ya que el experimento estuvo bajo condiciones homogéneas en invernadero. Según el diseño experimental completamente al azar los tratamientos se colocan en tabla de números aleatorios, en este caso se usó la función “aleatorio, entre” del software Excel del paquete Microsoft Office como se observa en la Figura 15.



Fuente: Elaboración propia, 2015

Figura 15. Función de aleatorización en Excel

2.5.2.4 Modelo estadístico

El modelo estadístico para dicho diseño es el siguiente:

$$Y_{ij} = U + T_i + E_{ij}$$

Dónde:

Y_{ij} : Variable de respuesta

U : Media General

T_i : Efecto del i -ésimo tratamiento

E_{ij} : Error experimental asociado a la ij -ésima unidad experimental

2.5.2.5 Proceso de aleatorización

Ya definidos los tratamientos, se determinó el número de repeticiones con el criterio de los grados de libertad del error experimental donde los grados de libertad es igual a 12.

$$GLE: (t-1)(r-1)$$

$$12 = (10-1)(r-1)$$

$$r: 2.4$$

Dónde:

GLE: Grados de libertad

t: Tratamiento

r: Repetición

El número de repeticiones empleado fue 3 aproximado a la fórmula empleada anteriormente.

De acuerdo a los resultados de la aleatorización realizada, el diseño experimental quedo establecido como se muestra en la Figura 16.

Orden en Bancales														
T9R1	T1R1	T2R1	T2R2	T3R3	T6R2	T10R3	T6R1	T7R3	T1R3	T4R1	T5R3	T7R1	T3R2	T10R1
T3R1	T10R2	T8R2	T8R3	T6R3	T4R3	T1R2	T5R1	T5R2	T8R1	T2R3	T7R2	T4R2	T9R2	T9R3

Fuente: Elaboración propia, 2015

Figura 16. Distribución de unidades muestréales

2.5.2.6 Variables de respuesta

Para determinar la significancia de los tratamientos a evaluar se determinaron variables respuesta para las plántulas de pino, las cuales se describen a continuación

A. Porcentaje de germinación

El porcentaje de germinación se refiere a la cantidad de semillas que son capaces de germinar y donde se puede realizar un conteo preliminar. Se determinó el porcentaje de germinación a partir de la siguiente ecuación:

$$\text{Porcentaje de germinación} = \frac{\text{NPG} * 100}{\text{NTSS}}$$

Dónde:

NPG: Número de plantas germinadas

NTSS: Número de semillas sembradas

Para la variable porcentaje de germinación en las semillas de pino (*Pinus oocarpa* Schiede), se realizó un ensayo para determinar la calidad de la semilla que utiliza AMSA para su producción anual. El ensayo consistió en tomar una muestra de las semillas y hacerlas germinar. En una caja Petri se colocaron 100 semillas seleccionadas al azar, y se aplicó humedad y aireación necesaria para asegurar condiciones germinativas favorables. Es importante determinar el porcentaje de germinación ya que a través de dicho análisis se decide la cantidad de semilla a utilizar y así evitar la pérdida de unidades de muestreo en la investigación.

B. Porcentaje de emergencia

El porcentaje de emergencia se evaluó por medio de plantas emergidas, para el cálculo de esta variable se utilizó la siguiente ecuación:

$$\text{Porcentaje de emergencia} = \frac{\text{NPE} * 100}{\text{NTSS}}$$

Dónde:

NPG: Número de plantas emergidas

NTSS: Número de semillas sembrada

C. Altura y diámetro de plántulas

Se midieron las alturas de las plántulas de cada repetición de cada tratamiento, desde la base del tallo hasta el ápice, utilizando una regla graduada con aproximación a cm con el propósito

de medir el efecto del sustrato en la planta. De igual forma se midieron los diámetros con un vernier con aproximación a mm de cada plántula.

D. Peso seco de tallos

Se determinó el peso seco del tallo en gramos en cada uno de los tratamientos a los 120 días después de la siembra. Se cortaron a nivel del cuello del tallo con el grupo de hojas y se secaron en un horno de convección a una temperatura de 103 °C durante un periodo de 48 horas y para determinar la materia seca fue utilizada una balanza analítica.

E. Peso seco de raíces

Se determinó el peso seco en gramos de las raíces en cada uno de los tratamientos a los 120 días después de la siembra. El sustrato fue removido de las raíces con el cuidado de no afectar ninguna raíz, y fueron lavadas con agua destilada para remover todo el residuo y no afectar el así el resultado. Estas fueron sometidas a una temperatura de 103 °C en un horno de convección por un periodo de 48 horas y para determinar la materia seca fue utilizada una balanza analítica.

F. Calidad de adobe

Se cuantificó la calidad de adobe que es el agregado que conforma las raíces de la planta con el sustrato y que tan integradas y desarrolladas están las raíces en dicho sustrato. Se midieron de acuerdo a la facilidad de extracción del sustrato y la bandeja, y al ser extraída se procedió a tirarla al suelo y observar la permanencia del pilón o el amarre de las raíces con el sustrato a los 120 días después de la siembra. Se evaluó de acuerdo a la clasificación presentada en el Cuadro 13.

Cuadro 13. Porcentaje de calidad de adobe

Nivel	Porcentaje de Adobe (%)
1	100 Íntegro
2	90 Íntegro
3	75 Íntegro
4	50 Íntegro
5	Desintegrado (raíz desnuda)

Fuente: Quesada y Méndez, 2005

2.5.2.7 Manejo experimental

La preparación de los sustratos se realizó manualmente, antes de realizar las mezclas de materiales se humedeció cada material con agua para mejorar la consistencia y se procedió a realizar las mezclas correspondientes para cada tratamiento. La siembra se realizó manualmente colocando dos semillas por postura a una profundidad aproximada de 0.5 cm y posteriormente fue cubierta cada celda con una capa ligera de arena blanca.

Se aplicaron riegos todos los días, de acuerdo al manejo de producción en los viveros de AMSA, con una cantidad aproximada de 10 (mm) láminas en días secos, y en días lluviosos no se aplica riego con el objetivo de evitar el exceso de humedad que pueden provocar daños en las plántulas.

Se aplicó fertilizante 20-20-0 granulado cada 45 días directamente al sustrato, se aplicó aproximadamente 2 gramos de fertilizante por postura. La primera aplicación se realizó a los 45 días después de la siembra, aplicación que se realiza de acuerdo al manejo de producción en los viveros de AMSA.

Para el control fitosanitario se aplicó el fungicida Cupravit Azul 35wp, que permite controlar enfermedades fungosas y reduce el peligro de toxicidad en la planta. Este producto fue aplicado por medio de una bomba de aspersión tipo mochila en una dosis de 300 g/100Lt de agua. Este

producto fue aplicado al momento de la preparación de los tratamientos evaluados, y a los 60 días después de la siembra de acuerdo al manejo de producción en los viveros de AMSA.

2.5.3 Fase final de gabinete

Esta etapa consistió en el análisis de datos de la fase de campo. Los datos fueron recolectados a los 120 días después de la siembra, donde se seleccionaron 240 plantas eliminando así las plantas con efecto de borde con el objetivo de homogenizar dicha medición.

Las variables de medición como emergencia y calidad de adobe fueron obtenidas en las instalaciones del vivero forestal El Morlón Amatitlán, y las variables de medición como altura, diámetro, y peso seco de las plántulas fueron obtenidas en laboratorio de Ciencias Biológicas de la Facultad de Agronomía de la Universidad de San Carlos de Guatemala.

De acuerdo al diseño experimental se realizó un análisis completamente al azar para todos los tratamientos estableciendo las diferencias entre los tratamientos y el testigo. Para las variables de respuesta altura (cm), diámetro (mm) y peso seco (g) se utilizó el Software INFOSTAT que es una aplicación desarrollada bajo la plataforma Windows especialmente diseñada para análisis estadísticos. Y las variables como emergencia y calidad de adobe fueron analizadas únicamente por gráficas.

Posteriormente se realizó un análisis post-andeva para comprobar la significancia entre los tratamientos, y evaluar así el mejor de los tratamientos. Para dicho análisis de efectuó una prueba de medias Tukey con 5% de significancia. Para dicho análisis se utilizó de igual forma el Software INFOSTAT.

2.5.3.1 Metodología para valoración de los sustratos

Para determinar el mejor sustrato en función de los resultados obtenidos en la fase experimental de ésta investigación, se realizó una matriz de valoración donde se integraron las variables de medición (emergencia de la plántula, altura de tallo, longitud de raíz, diámetro, materia seca de raíz, materia seca del tallo y calidad de adobe), y se estableció un sistema de valoración con 5 categorías presentadas a continuación.

- Muy alta (9-10 puntos)
- Alta (7-8 puntos)
- Media (5-6 puntos)
- Baja (3-4 puntos)
- Muy Baja (1-2 puntos)

Cada sustrato evaluado obtuvo una ponderación en función de los resultados obtenidos para cada variable evaluada. Este sistema de valoración se basó en la matriz de “Leopold” que ha sido utilizada para la valoración de proyectos ambientales. (De la Maza, 2007).

Ésta matriz propone el cálculo de una magnitud relativa a partir de la comparación de los resultados obtenidos en cada sustrato y variable evaluada contra el sustrato testigo, expresada en una escala de 1 a 10 en números arábigos, siendo 1 el valor más bajo y 10 el valor más alto. Se diseñó un cuadro para registrar las ponderaciones, dichas ponderaciones fueron sumadas de forma horizontal, del resultado esta suma se seleccionó a los dos mejores sustratos tal y como se observa en la Cuadro 14.

Cuadro 14. Ejemplo de matriz de valoración de los sustratos

Tratamiento/Variable	Variable 1	Variable 2	Variable 3	Variable 4	Variable 5	Variable 6	Variable 7	RESULTADO
T1	10	10	10	10	10	10	10	70
T2	9	9	9	9	9	9	9	63
T3	8	8	8	8	8	8	8	56
T4	7	7	7	7	7	7	7	49
T5	6	6	6	6	6	6	6	42
T6	5	5	5	5	5	5	5	35
T7	4	4	4	4	4	4	4	28
T8	3	3	3	3	3	3	3	21
T9	2	2	2	2	2	2	2	14
T10	1	1	1	1	1	1	1	7

Fuente: Elaboración propia, 2016

En el cuadro anterior se presenta un ejemplo de la estructuración de la matriz de valoración, de forma vertical se enlistaron los tratamientos evaluados y de forma horizontal se enlistaron las variables evaluadas, como se puede ver la última columna representa las sumatorias de todas ponderaciones establecidas por tratamiento para de esa manera poder seleccionar a los mejores dos y posteriormente evaluar cuál de estos dos será el mejor tratamiento en función de su costo de producción.

2.6 RESULTADOS Y DISCUSIÓN

A continuación, se presentan los resultados de la evaluación de 10 sustratos para la producción de plántulas de pino (*Pinus oocarpa* Schiede), en donde los sustratos fueron elaborados a partir de 4 materiales (compost de ninfa, lodos residuales, pulpa de coco y arena blanca) disponibles en la cuenca del Lago de Amatitlán, Guatemala. Las variables agronómicas evaluadas después de 120 días de desarrollo fueron: porcentaje de germinación, porcentaje de emergencia, altura de tallo y raíz, diámetro en la base de la planta, materia seca de tallo y raíz y calidad de adobe.

2.6.1 Variables de respuesta

2.6.1.1 Porcentaje de germinación

De acuerdo al ensayo mostrado en la Figura 17 se obtuvo un porcentaje de germinación de 83 % a los 15 días después de sembrada la semilla de acuerdo a la siguiente ecuación.

Porcentaje de germinación:

$$\text{Porcentaje de germinación: } \frac{\text{NPG} * 100}{\text{NTSS}} = \frac{83 * 100}{100} = 83 \%$$

Dónde:

NPG: Número de plantas germinadas

NTSS: Número de semillas sembradas



Figura 17. Ensayo de germinación con semillas de *Pinus oocarpa* Schiede

Según los resultados de este experimento el porcentaje de germinación no fue lo suficientemente alto para colocar una semilla por postura, por lo que se decidió colocar dos semillas por postura para evitar pérdidas de unidades experimentales, y así poder asegurar un manejo experimental homogéneo.

2.6.1.2 Porcentaje de emergencia

Con el objetivo de evaluar la respuesta de emergencia de las semillas de pino (*Pinus oocarpa* Schiede) en los diferentes tratamientos, se midió el porcentaje de emergencia a los 15 días después de la siembra como se observa en el Cuadro 15.

Cuadro 15. Porcentaje de emergencia

Código	Tratamiento	Porcentaje de Emergencia (%)
T1	Compost de Ninfa	100
T2	Pulpa de Coco	94.44
T3	Lodos residuales	65.28
T4	Compost de Ninfa-Lodos residuales-Arena	87.50
T5	Pulpa de Coco-Lodos residuales-Arena	76.39
T6	Compost de Ninfa-Arena	93.06
T7	Pulpa de Coco-Arena	98.61
T8	Compost de Ninfa- Lodos residuales	84.72
T9	Pulpa de Coco-Lodos residuales	87.5
T10	Peat Moss	84.72

Como se observa en el Cuadro 15, el sustrato que presentó la mejor respuesta a la variable porcentaje de emergencia fue el tratamiento 1 (compost de ninfa al 100 %), posiblemente el resultado se debe al material de compost de ninfa que, de acuerdo al análisis fisicoquímico realizado, se encontraban características óptimas para la primera etapa de las semillas de pino (*Pinus oocarpa* Schiede). Una de las variables determinantes que afectan el desarrollo de las plantas es la conductividad eléctrica, que en el caso del compost de ninfa los resultados fueron favorables, y permite que el agua esté disponible para la planta.

El sustrato que presentó resultados menos favorables en la variable porcentaje de emergencia fue el tratamiento 3 (lodos residuales al 100 %), posiblemente el resultado se debe a que el material de lodos residuales presentó en el análisis fisicoquímico características no favorables como el exceso de varios nutrientes y que se vio reflejado en la primera etapa de desarrollo de las semillas de pino.

2.6.1.3 Altura de planta

Con el objetivo de evaluar la respuesta de altura de planta en los tratamientos, se realizó una medición a los 120 días después de la siembra, donde posteriormente se realizó análisis de varianza y prueba de medias para determinar las diferencias entre tratamientos como se muestra en el Cuadro 16.

Cuadro 16. Análisis de varianza para la variable altura de planta a los 120 días después de la siembra

Fuente de Variación	Suma de cuadrados	Grados de Libertad	Cuadrado Medio	F	p-valor
Tratamiento	479.6	9	53.29	12.4	<0.0001
Error	85.95	20.00	4.30		
Total	565.55	29			
CV	17.99%				

De acuerdo al análisis de varianza presentado, se muestra la significancia de los cuadros medios de la variable altura de planta a los 120 días después de la siembra, para lo cual es necesario realizar la prueba de medias (tukey) para determinar que tratamientos son diferentes entre sí. Para ésta variable el coeficiente de variación fue de 17.99 % que indica un buen manejo experimental.

En el Cuadro 17 se muestran los resultados de la prueba de medias tukey para la variable altura de planta a los 120 días después de la siembra.

Cuadro 17. Prueba de medias “tukey” para la variable altura de planta a los 120 días después de la siembra

Tratamiento	Medias	Grupos Tukey				
T10	17.28	A				
T5	15.40	A	B			
T4	14.73	A	B	C		
T8	14.61	A	B	C		
T3	12.49	A	B	C		
T9	11.39	A	B	C	D	
T6	9.75		B	C	D	E
T1	9.28			C	D	E
T2	6.06				D	E
T7	4.25					E

En el Cuadro 17 se muestran los resultados de la prueba de medias tukey para la variable altura de planta a los 120 días después de la siembra, donde se determina la existencia de 8 grupos tukey. De acuerdo a estos 8 grupos tukey, el primer grupo (A) lo conformó el tratamiento 10 (peat moss al 100 %) que finalmente fue el tratamiento con el mejor resultado, siendo este el testigo, con una altura de planta promedio de 17.28 cm.

Seguidamente se encuentra el segundo grupo tukey (AB) que estuvo muy próximo al mejor tratamiento (T10), este grupo lo conformó el T5 (pulpa de coco al 50 % con arena al 25 % y lodos residuales al 25 %). Este tratamiento obtuvo una media en altura de planta de 15.4 cm, lo que permite indicar que este tratamiento es el mejor tratamiento de los que están siendo comparados con el testigo. Posiblemente se debe a las características de los materiales mezclados en este tratamiento, la pulpa de coco que contiene un pH adecuado para la retención de agua y nutrientes, y los lodos residuales que aportaron materia orgánica y nutrientes al sustrato.

El tercer grupo tukey (ABC) lo conformó los tratamientos T4 (compost de ninfa al 50 %, lodos residuales al 25 % y arena al 25 %), T8 (compost de ninfa al 75 % y lodos residuales al 25 %) y T3 (lodos residuales al 100 %), con una altura media de 11.39 cm a 14.73 cm. Estos tratamientos tienen en común el material de lodos residuales dando resultados favorables en las mezclas realizadas, posiblemente se debe a que el material aportó nutrientes esenciales para el crecimiento de las plantas, y aportó materia orgánica a los sustratos.

El último grupo tukey (E) lo conformó el tratamiento T7 (Pulpa de coco al 75 % y arena al 25 %), el cual dio los resultados más bajos en esta variable. Posiblemente se debe a la combinación de materiales, de acuerdo a las características de la pulpa de coco, esta contiene un alto valor de conductividad eléctrica que afecta negativamente en la retención de agua y nutrientes.

2.6.1.4 Diámetro al cuello de la planta

Con el objetivo de evaluar la respuesta en diámetro al cuello de la planta en los tratamientos, se realizó una medición a los 120 días después de la siembra donde posteriormente se realizó análisis de varianza mostrado en el Cuadro 18 y una prueba de medias para determinar las diferencias entre tratamientos.

Cuadro 18. Análisis de varianza para la variable diámetro del cuello en la planta a los 120 días después de la siembra

Fuente de Variación	Suma de Cuadrados	Grados de Libertad	Cuadrado Medio	F	p-valor
Tratamiento	9.61	9	1.07	3.99	0.0048
Error	5.35	20.00	0.27		
Total	14.97	29			
CV	30.54%				

De acuerdo al análisis de varianza se muestra la significancia de los cuadros medios de la variable diámetro al cuello de la planta a los 120 días después de la siembra, para lo cual es necesario realizar la prueba de medias tukey para determinar que tratamientos son diferentes entre sí. El coeficiente de variación en esta variable fue de 30.54 %, lo que indica que existe escasa confianza en los resultados.

En el Cuadro 19 se muestran los resultados de la prueba de medias tukey para la variable diámetro al cuello de planta a los 120 días después de la siembra, donde se determina la existencia de 5 grupos tukey.

Cuadro 19. Prueba de Medias Tukey para la variable diámetro al cuello de planta a los 120 días después de la siembra

Tratamiento	Medias (mm)	Grupos Tukey		
T5	2.73	A		
T10	2.45	A	B	
T4	2.02	A	B	C
T3	1.81	A	B	C
T8	1.71	A	B	C
T2	1.60	A	B	C
T9	1.45	A	B	C
T1	1.29	A	B	C
T6	1.12		B	C
T7	0.75			C

El primer grupo (A) lo conformó el tratamiento 5 (pulpa de coco al 50 % con arena al 25 % y lodos residuales al 25 %), con una media de 2.73 mm. Posiblemente este tratamiento fue superior a los demás tratamientos por las características fisicoquímicas de los materiales que conforman este tratamiento como pH y CIC (capacidad de intercambio catiónico) adecuados, que permite que el agua y los nutrientes estén disponibles para las plantas, posiblemente los lodos residuales aportaron la materia orgánica al sustrato.

El segundo grupo tukey (AB) lo conformó el tratamiento 10 (peat moss al 100 %) siendo este el testigo. El tercer grupo tukey (ABC) lo conformaron los tratamientos T4 (compost de ninfa al 50 %, lodos residuales al 25 % y arena al 25 %), T3 (lodos residuales al 100 %), T8 (compost de ninfa al 75 % y lodos residuales al 25 %), T2 (pulpa de coco al 100 %), T9 (pulpa de coco al 75 % y lodos residuales al 25 %) y T1 (compost de ninfa al 100 %), que presentaron una media de 1.29 mm a 2.02 mm.

Los últimos dos grupos (BC y C) con menor crecimiento fueron el T6 (compost de ninfa al 75 % y arena al 25 %) con una media de 1.12 mm, y T7 (pulpa de coco al 75 % y arena al 25 % con una media de 0.75 mm. Estos tratamientos coinciden con la variable anterior mostrando los más bajos resultados, posiblemente se debe a que el material de arena no aporta nutrientes al sustrato, mientras que los sustratos mezclados con lodos residuales muestran mejores resultados.

2.6.1.5 Longitud de raíz

Con el objetivo de evaluar la respuesta en longitud de raíz de la planta en los tratamientos, se realizó una medición a los 120 días después de la siembra donde posteriormente se realizó análisis de varianza mostrado en el Cuadro 20 y una prueba de medias para determinar las diferencias entre tratamientos.

Cuadro 20. Análisis de varianza para la variable longitud de raíz a los 120 días después de la siembra

Fuente de Variación	Suma de Cuadrados	Grados de Libertad	Cuadrados Medios	F	p-valor
Tratamiento	145.36	9	16.15	3.79	0.0063
Error	85.26	20.00	4.26		
Total	230.62	29			
CV	20.29%				

De acuerdo al análisis de varianza se muestra la significancia de los cuadros medios de la variable longitud de raíz de la planta a los 120 días después de la siembra, para lo cual es necesario realizar una prueba de medias tukey para determinar que tratamientos son diferentes entre sí. El coeficiente de variación en esta variable fue de 20.29 %, lo que indica que hay un buen manejo experimental.

En el Cuadro 21 se muestran los resultados de la prueba de medias tukey para la variable longitud de raíz de la planta a los 120 días después de la siembra, donde se determina la existencia de 3 grupos tukey.

Cuadro 21. Prueba de medias tukey para la variable longitud de raíz a los 120 días después de la siembra

Tratamiento	Medias	Grupos Tukey	
T5	13.73	A	
T10	13.36	A	B
T4	12.2	A	B
T8	10.96	A	B
T9	10.27	A	B
T3	9.17	A	B
T6	9	A	B
T1	7.99	A	B
T2	7.57		B
T7	7.52		B

El primer grupo tukey (A) está conformado por el tratamiento T5 (pulpa de coco al 50 % con arena al 25 % y lodos residuales al 25 %), que presentó una media de 13.73 cm, y puede

atribuírsele al tipo de fibra de la cascara del coco, ser la responsable de producir un mejor enraizamiento y aporte de materia orgánica y nutrientes de los lodos residuales al sustrato.

El segundo grupo tukey (AB) está conformado por los tratamientos T10 (peat moss al 100 %), T4 (compost de ninfa al 50 %, lodos residuales al 25 % y arena al 25 %), T8 (compost de ninfa al 75 % y lodos residuales al 25 %), T9 (pulpa de coco al 75 % y lodos residuales al 25 %), T3 (lodos residuales al 100 %), T6 (compost de ninfa al 75 % y arena al 25 %) y T1 (compost de ninfa al 100 %), de los cuales el T10 (peat moss al 100 %) fue el que produjo mejores resultados.

Y el último grupo tukey (B) está conformado por los tratamientos T2 y T7 (pulpa de coco al 100 % y pulpa de coco al 75 % con arena al 25 % respectivamente), quienes presentaron una media muy por debajo del mejor tratamiento descrito.

La diferencia entre los tratamientos de pulpa de coco en los resultados es la aplicación del 25 % de lodos residuales, ya que el mejor tratamiento descrito contiene el 25 % de lodos residuales y los dos tratamientos con más bajos resultados tienen el material de pulpa de coco sin la mezcla de los lodos residuales, posiblemente los resultados se deben a que los lodos residuales aportan a la pulpa de coco características que conforman un sustrato de alta calidad.

2.6.1.6 Materia seca del tallo

Con el objetivo de evaluar la respuesta en la variable materia seca del tallo de la planta en los tratamientos, se realizó una medición a los 120 días después de la siembra donde posteriormente se realizó análisis de varianza mostrado en el Cuadro 22 y una prueba de medias para determinar las diferencias entre tratamientos.

Cuadro 22. Análisis de varianza para la variable materia seca del tallo de planta a los 120 días después de la siembra

Fuente de Variación	Suma de Cuadrados	Grados de Libertad	Cuadrado Medio	F	p-valor
Tratamiento	0.86	9	0.1	17.15	<0.0001
Error	0.11	20.00	0.01		
Total	0.97	29			
CV	0.21				

De acuerdo al análisis de varianza se muestra la significancia de los cuadros medios de la variable materia seca del tallo de la planta a los 120 días después de la siembra, para lo cual es necesario realizar una prueba de medias tukey para determinar que tratamientos son diferentes entre sí. El coeficiente de variación en esta variable fue de 20.91 %, lo que indica que existe un buen manejo experimental.

En el Cuadro 23 se muestra la prueba de medias tukey para la variable materia seca de raíz a los 120 días después de la siembra, donde se observan 10 grupos tukey.

Cuadro 23. Prueba de medias tukey para la variable materia seca del tallo de la planta a los 120 días después de la siembra.

Tratamiento	Medias (g)	Grupos Tukey					
T10	0.64	A					
T5	0.53	A	B				
T4	0.47	A	B	C			
T8	0.44	A	B	C	D		
T3	0.42		B	C	D		
T9	0.35		B	C	D	E	
T6	0.26			C	D	E	F
T1	0.23				D	E	F
T2	0.13					E	F
T7	0.08						F

El primer grupo tukey (A) está conformado por el tratamiento T10 (Peat moss al 100 %), el cual ha sido el predominante en la mayoría de las variables de medición con una media de 0.64 g, siguiéndole en el segundo grupo tukey (AB) el tratamiento T5 (Pulpa de coco al 50 % con arena

al 25 % y lodos residuales al 25 %) con una media de 0.53 g, quien ha mostrado en la mayoría de los resultados de las variables de medición ser un tratamiento que junto al testigo muestran los mejores resultados.

En los últimos grupos tukey se encuentran los tratamientos T2 (Pulpa de coco al 100 %) y T7 (Pulpa de coco al 75 % con arena al 25 %) con medias de 0.08 g y 0.13 g, muy por debajo de los primeros grupos tukey y quienes han mostrado en la mayoría de resultados ser los más bajos en las mediciones de las variables.

2.6.1.7 Materia seca de raíz

Con el objetivo de evaluar la respuesta en la variable materia seca de raíz de la planta en los tratamientos, se realizó una medición a los 120 días después de la siembra donde posteriormente se realizó análisis de varianza mostrado en el Cuadro 24 y una prueba de medias para determinar las diferencias entre tratamientos.

Cuadro 24. Análisis de varianza para la variable materia seca de raíz a los 120 días después de la siembra.

Fuente de Variación	Suma de Cuadrados	Grados de Libertad	Cuadrado Medio	F	p-valor
Tratamiento	0.09	9	0.01	9.38	<0.0001
Error	0.02	20.00	0.00		
Total	0.12	29			
CV	0.27				

De acuerdo al análisis de varianza se muestra la significancia de los cuadros medios de la variable materia seca del tallo de la planta a los 120 días después de la siembra, para lo cual es necesario realizar una prueba de medias tukey para determinar que tratamientos son diferentes entre sí. El coeficiente de variación en esta variable fue de 20.91 %, lo que indica que existe escasa confianza en los resultados.

En el Cuadro 25 se muestra la prueba de medias tukey para la variable materia seca de raíz a los 120 días después de la siembra, donde se observan 4 grupos tukey.

Cuadro 25. Prueba de medias tukey para la variable materia seca de raíz de la planta a los 120 días después de la siembra

Tratamiento	Medias	Grupos Tukey		
T10	0.24	A		
T5	0.18	A	B	
T4	0.15	A	B	
T8	0.14		B	C
T9	0.14		B	C
T3	0.09		B	C
T6	0.09		B	C
T1	0.09		B	C
T2	0.06			C
T7	0.05			C

En el primer grupo tukey (A) se encuentra el T10 (peat moss al 100 %) siendo este el testigo, demostrando el mejor resultado en esta variable, siguiéndole en el segundo grupo tukey (AB) los tratamientos T5 (pulpa de coco al 50 %, lodos residuales al 25 % y arena al 25 %) y T4 (compost de ninfa al 50 %, lodos residuales al 25 % y arena al 25 %), que tienen en común el aporte de lodos residuales y arena en un porcentaje de 25 % respectivamente.

El tercer grupo tukey (BC) está conformado por los tratamientos T8 (compost de ninfa al 75 % y lodos residuales al 25 %), T9 (pulpa de coco al 75 % y lodos residuales al 25 %), T3 (lodos residuales al 100 %), T6 (compost de ninfa al 75 % y arena al 25 %) y T1 (compost de ninfa al 100 %). Y el último grupo tukey (C) está conformado por los tratamientos T2 (pulpa de coco al 100 %) y T7 (pulpa de coco al 75 % y arena al 25 %), quienes presentaron una media muy por debajo del mejor tratamiento descrito.

2.6.1.8 Calidad de Adobe de raíz

Con el objetivo de evaluar la respuesta en la variable calidad de adobe de raíz en los tratamientos, se realizó una medición a los 120 días después de la siembra donde posteriormente se realizó análisis de varianza mostrado en el Cuadro 26 y una prueba de medias para determinar las diferencias entre tratamientos.

Cuadro 26. Análisis de varianza para la variable calidad de adobe de raíz a los 120 días después de la siembra

Fuente de Variación	Suma de Cuadrados	Grados de Libertad	Cuadrado Medio	F	p-valor
Tratamiento	11849.33	9	1316.59	8.38	<0.0001
Error	3142.66	20.00	157.13		
Total	14992	29			
CV	17.50%				

De acuerdo al análisis de varianza se muestra la significancia de los cuadros medios de la variable calidad de adobe de raíz a los 120 días después de la siembra, para lo cual es necesario realizar una prueba de medias tukey para determinar que tratamientos son diferentes entre sí.

El coeficiente de variación en esta variable fue de 17.50 %, lo que indica que existe un buen manejo experimental.

En el Cuadro 27 se muestra la prueba de medias tukey para la variable calidad de adobe de raíz a los 120 días después de la siembra, donde se observan 6 grupos tukey.

Cuadro 27. Prueba de medias tukey para la variable calidad de adobe de raíz a los 120 días después de la siembra

Tratamiento	Medias (%)	Grupos Tukey			
T10	90.83	A			
T3	90.63	A			
T2	84.58	A	B		
T5	83.34	A	B		
T4	82.92	A	B		
T9	82.5	A	B		
T8	73.55	A	B	C	
T7	52.92		B	C	D
T1	38.13			C	D
T6	37.08				D

Como se observa en el Cuadro 27 el primer grupo tukey (A) está conformado por los tratamientos T10 (peat moss al 100 %) y el T3 (Lodos residuales al 100 %), donde se puede observar que entre estos dos tratamientos no hay diferencia significativa con una diferencia 0.20 % la cual no se considera significativa, por lo que estos dos tratamientos mostraron buenas características de amarre que permiten un mejor transporte y permanencia del pilón de acuerdo a la escala descrita en el cuadro 5.

2.6.2 Análisis comparativo de los tratamientos evaluados

Con el objetivo de determinar el mejor tratamiento en función de los resultados obtenidos en la fase experimental de esta investigación, se realizó la matriz de valoración de los sustratos donde se integraron las variables de medición como se muestra en el Cuadro 28.

Cuadro 28. Matriz de valoración de los sustratos

Tratamiento/ Variable	Emergencia	Altura tallo	Diametro	Longitud raíz	Materia seca tallo	Materia seca raíz	Calidad de adobe	RESULTADO
T1	10	3	3	3	3	3	2	27
T2	8	2	5	2	2	2	8	29
T3	1	6	7	5	6	5	9	39
T4	6	8	8	8	8	8	6	52
T5	2	9	10	10	9	9	7	56
T6	7	4	2	4	4	4	1	26
T7	9	1	1	1	1	1	3	17
T8	4	7	6	7	7	7	4	42
T9	5	5	4	6	5	6	5	36
T10	3	10	9	9	10	10	10	61

Dónde:

- Muy alta (9-10 puntos)
- Alta (7-8 puntos)
- Media (5-6 puntos)
- Baja (3-4 puntos)
- Muy Baja (1-2 puntos)

Como se observa en la matriz de resultados mostrados en Cuadro 28, los dos tratamientos que presentaron los mejores resultados en función del crecimiento y desarrollo de la plántula fueron los tratamientos T10 (peat moss al 100%) con una valoración de 61 puntos y el tratamiento T5 (pulpa de coco al 50 %, lodos residuales al 25 % y arena al 25 %) con una valoración de 56 puntos, siendo el tratamiento T10 (testigo) el mejor de los dos.

Sin embargo al evaluar el costo de producción de éste tratamiento en relación al tratamiento T5 existe una diferencia significativa en costos de producción donde el costo de producción por pilón en el tratamiento T10 es de Q 0.28 y el costo de producción por pilón para el tratamiento T5 es de Q 0.22 tal y como se aprecia en el Cuadro 4 que muestra los costos de producción de cada tratamiento evaluado, por lo que se considera que el tratamiento T5 resulta ser la mejor opción en función de su relación beneficio-costos para reemplazar al tratamiento testigo T10 cuando fuese necesario.

2.7 CONCLUSIONES

- 2.7.1 Se evaluó el porcentaje de germinación de la semilla de pino (*Pinus oocarpa* Schiede) por medio de un ensayo previo al experimento el cual permitió obtener un porcentaje de 84 %. También se evaluó el porcentaje de emergencia en los 10 tratamientos evaluados, siendo el tratamiento T1 (compost de ninfa al 100 %) el que obtuvo el mejor resultado con un 100 %, seguidamente se encuentran los tratamientos T7 (pulpa de coco al 75 % con arena al 25 %) y T6 (compost de ninfa al 75 % con arena al 25 %) que obtuvieron porcentajes del 98 % y 93 %. El porcentaje más bajo de emergencia lo obtuvo el tratamiento T3 (lodos residuales al 100 %), donde puede atribuírsele a las propiedades fisicoquímicas que no permite el desarrollo completo de las plantas jóvenes.
- 2.7.2 Se evaluó el crecimiento de las plantas de pino (*Pinus oocarpa* Schiede) en los 10 tratamientos por medio de las variables de altura de tallo y longitud de raíz, diámetro al cuello de la planta, materia seca del tallo y raíz y calidad de adobe, donde los resultados mostraron similitudes en las últimas etapas de desarrollo en el caso de altura de planta siendo los mejores dos tratamientos el T10 (peat moss al 100 %) y T5 (pulpa de coco al 50 %, arena al 25 % y lodos residuales al 25 %), que obtuvieron alturas medias de 17.28 cm y 15.4 cm respectivamente. En la variable altura de raíz el mejor tratamiento fue el T5 (pulpa de coco al 50 %, arena al 25 % y lodos residuales al 25 %) con una media de 13.73 cm. En la variable diámetro al cuello de la planta los mejores resultados los presentó el tratamiento T5 (pulpa de coco al 50 %, arena al 25 % y lodos residuales al 25 %) con una media de 2.73 mm, seguidamente el T10 (peat moss al 100%) con una media de 2.45 mm. En la variable materia seca de tallo los tratamientos con mejores resultados fueron los tratamientos el T10 (peat moss al 100 %) y T5 (pulpa de coco al 50 %, arena al 25 % y lodos residuales al 25 %), que obtuvieron medias de 0.64 g y 0.53 g respectivamente. Para la variable materia seca de raíz los tratamientos con mejores resultados fueron los tratamientos el T10 (peat moss al 100 %), T5 (pulpa de coco al 50 %, arena al 25 % y lodos residuales al 25 %) 0.24 g, 0.18 g y respectivamente. Y en la variable calidad de adobe el tratamiento que presentó los mejores resultados fue el T10 (peat moss al 100 %) con un porcentaje de 90 %.

2.7.3 Se realizó una evaluación comparativa de los 10 tratamientos evaluados sobre su relación beneficio-costos donde se observó que el tratamiento con los mejores resultados en función del crecimiento y desarrollo de la plántula, fue el tratamiento T10 (peat moss al 100 %), con un costo de producción por pilón de Q 0.28, sin embargo se identificó también que el tratamiento T5 (pulpa de coco al 50 %, lodos residuales al 25 % y arena al 25 %) presentó similares resultados en función al crecimiento y desarrollo de la plántula comparado con el tratamiento T10, teniendo este un costo de producción por pilón de Q 0.22, por lo que se concluye que el tratamiento T5 es la mejor opción para reemplazar al tratamiento testigo T10 cuando fuese necesario.

2.8 RECOMENDACIONES

2.8.1 Considerando los resultados de la presente investigación, se recomienda cuando fuese necesario emplear como sustrato el tratamiento T5 (pulpa de coco al 50 %, arena al 25 % y lodos residuales al 25 %) propuesto en esta investigación, ya que éste demostró resultados similares al tratamiento testigo T10 (peat moss al 100 %) en función del crecimiento y desarrollo de la plántula y sus costos de producción son menores.

2.9 BIBLIOGRAFÍA

1. AGESIC, Uruguay. 2013. Modelo para el análisis de los costos y beneficios (en línea). Uruguay. Consultado 6 feb. 2016. Disponible en http://www.agesic.gub.uy/innovaportal/file/3262/1/modelo_para_el_analisis_de_costos_y_beneficios.pdf
2. Aguilar, AB. 2011. El suelo de cultivo y las condiciones climáticas. España, IC Editorial. 240 p.
3. Alvarado R, K; Blanco I, A; Taquechel, A. 2008. Fibra de coco; una alternativa ecológica como sustrato agrícola. Agricultura Orgánica 8:30-31.
4. Alvarado V, M; Solano S, J. 2002. Producción de sustratos para viveros. Costa Rica, OIRSA / VIFINEX. 50 p.
5. AMSA (Autoridad para el Manejo Sostenible de la Cuenca y del lago de Amatitlán, División de Educación Ambiental y Concientización Ciudadana, Guatemala). 2009. Folleto nivel superior. Amatitlán, Guatemala. 23 p.
6. Ansorena, J. 1994. Sustratos: propiedades y caracterización. España, Mundi-Prensa. 172 p.
7. Ansorena, J; Batalla, E; Merino D. 2014. Evaluación de la calidad y usos del compost como componente de sustratos, enmiendas y abonos orgánicos (en línea). Consultado 6 feb. 2016. Disponible en http://www.fraisoro.net/FraisoroAtariaDoku/Evaluacion_de_la_calidad_y_usos.pdf
8. Ansorena, J; Merino, D. 2014. XI jornadas de sustratos (en línea). Consultado 6 feb. 2016. Disponible en <http://www.sech.info/ACTAS/Acta%20n%C2%BA%2067.%20%20XI%20Jornadas%20de%20Sustratos/67%20XI%20jornadas%20de%20Sustratos.pdf>
9. Ayala S, A; Valdez A, LA. 2008. El polvo de coco como sustrato alternativo para la obtención de plantas ornamentales para trasplante. Revista Chapingo, Serie Horticultura 14(2):161-167.
10. Barla Galván, R. 2006. Un diccionario para la educación ambiental (en línea). Consultado 8 jun. 2015. Disponible en: www.elcastellano.org/glosario_ambiental.pdf
11. Burés, SA. 2006. I curso de gestión de viveros forestales (en línea). Consultado 8 jun. 2015. Barcelona, España. Disponible en http://www.juntadeandalucia.es/medioambiente/consolidado/publicacionesdigitales/80373_I_CURSO_DE_GESTION_DE_VIVEROS_FORESTALES/80373/7_MANEJO_DE_SUSTRATOS.PDF

12. Cabrera, RI. 1999. Propiedades, uso y manejo de sustratos de cultivo para la producción de plantas en maceta (en línea). Revista Chapingo, Serie Horticultura 5(1):5-11. Consultado 6 abr. 2015. Disponible en <http://www.chapingo.mx/revistas/revistas/articulos/doc/rchshV741.pdf>
13. Casasola A, EV. 2012. Cuantificación de nutrientes (calcio, cobre, fósforo, hierro, magnesio, manganeso, nitrógeno, potasio, sulfato, zinc) y determinación de contaminantes (arsénico, mercurio, plomo, cadmio) en el jacinto de agua (*Eichhornia crassipes*) del lago de Amatitlán para uso en abono orgánico. Tesis Lic. Químico. Guatemala, USAC. 73 p.
14. Catie, Costa Rica. 2000. Manejo de semillas de 100 especies forestales de América Latina. Costa Rica. v. 1.
15. Cordón Sosa, EN. 1991. 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.
16. De la Maza, CL. 2007. Manejo y conservación de los recursos forestales (en línea). Consultado 6 feb. 2016. Disponible en: [http://repositorio.uchile.cl/bitstream/handle/2250/120397/Evaluacion de Impactos Ambientales.pdf?sequence=1](http://repositorio.uchile.cl/bitstream/handle/2250/120397/Evaluacion_de_Impactos_Ambientales.pdf?sequence=1)
17. Díaz Serrano, FR. 2004. Selección de sustratos para la producción de hortalizas en invernadero (en línea). México, Universidad de Guanajuato, Instituto de Ciencias Agrícolas. 25 p. Consultado 2 feb. 2015. Disponible en <http://www.uaaan.mx/postgrado/images/files/hort/simposio4/04-Seleccion-sustratos-prodhortinvernadero.pdf>
18. Efolliott, PF; Thames, JL. 1983. Recolección, manipuleo, almacenaje y pre-tratamiento de las semillas de *Prosopis* en América Latina (en línea). Italia, FAO. 41 p. Consultado 2 feb. 2015. Disponible en <http://www.fao.org/docrep/006/q2180s/Q2180S00.htm>
19. García A, JR. 2013. Caracterización y evaluación de sustratos alternativos para la producción de pilones de pino (*Pinus oocarpa* Schiede) en contenedor, en el departamento de Chiquimula. Guatemala, CONCYT, Proyecto FODECYT 05-2011. 131 p.
20. Harper, JK; Cornelisse, S; Hyde, J. 2014. Presupuestos para tomar decisiones agrícolas (en línea). The Pennsylvania State University. Consultado 6 abr. 2015. Disponible en <http://extension.psu.edu/business/agalternatives/farm-management/espanol/presupuestos-para-tomar-decisiones-agricolas>
21. López L, MJ; Masaguer R, A; Paredes G, C; Roca P, L; Ros M, M; Salas S, M; Boluda H, R. 2015. Residuos orgánicos y agricultura intensiva (en línea). España, MundiPrensa. 131 p. Consultado 6 abr. 2015. Disponible en <http://www.mundiprensa.com/catalogo/97884484767077/residuos-organicos-y-agricultura-intensiva-iii-1>

22. Mansilla del Cid, LA. 2012. Evaluación de lirio acuático (*Eichhornia crassipes*) como sustrato alternativo para la producción de plantas forestales. Tesis Ing. Agr. Guatemala, USAC. 130 p.
23. Martínez, H; Fuentes, JP; Acevedo E. 2009. Carbono orgánico y propiedades del suelo (en línea). Chile, Universidad de Chile. Consultado 6 feb. 2016. Disponible en http://repositorio.uchile.cl/bitstream/handle/2250/120129/Martinez_Eduardo.pdf?sequence=1
24. Martínez, PF; Roca, D. 2011. Sustratos para el cultivo sin suelo (en línea). Consultado 12 mayo 2015. Disponible en https://www.researchgate.net/profile/Dolors_Roca/publication/237100771_Sustratos_para_el_cultivo_sin_suelo_Materiales_propiedades_y_manejo/links/0deec51b8657d36d7e000000/Sustratos-para-el-cultivo-sin-suelo-Materiales-propiedades-y-manejo.pdf
25. Masaguer, A; López-Cuadrado, MC. 2006. Sustrato para viveros (en línea). Revista Viveros 2:44-50. Consultado 2 feb. 2015. Disponible en http://www.horticom.com/revistasonline/revistas/viveros06/m_cruz_a_masaguer.pdf
26. Morales O, ME. 2003. Elaboración de compost modificando la relación carbono-nitrógeno a partir de la biodegradación anaerobia de la ninfa acuática (*Eichornia crassipes*) por la acción microbiana del fluido ruminal. Tesis Lic. Químico. Guatemala, USAC. 54 p.
27. Novotecní, España; Inypsa, España. 2013. Actualización del plan maestro integrado de la cuenca del lago de Amatitlán PLANDEAMAT. Guatemala, AMSA. 773 p.
28. Pastor S, JN. 1999. Utilización de sustratos en viveros (en línea). Terra 17(3):231-235. Consultado 24 abr. 2015. Disponible en <https://chapingo.mx/terra/contenido/17/3/art231-235.pdf>
29. Probosque, México. 2007. Manual de producción de planta forestal (en línea). Consultado 24 abr. 2015. Disponible en http://www.earthgonomic.com/biblioteca/2007_SEDAGRO_Manual_de_Produccion_Forestal.pdf
30. Quesada R, G; Méndez S, C. 2005. Evaluación de sustratos para almácigos de hortalizas (en línea). Agronomía Mesoamericana 16(2):171-183. Consultado 23 abr. 2015. Disponible en <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=43716207>
31. Robles, W; Madsen, J. 2015. Jacinto de agua (*Eichhornia crassipes* (Mart.)Solms) (en línea). Mayagüez, Puerto Rico, Universidad de Puerto Rico, Mayagüez. Consultado 23 abr. 2015. Disponible en http://atlas.eea.uprm.edu/sites/default/files/Jacinto%20de%20agua-Eichhornia%20crassipes_0.pdf
32. Sitún A, M. 2007. Investigación agrícola: guía de estudio. Bárcena, Villa Nueva, Guatemala, Escuela Nacional Central de Agricultura. 151 p.

33. Torres C, E. 2002. Reutilización de aguas y lodos residuales (en línea). España, Universidad Politécnica de Madrid / CONCYTEC.11 p. Consultado 23 abr. 2015. Disponible en <http://www.bvsde.paho.org/bvsaar/e/fulltext/gestion/lodos.pdf>
34. Vence, LB. 2008. Disponibilidad de agua-aire en sustratos para plantas (en línea). Ciencia del Suelo (Argentina) 26(2):105-114. Consultado 24 abr. 2015. Disponible en <http://www.scielo.org.ar/pdf/cds/v26n2/v26n2a01.pdf>



Polando Ramos

2.10 ANEXOS

Anexo 1. Resultados de las mediciones realizadas para cada variable, formularios, documentos y boletas generadas en el documento de investigación.

Cuadro 29A. Promedios de las variables de medición a los 120 días después de la siembra

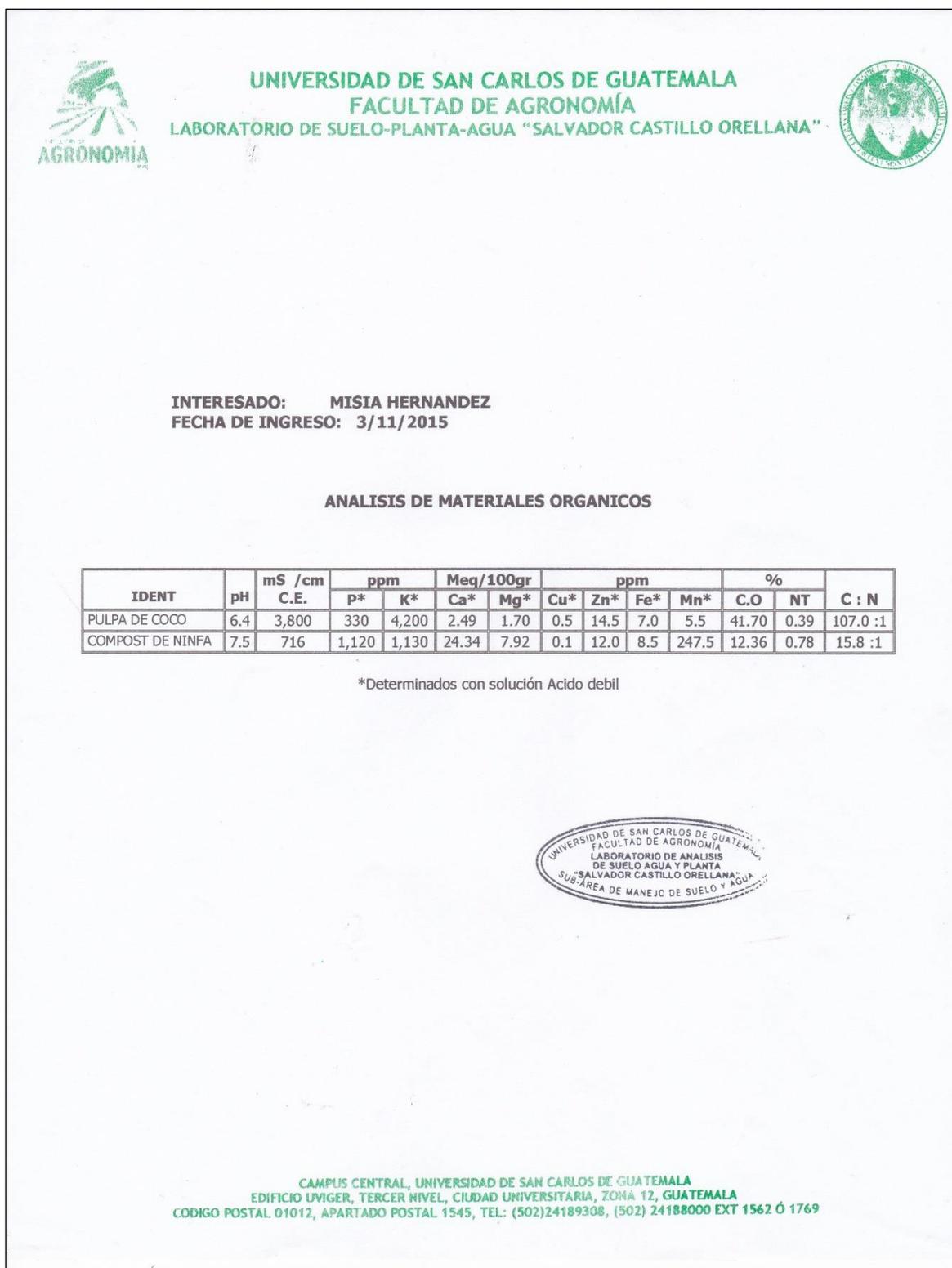
Altura de tallo (cm)										
	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9	T10
R1	9.5	7.15	14.0875	12.1875	17.0625	11.5625	4.375	15.2125	13.725	14.875
R2	12.05	7.475	13.05	14.4125	13.9625	9.7875	4.1875	12.3125	9.8125	18.8125
R3	6.2875	3.5375	10.3375	17.5875	15.1875	7.9125	4.1875	16.3125	10.625	18.15
Longitud de Raíz (cm)										
	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9	T10
R1	9.875	10.3875	9.8875	10.7875	17.4625	10.375	7.8125	12.1875	10.875	11.375
R2	7.4375	8.75	9.4375	12.0625	11.3125	9.875	7.4375	9.125	8.9375	15.9375
R3	6.6625	3.5625	8.1875	13.75	12.4125	6.75	7.3125	11.5625	11	12.75
Diámetro del tallo (mm)										
	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9	T10
R1	1.5375	2.0375	1.8125	1.525	2.2	1.3375	0.8375	1.975	1.65	2.325
R2	1.575	1.4125	2.225	2.125	4.2375	1.075	0.7375	1.425	1.3	2.5625
R3	0.7625	1.3625	1.3875	2.4125	1.7375	0.9375	0.675	1.725	1.3875	2.4625
Peso seco de tallo (g)										
	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9	T10
R1	0.22	0.135	0.415	0.3825	0.625	0.31	0.0825	0.5325	0.4475	0.575
R2	0.31	0.14125	0.47875	0.44125	0.47125	0.2875	0.075	0.3825	0.29	0.7275
R3	0.17125	0.1225	0.3475	0.59875	0.4775	0.175	0.08875	0.4175	0.3025	0.6175
Peso seco de raíz (g)										
	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9	T10
R1	0.0825	0.07	0.095	0.12875	0.2175	0.1225	0.04	0.165	0.1825	0.2
R2	0.0625	0.07625	0.0925	0.12125	0.1725	0.0875	0.04625	0.13875	0.1125	0.28875
R3	0.13375	0.0175	0.09375	0.21125	0.14625	0.05875	0.0625	0.12375	0.12625	0.2325
Calidad de Adobe (%)										
	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9	T10
R1	56.875	92.5	96.875	71.25	95	43.75	56.25	70.625	86.25	75
R2	17.5	86.25	100	83.125	79.375	37.5	56.875	71.875	61.25	98.75
R3	40	75	75	94.375	75.625	30	45.625	78.125	100	98.75

Fuente: Elaboración propia, 2015

Boleta de Evaluación de la Calidad de Planta										
Especie:										
Sustrato:										
Tratamiento:										
Repetición:										
No. De plantas:										
Fecha de siembra:										
Fecha de medición:										
No.	Altura (cm)	Diametro al cuello (mm)	Altura de raíz (cm)	Peso Humedo tallo (g)	Peso Seco tallo (g)	Peso Humedo raíz (g)	Peso Seco raíz (g)	Calidad de Adobe (%)	Problemas Fitosanitarios	Observaciones
1										
2										
3										
4										
5										
6										
7										
8										
9										
10										

Fuente: Elaboración propia, 2015

Figura 18A. Boleta de evaluación de las variables de medición



Fuente: FAUSAC, 2015

Figura 19A. Análisis fisicoquímico de pulpa de coco y compost de ninfa



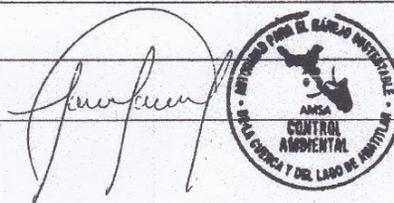
Autoridad para el
Manejo Sustentable
de la Cuenca y del
Lago de Amatitlán

DIVISION DE CONTROL, CALIDAD AMBIENTAL Y MANEJO DE LAGOS			
INFORME DE ANÁLISIS			
Tipo de Muestra	Lodos	Marca o Código del Remitente	Ing. Byron Alonzo
Número de Registro Laboratorio	0153-S	Lugar de procedencia	Lodos Planta de Tratamiento de Aguas Residuales Mezquitán
No. de Ingreso	---	Recibida por	Pamela Camarero
Fecha de muestreo	26-11-2012	Fecha de recibido	26-11-2012
Hora de muestreo	---	Tipo de recipiente	Polietileno
Condiciones de recepción	La muestra fue transportada en bolsa plástica y debidamente rotulada.		
Fecha de inicio de análisis	26-11-2012	Fecha de finalización del análisis	08-02-2013

RESULTADOS DE ANÁLISIS FÍSICOQUÍMICOS			
Parámetros (Dimensional)	Resultados	Parámetros (Dimensional)	Resultados
Carbono total (%)*	91.10	Nitrógeno Total (mg/Kg)*	100.25
Materia Orgánica (%)*	130.60	Fosforo Total (mg/Kg)**	71.19

MUESTRA TOMADA POR	Ing. Byron Alonzo
ANALISTA (S)	Pamela Camarero
Firma Encargada de Laboratorio	Inga. Pamela Camarero

Muestra: Peso seco en mg/Kg
Método Utilizado
*volumétrico
**espectrofotometría



Fuente: AMSA, 2014

Figura 20A. Análisis fisicoquímico de lodos residuales

Anexo 2. Fotografías del proceso de la fase de campo, preparación de los sustratos, manejo experimental y mediciones correspondientes.



Fuente: Elaboración propia, 2015

Figura 21A. Recolección y acondicionamiento de materiales utilizados



Fuente: Elaboración propia, 2015

Figura 22A. Mezcla de materiales para la elaboración de los sustratos



Fuente: Elaboración propia, 2015

Figura 23A. Acondicionamiento y llenado de contenedores



Fuente: Elaboración propia, 2015

Figura 24A. Montaje experimental



Fuente: Elaboración propia, 2015

Figura 25A. Manejo experimental



Fuente: Elaboración propia, 2015

Figura 26A. Aplicación de micorriza



Fuente: Elaboración propia, 2015

Figura 27A. Medición de variables en campo



Fuente: Elaboración propia, 2015

Figura 28A. Medición de variables en laboratorio

The seal of the Academia Coahuilense de Ciencias y Letras is a circular emblem. It features a central figure of a knight on a white horse, holding a lance and a shield. The knight is set against a background of green hills and a blue sky. Above the knight is a golden crown with a cross on top. To the left and right of the crown are two golden pillars. The entire scene is enclosed within a circular border containing the Latin text "ACADEMIA COAHUILENSIS INTER CÆTERAS CONSPICUA CAROLINA".

3 **CAPÍTULO III**

INFORME DE SERVICIOS PROFESIONALES DESARROLLADOS EN LA
DIVISIÓN FORESTAL, CONSERVACIÓN Y MANEJO DE SUELOS DE LA
AUTORIDAD PARA EL MANEJO SUSTENTABLE DE LA CUENCA Y DEL LAGO
DE AMATILÁN -AMSA-

3.1 INTRODUCCIÓN

La Autoridad para el Manejo Sustentable de la Cuenca y del Lago de Amatitlán -AMSA- es una institución del Estado, creada con el fin específico de planificar, coordinar y ejecutar todas las medidas y acciones necesarias en el sector público y privado que sean necesarias para recuperar el ecosistema del Lago de Amatitlán y todas sus cuencas tributarias. Dicha institución fue un logro estatal, ya que es de urgencia nacional la recuperación de los ecosistemas.

AMSA fue creada con el fin de minimizar los efectos negativos provocados por las actividades humanas asentadas dentro de la cuenca y aledañas a ella, los recursos naturales que se encuentran en ella han sido afectados significativamente por lo que ha preocupado estas problemáticas a varios sectores sociales.

AMSA es una institución creada por medio del decreto 64-96 del Congreso de la República de Guatemala, y la amparan artículos de la Constitución de la República del Guatemala como el artículo 64., que declara de interés nacional la conservación, protección y mejoramiento del patrimonio natural de la Nación. A partir de allí, se comienzan los esfuerzos por medio de AMSA para realizar todas aquellas actividades que fomentan la restauración de la cuenca del lago de Amatitlán.

AMSA ha sido organizada en divisiones que representan distintas disciplinas, la División Forestal, Manejo y Conservación de Suelos, es una de las 11 divisiones que integran la institución, y es la encargada de incrementar las áreas boscosas dentro de la cuenca, proporcionarles un manejo adecuado, la protección y conservación de los suelos, promover un cambio de actitud amigable a la naturaleza en la población, entre otros, por lo que los servicios profesionales prestados como parte del programa de Ejercicio Profesional Supervisado –EPS- a esta institución fueron desarrollados para contribuir a la solución de algunas problemáticas identificadas por medio de la División Forestal, Conservación y Manejo de Suelos de AMSA.

3.2 OBJETIVOS

3.2.1 Objetivo General

Realizar proyectos de servicios profesionales orientados a las actividades realizadas por la División Forestal, Conservación y Manejo de Suelos de la Autoridad para el Manejo Sustentable de la Cuenca del Lago de Amatitlán.

3.2.2 Objetivos Específicos

3.2.2.1 Promover el día del árbol según decreto 30-2003 de la República de Guatemala por medio de la planificación y coordinación con centros educativos dentro de la cuenca del lago de Amatitlán para campañas de Reforestación logrando la participación activa de la niñez en el tema ambiental.

3.2.2.2 Elaborar una base de datos georeferenciada electrónica utilizable en plataforma Arcgis y mapas temáticos de beneficiarios del Proyecto “Suministro de Estufas Ahorradoras de Leña Tipo Plancha dentro de la Cuenca del Lago de Amatitlán.

3.2.2.3 Apoyar técnicamente al Plan de Manejo y Conservación de Suelos de la Cuenca del Lago de Amatitlán.

3.2.2.4 Apoyar técnicamente a los voluntariados de reforestación de la Autoridad para el Manejo Sustentable de la Cuenca y del Lago de Amatitlán.

3.3 METODOLOGÍA

3.3.1 Servicio 1

Promover el día del árbol según decreto 30-2003 de la República de Guatemala por medio de la planificación y coordinación con centros educativos dentro de la cuenca del lago de Amatitlán para campañas de reforestación logrando la participación activa de la niñez en el tema ambiental.

Dentro de la División Forestal, Conservación y Manejo de Suelos de AMSA se lleva a cabo anualmente la celebración del día del árbol cada 22 de mayo, partiendo de las experiencias anteriores se divulgó a centros educativos representativos dentro de la cuenca del Lago de Amatitlán, logrando la participación de 2 centros educativos para la planificación, concientización y celebración del Día Nacional del Árbol, por medio de las siguientes actividades.

- Divulgación del Día Nacional del Árbol con centros educativos representantes dentro de la Cuenca del Lago de Amatitlán.
- Cooperación con instituciones o entidades para identificación de áreas disponibles a reforestar.
- Coordinación y Planificación del Día Nacional del Árbol con los centros educativos disponibles.
- Preparación (limpieza y ahoyado) de áreas disponibles a reforestar por medio de la División Forestal, Conservación y Manejo de Suelos de AMSA.
- Capacitación y concientización de los alumnos de los centros educativos de los beneficios e importancia de la reforestación para la Cuenca del Lago de Amatitlán.
- Preparación de protocolo de la celebración del Día Nacional del Árbol en los centros educativos participantes.
- Reforestación por los alumnos de los centros educativos participantes de las áreas disponibles.

3.3.2 Servicio 2

Elaboración de base de datos electrónica utilizable en plataforma ARCGIS y mapas temáticos de beneficiarios del Proyecto “Suministro de Estufas Ahorradoras de Leña Tipo Plancha dentro de la Cuenca del Lago de Amatitlán.

Por medio de visitas de campo se logró la identificación de beneficiarios al proyecto “Suministro de Estufas Ahorradoras de Leña Tipo Plancha dentro de la Cuenca del Lago de Amatitlán” a quienes se les entrevistó y se identificó la aptitud para hacerse acreedores del proyecto, y por medio de la ubicación por medio de GPS se elaboró una base de datos final de beneficiarios del proyecto, logrando así la elaboración de los mapas temáticos de ubicación del proyecto dentro de la Cuenca del Lago de Amatitlán.

3.3.3 Servicio 3

Apoyar técnicamente al Plan de Manejo y Conservación de Suelos de la Cuenca del Lago de Amatitlán.

Dentro de las actividades de la División Forestal, Conservación y Manejo de Suelos se encuentra la elaboración de estructuras de conservación de suelos, en áreas desprovistas de bosque, y que están altamente en riesgo de erosión, dentro de los servicios realizados se encuentra la identificación de áreas altamente en riesgo, y la vinculación con los propietarios para poder realizar las estructuras de protección, por lo que se establecieron dichas estructuras en varios puntos dentro de la cuenca, y así lograr disminuir la erosión por medio del establecimiento de dichas estructuras. Para realizar esta actividad se realizaron las siguientes actividades.

- Identificación de áreas en riesgo a erosión.
- Vinculación con propietarios de terrenos privados o públicos.
- Planificación y coordinación de establecimiento de estructuras de conservación de suelos.
- Preparación de terreno (medición de curvas de nivel, identificación de líneas para estructuras).
- Establecimiento de estructuras de conservación de suelos.

3.3.4 Servicio 4

Apoyar técnicamente a reforestaciones realizadas por la Autoridad para el Manejo Sustentable de la Cuenca y del Lago de Amatitlán.

La División Forestal, Conservación y Manejo de Suelos en cooperación con la División de Educación Ambiental y Concientización Ciudadana de AMSA realizan actividades de reforestación, con el objetivo de restaurar áreas degradadas dentro de la cuenca del Lago de Amatitlán, y así mismo involucrar a toda la población en la búsqueda de soluciones favorables y promover en la población cambios de conducta positivos para lograr la conservación, recuperación y valorización de los recursos naturales.

El apoyo técnico a las reforestaciones está enfocado primero en la identificación de áreas dentro de las comunidades que necesitan con urgencia ser reforestadas, la planificación de la reforestación de las áreas identificadas y las actividades de reforestación llevadas a cabo con centros educativos o población en general.

3.4 RESULTADOS

3.4.1 Servicio 1

Promover el día del árbol según decreto 30-2003 de la República de Guatemala por medio de la planificación y coordinación con centros educativos dentro de la cuenca del lago de Amatitlán para campañas de reforestación logrando la participación activa de la niñez en el tema ambiental.

Se conmemoró el Día Nacional del Árbol con dos escuelas públicas cercanas al Lago de Amatitlán como se observa en las Figuras 30,31, 32, 33, 34 y 35, en las cuales se planificó y se coordinó con las directoras de los establecimientos educativos acordando fecha y área a disposición de AMSA, para hacer partícipe a los alumnos de cuarto, quinto y sexto primaria de cada centro educativo. Las escuelas participantes son:

- Escuela Oficial Rural Mixta Aldea Los Cerritos, Amatitlán.
- Escuela Oficial Rural Mixta Francisco Guzmán, Aldea Tacaton, Amatitlán.

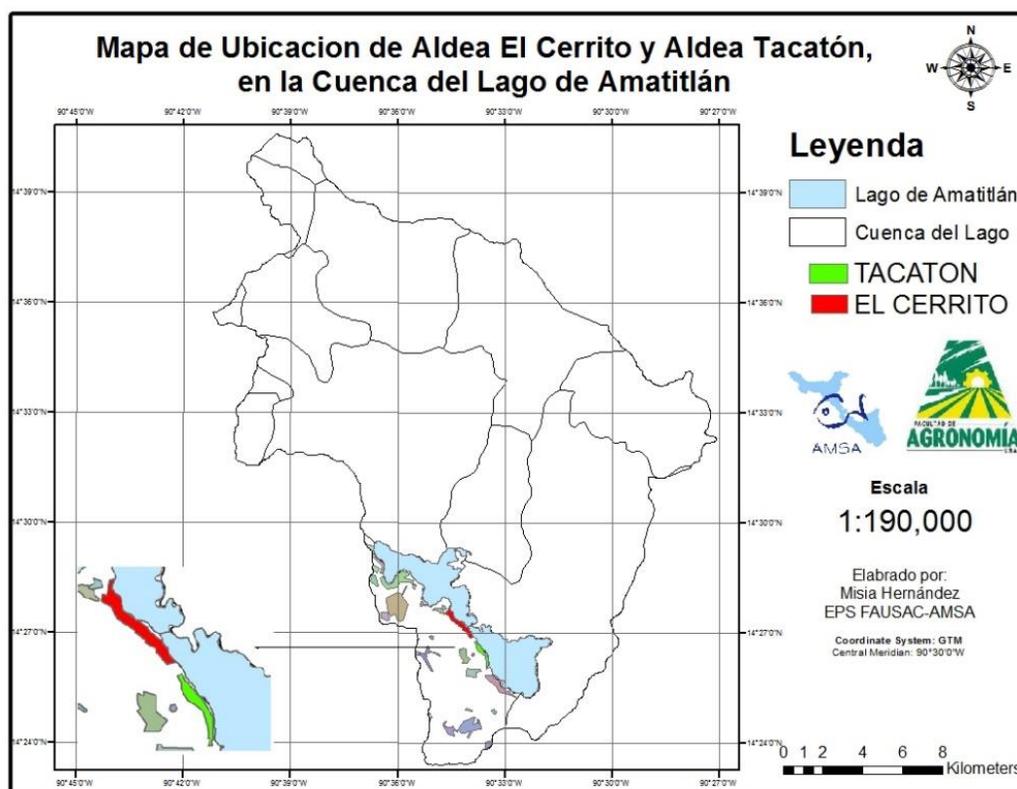


Figura 29. Mapa de Ubicación de Aldea Cerritos y Tacatón, Amatitlán



Figura 30. Coordinación con centros educativos para la organización “Día del Árbol”



Figura 31. Divulgación y capacitación en centros educativos



Figura 32. Acto Protocolario Celebración del “Día del Árbol”



Figura 33. Caminata de los alumnos hacia la Hana, Amatitlán



Figura 34. Reforestación en las áreas preparadas



Figura 35. Finalización de la Celebración “Día del Árbol”

Los días 22 y 23 de mayo se utilizaron para preparar el área que se encuentra en la Aldea los Cerritos llamada “La Hana”, y el día 24 se realizó el acto protocolario del Día Nacional del Árbol, donde participaron los dos centros educativos en las instalaciones de la Escuela Oficial Rural Mixta Aldea Los Cerritos, Amatitlán, para culminar con la caminata hacia el área de reforestación, donde se cumplió con la meta de sembrar 400 plantas de pino oocarpa (*Pinus oocarpa* Schiede).

3.4.2 Servicio 2

Elaboración de una base de datos electrónica utilizable en plataforma Arcgis y mapas temáticos de beneficiarios del Proyecto “Suministro de Estufas Ahorradoras de Leña Tipo Plancha dentro de la Cuenca del Lago de Amatitlán.

Dentro de los proyectos más relevantes en la actualidad de la División Forestal, Conservación y Manejo de Suelos de AMSA se encuentra “Suministro de Estufas Ahorradoras de Leña Tipo Plancha dentro de la Cuenca del Lago de Amatitlán”, este proyecto consiste en la búsqueda de

beneficiarios del proyecto de una forma técnica como se observa en la Figura 36, en la cual por medio de este servicio se introdujo un nuevo sistema de operaciones para la identificación de cada beneficiario por medio de una base de datos la cual es implementada en una plataforma Arcgis para lograr dicho servicio.



Figura 36. Encuestas a posibles beneficiarios del proyecto

Antes de realizar la ubicación de los beneficiarios se llevó a cabo una capacitación a trabajadores de la División Forestal en la toma de coordenadas geográficas por medio de este servicio como se observa en la Figura 37, luego se implementó esta estrategia para lograr una base de datos de beneficiarios del proyecto.



Figura 37. Capacitación a trabajadores de AMSA sobre el uso del GPS

Se realizaron varios caminamientos para observar las condiciones de la población de la cuenca e identificar por medio de encuestas en estado financiero, social y ambiental donde reside la población, y por medio de esta encuesta se definen los beneficiarios que llenaron los requisitos para ser acreedores de la estufa ahorradora de leña.

Por medio del programa DNRGPS versión 6.1.0.6 se extrajeron los datos obtenidos en campo donde se utilizó una hoja de cálculo de Excel para identificar a cada beneficiario del proyecto como se observa en la Figura 38.

NO.	NOMBRE	UBICACIÓN GEOGRAFICA UTM	
1	Hilda Leticia Socorec	753306	1617990
2	Basilia Iscajuc	751257	1615404
3	Luz Amanda Galvez	751353	1615612
4	Jessica Lizeth Ortiz	751196	1615694
5	María Victoria Toquer Chiroy	751386	1615670
6	Eiba Leticia Montezuma Cárdenas	752512	1617347
7	María Estela Contreras Meléndez de Laz	752520	1617361
8	Elsy Rosemary Zapeta Perez	753506	1618330
9	Delma Ileana Ramos Cruz	751255	1615687
10	Irma Eduviges López Bojorquez de Tote	751252	1615689
11	Karla Beatriz Borrayo	752710	1617345
12	Laura Margarita Sánchez	751411	1615614
13	Floralma García Hernández	753308	1617998
14	Norma Borrayo	752747	1617343
15	Enelda Sontay Santos	751304	1615717
16	Cati Yesenia Marroquin Girón	751387	1615723
17	Miranda Acajabón Morales	751430	1615685

Figura 38. Base de datos del proyecto

Por medio de la plataforma ARCGIS se realizaron los mapas temáticos de los beneficiarios, dividiéndolos por municipios de la cuenca del lago de Amatitlán como se parecía en la Figura 39.

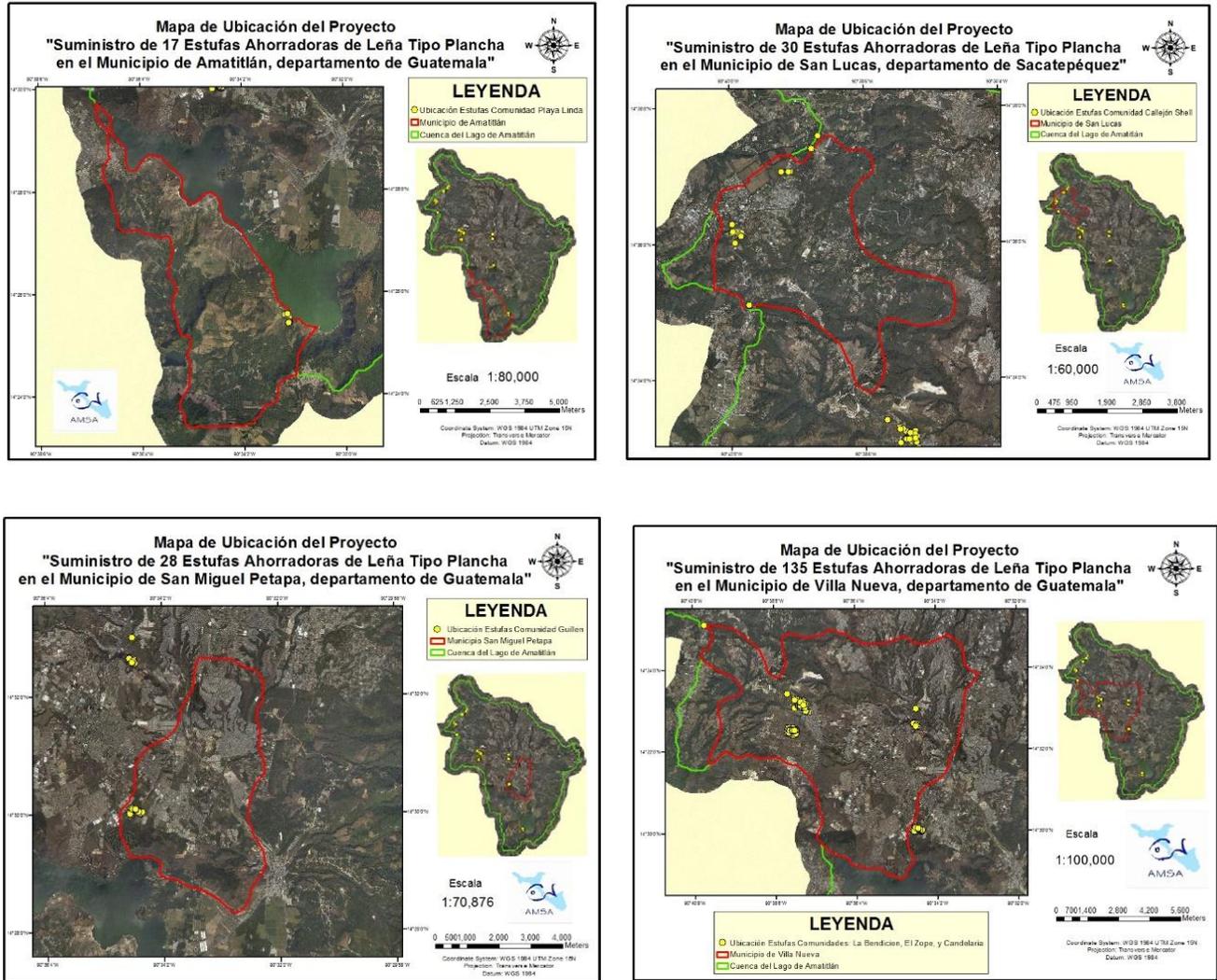


Figura 39. Mapas de Ubicación del Proyecto "Suministro de Estufas Ahorradoras de Leña"

Estos mapas fueron presentados internamente por la División Forestal, Conservación y Manejo de Suelos de la Autoridad para el Manejo Sustentable de la cuenca del Lago de Amatitlán, para divulgar el proyecto y así cumplir con los requerimientos para llevar a cabo dicho proyecto.

3.4.3 Servicio 3

Apoyo técnico al Plan de Manejo y Conservación de Suelos de la Cuenca del Lago de Amatitlán.

Este servicio consistió en la identificación de áreas degradadas dentro de la cuenca de lago de Amatitlán, vinculación con los propietarios de dichas áreas para lograr un convenio de establecer estructuras de conservación y protección de suelos, planificar y coordinar el establecimiento de dichas estructuras, y establecimiento de las estructuras de conservación y protección de suelos.

Se identificaron dos áreas prioritarias realizando recorridos dentro de la cuenca. Y seguidamente se estableció contacto con los propietarios por medio de los trabajadores agrícolas que se encontraban en dichos terrenos. Seguidamente se realizaron los convenios con los propietarios para establecer las estructuras de conservación, sin afectar directamente a los trabajadores que alquilan los terrenos para cultivos agrícolas. Seguidamente se preparó el equipo, herramienta y planta para dicha actividad, y se establecieron curvas a nivel para realizar estructuras de barreras vivas con la especie Vetiver, se realizó el trazo con niveles en "A", y por último se plantó vetiver en todos los trazos como se aprecia en las Figuras 41, 42, 43 y 44.



Figura 40. Identificación del Área Loma del Trigo, Bárcena, Villa Nueva.



Figura 41. Preparación de equipo a utilizar: Nivel en "A"



Figura 42. Trazo de Curvas de Nivel



Figura 43. Transporte de planta



Figura 44. Finalización de estructuras de conservación de suelos

3.4.4 Servicio 4

Apoyo técnico a los voluntariados de reforestación de la Autoridad para el Manejo Sustentable de la Cuenca y del Lago de Amatitlán.

Cada año la División de Educación Ambiental junto a la División Forestal de AMSA planifican las actividades de reforestación anual, donde se incluyen las actividades de identificación de áreas prioritarias por reforestar, vinculación con la comunidad o centros educativos para reforestar, preparación de materiales educativos y preparación de terrenos para la reforestación, y por ultimo las actividades de reforestación. Este servicio consistió en el apoyo técnico en las distintas actividades que se llevan a cabo para las reforestaciones, en este caso se apoyó a las actividades de identificación de terrenos, y el apoyo técnico en las reforestaciones con centros educativos y comunidades como se observa en las Figuras.



Figura 45. Identificación de áreas degradadas en Bárcena, Villa Nueva



Figura 46. Identificación de área degradada en el municipio de Amatitlán



Figura 47. Apoyo técnico en reforestaciones con centros educativos

Es muy necesaria la implementación programas de identificación de áreas con potencial forestal y la reforestación que involucran a toda la población dentro de la cuenca del lago de Amatitlán, ya que estas actividades fomentan la protección de nuestros recursos naturales, y se logra mitigar la degradación de los suelos dentro de la cuenca, por tal razón este es un servicio enfocado en la reforestación, consolidación de suelos y concientización ambiental.

3.5 CONCLUSIONES

- 3.5.1 La celebración del día del árbol es una actividad que propicia la educación ambiental en centros educativos por medio la enseñanza de la importancia de los bosques en las cuencas de nuestro país, logrando en el servicio de promover el día del árbol por medio de la planificación, coordinación y reforestación con centros educativos de la cuenca del lago de Amatitlán que la niñez dentro de la cuenca se suma a los esfuerzos de la División Forestal de AMSA para reforestar la cuenca del lago de Amatitlán.
- 3.5.2 Una de las actividades principales de la División Forestal de AMSA es el proyecto de Suministro de Estufas Ahorradoras de Leña Tipo Plancha dentro de la cuenca del lago de Amatitlán, en el cual es indispensable una base de datos electrónica de los beneficiarios de dicho proyecto, con lo cual en este servicio se elaboró la base de datos y mapas temáticos de los beneficiarios del proyecto dentro de la cuenca del lago de Amatitlán, beneficiando así a los requerimientos de la documentación de dicho proyecto para la División Forestal de AMSA.
- 3.5.3 Una de las actividades que realiza la División Forestal de AMSA es la elaboración de estructuras de conservación de suelos, por lo que el servicio de apoyo técnico a dicha actividad se llevó a cabo en la Aldea Loma del Trigo, Bárcena, Villa Nueva, logrando así establecer barreras de Vetiver en los terrenos con altas pendientes, procurando mejorar las condiciones del suelo.
- 3.5.4 Una de las actividades más importantes para lograr tales objetivos son las campañas de reforestación realizadas por la División Forestal y División de Educación Ambiental, por lo que este servicio consistió en el apoyo técnico a las actividades como identificación de áreas degradadas para gestionar reforestaciones, campañas de reforestación con centros educativos, entre otros.

3.6 BIBLIOGRAFÍA

1. AMSA (Autoridad para el Manejo Sostenible de la Cuenca y el lago de Amatitlán, División de Educación Ambiental y Concientización Ciudadana, Guatemala). 2009. Folleto nivel superior. Amatitlán, Guatemala. 23 p.
2. _____. 2015a. Plan de reforestación anual. Amatitlán, Guatemala. 15 p.
3. _____. 2015b. Suministro de 210 estufas ahorradoras de leña tipo plancha, en los municipios de Villa Nueva, Amatitlán y San Miguel Petapa del departamento de Guatemala y municipio de San Lucas Sacatepéquez del departamento de Sacatepéquez. Amatitlán, Guatemala. 22 p.
4. Novotecní, España; Inypsa, España. 2013. Actualización del plan maestro integrado de la cuenca del lago de Amatitlán PLANDEAMAT. Guatemala, AMSA. 773 p.

30
Polando Ramos
TESIS Y DOCUMENTOS DE GRADUACIÓN
FAUSAC
* REVISIÓN *

