

**UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE AGRONOMÍA
ÁREA INTEGRADA**



**TRABAJO DE GRADUACIÓN: APOYO TÉCNICO AL CENTRO EXPERIMENTAL
DOCENTE DE AGRONOMÍA “DOMINGO AMADOR” -CEDA-, EN CUANTO A LA
ELABORACIÓN DE UN DIAGNÓSTICO EMPRESARIAL, SERVICIOS VARIOS Y
EVALUACIÓN DE LIRIO ACUÁTICO (*Eichhornia crassipes*) COMO SUSTRATO
ALTERNATIVO PARA LA PRODUCCIÓN DE PLÁNTULAS FORESTALES.**

LUIS ANGEL MANSILLA DEL CID

GUATEMALA, ABRIL DE 2012

**UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE AGRONOMÍA
ÁREA INTEGRADA**

TRABAJO DE GRADUACIÓN:

**APOYO TÉCNICO AL CENTRO EXPERIMENTAL DOCENTE DE AGRONOMÍA
“DOMINGO AMADOR” -CEDA-, EN CUANTO A LA ELABORACIÓN DE UN
DIAGNÓSTICO EMPRESARIAL, SERVICIOS VARIOS Y EVALUACIÓN DE LIRIO
ACUÁTICO (*Eichhornia crassipes*) COMO SUSTRATO ALTERNATIVO PARA LA
PRODUCCIÓN DE PLÁNTULAS FORESTALES.**

POR

LUIS ANGEL MANSILLA DEL CID

En el acto de investidura como

INGENIERO AGRÓNOMO

EN

RECURSOS NATURALES RENOVABLES

EN EL GRADO ACADÉMICO DE

LICENCIADO

GUATEMALA, ABRIL DE 2012

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

RECTOR MAGNÍFICO

LIC. CARLOS ESTUARDO GÁLVEZ BARRIOS

JUNTA DIRECTIVA DE LA FACULTAD DE AGRONOMÍA

DECANO	Dr.	Lauriano Figueroa Quiñonez
VOCAL I	Dr.	Ariel Abderramán Ortíz López
VOCAL II	Ing. Agr. MSc.	Marino Barrientos García
VOCAL III	Ing. Agr. MSc.	Oscar René Leiva Ruano
VOCAL IV	Br.	Lorena Carolina Flores Pineda
VOCAL V	P. Agr.	Josué Antonio Martínez Roque
SECRETARIO	Ing. Agr.	Carlos Roberto Echeverría Escobedo

Guatemala, abril de 2012

Guatemala, abril de 2012

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

Distinguidos miembros:

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

TRABAJO DE GRADUACIÓN: APOYO TÉCNICO AL CENTRO EXPERIMENTAL DOCENTE DE AGRONOMÍA “DOMINGO AMADOR” -CEDA-, EN CUANTO A LA ELABORACIÓN DE UN DIAGNÓSTICO EMPRESARIAL, SERVICIOS VARIOS Y EVALUACIÓN DE LIRIO ACUÁTICO (*Eichhornia crassipes*) COMO SUSTRATO ALTERNATIVO PARA LA PRODUCCIÓN DE PLÁNTULAS FORESTALES.

Presentado como requisito previo a optar al título de Ingeniero Agrónomo en Recursos Naturales Renovables, en el grado académico de Licenciado.

Esperando que el presente trabajo de graduación llene los requisitos para su aprobación, me suscribo de ustedes,

Atentamente,

“ID Y ENSEÑAD A TODOS”

LUIS ANGEL MANSILLA DEL CID

ACTO QUE DEDICO

A:

DIOS:

A quien me encomiendo día con día, por ser el dueño de la vida, de la luz y la esperanza, por ser el pastor de miles de abejas, sobre todo mi guía. Sobre todo por darme otra oportunidad de quedarme en este mundo y bendecirme después del duro accidente. Gracias Diosito.

MIS PADRES:

Miguel Mansilla y Elizabeth del Cid, agradeciendo su enorme esfuerzo, su voluntad y trabajo para apoyarme, por estar siempre en la buenas y en las malas y demostrarme que la vida tiene diferentes etapas las cuales unidos son más fáciles de superar. Los amo con todo mi corazón.

MIS HERMANOS:

Luz Nelly Mansilla (Q.E.P.D.) mi eterna angelita de la guarda, Miguel Mansilla mi ejemplo e ídolo, y Juan Pablo Mansilla.

MIS SOBRINOS:

Ximena Inés y Miguel Enrique los angelitos consentidos.

MI FAMILIA:

Tinita gracias por ser una increíble tía, y Angel López que este acto sea una pequeña muestra que con Dios y mucha voluntad todas las metas pueden cumplirse.

MI NOVIA:

Angela Miranda, gracias por ser una excelente amiga y por este tiempo contigo que Dios te bendiga y te guie a ser una mujer de bien para Guatemala y el mundo.

MIS PADRINOS:

Cesar y Flori por demostrarme siempre su amor.

MIS AMIGOS: Kevin Nufio, Santiago Marroquín, Johan Rivera, Karla López, Aura Son, Hugo Gramajo, Shirley Jerónimo, Sonia Julisa, Victoria Mansilla, Luis Pérez (el pelón), Alvaro, Byron Ramón, Dimitry Pinto, Onelia Xicay.

MIS ASESORES: Ing. Waldemar Nufio muchísimas gracias por su amistad
Dr. Iván Dimitri gracias por su apoyo.

MI SUPERVISOR: Dr. David Monterroso, gracias por su apoyo y consejos en la realización del EPS.

MIS MÉDICOS: Porque con la ayuda de Dios y sus manos, he logrado ir superando una etapa muy dura de mi vida.
Dr. Harold Von Han, porque su sabiduría ha sido fundamental en mi recuperación.

TESIS QUE DEDICO

A:

DIOS

GUATEMALA

ESCUELA MARISTA

COLEGIO CIENTIFICO INTEGRADO

CENTRO DE ESTUDIOS DIVERSIFICADO

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

FACULTAD DE AGRONOMÍA

AGRADECIMIENTOS

Deseo agradecer a todas las personas que colaboraron de alguna manera, en el desarrollo de este trabajo de graduación.

A:

Mis Asesores:

Dr. David Monterroso Salvatierra

Por el indispensable apoyo y confianza, brindada en la realización del Ejercicio Profesional Supervisado y este documento.

Ing. Waldemar Nufio

Por toda la ayuda brindada en la elaboración del documento de graduación.

Ing. Dimitri Santos

Por el apoyo en la realización de la investigación.

Centro Experimental Docente de Agronomía -CEDA-:

Ing. Mario Cabrera Madrid

Por todo el apoyo, colaboración y confianza en la realización de todas las actividades durante el EPS.

Trabajadores de Campo:

Nelson, Checha, Don Oswaldo, Juan Carlos, Don Chico y Nery; por todo el apoyo brindado durante las distintas actividades realizadas en el período de EPS.

ÍNDICE DE CONTENIDO

	PÁGINA
1.CAPÍTULO I.....	1
DIAGNÓSTICO EMPRESARIAL, CENTRO EXPERIMENTAL DOCENTE DE AGRONOMÍA.....	1
1.1 INTRODUCCIÓN.....	2
1.2 DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA	3
1.3 OBJETIVOS	4
1.3.1 GENERAL	4
1.3.2 ESPECÍFICOS	4
1.4 METODOLOGÍA.....	5
1.4.1 CAMINAMIENTOS	5
1.4.2 REVISIÓN DE LITERATURA.....	5
1.4.3 ENTREVISTAS PERSONALES	6
1.5 DESCRIPCIÓN DEL ÁREA.....	7
1.5.1 LOCALIZACIÓN.....	7
1.5.2 CLIMA Y ZONA DE VIDA.....	7
1.5.3 SUPERFICIE.....	8
1.5.4 SUELOS.....	8
1.5.5 GEOLOGÍA Y GEOMORFOLOGÍA.....	8
1.6 RESULTADOS Y DISCUSIONES	10
1.6.1 DESCRIPCIÓN DE LAS INSTALACIONES	10
1.6.1.1 DISTRIBUCIÓN DE LOS CAMPOS DEL CEDA.....	10
1.6.1.2 DESCRIPCIÓN DE LA INFRAESTRUCTURA.....	14
1.6.1.3 CAMPO.....	15

	PÁGINA
1.6.1.4 ESTRUCTURAS PROTEGIDAS.....	15
1.6.1.5 ALMACENAMIENTO DE AGUA	16
1.7 ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN.....	17
1.7.1 ÁRBOL DE PROBLEMAS.....	17
1.7.2 ANÁLISIS FODA	19
1.7.2.1 FORTALEZAS	20
1.7.2.2 OPORTUNIDADES.....	21
1.7.2.3 DEBILIDADES	21
1.7.2.4 AMENAZAS	23
1.7.3 PRIORIZACIÓN DE PROBLEMAS	24
1.8 CONCLUSIONES.....	25
1.9 RECOMENDACIONES.....	26
1.10 BIBLIOGRAFÍA.....	27
2.CAPÍTULO II.....	28
EVALUACIÓN DE LIRIO ACUÁTICO (<i>Eichhornia crassipes</i>) COMO SUSTRATO ALTERNATIVO PARA LA PRODUCCIÓN DE PLÁNTULAS FORESTALES, EN EL CENTRO EXPERIMENTAL DOCENTE DE AGRONOMÍA -CEDA-, CIUDAD UNIVERSITARIA ZONA 12, GUATEMALA, C.A.....	28
2.1 INTRODUCCIÓN.....	31
2.2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	33
2.3 MARCO TEÓRICO.....	35
2.3.1 MARCO TEÓRICO CONCEPTUAL	35
2.3.1.1 DESCRIPCIÓN DEL LIRIO ACUÁTICO (EICHHORNIA CRASSIPES).....	35
2.3.1.2 HÁBITAT DEL LIRIO ACUÁTICO (EICHHORNIA CRASSIPES).....	35

2.3.1.3	ORIGEN DEL LIRIO ACUÁTICO (EICHHORNIA CRASSIPES).....	36
2.3.1.4	DISPERSIÓN DEL LIRIO ACUÁTICO (EICHHORNIA CRASSIPES).....	38
2.3.1.5	LIRIO ACUÁTICO UNA PLANTA INTRODUCIDA.....	40
2.3.1.6	MÉTODOS DE CONTROL DEL LIRIO ACUÁTICO (EICHHORNIA CRASSIPES).....	41
2.3.1.7	LOS SUSTRATOS.....	45
2.3.1.8	PROBLEMÁTICA DE LOS SUSTRATOS.....	48
2.3.1.9	LOS SUSTRATOS EN GUATEMALA: UN PANORAMA GENERAL.....	51
2.3.1.10	LAS TURBAS (PEAT MOSS).....	53
2.3.1.11	TRABAJOS PREVIOS NACIONALES E INTERNACIONALES SOBRE SUSTRATOS ORGÁNICOS ALTERNATIVOS A LA TURBA.....	56
2.3.2	MARCO TEÓRICO REFERENCIAL.....	59
2.3.2.1	LOCALIZACIÓN.....	59
2.3.2.2	CLIMA Y ZONA DE VIDA.....	59
2.3.2.3	SUPERFICIE.....	59
2.3.2.4	SUELOS.....	59
2.4	OBJETIVOS.....	61
2.4.1	GENERAL.....	61
2.4.2	ESPECÍFICOS.....	61
2.5	HIPÓTESIS.....	62
2.6	METODOLOGÍA.....	63
2.6.1	MATERIALES.....	63
2.6.1.1	UBICACIÓN GEOGRÁFICA DEL SITIO EXPERIMENTAL.....	63
2.6.1.2	INSTALACIONES.....	63

	PÁGINA
2.6.2 MÉTODOS	64
2.6.2.1 ETAPA DE CAMPO	64
2.6.2.2 ETAPA DE LABORATORIO	65
2.6.2.3 ETAPA DE INVERNADERO	70
2.6.3 TRATAMIENTOS EVALUADOS	70
2.6.4 UNIDAD EXPERIMENTAL	71
2.6.5 DISEÑO EXPERIMENTAL	71
2.6.6 ANÁLISIS ECONÓMICO	71
2.6.7 VARIABLES DE RESPUESTA	72
2.6.7.1 VARIABLES DE RESPUESTA EN LA CARACTERIZACIÓN FÍSICA, QUÍMICA Y BIOLÓGICA DE LOS SUSTRATOS	72
2.6.7.2 VARIABLES RESPUESTA EN LA ETAPA DE PRODUCCIÓN DE PLÁNTULAS DE ESPECIES FORESTALES	73
2.6.7.3 VARIABLES RESPUESTA EN LA COMPARACIÓN ECONÓMICA DE LOS SUSTRATOS	74
2.6.8 MANEJO AGRONÓMICO DEL EXPERIMENTO	74
2.6.8.1 TECNOLOGÍA DE PRODUCCIÓN DEL CULTIVO	74
2.6.8.2 ORIGEN Y PREPARACIÓN DEL MATERIAL DE SIEMBRA	74
2.6.8.3 PREPARACIÓN DE LOS SUSTRATOS	74
2.6.8.4 LLENADO DE BANDEJAS	74
2.6.8.5 SIEMBRA	75
2.6.8.6 RIEGO DE BANDEJAS	75
2.6.8.7 FERTILIZACIÓN	75
2.6.9 ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN	76
2.7 RESULTADOS Y DISCUSIÓN	77

2.7.1	CARACTERIZACIÓN DE LAS PRINCIPALES PROPIEDADES FÍSICAS DE CINCO COMBINACIONES DE LIRIO ACUÁTICO (<i>EICHHORNIA CRASSIPES</i>) Y ARENA	77
2.7.2	CARACTERIZACIÓN DE LAS PRINCIPALES PROPIEDADES QUÍMICAS DEL SUSTRATO A BASE DE LIRIO ACUÁTICO (<i>EICHHORNIA CRASSIPES</i>).....	79
2.7.3	CARACTERIZACIÓN BIOLÓGICA DEL SUSTRATO A BASE DE LIRIO ACUÁTICO (<i>EICHHORNIA CRASSIPES</i>)	82
2.7.4	EVALUACIÓN DEL EFECTO DE CINCO COMBINACIONES DE ARENA Y RESIDUOS DE LIRIO ACUÁTICO (<i>EICHHORNIA CRASSIPES</i>) SOMETIDA A 30 DÍAS DE DEGRADACIÓN EN LA PRODUCCIÓN DE PLÁNTULAS DE CEDRO	83
2.7.5	ANÁLISIS ECONÓMICO: ESTIMACIÓN DEL COSTO DE ELABORACIÓN POR KILÓGRAMO DE SUSTRATO A BASE DE LIRIO ACUÁTICO	87
2.8	CONCLUSIONES	90
2.9	RECOMENDACIONES.....	91
2.10	BIBLIOGRAFÍA.....	92
2.11	ANEXOS.....	95
3	CAPÍTULO III	98
3.1	PRESENTACIÓN	99
3.2	SERVICIO I: PRODUCCIÓN DE VIVEROS FORESTALES.....	100
3.2.1	INTRODUCCIÓN	100
3.2.2	OBJETIVOS	100
3.2.2.1	GENERAL.....	100
3.2.2.2	ESPECÍFICOS.....	100

	PÁGINA
3.2.3 METODOLOGÍA.....	101
3.2.3.1 ORGANIZACIÓN	101
3.2.3.2 ELABORACIÓN DEL VIVERO FORESTAL Y TRASLADO A LOS CAMPOS DEL CEDA.....	101
3.2.4 RESULTADOS.....	101
3.2.5 EVALUACIÓN	102
3.2.6 ANEXOS	102
3.3 SERVICIO II: ELABORACIÓN DE UN PLAN DE MANEJO PARA EL HUERTO FRUTAL.....	103
3.3.1 INTRODUCCIÓN	103
3.3.2 OBJETIVOS	103
3.3.2.1 GENERAL.....	103
3.3.2.2 ESPECÍFICOS.....	103
3.3.3 METODOLOGÍA.....	104
3.3.3.1 RECOLECCIÓN DE INFORMACIÓN	104
ELABORACIÓN DEL PLAN DE MANEJO DEL HUERTO FRUTAL.....	104
3.3.4 RESULTADOS.....	104
3.3.4.1 IDENTIFICACIÓN DE ESPECIES DE FRUTALES.....	104
3.3.4.2 IDENTIFICACIÓN DE MALEZAS	104
3.3.4.3 FRECUENCIA E INTENSIDAD DE RIEGO	105
3.3.5 EVALUACIÓN	105
3.3.6 ANEXOS	106
3.4 SERVICIO III: REUBICACIÓN DE CHATARRA Y JARDINIZACIÓN	108
3.4.1 INTRODUCCIÓN	108

	PÁGINA
3.4.2 OBJETIVOS	108
3.4.2.1 GENERAL.....	108
3.4.2.2 ESPECÍFICOS.....	108
3.4.3 METODOLOGÍA.....	109
3.4.3.1 REUBICACIÓN DE LA CHATARRA	109
3.4.3.2 JARDINIZACIÓN	109
RESULTADOS.....	109
3.4.4 ANEXOS	110

ÍNDICE DE CUADROS

PÁGINA

Cuadro 1. Descripción de las Instalaciones del CEDA.....	14
Cuadro 2. Descripción de los problemas identificados en el CEDA, causas y efectos.....	18
Cuadro 3. Fortalezas, Oportunidades, Debilidades y Amenazas del CEDA.	19
Cuadro 4. Priorización de problemas identificados en el CEDA.....	24
Cuadro 5. Composición volumétrica de las combinaciones de sustratos.....	70
Cuadro 6. Propiedades físicas de los sustratos evaluados	78
Cuadro 7. Valores de pH, y conductividad eléctrica (CE, dS/ m) del sustrato.....	80
Cuadro 8. Concentración de nutrientes mayores disponibles expresada en ppm.....	81
Cuadro 9. Concentración de elemento menores presentes en el sustrato (en ppm).....	81
Cuadro 10. Materia orgánica (M.O.), nitrógeno total (N) y relación C:N.....	82
Cuadro 11. Índice de germinación (IG) de semillas de cedro.....	83
Cuadro 12. Efecto de los sustratos sobre el porcentaje de germinación acumulada	84
Cuadro 13. Efecto de los tratamientos sobre altura (cm), raíz (cm) y diámetro.....	86
Cuadro 14. Costo de producción para la elaboración de sustrato de lirio acuático.	88
Cuadro 15. Costo en quetzales estimado por kilogramo de sustrato elaborado.	88
Cuadro 16. Ingresos brutos estimados de los sustratos a base de lirio acuático.	89
Cuadro 17. Estimación de los indicadores rentabilidad y relación beneficio/costo	89

ÍNDICE DE FIGURAS

	PÁGINA
Figura 1. Mapa del Uso Actual de la Tierra, del CEDA.	11
Figura 2. Mapa de Capacidad de Uso de la Tierra del CEDA.	12
Figura 3. Mapa de Propuesta de Uso del Suelo del CEDA.	13
Figura 4. Diagrama de un árbol de problemas.	17
Figura 5. Morfología del órgano femenino de la flor del lirio acuático	36
Figura 6. Clasificación básica de los sustratos.....	48
Figura 7. Importaciones de turba (peat moss) en Guatemala.	54
Figura 8. Efecto de los sustratos sobre el porcentaje de germinación.	85
Figura 9. Efecto de los sustratos sobre la altura, Iraíz y diámetro en plántulas de cedro.	87
Figura 10. Proceso de compostaje de los restos de lirio acuático.....	95
Figura 11. Prueba biológica del sustrato hecho a base de lirio acuático.....	95
Figura 12. Muestras del sustrato de lirio acuático para su análisis químico y físico.....	96
Figura 13. Mezclas de sustrato hecho a base de lirio acuático y arena.	96
Figura 14. Montaje del experimento en un invernadero en el CEDA.....	97
Figura 15. Toma de datos de plántulas de Cedro	97
Figura 16. Vivero forestal de Cedro.....	102
Figura 17. Vivero forestal del Ciprés.	102
Figura 18. Variedades de cítricos presentes en el huerto frutal del CEDA.....	106
Figura 19. Sistema de riego por goteo en el huerto de frutales en el CEDA.	106
Figura 20. Especies de malezas identificadas en el huerto frutal del CEDA.	107
Figura 21. Reubicación de la chatarra para liberar espacios a jardinizar.	110
Figura 22. Reubicación de chatarra que ocupaba espacios visibles en el CEDA.	110
Figura 23. Compra y traslado de plantas ornamentales para jardinización.....	111
Figura 24. Proyecto de jardínización finalizado.	111

RESUMEN

El presente trabajo de graduación es el resultado de las diferentes actividades ejecutadas durante el período del Ejercicio Profesional Supervisado realizado en el Centro Experimental Docente de Agronomía -CEDA- “Maestro Domingo Amador”, en la Facultad de Agronomía de la Universidad de San Carlos de Guatemala.

En el diagnóstico, presentado en el primer capítulo, se recopiló información dentro de los campos del CEDA para identificar las principales problemáticas existentes. Se estableció su situación actual, el uso y manejo de las instalaciones, dando como resultado una serie de problemas los cuales mediante distintas técnicas fueron priorizados, siendo éstas el árbol de problemas y un análisis FODA (fortalezas, oportunidades, debilidades y amenazas) en las diferentes áreas del centro experimental (campo agrícola, instalaciones y servicios).

Con la realización del diagnóstico se identificó como problemática principal la falta de investigación en el tema de sustratos enfocado a la producción forestal, tomando como tema de investigación “Evaluación de Lirio Acuático (*Eichhornia crassipes*) como sustrato alternativo para la producción de plántulas forestales, en el Centro Experimental Docente de Agronomía -CEDA- Ciudad Universitaria, Zona 12, Guatemala, C.A.”

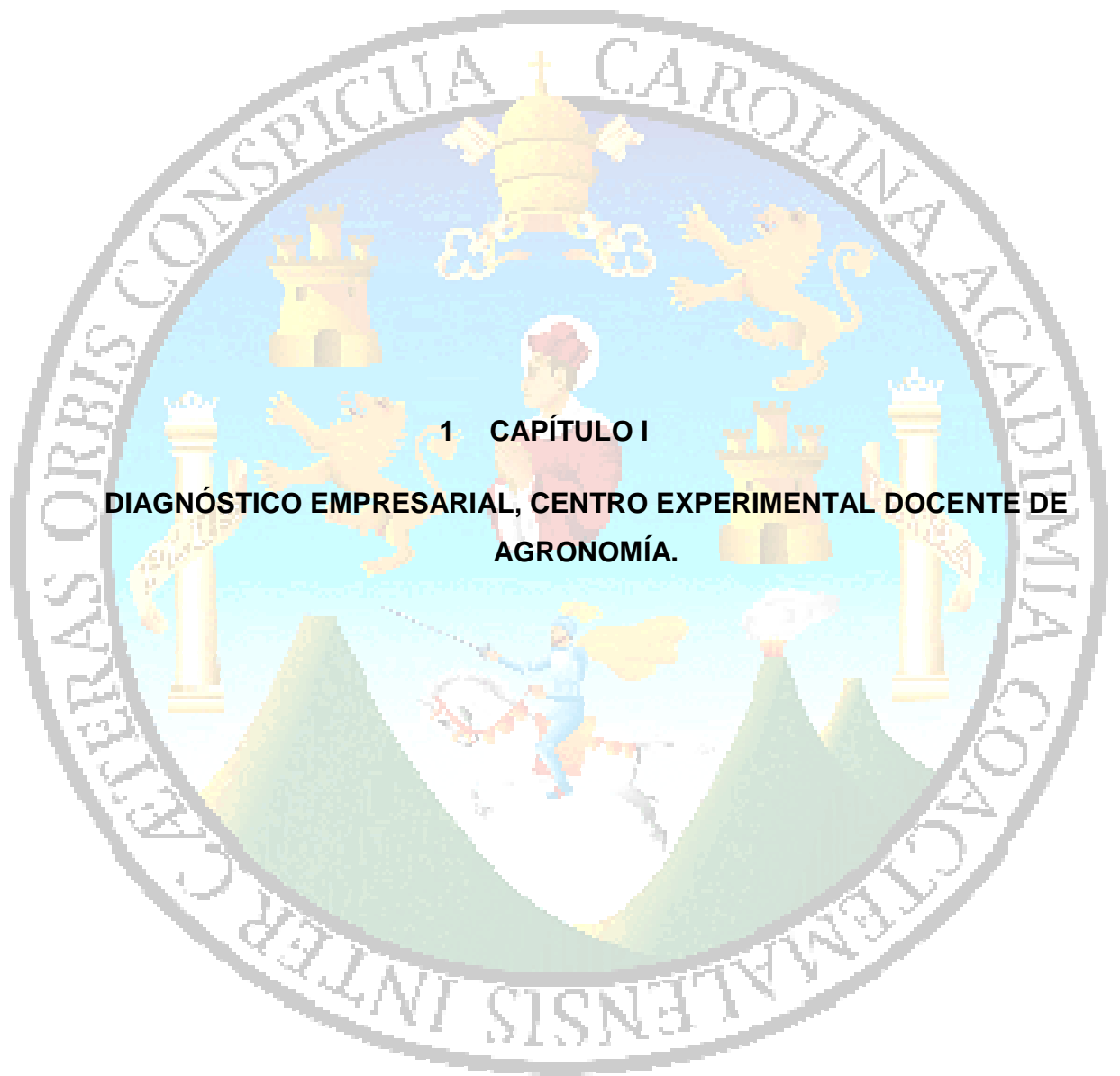
El estudio se desarrolló, basados en la necesidad de encontrar un sustrato alternativo a la turba de Sphagnum que posea las características físicas, químicas y biológicas necesarias para el desarrollo adecuado de plántulas forestales.

Se obtuvo el material (lirio acuático) de las orillas del lago de Amatitlán y se procedió a dejarlo compostar durante 30 días, luego fue molido y se elaboraron las diferentes combinaciones con arena.

Los resultados obtenidos denotaron que el mejor sustrato para sustituir a la turba fue la combinación de 75% de lirio acuático (*Eichhornia crassipes*) y 25% de arena, y que económicamente todos los sustratos elaborados a base de lirio acuático (*Eichhornia crassipes*) son cincuenta y dos centavos de quetzal más baratos por cada litro, que la turba comercial de *Sphagnum*, por lo cual puede utilizarse como sustrato alternativo cualquiera de ellos obteniéndose mejores plántulas de cedro en el sustrato combinado con 25% de arena.

En el análisis económico fueron tomados en cuenta dentro de los costos fijos, el traslado de la materia prima (lirio acuático) desde las orillas del lago de Amatitlán hasta los campos del CEDA.

En el tercer capítulo se describen los servicios realizados, los cuales consistieron en la producción de un vivero forestal para uso didáctico de los estudiantes de la Facultad de Agronomía; la elaboración de un plan de manejo agronómico para el huerto frutal generándose un plan de riego, fertilización y manejo de malezas; la reubicación de chatarra y jardinería en los campos del CEDA pudiéndose mejorar el aspecto visual y generar a la vez fuentes para materiales de propagación de plantas para uso en los cursos de las carreras de la Facultad.



1 CAPÍTULO I
DIAGNÓSTICO EMPRESARIAL, CENTRO EXPERIMENTAL DOCENTE DE
AGRONOMÍA.

1.1 INTRODUCCIÓN

El Centro Experimental Docente de Agronomía –CEDA- “Maestro Domingo Amador López”, está ubicado dentro de las instalaciones de la Universidad de San Carlos de Guatemala y pertenece a la Facultad de Agronomía. En los campos de dicho centro los estudiantes de la Facultad de Agronomía desarrollan sus prácticas.

El CEDA tiene una extensión de 22.8 ha y está constituido por los siguientes sistemas de producción: Sistema Protegido (Invernaderos), sistema semiprotegido (invernáculos con sarán) y sistema a campo abierto.

Para conocer las principales fortalezas y debilidades de este centro experimental y para la realización del diagnóstico de todos los sistemas de producción que lo constituyen se utilizaron una serie de metodologías diferentes, (caminamientos, entrevistas, revisión de literatura y elaboración de diagramas o Árbol de Problemas).

Así también se realizó una priorización de la problemática y se eligieron los temas de mayor relevancia y con ello las posibles soluciones que se le puedan dar durante el desarrollo del EPS.

En el presente trabajo presenta los resultados de la recolección de información primaria y secundaria de los aspectos agronómico, forestal, económico y administrativo del CEDA.

1.2 DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA

En los últimos años el compromiso de la Facultad de Agronomía y de la misma Universidad con el pueblo de Guatemala, ha sido desplazado por otra serie de presiones que estas entidades sufren, viéndose afectadas las instalaciones de producción e investigación del CEDA.

Uno de los mayores problemas a los que el CEDA se enfrenta, es el poco presupuesto con que se cuenta para la realización de todas las actividades.

Es poca la información generada en el CEDA con un enfoque forestal, lo cual indica que no hay un desarrollo tecnológico sostenible que permita una vinculación exitosa de la facultad con problemas que el país afronta en los ámbitos forestales y ambientales.

Este problema tiene sus orígenes en la falta de educación forestal y ambiental, la mala coordinación de la expansión del territorio agrícola y a la falta de decisiones espontáneas para la planificación y elaboración de inversiones e investigaciones forestales.

Para tratar de contrarrestar esta situación es necesaria la implementación de proyectos de carácter forestal y ambiental, que de alguna manera aporten ingresos económicos para el CEDA.

Dentro de los proyectos que existen actualmente en el CEDA, se encuentran: hortalizas para la comercialización dentro del Campus y producción de semilla certificada de frijol y maíz.

Sin embargo no existe ningún proyecto con fines de generar ingresos económicos que sea de carácter forestal y/o ambiental.

1.3 OBJETIVOS

1.3.1 GENERAL

- Recopilar información dentro de los campos del Centro Experimental Docente de Agronomía –CEDA- para identificar las principales problemáticas que existen y así definir los servicios y la investigación a desarrollarse como parte del Ejercicio Profesional Supervisado –EPS-.

1.3.2 ESPECÍFICOS

- Determinar la situación actual del CEDA en cuanto a las áreas de producción agrícola y forestal.
- Desarrollar propuestas para mejorar los procesos de investigación forestal.
- Identificar la principal problemática del CEDA mediante un análisis FODA.
- Definir el enfoque social de vinculación de la facultad de agronomía para las actividades del CEDA específicamente en la investigación forestal.

1.4 METODOLOGÍA

La metodología que se empleó para la realización del diagnóstico del Centro Experimental Docente de Agronomía (CEDA), fue la siguiente:

1.4.1 CAMINAMIENTOS

Esta actividad contempló el recorrido de los campos del CEDA, en toda la extensión del terreno. Con esto se pudo conocer la distribución de área para las diferentes actividades agrícolas y forestales.

Los recorridos antes mencionados se llevó a cabo bajo la supervisión del encargado del CEDA, el Ing. Agr. Mario Cabrera Madrid.

El objetivo de esta actividad fue generar un mapa detallado de las diferentes áreas destinadas a la producción, es decir, de la distribución de los cultivos en las distintas parcelas del CEDA, el área que ocupan y las diversas actividades que se realizan dentro del mismo.

1.4.2 REVISIÓN DE LITERATURA

En este proceso se llevó a cabo una lectura y consultas en el Centro de Información y Documentación Agrícola (CEDIA). Con el afán de conocer antecedentes históricos y de investigaciones realizadas dentro del CEDA.

Además también se consultó en el Centro de Información Geográfica, para poder generar los respectivos mapas territoriales y capacidad de uso de los terrenos del CEDA.

1.4.3 ENTREVISTAS PERSONALES

Para la obtención de información principal se realizaron entrevistas al Encargado del CEDA, así como con el jefe de área, don Oswaldo Orellana y los trabajadores de Campo.

Ellos aportaron buena información del Centro Experimental ya que son ellos los que tiene mayor tiempo y experiencia en esta área.

Con lo anterior se logró contar con toda la información que manejan tanto el Coordinador del CEDA como el personal de campo, basándose en la experiencia adquirida, durante los años que tienen de laborar en la Institución.

1.5 DESCRIPCIÓN DEL ÁREA

1.5.1 LOCALIZACIÓN

Los campos del Centro Experimental Docente de la Facultad de Agronomía, de la Universidad de San Carlos de Guatemala, están situados al sur de la capital de Guatemala y de la Ciudad Universitaria zona 12 y según el Instituto de Sismología, Vulcanología, Meteorología e Hidrología (INSIVUMEH) se localiza geográficamente en las coordenadas 14° 35' 11" latitud Norte y 90° 35' 58" longitud Oeste, y a una altitud media de 1,502 msnm.

1.5.2 CLIMA Y ZONA DE VIDA

Según el mapa de zonas de vida a nivel de reconocimiento de la República de Guatemala, a escala 1:600,000 publicado por el Instituto Nacional de Bosques -INAB-, la Ciudad de Guatemala se encuentra dentro de la zona de vida Bosque Húmedo Subtropical Templado (Bh – st).

Las condiciones climáticas registradas por el INSIVUMEH para el área de estudios son las siguientes:

- Precipitación media anual: 1216.2 mm
- Temperatura media anual: 18.3 °C
- Humedad relativa (media): 79 %

Insolación promedio: 6.65 horas/día radiación: 0.33 cal/cm²/min.

1.5.3 SUPERFICIE

Los campos del CEDA, según Cordón, Corado y Pérez, cubren una superficie de 22.38 ha.

1.5.4 SUELOS

Según Simmons, Tarano y Pinto, “Son suelos de la serie Guatemala, que se caracterizan por ser originados de ceniza volcánica pomácea de color claro, que presentan un relieve casi plano y un buen drenaje interno; su suelo superficial es de color café muy oscuro, franco arcilloso, friable, de 30 a 50 cm de espesor; su suelo subsuperficial es de color café amarillento a café rojizo, franco arcilloso friable, de 50 a 60 cm de espesor. El declive dominante es de 0 – 2 %, el drenaje a través del suelo es lento, la capacidad de abastecimiento de humedad es muy alta, el peligro de erosión es bajo, la fertilidad natural es alta y el problema especial que presenta en el manejo del suelo es el mantenimiento de la materia orgánica.

Según el mapa mundial de suelos de la FAO/UNESCO citado en el Perfil Ambiental de Guatemala, los suelos del área de estudio están clasificados dentro de los Cambisoles.

1.5.5 GEOLOGÍA Y GEOMORFOLOGÍA

El origen del valle de Guatemala según el estudio de aguas subterráneas, realizado por el INSIVUMEH, ocurrió durante el terciario como resultado de la elevación relativa de los bordes oriental y occidental de la cuenca y el consiguiente hundimiento de la parte central.

Posteriormente durante el cuaternario, erupciones volcánicas intermitentes de pómez y cenizas cubrieron la topografía preexistente con una amplia gama de material suelto, de composición mineralógica bastante regular y de granulometría y clasificación variada. Esta actividad volcánica acompañada de periodos de meteorización y sedimentación, durante los cuales los materiales procedentes de los bordes se depositaron en la cuenca, dando origen a la formación de valles aluviales, terrazas y por efecto de erosión del agua y otros factores del medio externo, a la formación de barrancos y taludes.

El valle de Guatemala se puede definir como un recipiente de forma alargada constituido por dos cuencas hidrográficas drenadas hacia el norte y el sur, cuyo límite constituye localmente la divisoria continental de las aguas superficiales, de orientación NO – SO. Constituye una parte del altiplano de Guatemala, formado al norte de una cadena de conos volcánicos cuaternarios, un terreno de relieve moderado.

A ambos lados de la divisoria continental los ríos han cortado cañones profundos en la planicie del valle de Guatemala, que está constituido por cenizas y tobas volcánicas. En estas rocas poco resistentes a la erosión mecánica fluvial, se han formado cañones con paredes casi verticales de hasta 140 metros de altura.

1.6 RESULTADOS Y DISCUSIONES

1.6.1 DESCRIPCIÓN DE LAS INSTALACIONES

1.6.1.1 DISTRIBUCIÓN DE LOS CAMPOS DEL CEDA

En el año 2,007 se presentó una propuesta de uso para los campos del Centro Experimental de Agronomía, sin embargo por una serie de imprevistos no se ha logrado realizar tal y como se había planeado.

Dentro del CEDA existe una distribución de los terrenos, la cual se define de la siguiente manera: un área destinada plenamente para la investigación en invernaderos, producción de hortalizas, módulos, producción de granos básicos, agricultura orgánica, fajas de conservación de suelos, leguminosas nativas, área de plantas medicinales, áreas de invernaderos para la producción, apiarios, ornamentales y el área de estacionamiento y parqueo para los buses de la facultad de Agronomía. (Ver figura 1)

Se cuenta un terreno para la producción con un área total de 1.21 Mz destinadas para la vinculación de la Facultad de Agronomía con la Federación de Asociaciones Agrícolas de Guatemala (FASAGUA).

Cabe mencionar que el CEDA cuenta con un presupuesto de Q 40,000.00, el cual se invierte principalmente en insumos agrícolas, como fertilizantes, plaguicidas.

En el año 2006 se elaboraron los siguientes mapas: uso actual de la tierra, capacidad de uso de la tierra con la metodología USDA (escala 1:1,500) y el mapa de la propuesta de manejo para los campos del CEDA (1:1,500).

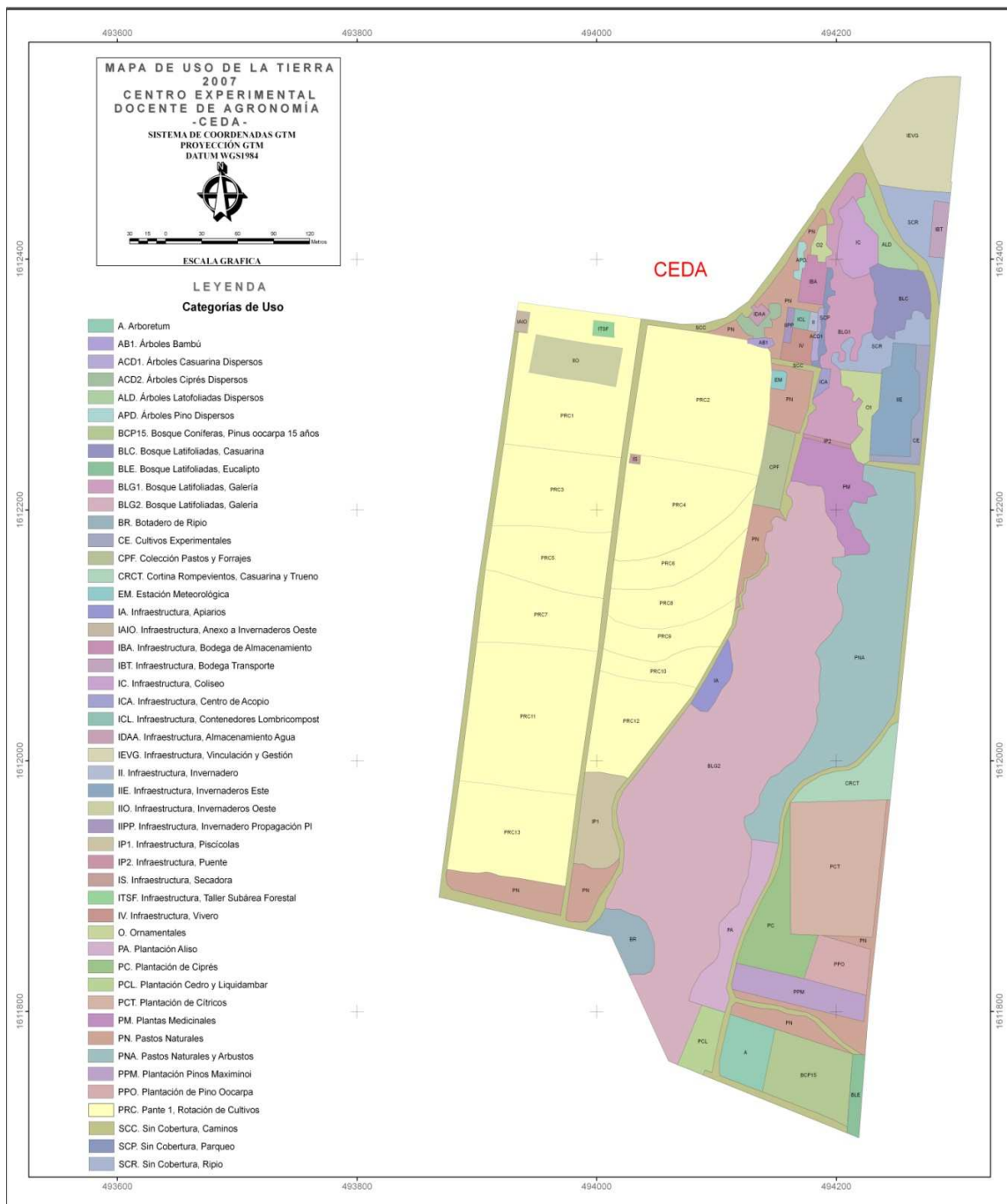


Figura 1. Mapa del Uso Actual de la Tierra, del Centro Experimental Docente de Agronomía.

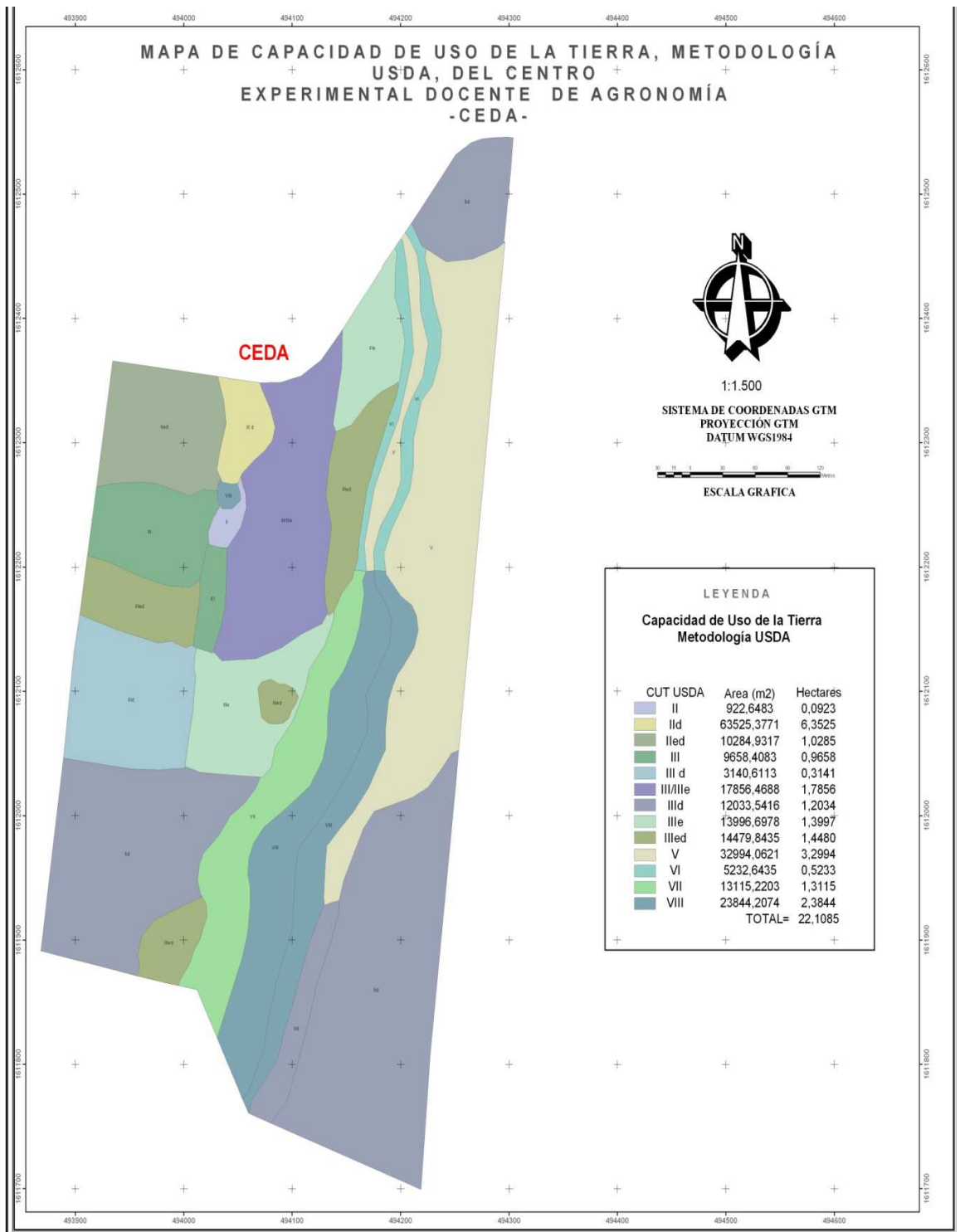


Figura 2. Mapa de Capacidad de Uso de la Tierra del Centro Experimental Docente de Agronomía.

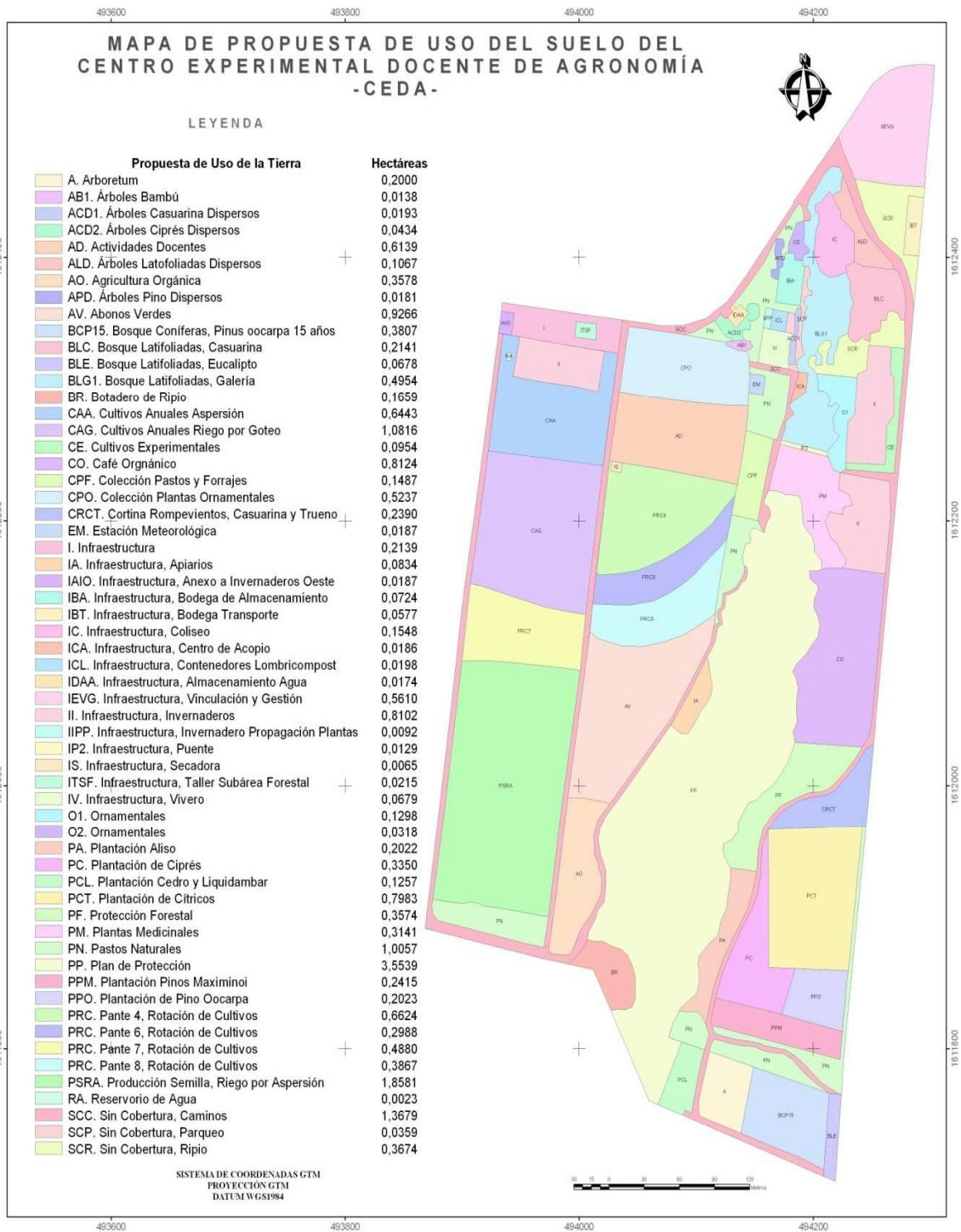


Figura 3. Mapa de Propuesta de Uso del Suelo del Centro Experimental Docente de Agronomía.

1.6.1.2 DESCRIPCIÓN DE LA INFRAESTRUCTURA

El CEDA, cuenta con instalaciones específicas para la administración del mismo, las cuales se encuentran separadas según la función que cada una desempeña como se puede observar en el cuadro 1.

Cuadro 1. Descripción de las Instalaciones del Centro Experimental Docente de Agronomía.

Áreas	Instalaciones	Observaciones
Área de trabajadores de campo y vigilancia.	<ul style="list-style-type: none">•Salón de vigilancia•Salón de reuniones•Bodega de trabajadores•Comedor•Sanitarios	Estas son las instalaciones que utilizan los trabajadores para realizar tareas del CEDA así como para sus servicios personales.
Áreas de Bodegas	<ul style="list-style-type: none">•Bodega de Herramientas e insumos•Bodega de maquinaria y equipo	En estas bodegas se encuentran las herramientas e insumos que los estudiantes utilizan en sus prácticas de campo.
Área de coordinación	<ul style="list-style-type: none">•Salón de usos múltiples•Oficina de Encargado	En este salón se llevan a cabo reuniones o la impartición de cursos.
Área de Comercialización	<ul style="list-style-type: none">•Unidad de comercialización	Se construyo con el fin de facilitar a los estudiantes la comercialización de los productos obtenidos en el CEDA.

1.6.1.3 CAMPO

El campo abierto, abarca todas las áreas dedicadas especialmente a la producción tanto agrícola como forestal. Entre los cultivos agrícolas con mayor importancia en el CEDA son maíz, frijol (de este se han realizado investigaciones), hortalizas (especialmente repollo, brócoli, lechuga, zuchini, entre otras).

También se cuenta con un banco de pastos y forrajes, un área para plantas medicinales y un mariposario.

El CEDA cuenta con una colección de especies forestales (Arboretum) y un huerto frutal. El Arboretum cuenta con las siguientes especies forestales: *Pinus maximinoii*, *Pinus Oocarpa*, *Cupressus lusitanica*. El huerto frutal cuenta con especies de cítricos en su mayoría, siendo estos los siguientes: *Citrus sinensis* (naranja), *Citrus limón* (limón), *Citrus reticulata* (mandarina), *Citrus aurantifolia* (lima), *Psidium* spp. (guayaba).

Una de las áreas representativas en el CEDA, son los apiarios, son utilizados por catedráticos y estudiantes. Se encuentran en buen estado ya que cada semestre se imparte el curso electivo Apiarios, y tanto docentes como estudiantes se encargan de darle el respectivo mantenimiento. Sin embargo, no se cuenta con información de la producción de miel.

Existen varias áreas que no son utilizadas por diversas razones.

1.6.1.4 ESTRUCTURAS PROTEGIDAS

El CEDA cuenta con diferentes tipos de estructuras protegidas, que son los siguientes:

- Umbráculos sencillos
- Umbráculos con estructuras de metal
- Invernaderos con estructuras de madera
- Invernaderos tipo casa maya

Se maneja un pequeño vivero forestal dentro de las instalaciones del CEDA con una extensión de 679 m².

A pesar de contar con varias estructuras protegidas, es poco el espacio que se le da tanto a la producción como a la investigación de la rama forestal.

1.6.1.5 ALMACENAMIENTO DE AGUA

Se cuenta con un tanque o pileta para el almacenamiento de agua, este es abastecido por dos pozos, uno fuera dentro del campus y otro dentro de la Facultad de Agronomía. Ambos pozos suministran el agua a todos los edificios de la Facultad de Agronomía y al CEDA.

1.7 ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN

1.7.1 ÁRBOL DE PROBLEMAS

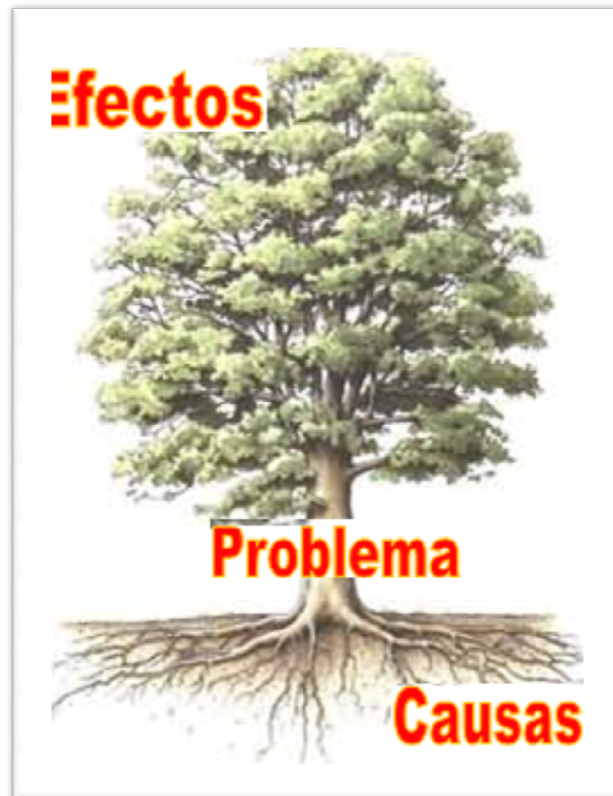


Figura 4. Diagrama de un árbol de problemas.

Cuadro 2. Descripción de los problemas identificados en el CEDA, sus causas y efectos.

PROBLEMA	CAUSAS	EFFECTOS
No se ha realizado en el CEDA alguna investigación sobre el uso de distintos materiales como sustrato en la producción de viveros forestales.	<ul style="list-style-type: none"> No existe un programa de mejoramiento en la producción de viveros forestales. Se desconoce la existencia de algún material que pueda sustituir la utilización de Peat-moss. 	<ul style="list-style-type: none"> No se conoce el efecto de la utilización de nuevos sustratos para la producción de viveros forestales. No se tienen nuevas tecnologías en la elaboración de sustratos. Hace falta generar más información sobre temas forestales.
No existe una rotulación adecuada de las áreas y secciones del CEDA.	<ul style="list-style-type: none"> Nadie se ha preocupado de la adecuada rotulación del CEDA. No se les da mantenimiento constante a los pocos rótulos existentes en el CEDA. 	<ul style="list-style-type: none"> Dificultad para estudiantes y visitantes para ubicar las áreas del CEDA. Falta de presentación visual para los campos, áreas y secciones del CEDA.
No se ha realizado un plan de manejo para el huerto frutal.	<ul style="list-style-type: none"> Los encargados de dicho huerto son los estudiantes de Módulo de Frutales, y cada grupo únicamente se encarga del huerto durante un semestre. 	<ul style="list-style-type: none"> No se le da un manejo adecuado y constante al huerto frutal. El desarrollo de los árboles no es óptimo. No se espera una adecuado producción.
No se cuenta con una producción constante de viveros forestales.	<ul style="list-style-type: none"> El módulo de Viveros Forestales es impartido una vez al año. Son pocos los estudiantes que anualmente cursan dicho módulo. 	<ul style="list-style-type: none"> No se cuenta con cantidad ni variedad de especies en los viveros forestales. Los estudiantes tienen que adquirir sus viveros forestales fuera del CEDA.
Existe una mala ubicación de los desechos mecánicos y chatarra.	<ul style="list-style-type: none"> No se tiene un lugar adecuado para la colocación de los residuos y chatarra. Existen varias áreas del CEDA sin utilización y las cuales son ocupadas con chatarra. 	<ul style="list-style-type: none"> Mala utilización de las áreas desocupadas. Mala imagen y paisaje de ciertas áreas del CEDA.

1.7.2 ANÁLISIS FODA

En el cuadro 3 podemos observar las fortalezas, oportunidades, debilidades y amenazas observadas en el Centro Experimental Docente de Agronomía durante los primeros meses del Ejercicio Profesional Supervisado.

Cuadro 3. Fortalezas, Oportunidades, Debilidades y Amenazas del Centro Experimental Docente de Agronomía.

<p>✓ FORTALEZAS:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Área de producción • Recursos (Maquinaria, invernaderos, agua) • Ubicación • Producción • Experiencia (Personal de campo y especializado) 	<p>➤ OPORTUNIDADES:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Producción • Existencia de mercado • Precios competitivos • Investigación
<p>✓ DEBILIDADES:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Presupuesto para insumos • Abandono de proyectos • Bases y lineamientos de producción • Escaso personal para el área de producción • Plan estratégico para el uso del CEDA • Asignación de áreas • Reducida participación del personal docente 	<p>➤ AMENAZAS:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Reducción del área productiva del CEDA (para construcción de parqueos del campus) • Recorte de recursos • Visualización de los campos del CEDA como áreas improductivas y marginales

✓ Factores Internos

➤ Factores Externos

1.7.2.1 FORTALEZAS

a) Área de Producción:

El CEDA cuenta con una extensión de terreno de 22.38 has, cuya utilización es la siguiente: un 40% está destinada a la producción agrícola, mientras el 60% restante es bosque, y en su mayoría áreas que no son aptas para el cultivo.

La mayor oportunidad es que la extensión del terreno cultivable permitiría manejar volúmenes de producción competitivos en el mercado, sin embargo no es utilizado el 100% de dicha área.

b) Recursos:

Se cuenta con la maquinaria para realizar las actividades de labranza agrícolas (Tractores, sembradora, cosechadora, chapiadora, y sus implementos), además de estructuras para cultivos protegidos, y la disponibilidad de agua en cualquier época del año.

c) Ubicación:

Los campos productivos del CEDA, se encuentran ubicados dentro del Campus Central de la Universidad de San Carlos de Guatemala, lo proporciona un fácil acceso a las diversas unidades de comercialización dentro de la capital de Guatemala

d) Experiencia:

El CEDA cuenta con personal de campo con suficiente experiencia, y cada uno de ellos es asignado a un área, especializándose cada uno en su distinta rama.

Los docentes de la Facultad de Agronomía están especializados en distintas áreas de toda la carrera, cuentan con maestrías y doctorados. Ellos son los que transmiten los conocimientos a los estudiantes de la FAUSAC.

1.7.2.2 OPORTUNIDADES

a) Existencia de mercado

Existe la oportunidad de generar una marca de los productos obtenidos en el CEDA, los cuales fácilmente podrían ser comercializados tanto dentro del campus Universitario como fuera del mismo.

b) Alianzas

Desde hace algunos años se tiene un convenio con la Federación de Asociaciones Agrícolas de Guatemala (FASAGUA), para dar a conocer a los agricultores de toda Guatemala, a los estudiantes de la Universidad de San Carlos y al público en general, que en el CEDA es capaz producir hortalizas de primera calidad, utilizando tecnologías de vanguardia así como puede vender o comercializar el producto a mercados de mucha exigencia.

1.7.2.3 DEBILIDADES

a) Presupuesto para los insumos del CEDA

A pesar que una de las más grandes fortaleza del CEDA es la extensión del terreno, una gran debilidad es el presupuesto del mismo, el cual esta levemente por encima de los 40,000 quetzales.

Con este presupuesto se debe de cubrir la adquisición de materia prima para los diferentes cultivos (fertilizantes completos y productos agrícolas de uso general), el combustible utilizado para la maquinaria e imprevistos que se presentan dentro de la Agronomía, lo cual no permite la realización y culminación de algunos de los proyectos.

b) Abandono de proyectos

La falta de motivación y en la mayoría de ocasiones el poco recurso económico no permite la implementación de actividades que son de vital importancia para el buen desarrollo de los proyectos.

c) Bases y lineamientos de producción

Una buena parte de la población que ingresa a la facultad tiene el primer contacto con el área agrícola en los campos del CEDA, por esta razón el manejo de los cultivos se dificulta hasta cierto punto, lo que provoca una reducción en el rendimiento de la producción.

Además, parte de las actividades agrícolas podrían consultarse con el personal de campo para contar con el apoyo de su experiencia, evitando caer en errores que ya se han cometido en módulos o prácticas anteriores.

d) Escaso personal para el área de producción

Las nueve personas que se encuentran disponibles para el CEDA no son suficientes si se da inicio a cubrir con proyectos y cultivos toda el área, al abarcar más área el número de actividades que se realicen de forma simultánea provocan conflictos en la distribución de personal para cubrir la mayoría de actividades o bien por lo menos las prioritarias.

e) Plan estratégico para el uso del CEDA

El CEDA no cuenta con una planificación de actividades que conciernen a los distintos módulos y prácticas que se desarrollan en sus campos, si esta se implementara las cosas podrían presentar un panorama distinto, ordenado y productivo.

f) Asignación de las áreas

Los proyectos se designan a diferentes comisiones integradas por varios catedráticos, sin embargo realmente es de cuestionar que tan dispuestos se encuentran a comprometerse con el CEDA para que el proyecto tenga un impacto positivo dentro del área de producción, y no designar inmediatamente luego de montado el proyecto al personal de campo.

Comprometerse a una supervisión constante en campo según el área de especialización, y hacer todo lo posible para que funcione.

1.7.2.4 AMENAZAS

a) Reducción del área del CEDA

Debido a que los campos del CEDA están ubicados dentro del Campus Central de la USAC, el área se ve amenazada con reducción para poder construir edificios, parqueos o bien campos de fútbol, con la justificación de que el área se encuentra subutilizada.

Año con año otras entidades de la USAC solicitan el uso de terrenos pertenecientes al CEDA, lo cual presenta una de las más grandes amenazas para este centro de experimentación.

b) Ver los campos del CEDA como un área improductiva y marginal

El CEDA es un espacio verde ubicado dentro del Campus de la Ciudad Universitaria, lo cual genera ciertos roces ya que muchas facultades han utilizado estos terrenos como un depósito de basura y ripio.

Actualmente se ha podido controlar que se acumule chatarra de manera excesiva en el Centro Experimental Docente de Agronomía, pero esto no significa que lo dejen de hacer o bien que en un futuro se presente con mayor frecuencia.

1.7.3 PRIORIZACIÓN DE PROBLEMAS

Mediante el uso de las técnicas del árbol de problemas y el análisis FODA, se determinaron algunos problemas en el CEDA, en el cuadro 4 podemos observar el listado de problemas según su prioridad para darles solución.

Cuadro 4. Priorización de problemas identificados en el Centro Experimental Docente de Agronomía.

DESCRIPCIÓN	PRIORIDAD	ACTIVIDAD
No se ha realizado en el CEDA alguna investigación sobre el uso de distintos materiales como sustrato en la producción de viveros forestales	1	INVESTIGACIÓN
No se cuenta con una producción constante de viveros forestales.	2	Producción de viveros forestales.
No se ha realizado un plan de manejo para el huerto frutal.	3	Elaboración de un plan de manejo para el huerto frutal.
Existe una mala ubicación de los desechos mecánicos y chatarra.	4	Reubicación de chatarra y jardinería de las áreas.
No existe una rotulación adecuada de las áreas y secciones del CEDA.	5	Rotulación de las distintas áreas y secciones del CEDA.

1.8 CONCLUSIONES

- Mediante la realización del diagnóstico se estableció la situación actual del CEDA, el uso y manejo de las instalaciones, dando como resultado una serie de problemas los cuales fueron priorizados utilizando técnicas como el árbol de problemas y un análisis FODA.
- Se identificó como una de las mayores limitaciones, el bajo presupuesto con el que cuenta el CEDA, ya que no permite la realización de nuevos proyectos o bien la culminación exitosa de otros ya iniciados.
- Se priorizó la realización de la investigación “Evaluación de Lirio Acuático (*Eichhornia crassipes*) proveniente del Lago de Amatitlán como sustrato para la producción de viveros forestales en el Centro Experimental Docente de Agronomía –CEDA-, Ciudad Universitaria Zona 12”.

1.9 RECOMENDACIONES

- Teniendo el conocimiento de los principales problemas a los que el CEDA se enfrenta, y siendo uno de ellos el bajo techo presupuestario con el que se cuenta, se recomienda implementar un plan de manejo para las cosechas y sus ganancias, de tal modo que por lo menos un porcentaje de las cosechas sea para beneficio del centro experimental.
- Debido a que la mayoría de investigaciones que son realizadas en los campos del CEDA son de la rama agrícola, se recomienda incentivar a los estudiantes a generar más investigación en el ámbito forestal y ambiental.

1.10 BIBLIOGRAFÍA

1. 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.
2. Cruz S, JR De la. 1982. Clasificación de zonas de vida de Guatemala a nivel de reconocimiento. Guatemala, Instituto Nacional Forestal. 42 p.
3. INSIVUMEH (Instituto Nacional de Sismología, Vulcanología, Meteorología e Hidrología, GT). 1978. Estudio de aguas subterráneas en Guatemala: informe final. Guatemala. 303 p.
4. _____. 1992. Datos meteorológicos, del municipio de Guatemala, Guatemala. Guatemala, INSIVUMEH, Sección de Climatología. 72 p. (Sin publicar).
5. Simmons, C; Tárano, JM; Pinto, JH. 1959. Clasificación de reconocimiento de suelos de Guatemala. Trad. por Pedro Tirado Sulsona. Guatemala, José De Pineda Ibarra. 1000p.



2 CAPÍTULO II

EVALUACIÓN DE LIRIO ACUÁTICO (*Eichhornia crassipes*) COMO SUSTRATO ALTERNATIVO PARA LA PRODUCCIÓN DE PLÁNTULAS FORESTALES, EN EL CENTRO EXPERIMENTAL DOCENTE DE AGRONOMÍA -CEDA-, CIUDAD UNIVERSITARIA ZONA 12, GUATEMALA, C.A.

EVALUACIÓN DE LIRIO ACUÁTICO (*Eichhornia crassipes*) COMO SUSTRATO ALTERNATIVO PARA LA PRODUCCIÓN DE PLÁNTULAS FORESTALES, EN EL CENTRO EXPERIMENTAL DOCENTE DE AGRONOMÍA -CEDA-, CIUDAD UNIVERSITARIA ZONA 12, GUATEMALA, C.A.

EVALUATION OF WATER LILY (*Eichhornia crassipes*) AS AN ALTERNATIVE SUBSTRATE FOR SEEDLINGS FOR FOREST PRODUCTION IN EXPERIMENTAL TEACHING CENTER AGRONOMY -CEDA- UNIVERSITY CITY AREA 12, GUATEMALA, CA

RESUMEN

Durante los últimos años, la actividad agrícola se ha caracterizado por un marcado dinamismo científico y tecnológico, impulsado por la necesidad de mejorar los rendimientos y utilizar eficientemente los recursos disponibles. Unido a estos cambios tecnológicos, se ha producido una importante sustitución del cultivo tradicional en pleno suelo por el cultivo en sustratos.

Actualmente, el aumento de los costos de producción debido a las variaciones del tipo de cambio-, sumado a la desaparición del crédito, indujeron a mayores desequilibrios en la rentabilidad final de las empresas hortícolas obligándolas a la utilización de materiales alternativos de origen nacional. Esta reconversión está en marcha y tanto las empresas proveedoras de sustratos comerciales como los productores están adaptándose rápidamente a los nuevos escenarios.

En Guatemala, la importación de turba utilizada como sustrato para la producción de plántulas en pilón, mantiene un crecimiento acelerado desde su inicio en los años 90s hasta la, en términos generales, las importaciones de turba se encuentran entre los 2,500,000 kg (en términos monetarios estas importaciones representan un gasto aproximado de 1,500,000.00 de US\$); sin embargo el costo de cada unidad se ha incrementado anualmente provocando también un alza en el precio de las plántulas producidas, lo cual afecta directamente la economía de los agricultores en general.

Esta situación ha motivado la búsqueda de materiales locales, como alternativa para tratar de reducir los costos de producción. Dentro de estos materiales se encuentra el lirio acuático, que es una planta acuática flotante de crecimiento agresivo que ha proliferado en los cuerpos de agua de la cuenca del lago de Amatitlán, llegando a causar problemas en los sectores económico, social y ambiental tal.

A pesar de los evidentes avances en el conocimiento de los sustratos para plantas, en Guatemala aún es un tema nuevo en las investigaciones agrícolas. Por eso resulta necesario que los productores, empresas proveedoras de insumos, profesionales de la agronomía, investigadores y agricultores en general comencemos a planificar el futuro de los sustratos en Guatemala.

Con esta investigación se logró generar información técnica y científica sobre la elaboración de un sustrato alternativo a base de lirio acuático, el cual cuenta con características físicas, químicas y biológicas similares a las de la Turba de Sphagnum.

2.1 INTRODUCCIÓN

En Guatemala una de las principales actividades forestales se lleva a cabo a nivel de viveros, lo cual ha incrementado la importación de sustratos. La turba de *Sphagnum* es uno de los sustratos que más se utiliza para la producción de plántulas en el ámbito mundial; sus propiedades físicas, químicas y biológicas permiten una adecuada germinación y crecimiento, pero su elevado costo y la explotación no sostenible, ha comenzado a restringir su uso. Según el Banco de Guatemala (2008), el país importó en el año 2007 un volumen de 2,500,000 kg de turba con un valor de 1.3 millones de dólares.

Lo anterior ha motivado la búsqueda de otros materiales locales, tanto orgánicos como inorgánicos o la mezcla de ellos, como una alternativa para la reducción de costos. Dentro de estos materiales se encuentra *Eichhornia crassipes*, una planta acuática flotante de gran adaptabilidad y crecimiento agresivo que favorece el proceso de eutrofización de los cuerpos de agua. En la actualidad esta planta ha proliferado de tal manera que ha llegado a causar problemas en los sectores económico, social y ambiental tal y como se evidencia en los cuerpos de agua de la cuenca del lago de Amatitlán.

La alta y frecuente deposición de residuos de esta planta a orillas del lago, la hace el medio favorito para la reproducción de moscas y zancudos así como de la emanación de malos olores, contaminando en gran medida el medio ambiente.

Se han realizado estudios de las propiedades físicas, químicas y biológicas de la utilización de *Hydrilla verticillata* (L.F.) Royle, del lago de Izabal, como sustrato alternativo para la producción de plantas en pilón de cultivos hortícolas hidropónicos bajo invernaderos, dando como resultado un sustrato con propiedades similares a la turba de *Sphagnum* (Santos 2010).

Con base en lo anterior los objetivos de la presente investigación pretenden generar información científica y técnica sobre la utilización de los restos de *Eichhornia crassipes*, como un sustrato alternativo para la producción de viveros forestales. Con la información generada se pretende poner a disposición una metodología que sirva de herramienta para la elaboración de un sustrato de origen nacional a base de los restos de *Eichhornia crassipes*, con características aceptables para la producción de viveros forestales, de bajo

costo y accesible a cualquier persona. Finalmente contribuir a convivir con esta planta, dándole un uso que ayude a reducir el problema ambiental que en la actualidad enfrenta uno de los más bellos lagos y centros turísticos de Guatemala.

El estudio se desarrolló en un período de 7 meses distribuidos entre el 01 de abril al 31 de octubre 2011, en el Centro Experimental Docente de la Facultad de Agronomía de la Universidad de San Carlos de Guatemala.

2.2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Debido a las características fisiológicas, modos de reproducción, rápido crecimiento y gran adaptabilidad, *Eichhornia crassipes* está incluida en las lista de las 100 especies más invasoras del mundo (Lowe *et al.* 2000). Habita cuerpos de agua dulce y debido a su competitividad puede llegar a desplazar a varias plantas nativas. En condiciones ideales esta planta puede producir 248 retoños en 90 días, creando mantas vegetativas que bloquean el paso de la luz a las otras plantas sumergidas.

Ya que el crecimiento y expansión de *Eichhornia crassipes*, esta planta se convierte en una plaga que puede causar cambios y desequilibrios en el ecosistema. Aunque inicialmente las masas de la planta pueden ser un hábitat para peces y aves, se convierten rápidamente en masas tan densas que impiden la circulación del oxígeno disuelto por lo que reducen la presencia de especies acuáticas, incluyendo plantas y animales nativos.

Además, la proliferación de *Eichhornia crassipes* tiene un efecto negativo sobre la pesca artesanal, impactando en el ingreso económico familiar, como resultado del descenso en el volumen de peces y otras especies marinas capturadas.

Uno de los agravantes en el aspecto social, es lo relativo a la salud, ya que se estima que, *Eichhornia crassipes* promueve la proliferación de mosquitos y por ende, un incremento en el riesgo de los habitantes locales y turistas de la región, a dengue, malaria, afecciones de la piel, entre otras (FIPA 2003).

Las soluciones para el control de *Eichhornia crassipes* han propiciado la acumulación de los residuos de esta planta en los márgenes del lago. Esta situación ha traído como consecuencia un impacto visual negativo en el área, ocasionando la contaminación del ambiente y propiciando el desarrollo de algunas plagas y enfermedades.

Por otra parte, el estudio de los sustratos es un área del conocimiento nueva y en desarrollo, como tal, exige un trabajo interdisciplinario donde hay que definir y establecer algunos aspectos básicos, tales como los que proponen el Grupo de Estudio en Sustratos de Brasil, la International Society for Horticultural Science, la International Society for Soilless Culture y el Grupo de Trabajo de Sustratos de la Sociedad Española de Ciencias Hortícolas. Se puede afirmar que hay suficiente consenso internacional para avanzar en

los siguientes puntos: un lenguaje común de términos técnicos, calibración de métodos analíticos específicos para sustratos (evaluaciones físicas, químicas, biológicas y fitosanitarias), legislación actualizada y adecuada a esta temática específica y evaluación agronómica de materiales alternativos.

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

Es importante considerar entonces que los residuos de *Eichhornia crassipes* son un recurso que podría utilizarse como sustrato en la industria de producción de viveros forestales y que a su vez sería una alternativa técnica y económica para la región al elaborar su propio material de siembra ahorrar en costos y produciendo plantas de buena calidad.

De esta manera se generó una metodología orientada hacia la solución de algunos problemas ambientales, al utilizar correctamente los residuos de *Eichhornia crassipes*, evitando así que llegue a otros cuerpos de agua en el país, propiciando una industria ecológica y contribuyendo al desarrollo económico de la región a través de la generación de fuentes de trabajo.

2.3 MARCO TEÓRICO

2.3.1 MARCO TEÓRICO CONCEPTUAL

2.3.1.1 DESCRIPCIÓN DEL LIRIO ACUÁTICO (*EICHHORNIA CRASSIPES*)

Perteneciente a la familia de las *Pontederiaceae*, es una planta acuática de libre flotación, crece en lagos lagunas charcos, ríos y zanjas, tiene estrategias reproductivas oportunistas que la convierte en invasora. Endémica del Amazonas y de la cuenca del río Paraná. Debido a sus características fisiológicas, modos de reproducción, rápido crecimiento y gran adaptabilidad, es considerada la maleza perfecta.

El lirio acuático posee un tallo vegetativo sumamente corto; hojas en rosetas, ascendentes a extendidas; pecíolos cortos, hinchados (bulbosos), con tejido aerenquimatoso; con dimorfismo foliar al crecer agrupadas: hojas puramente ascendentes y pecíolos elongados y menos hinchados; láminas de 2 a 16 cm. Inflorescencia: espiga; flores azules a celestes, y una mancha amarilla en el lóbulo superior del perianto; fruto: cápsula de 1,5 cm.

El lirio acuático puede reproducirse por semillas y por estolones, siendo la reproducción fundamentalmente vegetativa. Dichos estolones se forman en las rosetas de las hojas dando origen a otras plantas, posteriormente se independizan y continúan la diseminación hasta llegar a formar inmensas plataformas flotantes, las cuales se originan por el entrelazado de su follaje y raíces. La reproducción del lirio acuático disminuye notablemente durante el verano principalmente debido a la falta de lluvias y a la temperatura. Esto provoca además el marchitamiento y secado de las hojas. Un ejemplo de sobrepoblación fue en un vivero de Yaekana, África, en donde a partir de 2 lirios padres en 23 días se obtuvieron 30 retoños y al final de cuatro meses 1,200 plantas.

2.3.1.2 HÁBITAT DEL LIRIO ACUÁTICO (*EICHHORNIA CRASSIPES*)

Eichhornia crassipes habita cuerpos de agua dulce. Puede establecerse en gran variedad de ambientes acuáticos incluyendo lagos, lagunas, estanques, ríos y charcos temporales. Debido a su competitividad puede llegar a desplazar a otras plantas nativas como potamogeton (*Potamogeton illinoensis*) y vallisneria (*Vallisneria americana*). Cada planta puede producir hasta 248 retoños en 90 días, formando una manta en la superficie que empieza a bloquear el paso de la luz a las otras plantas sumergidas.

2.3.1.3 ORIGEN DEL LIRIO ACUÁTICO (*EICHHORNIA CRASSIPES*)

En el lirio acuático la morfología del órgano femenino de la flor o estilo varía en longitud y recibe los nombres de longistila (L) y mesostila (M) brevistila (B), respectivamente de mayor a menor talla (Fig. 1). A este fenómeno se le conoce como “heterostilia trimorfa” o “tristilia”.

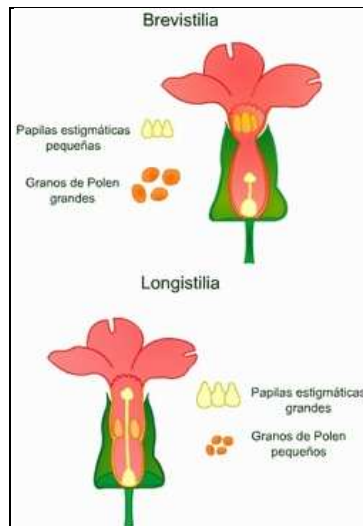


Figura 5. Morfología del órgano femenino de la flor del lirio acuático (*Eichhornia crassipes*)

Asumiendo que la mayor diversidad de formas de las especies encuentra la cercanía con el centro de origen y dispersión, y sin descartar la influencia del ambiente en la manifestación de la característica, podemos concluir que el lirio acuático es originario de la cuenca del Amazonas, en Brasil, ya que es únicamente allí donde se ha reportado “tristilia”. También hay registros de tristilia en lagos cercanos a la confluencia de los ríos Paraguay y Paraná, en Argentina, en donde posiblemente se disperso por medios naturales.

Las poblaciones de lirio acuático en Guyana, Venezuela y Colombia, así como en el Caribe, América Central y zonas templadas de América del Norte, parecen ser resultado de introducciones, ya que carecen del tamaño intermedio (la forma B). Esta idea se refuerza por la carencia de polinizadores especializados en América Central. El polinizador especializado para el lirio acuático es una abeja con lengua larga (*Ancyloscelis gigas*), que se ubica únicamente en la región amazónica donde se presenta tristilia.

Resulta pertinente preguntarse si el lirio acuático pudo haber llegado a Centroamérica y a Norteamérica a través de mecanismos de distribución natural. Los órganos vegetativos de dispersión del lirio acuático incluyen las plantas completas u otras estructuras, como rizomas y estolones, y solo pueden colonizar nuevos sitios que estén inundados. La dispersión es resultado del movimiento de los órganos vegetativos en los ríos, o bien, de las inundaciones que pueden acarrear los propágulos a lagos adyacentes, canales o diques.

Otro mecanismo de transporte de las semillas de algunas plantas acuáticas es el viento, pero las distancias alcanzadas son muy cortas. En el caso de lirio acuático, es poco probable que el viento las disperse, pues no tienen estructuras de transporte aéreo, como sucede con el tule ancho (*Typha*) y el carrizo (*Phragmites*).

Desde hace un siglo, Darwin explico que la amplia distribución de ciertas especies vegetales de agua dulce se debía al acarreo de semillas y fragmentos vegetativos sobre el plumaje y las patas de las aves acuáticas. No obstante, para el caso del lirio acuático, que como ya mencionamos es una planta originaria de Brasil, es riesgoso considerar que este mecanismo sea el responsable de las poblaciones del lirio asentados en Centro y Norteamérica, pues se carece de pruebas que indiquen su presencia desde el pasado.

Sin embargo, el hombre, de manera intencional, ha intervenido en la introducción y en la naturalización de nuevas plantas entre los hemisferios y entre los continentes. Sobre el lirio acuático, gracias a la magnífica obra compilatoria de Gopal, se han documentado numerosos casos de introducciones a raves de jardines botánicos instalados a partir de diversas exploraciones de naturistas europeos en la región amazónica, de donde lo atractivo de su inflorescencia llamo considerablemente la atención.

Uno de los casos de introducción y naturalización del lirio acuático mejor conocido sucedió en Norteamérica en 1884, con motivo de una exhibición de horticultura en la exposición de algodón en Nueva Orleans. Posteriormente, hacia 1894, en el delta del rio Mississippi en Lousiana se registro el primer obstáculo serio para navegar en los ríos y corrientes que desembocaban en el golfo de México. Se considera que la naturalización

del lirio acuático en esa región de Estados Unidos ocurrió durante la década de 1860 a 1870, y que hacia 1880 y, claramente, después de 1900, el lirio acuático ya había invadido otras regiones como los Everglades en Florida. Más adelante, en 1903, el lirio se colectó por primera vez en Texas y, al año siguiente, ya se encontraba en California.

En *Las Chinampas del Distrito Federal, de Santamaría*, se hace referencia a la introducción del lirio acuático a México: “entre las plantas acuáticas destaca el lirio acuático que es conocido desde hace solo catorce años, en que fue introducido por orden del general Carlos Pacheco, entonces secretario de Fomento”. De acuerdo con esta información, fue en 1898 cuando el lirio acuático llegó a los lagos del valle de México.

También debe considerarse la dispersión accidental, en particular de las semillas y de las fracciones vegetativas que crecen entre los cultivos irrigados y que se distribuyen con los productos cosechados y a través de embarcaciones, vehículos y maquinaria agrícola.

2.3.1.4 DISPERSIÓN DEL LIRIO ACUÁTICO (*EICHHORNIA CRASSIPES*)

La dispersión del lirio y su establecimiento exitoso están directamente relacionados con las características ambientales abióticas y bióticas. A pesar de la amplia tolerancia a los factores abióticos del medio, y de ser una especie que puede llegar a invadir cuerpos de agua en regiones templadas u a altitudes considerables (su registro a mayor altitud es en el mundo es en la ciudad de México), el lirio acuático no soporta las heladas y su crecimiento es limitado por la salinidad. En todo el mundo, su crecimiento óptimo se da a pH de 7 y adquiere el rango de infestación masiva entre 6.2 y 7.

En la variedad de hábitats de los sistemas fluviales del Amazonas y de los ecosistemas acuáticos de la región neotropical, en general, el lirio compete con otras especies de hidrófitas libres flotadoras (*Azolla* spp., *Hydromistria stolonifera*, *Pistia stratiotes*, *Lemna* spp.) en mosaicos densos típicos de este tipo de comunidades naturales. Es interesante notar que el crecimiento masivo y con características de infestación de cualquiera de las especies mencionadas (especialmente *Salvinia*) en sus áreas naturales de distribución, solo se ha registrado en donde artificialmente se cambió el régimen hidrológico, favoreciendo la formación de poblaciones dominadas por una sola especie.

La química del agua no limita el crecimiento del lirio acuático, pues su rango de tolerancia es amplio y el único factor que lo afecta es la carencia de fósforo. El lirio puede establecerse en aguas con pocos nutrientes, debido a las asociaciones microbianas que presenta en la rizosfera, y mientras más eutrófico sea el medio, más éxito tiene su propagación.

Entre las características de adaptación más importantes del lirio acuático están: a) su rápida capacidad de reproducción vegetativa; b) la habilidad para regenerarse a partir de pequeñas porciones del tallo vegetativo; c) la completa o parcial independencia de la reproducción sexual; d) la morfología de crecimiento, que resulta en el desarrollo de la mayor área posible de tejido fotosintético, con relación al total de la planta y el cual rápidamente ocupa la superficie del agua, y e) independencia de las condiciones del sustrato y del nivel del agua.

Existen especies taxonómicamente cercanas, las cuales no son invasoras. Así, *Eichhornia azurea* es una especie estrechamente cercana a *E. crassipes*, con patrones de distribución nativa similar. Además, en contraste con el hábito libre flotador de *E. crassipes*, *E. azurea* y las otras especies del género están unidas al sustrato. Es claro que la habilidad para llevar a cabo una propagación vegetativa rápida, unida al alto grado de movilidad, ha favorecido la dispersión de *E. crassipes* por encima de *E. azurea*.

Las fluctuaciones del nivel del agua inducen al lirio acuático a adoptar una forma emergente, con la elongación del peciolo.

Cuando la desecación es larga, los estolones quedan entrelazados esperando la época de inundación. A esta capacidad para modificar la forma y el tamaño de sus estructuras vegetativas cuando crecen bajo diferentes condiciones ambientales se denomina plasticidad morfológica. Este atributo ejemplifica bien el lirio acuático la “heterofilia” o con la presencia en un solo individuo de dos o más tipos diferentes de hojas. La plasticidad morfológica y la habilidad para experimentar un crecimiento vegetativo rápido son los

atributos clave que le dan a *Eichhornia crassipes* el éxito en la competencia interespecífica con otras plantas acuáticas invasoras.

Como en muchas otras macrófitas, en el lirio acuático hay una tendencia a reemplazar la reproducción sexual por la asexual. El ciclo completo de semilla a semilla es muy lento, ya que dura más de cinco meses. Además, para la germinación de la semilla es un requisito indispensable, la escarificación (rompimiento de la cubierta externa). En la propagación vegetativa el lirio produce estolones (tallos horizontales) que desarrollarán hojas arrosetadas de una yema terminal. Este proceso se repite en las plantas hijas y cuando se tienen las condiciones ideales, un número inmenso de plantas se pueden producir en corto tiempo, hasta duplicar la población en un periodo que va de cinco a quince días.

La presencia masiva e invasora del lirio ha llevado a buscar soluciones para su control. El hecho de que no existan herbívoros naturales, ni plagas que lo afecten, ha llevado a que actualmente se realicen estudios para utilizar hongos patógenos que puedan limitarlo. También se estudian diferentes artrópodos (coleópteros y lepidópteros) que puedan eliminarlo y se han probado, además, peces herbívoros como control biológico, entre los que podemos mencionar: *Ctenopharyngodon idella*, *Tilapia rendalli* y *Metynnis roosevelti*.

2.3.1.5 LIRIO ACUÁTICO UNA PLANTA INTRODUCIDA

A través de los registros históricos, antropológicos y palinológicos, no se ha podido comprobar la existencia del lirio acuático en Guatemala y México en la época precolombina, por lo que se podría pensar que fue introducido voluntariamente como planta de ornato en Estados Unidos hacia 1884. Es posible que de ahí se haya dispersado en forma natural por medio de aves migratorias hasta llegar a nuestro país.

De cualquier forma, su introducción o naturalización en los lagos mexicanos y guatemaltecos no debió ocurrir antes de 1884. Lo que sí es claro es su establecimiento y creciente población en nuevos espacios, desplazando a otras plantas acuáticas más sensibles a la perturbación humana.

La presencia del lirio acuático en ecosistemas lacustres estables con una alta biodiversidad es un fenómeno raro y su condición de planta “oportunista” solo ocurre con la alteración del hábitat, especialmente cuando se presenta un incremento de nutrientes (eutroficación) por el derrame de fertilizantes o aguas negras. Desafortunadamente, hoy día es alarmante la modificación de los ambientes acuáticos naturales y el aumento de cuerpos de agua artificiales (presas, canales de irrigación, estanques de crecimiento, etc.) que, pueden eventualmente contaminar grandes sistemas acuáticos a través de los ríos y de las crecientes durante los meses de lluvias y con la presencia de ciclones y otras perturbaciones meteorológicas. Con ello se favorece la invasión de *Eichhornia crassipes* como maleza a niveles que no pueden controlar ni la naturaleza ni el hombre.

2.3.1.6 MÉTODOS DE CONTROL DEL LIRIO ACUÁTICO (*EICHHORNIA CRASSIPES*)

a) Herbicidas.

Sólo en pocas ocasiones se ha intentado el control mediante herbicidas de infestaciones grandes de lirio acuático que crecen bajo condiciones favorables y aún cuando se han invertido enormes recursos, como en Sudán, este tratamiento ha tenido poco efecto. Sin embargo, este método ha sido exitoso para el control de infestaciones pequeñas, de fácil acceso por tierra o mediante botes y para erradicar infestaciones menores en regiones que son climáticamente desfavorables para el crecimiento de esta planta. Los herbicidas más comúnmente usados han sido 2, 4-D, aminotriazole y glifosato, siendo el primero el más extensamente usado, además de ser relativamente barato.

El control mediante herbicidas requiere de un alto insumo de mano de obra y equipos mecánicos, por lo que puede resultar costoso. La inspección sistemática unida al tratamiento debe realizarse indefinidamente para evitar la regeneración de la infestación a partir de plantas y semillas dispersas. Este compromiso a largo plazo es con frecuencia difícil de mantener y constituye un costo continuado.

Existe también un costo ambiental en el uso de herbicidas. Los residuos de éstos en el agua y en los sedimentos pueden afectar el ambiente acuático y aniquilar los peces directamente o mediante la reducción de los niveles de oxígeno disuelto, como consecuencia de la descomposición de las malezas. Si los residuos son excesivos, el agua será inadecuada para consumo humano o para irrigación. El ser humano cobra más conciencia de los efectos de la contaminación sobre el ambiente, sobre sí mismo y sobre sus animales domésticos. Muchas comunidades no toleran más la contaminación de su medio por plaguicidas.

b) Extracción física, drenaje.

La extracción física tiene limitaciones obvias en su magnitud, además de seguramente tendrán lugar reinfestaciones a partir de fragmentos de plantas y semillas. Sin embargo, este método es ambientalmente "seguro" y útil para reducir pequeñas infestaciones y para el mantenimiento de canales. Si la extracción física es el único método de control usado, entonces la demanda de recursos será interminable. La extracción física puede ser por vía manual, por dragado o mediante una máquina cosechadora especialmente diseñada.

El drenaje permanente para secar un estanque o lago controla el lirio acuático. Sin embargo, las semillas de la maleza poseen una larga longevidad, por lo que si el área acumula de nuevo agua, las semillas podrán germinar y se producirá una reinfestación. El drenaje permanente puede ser un método efectivo de control en situaciones apropiadas donde la pérdida del agua no producirá inconvenientes a los poblados adyacentes de dejar sin agua a los animales domésticos, destruir una fuente local de alimentos (por ej. peces) o provocar otros efectos ambientales adversos.

c) Control biológico.

La investigación sobre el control biológico del lirio acuático comenzó en 1961 y los primeros agentes de control fueron liberados en EE.UU. alrededor de 10 años después. Actualmente se utilizan uno o más agentes de control en por lo menos 22 países. Como

consecuencia, el lirio acuático se ha controlado en algunos países y las infestaciones se han reducido en otros.

Seis artrópodos y 3 hongos (Tabla 1) han contribuido al control biológico del lirio acuático, pero las especies que han resultado más exitosas son dos picudos (gorgojos): *Neochettina bruchi* Hustache y *N. eichhorniae* Warner, y una polilla *Sameodes albiguttalis* (Warren). Sin embargo, no se ha logrado un control óptimo en todas las situaciones, por lo que se evalúan otros agentes.

La situación actual es que:

- Se han descubierto agentes de control biológico en las áreas nativas del lirio acuático
- La investigación ha demostrado que estos agentes no pueden sobrevivir y reproducirse sobre ninguna otra planta, excepto sobre el lirio acuático
- Estos agentes han controlado exitosamente esta maleza en varios países
- Se prevé que la investigación en curso mejore el nivel general de control

Esto significa que ya se disponen de agentes de control cabalmente investigados y comprobados. Estos agentes han sido extensamente utilizados y la experiencia muestra que se pueden introducir en nuevas regiones, sin riesgos para el cultivo o el ambiente. Los costos de la introducción en las nuevas regiones son relativamente bajos, pero los proyectos tienen que ser dirigidos por científicos experimentados en el control biológico del lirio acuático. Sin una dirección experta es probable que los proyectos fracasen y los escasos recursos se pierdan. El momento es excelente para un exitoso control biológico del lirio acuático en la mayoría de las situaciones donde la planta resulte ser una maleza exótica.

Los hongos *Acremonium zonatum* (Sawada) Gams y *Cercospora piaropi* Tharp (estrechamente relacionado con *C. rodmanii* Conway que se ha usado como agente de control en algunas situaciones en EE.UU.) parecen haberse diseminado por todo el mundo con el lirio acuático y estos no deben ser normalmente introducidos como agentes de control biológico. Los síntomas generalmente son más evidentes en las hojas más viejas.

Estos hongos por sí solos no son especialmente dañinos, pero frecuentemente sus efectos se incrementan, sobre todo cuando las plantas están sometidas a estrés por el ataque de insectos. El daño por el ácaro, *Orthogalumna terebrantis*, generalmente es más evidente sobre las hojas más viejas y este artrópodo es de dudoso valor como agente de control.

d) Manejo de las cuencas de agua y control integrado.

La proliferación del lirio acuático en su hábitat exótico está determinado principalmente por dos factores: el suministro de nutrientes y la ausencia de enemigos naturales de la maleza. Las estrategias de control serán completamente efectivas siempre que el manejo de las cuencas de agua como el control directo de la maleza sean bien dirigidos.

El manejo de las cuencas de agua puede tener efectos sobre los niveles de nutrientes de los ríos, lagos y otros cuerpos de agua, lo cual ya ha sido mencionado. Las cuencas de agua deben manejarse para controlar el lirio acuático y otras malezas acuáticas flotantes, lo cual podrá ofrecer un nivel de vida aceptable y sostenible para la población que vive aledaña a la cuenca de agua, y para también conservar la ecología y la biodiversidad de la región.

El efecto de control que los enemigos naturales desarrollan sobre el lirio acuático en su hábitat nativo, se restablece en el hábitat exótico a través del control biológico. La introducción agresiva del control biológico será el aspecto principal de una estrategia de control integrada, única vía que brindará un efecto económicamente sostenible, sin efectos colaterales adversos sobre la ecología, biodiversidad y también sobre la salud humana. Tal estrategia también incluirá la reducción del arrojado de nutrientes en el agua a través del manejo de la cuenca de agua y el uso de medidas de control a corto plazo, tales como el uso de los herbicidas, la extracción física y el drenaje en situaciones críticas. Se deben adoptar estrategias perfectamente formuladas como política de gobierno.

Cuadro 5. Agentes para el control biológico del lirio acuático (*Eichhornia crassipes*).

Agente	Tipo de daño
INSECTOS	
CURCULIONIDAE	
<i>Neochettina bruchi</i> Hustache	Los adultos se alimentan del follaje y los peciolo, las larvas perforan los peciolo y corola.
<i>N. eichhorniae</i> Warner	Similar a <i>N. bruchi</i>
PYRALIDAE	
<i>Acigona infusella</i> (Walker)	Las larvas perforan en las láminas y peciolo.
<i>Sameodes albiguttalis</i> (Warren)	Las larvas perforan en los peciolo y yemas.
NOCTUIDAE	
<i>Bellura densa</i> (Walker)	Las larvas perforan en los peciolo y corola.
ÁCAROS	
GALUMNIDAE	
<i>Orthogalumna terebrantis</i> Wallwork	Los inmaduros perforan en las láminas.
PATÓGENOS	
FUNGOSOS HIFOMICETOS	
<i>Acremonium zonatum</i> (Sawada) Gams	Manchas zonales sobre las láminas
<i>Cercospora piaropi</i> Tharp	Manchas puntuales y clorosis sobre las láminas; necrosis de las láminas.
<i>C. rodmanii</i> Conway	Similar a <i>C. piaropi</i>

2.3.1.7 LOS SUSTRATOS

La necesidad de cultivar las plantas fuera de su medio natural crea la obligación de utilizar contenedores y por lo tanto sustratos. Esto ha provocado que haya una gran demanda de nuevos medios de cultivo, pues la mayor parte de la producción de plantas hortícolas tiene lugar en contenedores y bajo invernadero (Masaguer, López y Ruíz 2006).

a) Definición de sustrato

Según Abad y Noguera (1996) definen al sustrato como “todo material sólido distinto del suelo in situ, natural, de síntesis o residual, mineral u orgánico, que colocado en un contenedor, en forma pura o en mezcla, permite el anclaje del sistema radicular, desempeñando, por tanto un papel de soporte a la planta”.

b) Los sustratos en la horticultura

El cultivo de plantas en sustrato difiere marcadamente del cultivo de plantas en suelo. Así, cuando se usan contenedores, el volumen del medio de cultivo, del cual la planta debe absorber el agua, oxígeno y elementos nutritivos, es limitado y significativamente menor que el volumen disponible para las plantas que crecen en campo abierto. En la actualidad existen una gran cantidad de materiales que pueden ser utilizados para la elaboración de sustratos, y su elección dependerá de la especie vegetal a propagar, tipo de propágulo, época, sistema de propagación, precio, disponibilidad y características propias del sustrato.

En la propia definición de sustrato existe también una dicotomía que divide a dos grandes grupos de sustratos: a. Sustratos minerales o inorgánicos y b. sustratos orgánicos. Evidentemente esta sólo clasifica a los sustratos por su naturaleza química y no por su papel expresado a través de su consecuencia en la fisiología de la raíz. Tampoco se debe pasar por alto que las sustancias orgánicas, en general, son susceptibles de degradación microbiológica y por ello cambiar las características físicas, químicas y fisicoquímicas, consecuentemente se verán afectados a los parámetros de cultivo y/o la producción a través de su efecto en la raíz.

Un segundo aspecto importante a efectos prácticos es el grado de modificación que el propio sustrato introduce en diversos parámetros de la disolución de fertirriego. De esta forma surgen dos posibilidades, la primera es que el sustrato no ejerza ningún efecto sobre la composición iónica de la propia disolución, es decir, se limite a servir de soporte físico donde se pueden desarrollar las raíces; o bien que altere la disolución nutritiva pudiendo variar la composición iónica cambiando la proporción de los nutrientes que se transportan disueltos. El primer caso son los denominados sustratos químicamente inertes mientras el segundo recibe el nombre de sustratos químicamente activos.

Fundamentalmente esta importante propiedad de los sustratos viene determinada por la capacidad de intercambio catiónico (CIC). Dentro de los sustratos orgánicos la turba negra y el compost presentan alta CIC, mientras que otros como la cascarilla de arroz tienen niveles bajos de este parámetro fisicoquímico.

Un tercer aspecto en este apartado es delimitar la terminología que en la actualidad se está extendiendo gracias al creciente interés por el medioambiente. Se está utilizando en la literatura internacional términos como: Ecological growing media, environmentally sound substrates, ecological friendly substrates, sustainable agriculture, etc. Todos estos términos se pueden recoger en una traducción que podría delimitarse como sustratos alternativos. Esta denominación incluiría a un grupo de sustratos que no explotaría recursos no renovables como pueda ser el caso de las turbas, o bien que ayudaría incluso, no solo a no seguir destruyendo recursos naturales, sino que además resolvería los problemas de eliminación de residuos de industrias como puedan ser el caso claro de la cascarilla de arroz.

c) Inventario de los sustratos orgánicos: clasificación y propiedades

La forma práctica en teoría de clasificar los sustratos debiera considerar los criterios que afectan al tipo de manejo hortícola y/o las influencias sobre las condiciones de cultivo. Por ello el criterio de si son o no químicamente activos, como arriba se ha indicado, parece adecuado para su clasificación. Igualmente también sería un criterio útil clasificar a los sustratos hortícolas atendiendo a propiedades físicas relevantes que afectan directamente al crecimiento radical, sin olvidar la variación a lo largo del tiempo de cultivo es decir su capacidad de degradación. En este último aspecto por ejemplo se podrían clasificar a las turbas negras como sustratos que modifican sus propiedades físicas en un corto período de tiempo, mientras que las arenas, o el poliuretano como material orgánico estarían o el caso de material poco o nada capacidad de degradación.

Aunque no es problema exclusivo de los sustratos orgánicos la homogeneidad de las muestras es otro factor vital en el manejo de los sustratos. Este es un factor muy importante pues si bien debemos adecuar el manejo a las propiedades y características de cada sustrato para sacarle su máxima rentabilidad, también es verdad que debemos primar la homogeneidad de los lotes ya que nos podemos encontrar en la práctica que

cuando se ha llega a un buen óptimo de manejo, la variación de un sustrato hace que de nuevo tengamos que cambiarlo para adecuarnos al óptimo de nuevo, y con ello el consiguiente ajuste continuo no deseado de técnico y agricultor.

La figura 6 muestrala clasificación básica de los sustratos siguiendo el criterio de Abad y Noguera (1996).

Clasificación		Ejemplo	
I.	Materiales Inorgánicos (Minerales)	I.1. De origen natural	Arenas, roca volcánica, grava, etc.
		I.2. Transformados o tratados	Arcilla expandida, perlita, lana de roca, vermiculita etc.
		I.3. Residuos industriales	Escorias de carbón, ladrillo molido etc.
II.	Materiales orgánicos	II.1. De origen natural	Turbas
		II.2. De síntesis	Espuma de poliuretano, poliestireno expandido, etc.
		II.3. Residuos y subproductos de diferentes actividades de producción y consumo	Residuos sólidos urbanos, cascarilla de arroz, fibra de coco, etc.

Fuente: Abad y Noguera (2000).

Figura 6. Clasificación básica de los sustratos.

2.3.1.8 PROBLEMÁTICA DE LOS SUSTRATOS

a) Problemas de concepto

Uno de los problemas más importantes del cultivo de plantas en sustrato, es la existencia de un error conceptual en la mayor parte de los establecimientos comerciales, donde se prioriza el costo económico y la simplicidad de la mezcla (un único sustrato de crecimiento para un número excesivamente grande de especies), en lugar de intentar satisfacer los requerimientos de cada especie cultivada. Las razones para que ello ocurra se encuentran en un desconocimiento de la respuesta a diferentes combinaciones de la mayor parte de las especies. En este sentido, se debe entender que las características de los sustratos deben ser diferentes en función de su finalidad. Distintas características deberían tener los sustratos destinados al enraizamiento de estacas o al crecimiento y desarrollo de diferentes especies vegetales. No obstante, se debe ir más allá, ya que se

tiene constancia de que las propiedades de los sustratos inducen características diferenciales de las plantas que crecen en ellos. De esta forma, se pueden obtener plantas, cuyo destino sea trasplantarlas a un terreno definitivo (como es el caso de plantas arbustivas), que sean más competitivas que otras plantas cultivadas en distintas condiciones.

b) Problemas de manejo

La propia experiencia dentro de los viveros que utilizan los sustratos como medio de cultivo, demuestran que el propio manejo del sustrato es una de las claves del éxito de la explotación. Es el correcto uso del sustrato, sobre todo respecto de la gestión del agua y el oxígeno, la que abre la puerta de una producción adecuada. Un buen sustrato puede comportarse de manera muy deficiente si no se maneja adecuadamente. Esto obliga a que el viverista deba conocer minuciosamente las características de los sustratos si se quiere optimizar su utilización.

c) Problemas de precio

El productor que ha decidido utilizar como medio de cultivo un sustrato agrícola debe decidir si lo compra listo para ser usado o si adquiere los materiales en forma separada para, posteriormente, preparar la mezcla más adecuada a sus necesidades. Muchas veces el desconocimiento de los pasos y materiales involucrados en la preparación de las mezclas de sustratos conducen al agricultor a tomar decisiones equivocadas.

En consecuencia, el precio del sustrato ha de ser accesible y lo más económico posible. Como es lógico, el precio acostumbra ser elevado para aquellos materiales cuyos centros de consumo se encuentran alejados de los puntos de extracción o fabricación (es el caso de las turberas). Esto ha abierto nuevas expectativas de materiales que hasta hace poco tiempo no eran considerados.

d) Problemas de reproductividad y disponibilidad

Actualmente, el suministro y homogeneidad de los sustratos es uno de los problemas más importantes desde el punto de vista práctico. Turbas, lanas de roca, perlita, vermiculita, fibra de coco, etc., presentan importantes diferencias, al nivel de suministro y calidad de los materiales, en cada uno de los diferentes centros de producción o

fabricación (Abad 1991). En este sentido, el sustrato ha de estar disponible al viverista en cualquier época del año y ha de mantenerse una homogeneidad en la calidad del material a lo largo del tiempo. Es decir, no deben producirse variaciones significativas de las características del sustrato, ya que esto obligaría al viverista a modificar su manejo cada vez que recibe una nueva partida, lo que desde el punto de vista práctico y económico resulta poco operativo.

e) Problemas ambientales

La mayor sensibilización social hacia el agotamiento de los recursos no renovables y la protección medio ambiental está afectando las mezclas de materiales que pueden formar parte de un sustrato agrícola. Consecuentemente, cada día un mayor número de países está implementando fuertes restricciones a la extracción indiscriminada de materiales autóctonos como una forma de proteger sus ecosistemas. Junto a ello, gran parte de la investigación adicional en sustratos se dedica a estudiar el impacto ambiental asociado a su producción, como una forma de reducir el uso de pesticidas, sustancias nutritivas y surfactantes en las mezclas.

En ese sentido, han ido apareciendo en el mercado materiales “ecológicamente correctos”, como los procedentes del reciclaje de subproductos que son a la vez biodegradables o reciclables (Burés,1997). Los nuevos tiempos están haciendo que todos estos materiales alternativos estén siendo cada vez más atractivos para poder ser incluidos en la dinámica productiva de las explotaciones, tanto solos (si sus características lo permiten), como mezclados con materiales tradicionales. Es aquí donde la investigación juega un papel importante a la hora de estudiar y ensayar las mezclas adecuadas, establecer la necesidad de biotransformar los distintos materiales, y evaluar el impacto social y ambiental que la producción de estos materiales trae consigo (Pastor, 1999; Riviére y Caron, 2001). La utilización de este tipo de materiales ofrece dos ventajas fundamentales:

Las materias primas o los materiales utilizados en la fabricación de los sustratos tienen un costo alternativo menor que algunos materiales tradicionales. Esto ocurre como consecuencia de la naturaleza de los componentes, puesto que en una gran mayoría se constituyen por materiales de origen autóctonos, de gran disponibilidad y bajo costo.

Desde los puntos de vista ecológico y económico, la biotransformación resulta ser uno de los métodos más favorables para el tratamiento de una gran cantidad de residuos orgánicos. Esto debido a que integra y da una finalidad productiva a materiales secundarios de otros procesos productivos (incluso industriales) que de otra manera hubiesen acabado acumulándose en pilas gigantescas sin ninguna otra utilización (Pastor, 1999).

f) Problemas de investigación

Actualmente, el conocimiento base de los sustratos provenientes de antiguos trabajos de sustratos y ciencias del suelo, resulta en algunos casos insatisfactorio. Adicionalmente, las nuevas metodologías propuestas para su reemplazo aún no han sido completamente probadas o estandarizadas, motivo por el cual no se han considerado como un conocimiento de referencia. Por este motivo, parte de la investigación debe dirigirse a incrementar la consistencia de los resultados analíticos y elaborar protocolos que faciliten su interpretación (Riviére y Caron, 2001).

2.3.1.9 LOS SUSTRATOS EN GUATEMALA: UN PANORAMA GENERAL

Durante los últimos años, la actividad agrícola se ha caracterizado por un marcado dinamismo científico y tecnológico, impulsado por la necesidad de mejorar los rendimientos y utilizar eficientemente los recursos disponibles. Unido a estos cambios tecnológicos, se ha producido una importante sustitución del cultivo tradicional en pleno suelo por el cultivo en sustratos. Las principales razones de esta sustitución han sido: La necesidad de transportar las plantas de un lugar a otro. La presencia cada vez mayor de factores limitantes para la continuidad de los cultivos intensivos en suelo natural, particularmente salinidad, enfermedades y agotamiento del recurso. Adicionalmente, el desarrollo de la industria viverista y el auge de los cultivos sin suelo han generado una creciente necesidad de investigación en sustratos agrícolas que buscan satisfacer la demanda por plantas más precoces y productivas, (Abad, 1993).

El desarrollo de los sustratos hortícolas tiene su origen en el cultivo en contenedores. Desde que se introdujo este sistema de producción se planteó la necesidad de un cambio conceptual con respecto al cultivo tradicional en el suelo. Los sistemas de producción de los cultivos sin suelo tuvieron su gran expansión en la segunda mitad del siglo XX en

Europa y luego en EE.UU. Las causas que los impulsaron son bien conocidas: cultivos de alto valor de renta en pequeñas superficies, necesidad de cantidad y calidad de productos cerca de los grandes centros de consumo, posibilidad de realizarlos a contraestación utilizando sistemas más o menos complejos de control del ambiente – a través del uso de invernáculos - y disminución de cuantiosas pérdidas por patógenos de suelo. Estos sistemas de “producción industrial de plantas” necesitan del conocimiento de técnicas de fertirriego, uso de fertilizantes de liberación lenta, contenedores, sustratos y de las prácticas culturales para las diferentes especies que se cultivan. Guatemala se sumó a esta corriente recién en los años ‘90. Debido a una relación quetzal/dólar favorable a la importación, se accedió a un paquete tecnológico al que los productores se aun se encuentran adaptando. En este escenario, los sustratos se utilizaron básicamente en la producción de plántulas o pilones y surgieron empresas que se especializaron como “piloneras”; dejándose de lado, en parte, la práctica tradicional de los almacigos en cada terreno y con ella los problemas de patógenos, desuniformidad de plántulas y estrés en el trasplante, entre otros. Los primeros sustratos comerciales que en la década del noventa llegaron a Guatemala importados de Europa, en especial de Holanda y Alemania, fabricados principalmente en base a mezclas de turba negra y rubia de musgo Sphagnum. Posteriormente, ingresaron sustratos provenientes de Estados Unidos y Canadá; estos últimos, a diferencia de los sustratos europeos, eran en su gran mayoría mezclas de turba rubia de musgo Sphagnum con perlita o vermiculita. Estos materiales de buena calidad satisfacían en gran medida la demanda para la producción de plántulas o pilones hortícolas.

Actualmente, el aumento de los costos de producción debido a las variaciones del tipo de cambio-, sumado a la desaparición del crédito, indujeron a mayores desequilibrios en la rentabilidad final de las empresas hortícolas obligándolas a la utilización de materiales alternativos de origen nacional. Esta reconversión está en marcha y tanto las empresas proveedoras de sustratos comerciales como los productores están adaptándose rápidamente a los nuevos escenarios.

2.3.1.10 LAS TURBAS (PEAT MOSS)

Las turbas son un conjunto de materiales naturales de muy amplio uso en horticultura tradicional. Se estima que la superficie de turberas en el mundo ronda los 150 millones de ha. Las turbas son fundamentalmente vegetales fosilizados. Se ha definido la turba como la forma disgregada de la vegetación de un pantano, descompuesta de modo incompleto a causa del exceso de agua y la falta de oxígeno, que se va depositando con el transcurso del tiempo, lo que favorece la formación de estratos más o menos densos de materia orgánica. También han señalado que este material orgánico de origen natural está formado por restos de musgos y de otras plantas superiores, que se hallan en proceso de carbonización lenta, fuera del contacto con el oxígeno, por lo que se conserva largo tiempo su estructura anatómica. Son sustratos hortícolas ampliamente utilizados desde mediados del Siglo XX. En realidad representan una gama de materiales exhaustivamente experimentados, bien conocidos y estudiados tanto por sus características y propiedades como por su manejo. Los depósitos naturales de turba (turberas) están ampliamente distribuidos por todo el mundo, localizándose las superficies con mayor extensión en las regiones subártica y boreal, siendo el productor de turba más importante en la Unión Europea la R. F. Alemana con una producción anual de 6 millones de m³ seguida de países como R. P. China y EE.UU. con producciones de 4 y 1.6 millones de m³ respectivamente. Como consecuencia de la evolución del perfil en las turberas altas se distinguen 2 tipos de turba, en función de su grado de descomposición.

Turba fuertemente descompuesta o turba negra, de color oscuro. Es la turba más antigua y ocupa los estratos inferiores. Desde el punto de vista hortícola presenta una calidad inferior, ya que ha perdido prácticamente su estructura y posee una capacidad de aireación y de retención de agua asimilable más bajas.

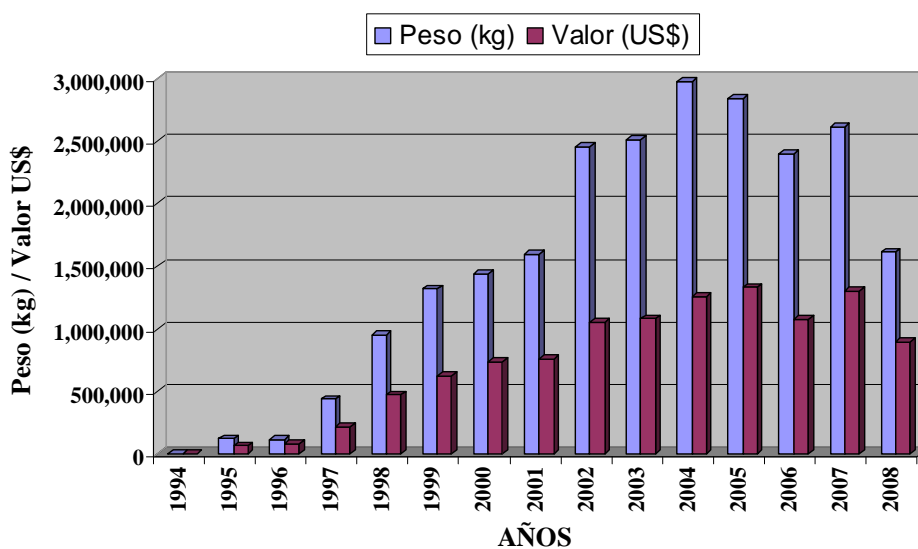
Turba ligeramente descompuesta o turba rubia, de color pardo claro. Corresponde al estrato más superficial y es el formado más recientemente. Es ampliamente utilizado como sustrato hortícola, ya que esta poco descompuesta y conserva parcialmente su estructura y posee excelentes propiedades físicas y químicas.

Franco, 2001, afirma que actualmente no existe ningún material que haya demostrado, en la práctica, ser mejor que la turba en retención de agua, aireación, y fibricidad, por lo

que es previsible que siga dominando el mercado hortícola, al menos, mientras no se limite de forma drástica su extracción en los principales países productores.

a) Situación de las turbas en Guatemala

En Guatemala, la importación de turba utilizada como sustrato para la producción de plántulas en pilón de cultivos hortícolas, mantiene un crecimiento acelerado desde su inicio en los años 90s hasta la fecha 2,500,000 y los 3,000,000 de kg/año, equivalente a 100, 000 unidades o pacas de 30, como se observa en la figura 7. Las mayores importaciones se realizaron a partir del año 2002, lo cual se justifica por el crecimiento en la producción de plántulas en pilón para cultivos de exportación tales como el brócoli, tomate, chile pimiento, lechuga, apio, cebolla, zanahoria y maíz dulce entre otros. En términos generales, las importaciones de turba se encuentran entre los 2,500,000 kg. En términos monetarios estas importaciones representan un gasto aproximado de 1,500,000.00 de US\$. Sin embargo el costo de cada unidad se ha incrementado anualmente provocando también un alza en el precio de las plántulas producidas, lo cual afecta directamente la economía de los agricultores en general.



Fuente: Banco de Guatemala, 2008.

Figura 7. Importaciones de turba (peat moss) en Guatemala, en el periodo de los años 1994-2008.

b) Problemática del uso exclusivo de turba

En horticultura la turba es el medio de cultivo o sustrato predominante. En 1939, en Reino Unido, se desarrolló el primer medio de cultivo a base de turba y desde entonces gracias a sus buenas propiedades físicas, químicas y biológicas ha sido el éxito de la industria hortícola, en concreto es el material más ampliamente utilizado en la propagación de especies y la producción de plantas hortícolas en contenedor (Abad et al.; Raviv et al., 1986).

A nivel mundial la producción total de turba hortícola asciende a 35-40 millones m³ anuales. Esta necesidad de turba hace que el sistema sea estratégicamente frágil puesto que el incremento gradual del costo del transporte repercute directamente en el precio final del sustrato. Además, el agotamiento de recursos naturales o el consumo energético requerido durante el proceso de fabricación repercute de forma negativa sobre el medioambiente. (Raviv, 1986). En los últimos 30 años se ha emprendido, a nivel mundial, una búsqueda activa de materiales orgánicos alternativos a la turba, aludiendo a las siguientes razones:

El precio de la turba hortícola de calidad es elevado.

La disponibilidad de este material, en un futuro, está continuamente cuestionada por motivos medioambientales, ya que las reservas de turba son difícilmente renovables.

Por tratarse de un material orgánico, se encuentran diferencias en calidad entre lotes distintos. Exigen una preparación previamente a su utilización (molido, encalado, fertilización de fondo, etc. (Abad et al., 1996)

La turba presenta características conductivas para agentes fitopatógenos, especialmente hongos. Por el contrario, algunos sustratos orgánicos alternativos son supresores.

Según un estudio de impacto ambiental, en el que se comparan los efectos provocados por la explotación de una turbera y la construcción de una planta para compostaje de restos vegetales de cultivos hortícolas, se confirma que el uso de sustratos alternativos como sustitutos de la turba conlleva beneficios tanto económicos como

medioambientales. Esto unido a la necesidad de gestionar de forma adecuada los residuos orgánicos generados en diferentes sectores de producción, hace que aparezcan gran cantidad de materiales susceptibles de ser utilizados con este fin (Chinchilla, 1999).

2.3.1.11 TRABAJOS PREVIOS NACIONALES E INTERNACIONALES SOBRE SUSTRATOS ORGÁNICOS ALTERNATIVOS A LA TURBA

Algunos países como España han realizado estudios de producción de plantas hortícolas y principalmente ornamentales en contenedores con sustratos alternativos a la turba. Han enfocado esfuerzos orientados al desarrollo de nuevos sustratos de cultivo a base de residuos orgánicos como el compost agotado de champiñón, corteza de pino, y restos de poda, usando como sustratos control la turba (Masaguer, 2006)

Un estudio sobre sustratos realizado en la región de Murcia, afirma que actualmente no existe ningún material que haya demostrado, en la práctica, ser mejor que la turba en retención de agua, aireación, y fibrociencia, por lo que es previsible que siga dominando el mercado hortícola, al menos, mientras no se limite de forma drástica su extracción en los principales países productores.

Guatemala es un país que al igual que muchos genera gran cantidad de residuos orgánicos que pueden ser empleados en la horticultura, parte de estos residuos son los que se obtienen de la extracción de la planta acuática *Hydrilla verticillata* en el lago de Izabal. En el trabajo, "Tecnología para la descontaminación de las aguas del lago Izabal través de la extracción de la planta *Hydrilla verticillata* (L.F.) Royle y su uso como sustrato alternativo para la producción de plántulas hortícolas, en Guatemala, Santos, 2010, concluyó que el sustrato elaborado con *Hydrilla* degradada 30 días en proporción 85 % y 15 % de perlita (H30-85-15), mostró la mayor similitud física, química y fitotóxica con la turba de *Sphagnum*. El mismo sustrato en la validación de la tecnología en invernadero produjo plántulas de tomate de buena calidad en la mayoría de las variables medidas.

Utilizando materiales como tierra, cascarilla de café, fibra de coco, arena pómez, estiércol de pelibuey, biocofia, y gallinaza en diferentes combinaciones, Castro Reinoso (1,998) evaluó sustratos para semillero de chile pimiento (*Capsicum annum* L.) en

bandejas plásticas, concluyendo que la mezcla de suelo + arena pómez + biocofia, en proporciones 2:1:1 presento mejores características en el pilón.

La evaluación de cinco sustratos para la realización de semilleros de tomate (*Lycopersicum esculentum* var. Roma Gigante), en bandejas de plástico para transplante en pilón, fue reportada por Droegue de Velásquez (1,997) en el cual de los materiales evaluados (turba + arena, olote molido + compost, compost + arena pómez, raíces de malezas + turba, y tierra + gallinaza + arena pómez) el sustrato con mejores resultados fue el de tierra + gallinaza + arena pómez.

Marchorro Ponce (1,999) evaluó siete sustratos para el transplante en pilón de lechuga (*Lactuca sativa* variedad Salinas), siendo estos, diferentes combinaciones de tierra, gallinaza deshidratada, arena pómez, bagazo de caña, y fibra de maguey, presentando los mejores resultados la combinación de tierra, gallinaza deshidratada, fibra de maguey y bagazo de caña en proporciones 1:1:1:1

También materiales como cascarilla de arroz, arena de rio, arena pómez, suelo, compost, y broza, fueron evaluados como sustratos para la producción de plántulas de brócoli (*Brasica oleracea* var. Itálica) en pilón por Gonzales Sotz (2,004) indicando como el mejor la combinación de suelo + compost + arena de rio en la relación 2:1:1 utilizando como testigo al sustrato comercial Mix 3 (a base de turba).

En el año 2,004 Calderón Muller evaluó sustratos a base de cascarilla de arroz, rastrojo de frijol, jaragua, tuza, olote, aserrín de pino descompuesto, cascara de coco, bagazo de caña para la producción de plántulas de tomate (*Lycopersicum esculentum* hibrido Elios) en recipientes, obteniendo los mejores resultados el sustrato a base de bagazo de caña.

Tomando en cuenta estas perspectivas, la utilización de materiales locales en la producción de plántulas en pilón se limita a residuos de otros cultivos, convirtiéndose en dependencia de la producción de estos.

Para finalizar y en forma general se puede deducir que el desarrollo de materiales alternativos que pueden ser utilizados como sustratos es una tarea pendiente. Los resultados obtenidos a nivel nacional son promisorios aunque muy heterogéneos. En

parte, esto se debe a que los métodos utilizados para evaluarlos son los de referencia para suelos, lo que lleva a interpretaciones erróneas. Es común encontrar en trabajos presentados en distintos congresos ensayos con diferentes especies hortícolas utilizando turbas, resacas, mantillos, suelo, lombricompuesto y compost como medio de crecimiento, pero sin identificación de su origen ni descripción de las características físicas, químicas y biológicas. Este gran número de ensayos solo constituye estudios de casos particulares, ya que es imposible reproducir las mismas condiciones de experimentación y por lo tanto carecen de validez científica. Para realizar una evaluación agronómica de posibles materiales alternativos para su uso como sustratos, deben cumplirse rigurosamente las siguientes etapas: Caracterización de los materiales (física, química y biológica), Estudio crítico de sus propiedades, Mejora sencilla, si correspondiera, de dichas propiedades y Ensayos de crecimiento vegetal.

2.3.2 MARCO TEÓRICO REFERENCIAL

2.3.2.1 LOCALIZACIÓN

Los campos del Centro Experimental Docente de la Facultad de Agronomía, de la Universidad de San Carlos de Guatemala, están situados al sur de la capital de Guatemala y de la Ciudad Universitaria zona 12 y según el Instituto de Sismología, Vulcanología, Meteorología e Hidrología (INSIVUMEH) se localiza geográficamente en las coordenadas 14° 35' 11" latitud Norte y 90° 35' 58" longitud Oeste, y a una altitud media de 1,502 msnm.

2.3.2.2 CLIMA Y ZONA DE VIDA

Según el mapa de zonas de vida a nivel de reconocimiento de la República de Guatemala, a escala 1:600,000 publicado por el Instituto Nacional Forestal, la Ciudad de Guatemala se encuentra dentro de la zona de vida Bosque Húmedo Subtropical Templado (Bh – st).

Las condiciones climáticas registradas por el INSIVUMEH para el área de estudios son las siguientes:

Precipitación media anual: 1216.2 mm

Temperatura media anual: 18.3 °C

Humedad relativa (media): 79 %

Horas luz promedio: 6.65 horas/día radiación: 0.33 cal/cm²/min.

2.3.2.3 SUPERFICIE

Los campos del CEDA, según Cordón, Corado y Pérez, cubren una superficie de 22.38 ha.

2.3.2.4 SUELOS

Según Simmons, Tarano y Pinto, "Son suelos de la serie Guatemala, que se caracterizan por ser originados de ceniza volcánica pomácea de color claro, que presentan un relieve casi plano y un buen drenaje interno; su suelo superficial es de color café muy oscuro, franco arcilloso, friable, de 30 a 50 cm de espesor; su suelo subsuperficial es de color café amarillento a café rojizo, franco arcilloso friable, de 50 a 60 cm de espesor. El

declive dominante es de 0 – 2 %, el drenaje a través del suelo es lento, la capacidad de abastecimiento de humedad es muy alta, el peligro de erosión es bajo, la fertilidad natural es alta y el problema especial que presenta en el manejo del suelo es el mantenimiento de la materia orgánica.

Según el mapa mundial de suelos de la FAO/UNESCO citado en el Perfil Ambiental de Guatemala, los suelos del área de estudio están clasificados dentro de los Cambisoles.

2.4 OBJETIVOS

2.4.1 GENERAL

1. Seleccionar un sustrato alternativo a la turba de *Sphagnum* a base de lirio acuático (*Eichhornia crassipes*) con propiedades físicas, químicas y biológicas adecuadas para la producción de plántulas forestales.

2.4.2 ESPECÍFICOS

1. Caracterizar las principales propiedades físicas, químicas y biológicas de cinco combinaciones de lirio acuático (*Eichhornia crassipes*) y arena.
2. Evaluar el efecto de cinco combinaciones de arena y lirio acuático (*Eichhornia crassipes*) provenientes del lago de Amatitlán, sometida a treinta días de descomposición en la producción de plántulas forestales.
3. Comparar económicamente los sustratos elaborados con lirio acuático (*Eichhornia crassipes*) con la turba de *Sphagnum* comercial.

2.5 HIPÓTESIS

1. La proporción 25% arena y 75% lirio acuático (*Eichhornia crassipes*), sometida a 30 días de degradación presentará propiedades físicas, químicas y biológicas similares a las de la turba de *Sphagnum*.
2. La proporción 25% arena y 75% lirio acuático (*Eichhornia crassipes*) sometida a 30 días de compostaje presentará un efecto similar a la turba de *Sphagnum* en la producción de plántulas forestales.
3. Los sustratos elaborados con lirio acuático (*Eichhornia crassipes*) y arena serán de menor costo que la turba de *Sphagnum*.

2.6 METODOLOGÍA

2.6.1 MATERIALES

2.6.1.1 UBICACIÓN GEOGRÁFICA DEL SITIO EXPERIMENTAL

La caracterización física, química y biológica de los sustratos se desarrollo durante el periodo de abril a junio de 2011, en las instalaciones del laboratorio de suelos de la Facultad de Agronomía Universidad de San Carlos de Guatemala, geográficamente está ubicada en las coordenadas 14°35'6" Latitud Norte 90°33'9" Longitud Oeste, a una altitud de 1,502 msnm, en la zona de vida Bosque Húmedo Subtropical templado (Bh-st), con una precipitación media anual de 1,216.2 mm., temperatura media de 18.3°C y humedad relativa del 79% (Cordón, 1991).

La evaluación en invernadero se realizó durante el periodo de julio a octubre de 2011, en un invernadero propiedad de la Facultad de Agronomía Universidad de San Carlos de Guatemala.

2.6.1.2 INSTALACIONES

a) Estructura del invernadero

El invernadero utilizado fue estándar con orientación Nordeste-Sudeste. Es del tipo multitúnel con ventilación lateral, se uso una nave y de esta, un área de 50 m² de los 300 m² que ocupa (dimensiones por nave: 10 m de ancho y 30 m de longitud). El invernadero posee una puerta frontal con marco de madera y recubierta con polietileno, es de una hoja corrediza de 1.5 m de ancho y 2 m de alto. La estructura esta realizada con tubos metálicos galvanizados incrustados en columnas de concreto para el soporte, tiene una altura al canal de 3.50 m, al cenit de 5.20 m y el recubrimiento es de polietileno EVA tricapa.

b) Estructura de soporte para bandejas

El sistema de soporte para bandejas es estándar realizado con marcos en estructura metálica, tienen un ancho de 0.10 m, altura de 1.2 m, una longitud de 5 m y una distancia entre marcos de 0.66 m equivalente a la longitud de las bandejas, de forma que los extremos de las mismas se apoyan sobre los marcos metálicos.

2.6.2 MÉTODOS

El desarrollo de la evaluación se llevó a cabo en cuatro etapas, iniciando con la etapa de campo, para la colecta y tratamiento de los residuos de lirio acuático (*Eichhornia crassipes*), posteriormente la etapa de laboratorio para la caracterización de las principales propiedades físicas, químicas y biológicas de las diferentes combinaciones (sustratos) de arena y residuos de lirio acuático sometido a treinta días de degradación, consecutivamente la etapa en invernadero, donde se evaluará el efecto de los sustratos en la producción de plántulas en pilón de especies forestales.

Finalmente la etapa de comparación económica donde se calcularon algunos indicadores para determinar la factibilidad de elaborar y utilizar los sustratos. Cada una de las etapas se describe a continuación.

2.6.2.1 ETAPA DE CAMPO

a) Colecta y transporte de residuos de compuestos de algas

Se colectaron los residuos de lirio acuático, en las áreas infestadas del lago de Amatitlán, realizando la colecta en el área de Villa Canales, la cual se realizó con maquinaria especializada (barcaza) para la remoción de esta planta. La biomasa se transportó en vehículo desde el departamento de Amatitlán hasta el área de invernaderos y laboratorios de la Facultad de Agronomía de la Universidad de San Carlos de Guatemala.

b) Preparación y acondicionamiento de residuos de compuestos de algas

- **Secado:** Los residuos de lirio acuático se secaron al ambiente hasta que el material elimine la mayor cantidad de agua, y que presente una humedad constante. La humedad constante fue establecida por diferencia de peso con ayuda de una balanza analítica.
- **Molienda del material:** Se procedió a la molienda del material vegetal, esto se realizó con la utilización de machetes para obtener una granulometría con un tamaño comprendido entre 5 cm y 7 cm de grosor, lo más fino posible para favorecer la degradación y descomposición de los residuos.

- **Degradación de los residuos de compuestos de algas:** Los residuos se sometieron a un proceso de degradación durante un periodo de 30 días, utilizando el método de tratamiento al aire libre en montones. Se utilizaron 50 kg de este material debidamente secado, molido y degradado para las diferentes fases de la investigación. Las actividades realizadas fueron las siguientes:

c) *Degradación y descomposición de residuos de compuestos de algas*

Para la degradación, los residuos fueron colocados sobre un plástico regándose con agua hasta humedecer completamente, repitiendo los riegos según la necesidad. Se cubrieron con plástico de polietileno color negro para favorecer el aumento de la temperatura y humedad. Se estimó la humedad con la prueba del puñado manteniéndola en valores de 50 al 60%.

d) *Tamizado del material degradado*

A los 30 días de iniciado el tratamiento se realizó el tamizado, que consistió en pasar el material por mallas de 6.0 mm hasta obtener la cantidad necesaria. El producto obtenido se conservó en bolsas plásticas, para realizar posteriormente el análisis físico, químico y biológico. Estos análisis se desarrollaron en el laboratorio de análisis de suelo y agua de la Facultad de Agronomía de la Universidad de San Carlos de Guatemala.

2.6.2.2 ETAPA DE LABORATORIO

Caracterización de las principales propiedades físicas, químicas y biológicas de dieciséis combinaciones de lirio acuático (*Eichhornia crassipes*) y arena.

En esta etapa se determinaron las propiedades físicas, químicas y biológicas de las proporciones de arena y lirio acuático sometido a una degradación de 30 días.

a) *Propiedades físicas*

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

- **Contenido de materia seca (%Ms)**

Se registraron los datos de materia fresca (MF), luego de secado el sustrato en horno durante 24 horas a 105°C, lo cual permitió calcular la humedad del sustrato. Un sustrato

demasiado seco puede ser difícil de rehumedecer, un sustrato demasiado húmedo es más pesado de transportar (Koranski, 2004).

$$\text{PH} = \frac{\text{PH} - \text{PS}}{\text{PH}} * 100 \quad 100 - \text{PH} = \text{PS}$$

PH= Peso húmedo del sustrato

PS= Peso seco del sustrato

- **Contenido de agua**

La humedad en peso referida al material húmedo (Hmf) es la razón entre la masa de agua y la masa del material húmedo. La humedad en peso referida al material seco (Hm) es la razón entre la masa de agua y la masa del material seco (Cordón, 1991).

CDA= Espacio poroso – Agua fácilmente disponible

- **Humedad volumétrica (% Hvol)**

Es la razón entre el volumen de agua y el volumen total aparente del sustrato. Esta manera de expresar el contenido de humedad presenta la ventaja de dar una idea más concreta de la cantidad de agua retenida por el material referido al volumen ocupado por este material en un contenedor para cultivo (Koranski, 2004).

$$\text{Hvol} = \frac{V_a}{V_s} * 100$$

Siendo:

Hvol: Humedad volumétrica expresada en porcentaje

Va: Volumen de agua

Vs: Volumen total del sustrato

- **Densidad aparente (Da)**

La densidad aparente se define como la masa seca del material sólido por unidad de volumen aparente del sustrato seco, incluyendo el espacio poroso entre las partículas. La medición se efectuó pesando una probeta graduada de 100 ml llena del sustrato; luego de haber pesado la probeta vacía (tara T), se llenó con 100 ml de muestra, luego se pesó la probeta (P) (Koranski, 2004).

$$Da = \frac{(P-T)}{V}$$

V

Siendo:

Da = Densidad aparente del sustrato (gr/cm³)

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

T = Tara (peso de la probeta vacía).

V = Volumen de la probeta (250 ml)

- **Espacio poroso total (EPT)**

Se define como la cuantificación del espacio ocupado por poros en un sustrato y también se denomina espacio de poros, espacio poroso o espacio vacío. Normalmente se expresa como porcentaje respecto al volumen aparente del suelo. Para calcularlo se aplicó agua con una probeta graduada de 50 ml a la probeta llena de sustrato que se utilizó en el cálculo de la densidad aparente, hasta que todos los espacios porosos fueron llenados. Se anotó el volumen de agua requerido, esto equivale al % de porosidad (Cordón, 1991).

- **Agua fácilmente disponible (AFD)**

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

saturado contenido en una probeta de 100ml que se utilizó para el cálculo del espacio poroso sobre un papel absorbente y se dejó que el agua filtrara libremente. Después de filtrado, se volvió a pesar la probeta más el sustrato. Se restó (peso del sustrato - tara) al peso de la probeta más el sustrato después de filtrado. Esta diferencia es igual al agua fácilmente disponible (Cordón, 1991).

AFD= (Probeta + sustrato filtrado) – (probeta + sustrato- tara)

Hvol = Agua absorbida del sustrato/ peso neto del sustrato * 100

Agua absorbida del sustrato = (Probeta + sustrato filtrado) – (tara)

Peso neto del sustrato = (Tara + sustrato) – (tara)

- **Capacidad de aireación (CDA)**

Se define como la proporción del volumen del sustrato de cultivo que contiene aire, después de que dicho sustrato ha sido saturado con agua y dejado drenar, usualmente a 10 cm de tensión de columna de agua. Se consideran valores óptimos aquellos entre 20 y 30% del volumen. Se restó el agua retenida a capacidad de campo del espacio poroso total. Esto equivale a espacio con capacidad de aireación (Cordón, 1991).

CDA= (Espacio poroso)- (Agua fácilmente disponible)

- **Mojabilidad (M)**

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

El tiempo de mojabilidad se determinó de la siguiente manera: Se secaron 10g del sustrato a 40°C. Se les aplicó 10 ml de agua destilada, determinando con cronómetro el tiempo que tardó en absorber dicha agua (Cordón, 1991).

b) Propiedades químicas

El sustrato fue enviado para su análisis químico al laboratorio de Suelo y Agua “Salvador Castillo Orellana” de la Facultad de Agronomía.

c) Propiedades biológicas del sustrato

- **Fitotoxicidad (Bioensayo)**

Los ensayos biológicos o bioensayos, se basan en índices de germinación y comúnmente son usados como indicadores de salinidad o presencia de compuestos tóxicos como polifenoles.

Se obtuvo un extracto acuoso mezclando sustrato y agua destilada en proporción 1:10, se agitó durante 30 minutos y luego se centrifugó a 5.000 rpm por 15 minutos, finalmente se filtró el sobrenadante (Rojas, 2005).

En una placa Petri de 9 cm de diámetro se colocó un disco de papel filtro, sobre éste se distribuyeron 20 semillas de especies forestales y se adicionaron 10 ml del extracto acuoso filtrado. Las placas permanecieron durante 96 h en cámara de germinación oscura; finalmente se calculó el índice de germinación mediante las siguientes fórmulas (Tiquia, 2000).

$$GR = \frac{\text{No. de semillas germinadas en el extracto}}{\text{No. de semillas germinadas en el testigo}} * 100$$

$$ER = \frac{\text{Elongacion (mm) de radículas en el extracto}}{\text{Elongacion (mm) de radículas en el testigo}} * 100$$

$$IG = \frac{GR * ER}{100}$$

Donde:

GR: Porcentaje de Germinación Relativo.

ER: Crecimiento de Radícula Relativo.

IG: Índice de Germinación

2.6.2.3 ETAPA DE INVERNADERO

Evaluación del efecto de seis combinaciones de arena y residuos de lirio acuático proveniente del lago de Amatitlán en la producción de plántulas de especies forestales

La evaluación se realizó durante los meses de julio a octubre en un invernadero propiedad de la Facultad de Agronomía.

2.6.3 TRATAMIENTOS EVALUADOS

Los tratamientos a evaluar fueron las combinaciones de sustrato elaborado a base de residuos de lirio acuático del lago de Amatitlán sometidos a 30 días de compostaje y sus proporciones en mezclada con arena. Como sustrato control se incluyó, un tratamiento con turba rubia de Sphagnum (sustrato comercial KIASMANN TS1). La composición de los sustratos se realizó en base a volumen (Volúmen/Volúmen), utilizando una cubeta plástica con capacidad de 20 litros.

El cuadro 6 recoge en la primera columna el número de tratamiento evaluado, en la segunda la nomenclatura que se utilizó para definir cada una de las combinaciones y en la tercera la composición de cada una de ellas en porcentaje.

Cuadro 6. Composición volumétrica de las combinaciones de sustratos.

No. de Tratamiento	Nomenclatura	Mezcla (% en volumen)
1	Testigo	Turba de Sphagnum
2	La95:Ar5	Lirio Acuático 95%-Arena 5%
3	La90:Ar10	Lirio Acuático 90%-Arena 10%
4	La85:Ar15	Lirio Acuático 85%-Arena 15%
5	La80:Ar20	Lirio Acuático 80%-Arena 20%
6	La75:Ar25	Lirio Acuático 75%-Arena 25%

2.6.4 UNIDAD EXPERIMENTAL

La unidad experimental fue formada por 40 plántulas ubicadas en una bandeja de poliestireno. Se estableció una unidad experimental por bandeja. Los tratamientos se distribuyeron en el invernadero, buscando la uniformidad de los mismos y que todos fueran evaluados bajo las mismas condiciones.

2.6.5 DISEÑO EXPERIMENTAL

Se utilizó un diseño completamente al azar utilizando 5 repeticiones con 6 tratamientos, 5 tratamientos consistieron en sustratos elaborados a base de lirio acuático proveniente del lago de Amatlán y un tratamiento testigo o control (turba de Sphagnum) constituyendo los 6 tratamientos para un total 30 unidades experimentales.

Se utilizó este diseño debido a la uniformidad de las condiciones con ausencia de gradientes de variación que afectaran el experimento debido a que el mismo se llevará a cabo bajo condiciones de invernadero.

Modelo Estadístico

$$Y_{ij} = \mu + \tau_i + \epsilon_{ij}$$

Donde:

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

μ = Media general de las variables de respuesta

τ_i = Efecto del i-ésima proporsion de Hydrilla y perlita sobre las variables respuesta.

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

2.6.6 ANÁLISIS ECONÓMICO

Comparar económicamente los sustratos elaborados con residuos de lirio acuático (*Eichhornia crassipes*) proveniente del lago de Amatlán y arena, con la turba de Sphagnum

El análisis se realizó examinando los costos en los cuales se incurrió para la elaboración de los sustratos, examinado también los ingresos, asumiendo estos en el

ingreso que se pudo generar con la venta de las plántulas de cada unidad experimental, basándose para ello en los precios por plántulas (según la variedad) del almácigo “La Vega” al momento de culminar la evaluación. Este análisis se realizó con el cálculo de los siguientes indicadores:

$$R = \left(\frac{IN}{CT} \right) * 100$$

Donde:

R = Rentabilidad

IN = Ingreso Neto= ingreso bruto - costos totales

CT = Costos Totales= costos fijos + costos variables

$$B/C = \frac{IB}{CT}$$

Donde:

B/C =Relación beneficio costo

IB= Ingreso bruto CT= Costo total

2.6.7 VARIABLES DE RESPUESTA

2.6.7.1 VARIABLES DE RESPUESTA EN LA CARACTERIZACIÓN FÍSICA, QUÍMICA Y BIOLÓGICA DE LOS SUSTRATOS

Las variables respuesta para la caracterización se obtuvieron según la metodología descrita y desarrollada en laboratorio, estas fueron:

a) Caracterización física

Materia seca (%)

Densidad aparente (gr/cm³)

Contenido de Agua (% vol.)

Porosidad (% vol.)

Agua fácilmente disponible (% vol.)

Capacidad de aireación (% vol.)

Mojabilidad (min)

b) Caracterización química

Nutrientes disponibles (ppm)

pH

Relación C/N

Materia orgánica (%)

c) Caracterización biológica

Índice de germinación de semillas

2.6.7.2 VARIABLES RESPUESTA EN LA ETAPA DE PRODUCCIÓN DE PLÁNTULAS DE ESPECIES FORESTALES

a) Porcentaje de germinación (%)

En cada uno de los tratamientos, se observó el porcentaje de semillas germinadas a los 15 días después de la siembra. Este se determinó utilizando la siguiente ecuación.

$$PG = \frac{(PHCD) * 100}{NSS}$$

Donde:

PG= Porcentaje de germinación

PHCD= Plantulas con las hojas cotiledonales totalmente desplegadas

NSS= Numero de semillas sembradas

b) Altura de plántulas (cm)

A 40 plántulas de cada unidad experimental, se les midió con una regla graduada desde la superficie del sustrato hasta el ápice de la plántula. Esta variable se tomó a los 60 días después de la siembra, momento en el cuál la plántula está lista para el traslado al campo definitivo.

c) *Diámetro en la base del tallo (cm)*

Se registró el diámetro en la base del tallo a 40 plántulas de cada unidad experimental a los 60 días después de la siembra.

2.6.7.3 *VARIABLES RESPUESTA EN LA COMPARACIÓN ECONÓMICA DE LOS SUSTRATOS*

Las variables respuesta para el análisis económico se basaron en los indicadores siguientes:

Rentabilidad de sustratos (%)

Relación beneficio costo

2.6.8 MANEJO AGRONÓMICO DEL EXPERIMENTO

2.6.8.1 *TECNOLOGÍA DE PRODUCCIÓN DEL CULTIVO*

La tecnología utilizada fue de producción bajo condiciones protegidas, con riego manual por aspersión.

2.6.8.2 *ORIGEN Y PREPARACIÓN DEL MATERIAL DE SIEMBRA*

La adquisición de la semilla de cedro *Cedrella odorata* (85% poder germinativo) se realizó en la empresa Semillas de Exportación S.A. garantizando de este modo su origen y calidad.

2.6.8.3 *PREPARACIÓN DE LOS SUSTRATOS*

La preparación de los sustratos se realizó manualmente, antes del llenado de las bandejas se humedeció con agua para mejorar la consistencia, ya que los sustratos orgánicos inicialmente tienen una baja capacidad de retención de humedad. Con esto se proporcionó la humedad adecuada para que la semilla inicie su proceso de germinación.

2.6.8.4 *LLENADO DE BANDEJAS*

Se utilizaron bandejas de poliestireno de 40 celdas, las cuales fueron llenadas manualmente con las diferentes combinaciones según el tratamiento, tomando el material y depositándolo en las celdas de las bandejas. Las celdas no se llenaron en su totalidad, dejando aproximadamente 0.5 cm libres en la parte superior para colocar la semilla.

2.6.8.5 SIEMBRA

La siembra se realizó manualmente colocando cada semilla en el centro de la celda a una profundidad aproximada de 0.5 cm de la superficie de la bandeja, después las semillas fueron cubiertas con una ligera capa del mismo sustrato, luego trasladadas al invernadero para darle los cuidados necesarios (riego, fertilización, etc.) durante los 60 días que el cultivo necesita para el trasplante.

2.6.8.6 RIEGO DE BANDEJAS

Se efectuó un riego inicial de fondo el cual consistió en aplicar agua con una manguera, a esta se le acopló en el extremo una boquilla similar a la de una ducha efectuando el riego hasta saturar el sustrato, siendo indicativo de saturación el drenaje de agua por debajo de las bandejas, con ello se aseguró la humedad del sustrato. Los riegos consecutivos se efectuaron de forma manual normalmente 3 veces por semana (entre 8:00 y 13:00 horas), por lo que fue necesario un constante monitoreo de las unidades experimentales.

2.6.8.7 FERTILIZACIÓN

Se utilizaron fertilizantes hidrosoluble (en estado físico de cristales sólido) para ello se utilizó un plan de fertilización para la especie.

La aplicación se realizó aplicando Nitrofoska Foliar (10N-4P₂O₅-7K₂O-0.2MgO y 0.8 de Azufre), las aplicaciones se realizaron a los 22, 37, 45 y 60 días después de siembra. La dosis aplicada fue de 2000 ppm en 0.5 l de agua (solución madre) diluida en 12 litros de agua para el total de 30 bandejas (30 u.e.).

2.6.9 ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN

A los datos obtenidos se les realizó un análisis simple completamente al azar para todos los tratamientos, estableciendo las diferencias independientemente entre los tratamientos y el testigo.

De acuerdo al diseño se realizó un análisis de varianza con 95% de confiabilidad, utilizando el paquete estadístico InfoStat® para las variables respuesta en la producción de plántulas de especies forestales: porcentaje de germinación (%), altura de plántula (cm), diámetro de tallo (cm).

Para las variables analizadas estadísticamente y que presentaron diferencias significativas se efectuó una prueba de medias Tukey con 5% de significancia (InfoStat®).

Las variables correspondientes a la caracterización física, química y biológica de los sustratos se analizaron comparativamente con los rangos medios recomendados, los cuales son considerados los niveles estándar óptimos.

Finalmente se realizó un análisis económico de los sustratos en función de la rentabilidad y la relación Beneficio-Costo

2.7 RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Se presentan a continuación los resultados obtenidos en la evaluación agronómica de lirio acuático (*Eichhornia crassipes*) como sustrato alternativo para la producción de plántulas forestales, realizada en sus diferentes etapas, tanto en el laboratorio de análisis de suelo yagua y el Centro Experimental Docente de la Facultad de Agronomía, durante el periodo de febrero a noviembre de 2011.

Los resultados obtenidos se analizaron en el orden siguiente: en primer lugar se presentan las propiedades físicas, químicas y biológicas de los sustratos; seguidamente se analizan los resultados de la producción de plántulas, y por último se muestran los indicadores económicos para establecer la factibilidad de producir plántulas en los sustratos de cultivo ensayados.

2.7.1 CARACTERIZACIÓN DE LAS PRINCIPALES PROPIEDADES FÍSICAS DE CINCO COMBINACIONES DE LIRIO ACUÁTICO (*EICHHORNIA CRASSIPES*) Y ARENA

Los valores presentes en el cuadro 7, muestran también un incremento en la densidad aparente de los sustratos, lo que es indicativo de una mayor mineralización cuanto mayores el tiempo de degradación con lo cual se esperaría un aumento en los valores de porosidad ocurriendo lo contrario, esto puede deberse a una porosidad intraparticular abierta que se refiere a poros situados en el interior de las partículas del sustrato los cuales difícilmente pueden cuantificarse pero que si influyen sobre la distribución del agua fácilmente disponible y de la capacidad de aireación en el sustrato. Esto pone de manifiesto que una alta porosidad total no indica por sí misma una buena estructura del sustrato, sino que la relación que existe entre la fracción de la porosidad que proporciona el agua y aquella que proporciona la aireación.

Cuadro 7. Propiedades físicas de los sustratos evaluados en el ensayo con 30 días de degradación con proporciones mezcladas de arena

Tratamientos	Ms	CAh	Hvol	Da	EPT	AFD	CDA	M
	(%)	(%)	(%)	(gr/cc)	(% vol.)	(% vol.)	(% vol.)	(minutos)
Test.-Turba Rubia	30.1	69.9	67.2	0.2	90	67.2	22.8	4.51
5% Arena-95%Lirio	100	98	63	0.05	54	59	25.7	2.13
10%Arena-90%Lirio	99	96	55	0.06	64	47	26.3	2.01
15%Arena-85%Lirio	98	86	50	0.07	67	43	27.8	1.76
20%Arena-80%Lirio	64	77	45	0.09	76	40	29.1	1.56
25%Arena-75%Lirio	34	67	37	0.12	86	39	36.2	1.35
Niveles	20-30	55-65	24-40	0.15-0.5	>85	20-30	20-30	<5
óptimos *								

* Fuentes: Koranski, DS. 2004, Cadahia, L. 2005

Las propiedades físicas del tratamiento control turba de *Sphagnum* que recoge el cuadro 7, se encuentran dentro de los niveles óptimos recomendados. Sobresale su altoespacio poroso total y su baja densidad aparente, así como también su alta disponibilidadde agua. Posee una aireación adecuada lo cual indica que la mayoría de sus poros estánbien distribuidos en capilares y no capilares. Su mojabilidad es lenta pero adecuada estopuede estar atribuido a su estructura fibrosa y alta presencia de partículas finas lo quepuede aumentar el área superficial de contacto con el agua tardando más tiempo enhumectarse.

A manera general y según los valores de las propiedades agua fácilmente disponible(AFD) y capacidad de aireación (CDA) las cuales dependen del espacio poroso total (EPT)ambas están muy relacionadas, por lo que si la capacidad de aireación aumenta el aguadisponible disminuye, esto por efecto de la arena en el sustrato.

Los valores de AFD en todos los tratamientos superan losniveles óptimos, mientras que losvalores de CDA normalmente están dentro de los niveles óptimos, presentándosemejores cuando el contenido de arena en la mezcla es mayor.

Esto lleva a percibir que si se requiere aireación, debe de usarse el mayor porcentaje de arena, ahora bien si se quiere que el agua disponible sea mayor, debe de usarse el menor o cero porcentaje de arena en la mezcla. Esto puede definirse según la respuesta del cultivo. Por lo que las propiedades físicas son apenas uno de los factores que definen el éxito de un sustrato.

Todos los tratamientos se comportaron de manera similar en sus propiedades físicas, por lo que puede utilizarse cualquiera, esto no garantiza que se observen resultados iguales o parecidos cuando sean sometidos como medio de cultivo, debido a que un buen sustrato varía en cada caso de acuerdo con numerosos factores como la especie cultivada, condiciones climáticas, tamaño y forma de la bandeja, programas de riego y fertilización etc. Asumiendo al sustrato y sus propiedades físicas como un elemento más del complejo agroecosistema hortícola.

Por lo tanto el comportamiento de las propiedades físicas de un determinado material son factores que deben de tomarse en cuenta al momento de su elección.

Los residuos de lirio acuático son material potencial que pueden utilizarse como sustrato para la producción de plántulas forestales, siempre y cuando se mejoren sus propiedades principalmente físicas y entre ellas su capacidad de aireación utilizando materiales como la arena, aunque esto conlleve realizar riegos más frecuentes. Además es un residuo con alta disponibilidad por lo que producir sustratos en elevadas cantidades puede contribuir a reducir significativamente los costos finales por pilón.

2.7.2 CARACTERIZACIÓN DE LAS PRINCIPALES PROPIEDADES QUÍMICAS DEL SUSTRATO A BASE DE LIRIO ACUÁTICO (*EICHHORNIA CRASSIPES*)

La caracterización química se realizó únicamente para el material descompuesto de lirio acuático, puesto que el material secundario (arena) se asumió como material inerte. Según Bunt, 1988 la arena es un material inerte que no se descompone biológica ni

químicamente, aludiendo así su efecto únicamente en las propiedades físicas de las mezclas.

Con relación al pH (cuadro 8) el sustrato presenta un valor superior a 7.0, Esto es importante, ya que la mayoría de los nutrientes mantienen su máximo nivel de asimilabilidad en pH entre 5.0 y 6.5. Este comportamiento puede deberse al origen calcáreo de los sedimentos acuáticos donde crece el lirio acuático y a la presencia en el material extraído de restos de caracoles, conchas y peces conformada su estructura principalmente por calcio.

El pH del tratamiento control se encuentra en los rangos adecuados, sin embargo el pH alcalino del sustrato a base de lirio acuático no tiene efecto negativo sobre la germinación y desarrollo de las plantas, esto puede corresponder a la naturaleza orgánica de los sustratos presentando una mayor capacidad tampón.

La conductividad eléctrica según los valores óptimos recomendados, se encuentra en el nivel óptimo para sustrato, ya que presenta valores bajos de sales, esto puede estar relacionado con los altos contenidos de agua fácilmente disponible, y a la presencia de macroporos que permiten el lavado.

Cuadro 8. Valores de pH, y conductividad eléctrica (CE, dS/ m) del sustrato a base de lirio acuático y sin mezcla con arena evaluados en el ensayo de plántulas forestales.

Sustrato	pH	μS/cm
		C.E.
Lirio Acuático	8.7	18.4
Valores óptimos*	5.2-6.3	7.5-34.9

*Fuente: Masaguer, A. 2006

El cuadro 9 muestra las concentraciones de elementos mayores disponibles en el sustrato a base de lirio acuático (*Eichhornia crassipes*) con 30 días de descomposición. Presentan concentraciones bajas, a excepción del fósforo. Esto hace evidente la poca disponibilidad de nutrientes, haciendo indispensable procesos de fertilización.

Cuadro 9. Concentración de nutrientes mayores disponibles expresada en ppm y meq/100gr, del sustrato a base de lirio acuático.

Sustrato	Ppm		Meq/100gr	
	P	K	Ca	Mg
Lirio Acuático	47	54.5	18.72	7.3
Rango	6-10	150-249	>200	>70
Medio*				

*Fuente: Masaguer, A. 2006

Los niveles de nutrientes menores presentados en el cuadro 10, se encuentra entre el rango óptimo el Cu, el resto de elementos menores presenta concentraciones muy por encima de los niveles óptimos. Se distinguen los altos valores de manganeso con concentración de 375 ppm, esto puede estar relacionado al origen del material debido a que proviene de aguas confondos marinos de origen calcáreo.

Cuadro 10. Concentración de elemento menores presentes en el sustrato (en ppm).

Sustrato	Ppm			
	Cu	Zn	Fe	Mn
Lirio Acuático	0.5	22.5	9	375
Niveles óptimos*	0-001-0.5	0.3-3	0.3-3	0.02-3

*Fuente: Abad et al, (1993)

El contenido de materia orgánica M.O., nitrógeno total y la relación carbono nitrógeno (cuadro 11) están por debajo de los niveles óptimos.

Cuadro 11. Porcentaje de materia orgánica (M.O.), nitrógeno total (N) y relación carbono nitrógeno presentes en el sustrato a base de lirio acuático.

Sustrato	M.O.	N	C/N
	(%)	(%)	
Lirio Acuático	7	0.5	12:01
Niveles óptimos*	50-60	01-02	20-40

* Fuente: Abad et al, (1993)

Las propiedades químicas no requieren la mayor atención en un medio o sustrato, puesto que estas pueden modificarse o mejorarse una vez establecido el cultivo en las bandejas, cosa que es imposible para las propiedades físicas, por lo cual puede asumirse que las propiedades físicas definen con mayor certeza el éxito de cultivos en bandejas u otros contenedores aunado al correcto manejo de factores como la especie cultivada y riego entre otros.

2.7.3 CARACTERIZACIÓN BIOLÓGICA DEL SUSTRATO A BASE DE LIRIO ACUÁTICO (*EICHHORNIA CRASSIPES*)

La caracterización biológica también se realizó únicamente para los restos de lirio acuático, puesto que el material secundario (arena) se asumió como material inerte, que no se descompone biológicamente.

Los bioensayos, se realizaron para establecer el efecto de sustancias fitotóxicas osalinidad en los sustratos que puedan inhibir la germinación y/o el desarrollo adecuado de las semillas de cedro.

Según Emino y Warman (2004) valores de IG (índices de germinación) inferiores a 50% indican una alta fitotoxicidad del material; IG entre 50% y 80% indican fitotoxicidad moderada y valores superiores a 80% el material no presenta fitotoxicidad.

Si se consideran los IG de las semillas de cedro obtenidos en el extracto de saturación 1:10, los residuos de lirio acuático degradados en 30 días no presentaron compuestos fitotóxicos (cuadro 12).

Cuadro 12. Índice de germinación (IG) de semillas de cedro, para determinar efectos fitotóxicos en los residuos de lirio acuático.

SUSTRATO	No. Semillas	Elongación de	GR	ER	IG
	Germinadas	radículas (mm)	(%)	(%)	
LIRIO ACUÁTICO	93/100	9	93	90	83.7

GR: Porcentaje de germinación relativo; ER: Crecimiento de radícula relativo; IG: Índice de germinación.

2.7.4 EVALUACIÓN DEL EFECTO DE CINCO COMBINACIONES DE ARENA Y RESIDUOS DE LIRIO ACUÁTICO (*EICHHORNIA CRASSIPES*) SOMETIDA A 30 DÍAS DE DEGRADACIÓN EN LA PRODUCCIÓN DE PLÁNTULAS DE CEDRO

Después de analizar el comportamiento físico, químico y biológico del sustrato ensayado, se estudió la respuesta del cultivo de cedro a las diferentes combinaciones como medios de cultivo midiendo el comportamiento de las variables, de forma que se pudo establecer diferencias según el crecimiento vegetativo desarrollado con cada una de las combinaciones.

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

a) Porcentaje de germinación (%)

El porcentaje de germinación, se estimó a partir del día 12 hasta el día 24 después de la siembra (DDS).

Los sustratos elaborados con diferentes combinaciones de residuos de lirio acuático y arena mostraron variabilidad con respecto al tratamiento control, durante las primeras

tresevaluaciones realizadas (12, 14, 16 DDS), en los cuales la germinación se presentó de forma acelerada.

En la primera evaluación 12 DDS el porcentaje de germinación, no tuvo diferencias estadísticas entre tratamientos, lo cual podría atribuirse a las características físico-químicas de ambos sustratos, dentro de las que destacan su alta retención de humedad, elevada porosidad y reducida conductividad eléctrica. En esta misma evaluación dentro de los sustratos a base de lirio acuático el T6 (25%Arena-75%Lirio) presentó junto con el tratamiento testigo (turba rubia) el porcentaje de germinación más alto.

A medida que avanzó el experimento la diferencia entre el porcentaje de germinación obtenido en la turba y los demás sustratos utilizados fue haciéndose más notoria (Cuadro 13).

El retraso en el inicio de la germinación parece estar relacionado a la mayor compactación de los sustratos presentada en los menores contenidos de arena en la mezcla, mientras que la conductividad eléctrica (CE) y otras propiedades químicas no tuvieron un efecto significativo en este retraso.

El T2 (5%Arena-95%Lirio) fue el que menor porcentaje de germinación reportó, esto se vio marcado por una velocidad inicial de germinación muy lenta mantenida en el tiempo, esto puede apreciarse en la figura 8 de las curvas de germinación, atribuyéndose a la alta compactación que presentó el sustrato, a la baja capacidad de aireación o al alto contenido de humedad del sustrato.

Cuadro 13. Efecto de los sustratos de producción sobre el porcentaje de germinación acumulada en plántulas de Cedro.

Sustrato	Días Después de la Siembra						
	12	14	16	18	20	22	24
Testigo-Turba Rubia	45 a	56 a	65 a	65 a	68 a	68 a	68 a
25%Arena-75%Lirio	45 a	54 a	55 ab	55 ab	63 a	64 a	64 a
20%Arena-80%Lirio	44 a	45 ab	48 cd	48 cd	49 ab	49 a	50 a
15%Arena-85%Lirio	40 ab	43 ab	43 cd	43 d	43 cd	45 a	48 a
10%Arena-90%Lirio	32 cd	32 cd	33 d	34 d	34 d	34 ab	34 ab
5% Arena-95%Lirio	28 cd	28 cd	28 d	29 d	32 d	32 ab	32 ab

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

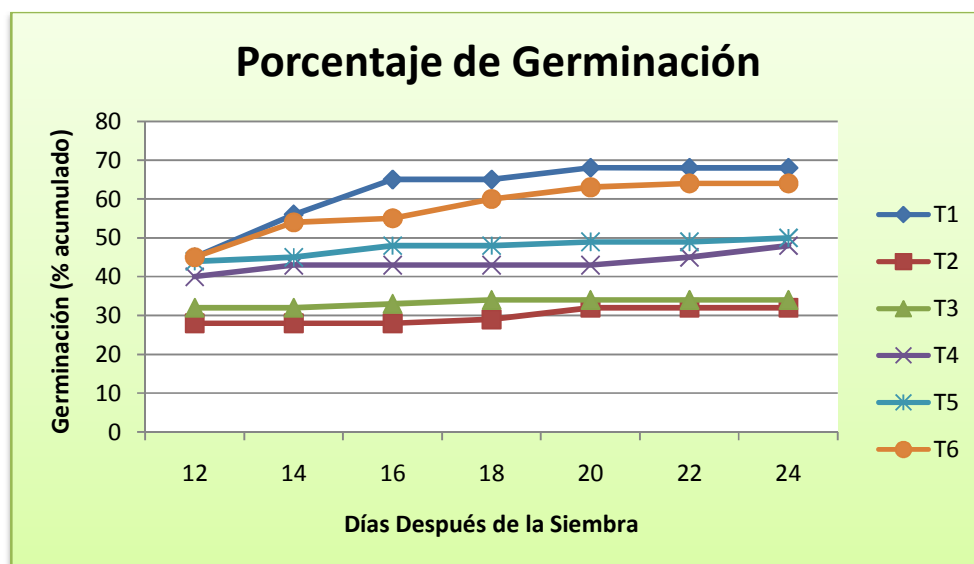


Figura 8. Efecto de los sustratos en producción sobre el porcentaje de germinación acumulada en plántulas de Cedro.

b) Altura del la planta (cm)

Para esta variable puede notarse que un tratamiento presenta resultados sin diferencia estadística con la turba o control, siendo éste el tratamiento con 25% de arena y 75% de lirio acuático. Los sustratos elaborados con menores cantidades de arena en su mezcla presentan los valores de altura más bajos, puede deberse a que en el transcurso del desarrollo de la plántula y con la humedad que estos sustratos mantienen se inicia el proceso de compactación dentro de las celdas de la bandeja, este proceso va eliminando el agua fácilmente disponible y disminuyendo los nutrientes y el oxígeno, impidiendo el desarrollo adecuado de la plántula.

c) Diámetro en la base del tallo (cm)

La prueba múltiple de medias establece como los peores tratamientos a T2 (5%arena-95%lirio), T3(10%arena-90%lirio). Puede notarse que para un diámetro que se encuentre alrededor de 0.30 cm es importante un sustrato con residuos degradados. Los diámetros más bajos se obtienen con aquellos tratamientos que contienen baja

proporción de arena, atribuyéndose el poco desarrollo en diámetro al proceso de compactación de los sustratos. Para el diámetro, los mejores tratamientos fueron T1 (turba rubia), T6 (25%arena-75%lirio), seguidos por T5 (20%arena-80%lirio), T4 (15%arena-85%lirio), siendo valores muy cercanos a los primeros.

d) Largo de raíz (cm)

El comportamiento de esta variable se presenta con similitud a las variables anteriores. Presentando los sustratos con menores cantidades de arena en su mezcla una alta compactación y por ende un reducido crecimiento radicular como puede apreciarse en el cuadro 14.

Siendo T6 (25%arena-75%lirio), el tratamiento que presentó una elongación radicular similar estadísticamente a la presentada por el tratamiento testigo (turba rubia).

Cuadro 14. Efecto de los tratamientos sobre la altura (cm), raíz (cm) y diámetro en la base del tallo (cm), en plántulas de cedro.

Tratamiento	Altura de	Largo raíz	Diámetro
	plántulas (cm)	(cm)	(cm)
5% Arena-95%Lirio	1.30 A	1.02 A	0.05 A
10%Arena-90%Lirio	1.95 B	1.48 AB	0.07 AB
15%Arena-85%Lirio	2.65 BC	2.31 BC	0.11 BC
20%Arena-80%Lirio	3.18 BC	2.59 BC	0.11 BC
25%Arena-75%Lirio	3.83 C	2.73 C	0.14 C
Testigo-Turba Rubia	5.67 D	5.61 C	0.26 D

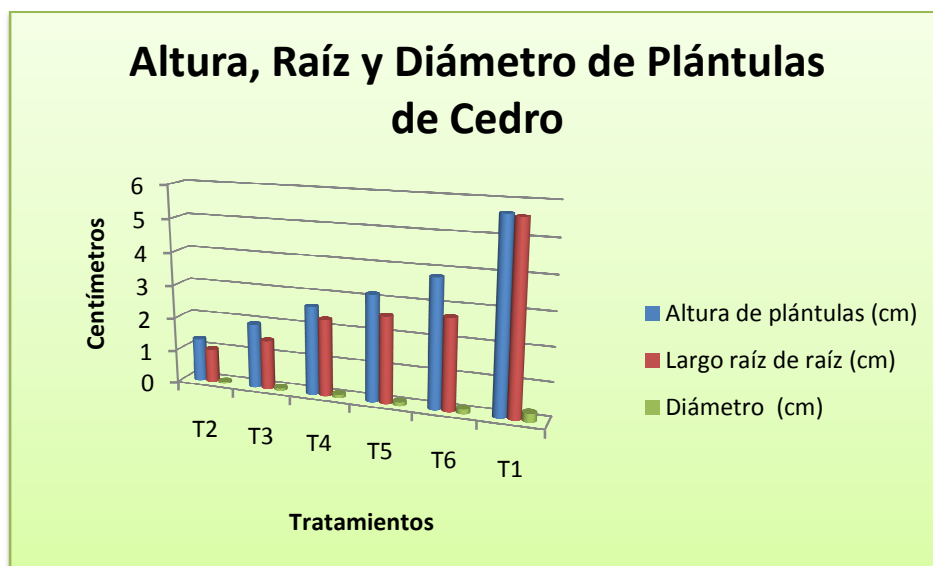


Figura 9. Efecto de los sustratos sobre la altura, largo de raíz y diámetro en plántulas de cedro.

2.7.5 ANÁLISIS ECONÓMICO: ESTIMACIÓN DEL COSTO DE ELABORACIÓN POR KILÓGRAMO DE SUSTRATO A BASE DE LIRIO ACUÁTICO

El análisis económico de los sustratos se estimó mediante un cuadro de costos de producción para la cantidad de sustrato utilizada en la realización del ensayo, esto con el objeto de calcular los indicadores de rentabilidad y relación beneficio costo, los cuales requieren de ingresos mismos que se asumieron de la venta de los sustratos elaborados para el ensayo. En el cuadro 15 se detalla cada uno de los costos efectuados para elaborar el sustrato.

Cuadro 15. Costo de producción en quetzales estimado para la elaboración de sustrato a base de lirio acuático.

CONCEPTO	UNIDAD DE MEDIDA	CANTIDAD	PRECIO		
			UNITARIO	SUB-TOTALES	TOTAL
			(Q.)	(Q.)	(Q.)
I. Costos Directos					262.05
1. Combustible					
a. Traslado de Lirio Acuático	Galón	5	32.41	162.05	
2. Renta de Instalaciones y Equipo					
a. Retroexcavadora	Horas	2	50	100	
3. Mano de Obra					450
a. Traslado de Lirio Acuático	Jornal	1	50	50	
b. Secado	Jornal	1	50	50	
c. Picado	Jornal	3	50	150	
d. Compostaje	Jornal	4	50	200	
				COSTO TOTAL	Q. 712.05

Con un tiempo de degradación de 30 días, se obtuvieron 602 kg de sustrato para los distintos tratamientos. En el cuadro 16, se detalla el costo total en quetzales por kilogramo de sustrato elaborado a base de lirio acuático.

Cuadro 16. Costo en quetzales estimado por kilogramo de sustrato elaborado.

COSTO TOTAL DE ELABORACIÓN (Q.)	712.05
CANTIDAD TOTAL DE SUSTRATO (Kg)	602
COSTO POR KILOGRAMO (Q.)	1.18

Debido a que las mezclas se realizaron en base a volumen/volumen se estimó que un kilogramo de sustrato equivale a 1.8 litros. Por lo tanto el costo estimado por litro de sustrato fue de Q.0.65, mientras que un litro de sustrato de turba de *Sphagnum* tiene un costo de Q1.20 existiendo una diferencia de Q.0.55. Es decir que un litro de turba es Q.0.51 más costoso que un litro de sustrato a base de *Hydrilla*.

El costo por litro de turba se estimó según el precio de una paca de 5 pies cúbicos, equivalentes a 141.6 litros con un costo de Q170.00 a la fecha de terminar el ensayo.

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

Cuadro 17. Ingresos brutos estimados por la venta de los sustratos a base de lirio acuático.

DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	TOTAL DE
DEL PRODUCTO	LITROS	VENTA (Q./lt)	INGRESOS
Sustrato a base de Lirio Acuático	1083.6	1	1083.6

Cuadro 18. Estimación de los indicadores rentabilidad y relación beneficio/costo para los sustratos elaborados a base de lirio acuático.

INGRESO BRUTO	1083.6
COSTOS TOTALES	Q.712.05
INGRESO NETO	Q.371.55

RENTABILIDAD	RELACIÓN B/C
52.18%	1.52

El valor de la rentabilidad calculada es razonable, debido a que se considera un mínimo de 30% como valor adecuado para que un proyecto sea factible. La relación beneficio/costo supera la unidad, lo cual indica que se obtienen beneficios con la utilización de este material, indicando que se obtienen 52 centavos de utilidad por cada quetzal que invertido en elaborar un sustrato a base de lirio acuático.

Aparte de la utilidad que puede obtenerse al utilizar residuos de lirio acuático como sustrato, los beneficios sociales y ambientales que se obtienen son de mayor importancia e impacto, por lo que se considera que al utilizar materiales locales alternativos que puedan sustituir gradualmente a la turba es totalmente posible.

2.8 CONCLUSIONES

1. Las cinco combinaciones de residuos de lirio acuático (*Eichhornia crassipes*) y arena presentaron propiedades físicas, químicas y biológicas muy parecidas entre sí, destacándose a manera general los residuos combinados en proporción 75% y 25% respectivamente (T6), siendo este sustrato el que presentó mayor similitud con la turba de *Sphagnum*.
2. En relación al efecto de las cinco combinaciones de lirio acuático (*Eichhornia crassipes*) y arena en la producción de plántulas de cedro, el tratamiento que presentó mayor producción de plántulas con características similares a la turba de *Sphagnum* en la mayoría de variables medidas, fue el sustrato combinado con 25% de arena (T6), siendo el mejor en las tres variables evaluadas durante el crecimiento vegetativo del cultivo.
3. Económicamente todos los sustratos elaborados a base de lirio acuático (*Eichhornia crassipes*) son cincuenta y dos centavos más baratos por cada litro, que la turba comercial de *Sphagnum*, por lo cual puede utilizarse como sustrato alternativo cualquiera de ellos obteniéndose mejores plántulas de cedro en el sustrato combinado con 25% de arena (T6).
4. Según los tratamientos evaluados y bajo las condiciones y metodología utilizadas, el mejor sustrato para sustituir a la turba fue la combinación de lirio acuático (*Eichhornia crassipes*) y arena en proporciones 75% Lirio y 25% arena.

2.9 RECOMENDACIONES

1. Se recomienda evaluar porcentajes mayores al 25% de arena para determinar el efecto en la disminución de la compactación y retención de humedad de los sustratos elaborados con residuos de lirio acuático (*Eichhornia crassipes*).
2. Es recomendable evaluar el uso de sustratos a base de residuos de lirio acuático (*Eichhornia crassipes*) y arena en cultivos hortícolas.
3. Se recomienda evaluar diferentes frecuencias de riego sobre las combinaciones de estos sustratos para determinar efectos de desecación o exceso de humedad.

2.10 BIBLIOGRAFÍA

1. Abad, M. 1991. Los sustratos en horticultura y las técnicas de cultivo sin suelo en la horticultura española en la CE. Eds. L. Rallo y F. Nuez. España, Reus. p. 270-280. (Ediciones de Horticultura).
2. Abad, M; Martínez, PF; Martínez, MD; Martínez, J. 1993. Evaluación agronómica de los sustratos de cultivo. *Actas de Horticultura* 11:141-154.
3. Abad, M; Noguera, P; Noguera, V. 1996. Turbas para semilleros. *In Jornadas sobre semillas y semilleros hortícolas* (2, 1996, ES). Congreso y jornadas, 35/96. Sevilla, España, Junta de Andalucía, Consejería de Agricultura y Pesca. p. 79-101.
4. BANGUAT (Banco de Guatemala, GT). 2008. Sección de importaciones de fertilizantes, abonos y afines. Guatemala. 105 p.
5. Bunt, AC. 1998. Media and mixes for container-grown plants. 2 ed. London, England, Unwin Hyman. 309 p.
6. Burés, S. 1997. Sustratos. Madrid, España, Aerotécnicas. 342 p.
7. Calderón Muller, KE. 2004. Evaluación de sustratos para la producción de plántulas de tomate (*Lycopersicum esculentum* híbrido Elios) en recipientes, bajo condiciones de invernadero. Tesis Ing. Agr. Guatemala, USAC. 68 p.
8. Castro Reinoso, EV. 1998. Evaluación de sustratos para semillero de chile pimiento (*Capsicum annum* L.) en bandejas plásticas para transplante en pilón, Cobán, Guatemala. Tesis Ing. Agr. Cobán, Guatemala, USAC, CUNOR. 56 p.
9. Chinchilla Izaguirre, MF. 1999. Evaluación de mezclas de sustratos para la producción de plántulas de brócoli (*Brassica oleracea* var. itálica) en piloncito en Nebaj, Quiché. Tesis Ing. Agr. Guatemala, USAC. 30 p.
10. 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.
11. Drogue de Velásquez, E. 1997. Evaluación de cinco sustratos para la realización de semilleros de tomate (*Lycopersicum esculentum* var. Roma Gigante), en bandejas de plástico para transplante en pilón. Tesis Ing. Agr. Cobán, Guatemala, USAC, CUNOR. 42 p.
12. Emino, E; Warman, P. 2004. Biological assay for compost quality. *Compost Science & Utilization* 12(4):342-348.

13. Escudero, J. 1993. Cultivo hidropónico del tomate. *In* Curso superior de especialización sobre cultivos sin suelo. Eds. F Cánovas y JR Díaz. Almería, España, IEA / FIAPA. p. 261-297.
14. Estrada Alarcón, RE. 2003. Caracterización de sustratos orgánicos e inorgánicos a nivel de región en Guatemala y su efecto en el rendimiento de hortalizas en cultivo hidropónico. Tesis Ing. Agr. Guatemala, USAC. 75 p.
15. FIPA (Proyecto de Fortalecimiento en Políticas Ambientales, GT). 2003. Estudio de impacto ambiental para la aplicación de medidas de control y mitigación de especie invasora *Hydrilla verticillata* en Izabal. Guatemala. 113 p.
16. Franco, JA. 2001. Los sustratos hortícolas en la región de Murcia. España, Agrícola Vergel. p. 376-384.
17. Gonzáles Sotz, BE. 2004. Evaluación de seis mezclas de sustratos para la producción de plántulas de brócoli (*Brasica oleracea* var. Itálica) en pilón, en la aldea Despoblado, Camotán, Chiquimula, Guatemala. Tesis Ing. Agr. Guatemala, USAC. 35 p.
18. Grez, R; Gerding, V; Henríquez, M. 1990. Utilización de aserrín como aditivo para mejorar la dinámica de elementos nutritivos en el suelo. *In* Congreso nacional de la ciencia del suelo (1990, ES). Memorias. Temuco, España, Mundi-Prensa. p.173-176.
19. Handreck, KA; Black, ND. 1991. Growing media for ornamental plants and turf. Kensington, New South Wales, US, University Press. 401 p.
20. Langeland, KA. 1996. *Hydrilla verticillata*(L.F.) Royle (Hydrocharitaceae), the perfect weed. Castañeda 61:293-304.
21. Lowe, S; Browne, M; Boudjelas, S; De Poorter, M. 2000. 100 de las especies exóticas invasoras más dañinas del mundo: una selección del Global Invasive Species Database, publicado por el Grupo Especialista de Especies Invasoras (GEEI), un grupo especialista de la Comisión de Supervivencia de Especies (CSE) de la Unión Mundial para la Naturaleza (UICN). 12p. Aliens no. 12.
22. Machorro Ponce, MR. 1999. Evaluación de siete sustratos para el transplante en pilón de lechuga (*Lactuca sativa* variedad Salinas), Guatemala. Tesis Ing. Agr. Guatemala, USAC, CUNOR. 56 p.
23. Masaguer, A; López, MC; Ruiz, J. 2006. Producción de planta ornamental en contenedor con sustratos alternativos a la turba. Madrid, España, Consejería de Economía e Innovación Tecnológica. 169 p.
24. Orquin, R; Abad, M; Noguera, P; Puchades, R; Maquieira, A. 2001. Composting of mediterranean seagrass and seaweed residues with yard waste for horticultural purposes. Acta Horticulturae 5(49):29-35.

25. Ortega, MC; Moreno, MT; Ordovas, J; Aguado, MT. 1996. Behaviour of different horticultural species in phytotoxicity bioassays of bark substrates. *Scientia Horticulturae* 66:125-132.
26. Pastor, N.1999. Tecnología de sustratos: aplicación a la producción viverística ornamental, hortícola y forestal. España, Universidad de Lleida. 193 p.
27. Penningsfeld, F; Kurzmann, P. 1983. Cultivos hidropónicos y en turba. 2 ed. Madrid, España, Mundi-Prensa. 343 p.
28. Rainbow, A; Wilson, N.1998. The transformation of composted organic residues into effective growing media. *Acta Horticulturae*469:79-95.
29. Raviv, M; Chen, Y; Inbar, T. 1986. Peat and peat substitutes as growth media for container-grown plants. *In* The role of organic matter in modern agriculture. Eds. Y Chen y Y Avnimelech. Dordrecht, Países Bajos, Martinus Nijhoff. p. 257-287.
30. Riviere, L; Caron, J.2001. Research in substrates: state of the art and need for the coming 10 years. *Acta Horticulturae* 548:29-37.
31. Rojas, A; Orellana, R; Sotomayor, F; Varnero, M. 2005. Fitotoxicidad de extractos de residuos orgánicos y su efecto sobre el índice de germinación de rabanito y pepino. *Revista de la Ciencia del Suelo y Nutrición Vegetal* 5(2):61-66.
32. Smith, DL.1987. Rockwool in horticultura. London, England, Grower Books. 153 p.
33. Strasburger, E; Noll, F; Schenk, H; Schimper, AFW; Von Denffer, D; Ehrendorfer, F; Bresinsky, A; Ziegler, H. 1986. Tratado de botánica. 7 ed. Barcelona, España, Marín.1,098 p.
34. Urrestarazu, M; Salas, MC. 2004. Sistemas con sustrato y recirculación de la solución nutritiva. *In* Urrestarazu, M. 2004. Tratado de cultivo sin suelo. 3 ed. Madrid, España, Mundi-Prensa. p. 369-422.
35. Valenzuela, OR; Lallana, VH; Lallana, Ma. Del C; Tonelli, BB; Rothman, SM. 2000. Modificación de las propiedades físicas, pH y conductividad eléctrica de lombricompostos inducida por el agregado de arena. *In* Substrato para plantas: a base da produção vegetal em recipientes. Atelene N. Kämpf y María H. Fermino, eds. Porto Alegre, Brasil, Génesis. 312 p.
36. Verdonck, O. 2004. Growing media and the environmental impact. *In* Jornadas del grupo de sustratos de la SECH (7, 2004, ES). Libro de resúmenes. San Fernando de Henares, Madrid, España, Mundi-Prensa. p. 22-32.

2.11 ANEXOS



Figura 10. Proceso de compostaje de los restos de lirio acuático.



Figura 11. Prueba biológica del sustrato hecho a base de lirio acuático.



Figura 12. Muestras de las mezclas del sustrato hecho a base de lirio acuático para su análisis químico y físico.



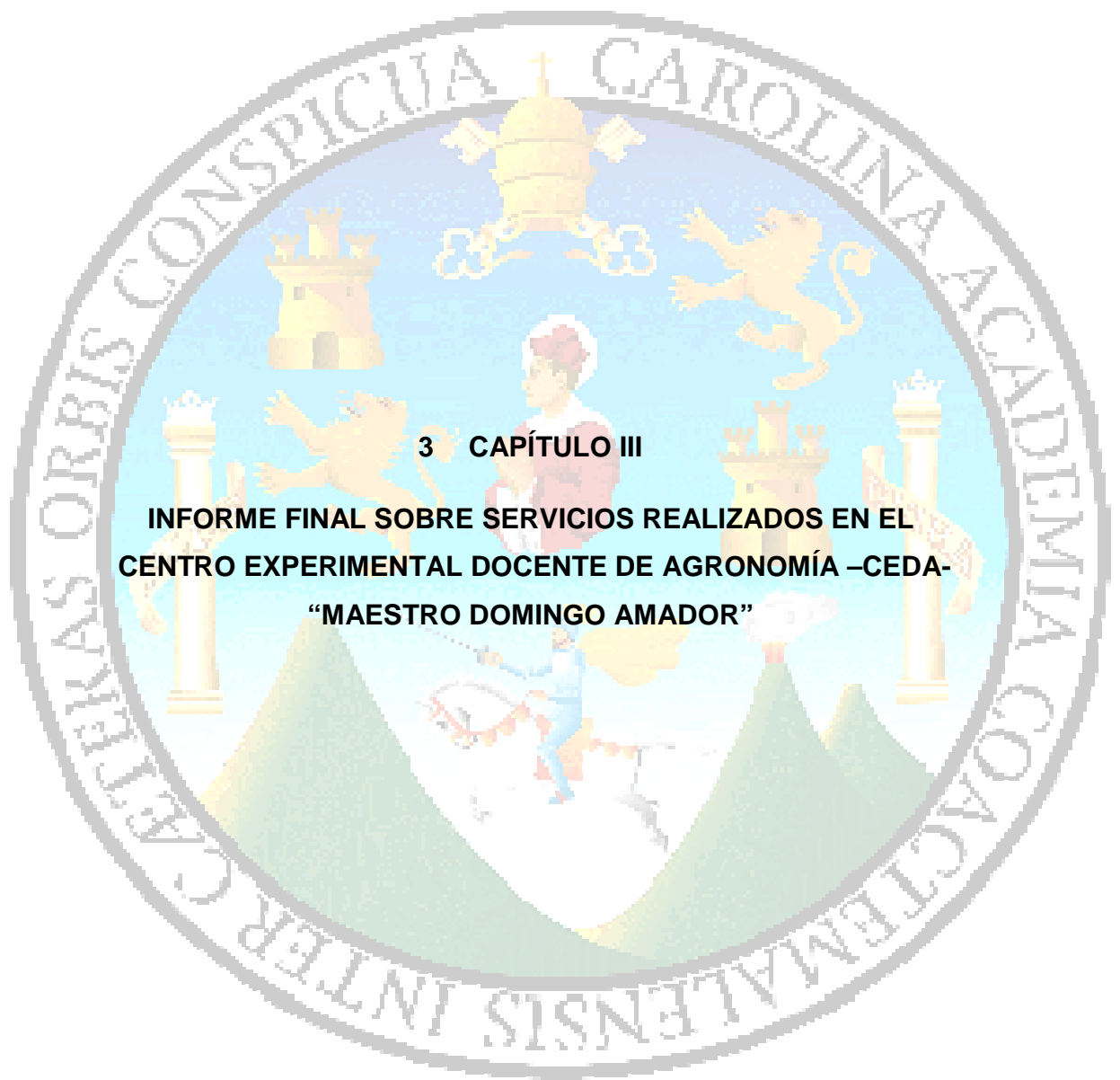
Figura 13. Mezclas de sustrato hecho a base de lirio acuático y arena.



Figura 14. Montaje del experimento en un invernadero en el Centro Experimental Docente de Agronomía -CEDA-.



Figura 15. Toma de datos de plántulas de Cedro



3 CAPÍTULO III

**INFORME FINAL SOBRE SERVICIOS REALIZADOS EN EL
CENTRO EXPERIMENTAL DOCENTE DE AGRONOMÍA –CEDA-
“MAESTRO DOMINGO AMADOR”**

3.1 PRESENTACIÓN

En los últimos años el compromiso de la Facultad de Agronomía y de la misma Universidad con el pueblo de Guatemala, ha sido desplazado por otra serie de presiones que estas entidades sufren, viéndose afectadas las instalaciones de producción e investigación del CEDA.

Uno de los mayores problemas a los que el CEDA se enfrenta, es el poco presupuesto con que se cuenta para la realización de todas las actividades.

Es poca la información generada en el CEDA con un enfoque forestal, lo cual indica que no hay un desarrollo tecnológico sostenible que permita una vinculación exitosa de la facultad con problemas que el país afronta en los ámbitos forestales y ambientales.

Este problema tiene sus orígenes en la falta de educación forestal y ambiental, la mala coordinación de la expansión del territorio agrícola y a la falta de decisiones espontáneas para la planificación y elaboración de inversiones e investigaciones forestales.

Para tratar de contrarrestar esta situación es necesaria la implementación de proyectos de carácter forestal y ambiental, que de alguna manera aporten ingresos económicos para el CEDA.

Los servicios prestados en el CEDA se situaron en diferentes localidades dentro del centro, siendo estos: producción de viveros forestales, elaboración de un plan de manejo para el huerto frutal, reubicación de chatarra y jardinería.

3.2 SERVICIO I: PRODUCCIÓN DE VIVEROS FORESTALES

3.2.1 INTRODUCCIÓN

El Centro Experimental Docente de Agronomía, actualmente cuenta con una pilonera, esto con la finalidad de producir plántulas sanas bajo coberturas y darle un buen manejo desde el inicio del ciclo del cultivo.

Con la producción de viveros forestales de distintas especies, se logró proporcionar material a los estudiantes de la Facultad de Agronomía de las carreras de Ing. Agrónomo en Sistemas de Producción Agrícola y Recursos Naturales Renovables.

Se aportaron 2,000 plantas de Cedro (*Cedrella odorata*) y 2,000 plantas de Ciprés (*Cupressus sp.*).

3.2.2 OBJETIVOS

3.2.2.1 GENERAL

- Producir un vivero forestal para uso didáctico de los estudiantes de la Facultad de Agronomía.

3.2.2.2 ESPECÍFICOS

- Proporcionar al Centro Experimental Docente de Agronomía -CEDA- un vivero de Cedro y Ciprés.
- Introducir especies forestales al vivero de la Facultad de Agronomía.

3.2.3 METODOLOGÍA

3.2.3.1 ORGANIZACIÓN

Para esta actividad se contó con el representante del CEDA Ing. Mario Cabrera para coordinar la elaboración y traslado de los viveros a los campos de Centro Experimental.

Se contó con material para la elaboración de un vivero de 2,000 plantas de dos especies distintas, Cedro (*Cedrella Odorata*) y Ciprés (*Cupressus sp.*).

3.2.3.2 ELABORACIÓN DEL VIVERO FORESTAL Y TRASLADO A LOS CAMPOS DEL CEDA

La elaboración del vivero forestal se realizó en una granja en el municipio de Sanarate, El Progreso. El material con que se elaboro el vivero forestal se obtuvo fuera de las instalaciones del CEDA.

Cuatro semanas después del traslado a bolsas de las plántulas, fueron trasladadas a los campos de CEDA para que estas pudieran ser utilizadas por estudiantes y catedráticos.

3.2.4 RESULTADOS

Con la ayuda del Ing. Mario Cabrera se obtuvieron los materiales necesarios para la elaboración del vivero forestal, dichos materiales fueron bolsas, semillas, tierra negra, arena y productos químicos.

Se elaboro un vivero forestal de 2,000 plantas de Cedro y 2,000 plantas de ciprés, en una granja en el municipio de Sanarate, El Progreso.

El manejo agronómico del vivero forestal se llevo a cabo en la graja de Sanarate hasta una edad de 2 meses y 3 semanas, cuando fue realizado el traslado del vivero a los campos de CEDA, donde las plantas fueron utilizadas en su mayoría como material didáctico de catedráticos y estudiantes de la Facultad de Agronomía.

3.2.5 EVALUACIÓN

Con este servicio se logró ayudar a los catedráticos y estudiantes en la obtención de material para el uso en los cursos sin tener que salir de la Universidad para poder contar con ellos.

Debido a que en años anteriores se inicio el proyecto de un vivero, ahora con estas plantas, dicho vivero cuenta también con especies forestales.

3.2.6 ANEXOS



Figura 16. Vivero forestal de Cedro.



Figura 17. Vivero forestal del Ciprés.

3.3 SERVICIO II: ELABORACIÓN DE UN PLAN DE MANEJO PARA EL HUERTO FRUTAL

3.3.1 INTRODUCCIÓN

Por muchas razones derivadas del desarrollo industrial, la urbanización, los cambios en los patrones de alimentación basados en cereales y otros cultivos de grandes producciones intensivas, así como el incremento abusivo de las bebidas artificiales, el consumo de frutas naturales ha ido disminuyendo, aunque últimamente se observa la tendencia a incrementar su consumo y producción en huertos, patios y jardines.

El diseño de los huertos frutales es importante porque se trata de cultivos permanentes, lo que hace muy difícil cambiar de lugar a un árbol después de un año de sembrado. El diseño a su vez, debe tener en cuenta el tamaño y forma de los árboles y arbustos, lo que unido a la información como el tamaño y forma de área, cambios de luz y sombra, la dirección de los vientos, disponibilidad de agua, drenajes, tipo de suelo y plantas ya existentes en el área, nos suministran los elementos necesarios para decidir la ubicación definitiva de la ubicación de las plantas.

El servicio consistió en generar información técnica para el manejo agronómico del huerto frutal ya existente en los campos de Centro Experimental Docente de Agronomía.

3.3.2 OBJETIVOS

3.3.2.1 GENERAL

- Generar información técnica para el manejo agronómico del huerto frutal del Centro Experimental Docente de Agronomía.

3.3.2.2 ESPECÍFICOS

- Elaborar un plan de riego y fertilización para el huerto frutal del CEDA.
- Implementar un plan de control de malezas para el huerto frutal del CEDA.

3.3.3 METODOLOGÍA

3.3.3.1 RECOLECCIÓN DE INFORMACIÓN

Para recolectar la información necesaria para la realización de este servicio se realizaron entrevistas al personal de campo del Centro Experimental Docente de Agronomía así como al Ing. Mario Cabrera, también se hicieron recorridos por las áreas de huerto para conocer el área, determinar especies de frutales y malezas.

También se recolectaron mapas de curvas a nivel del área del huerto, pruebas de laboratorio de suelos realizadas con anterioridad, para tener información base para iniciar el plan de manejo.

ELABORACIÓN DEL PLAN DE MANEJO DEL HUERTO FRUTAL

Con la información recabada se procedió a la elaboración de cálculos para ciclos y frecuencia de riego según los requerimientos edafoclimáticos del cultivo de cítricos. También se determinó el manejo que se tiene que dar a las malezas presentes en el área del huerto.

3.3.4 RESULTADOS

3.3.4.1 IDENTIFICACIÓN DE ESPECIES DE FRUTALES

Mediante un recorrido en el huerto frutal se determinaron las especies de cítricos que se encuentran en el huerto frutal, siendo estas:

- Naranja Valencia Delta Seedless (*Citrus sinensis* L. Var. Delta Seedless)
- Mandarina Ellendale (*Citrus sinensis*)
- Lima Persa clon Tahiti (*Citrus aurantifolia*)

También el huerto frutal cuenta con aguacate (*Persea americana*) y níspero (*Eriobotrya japonica*).

3.3.4.2 IDENTIFICACIÓN DE MALEZAS

Durante el recorrido se aprovechó para hacer la identificación de las malezas existentes en el área del huerto frutal, encontrándose malezas de hoja ancha y malezas de hoja angosta.

Encontrándose las siguientes malezas:

- Pasto bermuda (*Cinnodon dactylon*)
- Pasto jaragua (*Hiparrhenia rufa*)
- Flor de muerto
- Lechuguilla (*Emilia fosbergüii*)

3.3.4.3 FRECUENCIA E INTENSIDAD DE RIEGO

Debido a que el suelo que presenta el área del huerto frutal es arcilloso, se determinó lo siguiente:

- El sistema trabajará durante 10 horas durante el día. Tiene un ciclo de riego de 1 día, una frecuencia de riego de tres días y dos días de paro para realizar otras actividades en el cultivo.
- El riego se distribuirá en dos turnos, regando 0.40 hectáreas por turno durante 5 horas por turno.
- El caudal requerido para el sistema de riego es de 7.04 m³/h o 1.96lps.
- Para que el sistema funcione será necesaria de 56.23 PSI.
- La potencia requerida de la bomba para que el sistema funcione es de 1.5 HP.

3.3.5 EVALUACIÓN

Con este servicio se logro recopilar información importante para el manejo del huerto frutal, se identificaron las distintas especies de cítricos y otros frutales existentes en el vivero así como las principales malezas que se encuentran en el terreno.

Con la información recabada durante el periodo de EPS, se elaboro un plan de manejo para el huerto frutal que incluye la frecuencia e intensidad de riego, equipo necesario para llevar a cabo esta actividad, etc.

3.3.6 ANEXOS



Figura 18. Variedades de cítricos presentes en el huerto frutal del CEDA.



Figura 19. Sistema de riego por goteo en el huerto de frutales en el CEDA.



Figura 20. Especies de malezas identificadas en el huerto frutal del CEDA.

3.4 SERVICIO III: REUBICACIÓN DE CHATARRA Y JARDINIZACIÓN

3.4.1 INTRODUCCIÓN

El aspecto visual de todo centro de aprendizaje debe ser tratado con especial cuidado ya que el sentirse en un ambiente cómodo y agradable favorece el proceso de enseñanza aprendizaje.

En el Centro Experimental Docente de Agronomía -CEDA- se estaban acumulando en las partes más visibles todos los vehículos fuera de circulación y los implementos agrícolas que ya no se utilizan en las labores de campo, perjudicando de esta manera el ornato del mismo.

Con el objetivo de generar una mejor visualización de los campos del CEDA, se reubicó toda la chatarra y en los espacios que quedaron libres se realizó una jardinización con doble propósito; uno de ornato y el otro didáctico, ya que se jardinizó con rosales y claveles para que en el futuro los estudiantes tengan material disponible para propagación.

3.4.2 OBJETIVOS

3.4.2.1 GENERAL

- Mejorar el aspecto visual de los campos del CEDA para poseer un ambiente agradable para los estudiantes.

3.4.2.2 ESPECÍFICOS

- Reubicar la chatarra dentro de los campos del CEDA hacia un espacio menos visible.
- Crear un ambiente agradable mediante un jardín de ornamentales.
- Generar una fuente para materiales de propagación de plantas para su uso en los cursos de las carreras de la Facultad de Agronomía.

3.4.3 METODOLOGÍA

3.4.3.1 REUBICACIÓN DE LA CHATARRA

Se procedió a obtener los permisos con las autoridades de la Facultad de Agronomía para reubicar la chatarra (carros, tubos, toneles, etc.) en las partes aledañas al barranco.

Una vez se logro obtener los permisos respectivos, con la ayuda del personal de campo del CEDA se traslado la chatarra al lugar acordado con las autoridades, dejando los espacios libres para la creación de los jardines.

3.4.3.2 JARDINIZACIÓN

En los espacios que quedaron vacíos luego de la reubicación de la chatarra se procedió con los estudiantes de Practicas Agronómicas II a la realización de las actividades de preparación del terreno, diseño del jardín y siembra de las plantas ornamentales.

La jardinización se realizó con un doble propósito, darle un mejor aspecto a los campos de CEDA y contar con material para propagación de plantas.

En el jardín se incluyeron especies arbustivas como lo son rosas y claveles de distintos colores, también se elaboró una pequeña isla de scheffleras.

RESULTADOS

Se dejo concluida la reubicación de la chatarra y jardinizadas las áreas de donde se elimino la chatarra, dejando espacios visiblemente mejorados, creándose un banco con material para propagación de plantas.

3.4.4 ANEXOS



Figura 21. Reubicación de la chatarra para liberar espacios a jardinizar.



Figura 22. Reubicación de toda la chatarra que ocupaba espacios visibles en el CEDA.



Figura 23. Compra y traslado de plantas ornamentales para jardinizacion.



Figura 24. Proyecto de jardínización finalizado.