

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE AGRONOMIA  
INSTITUTO DE INVESTIGACIONES AGRONÓMICAS

BUSQUEDA DE SUSTRATOS OPCIONALES PARA LA PRODUCCIÓN BAJO CULTIVO DE  
CALAHUALA *Phlebotium aureum* L.

TESIS

PRESENTADA A LA HONORABLE JUNTA DIRECTIVA  
DE LA FACULTAD DE AGRONOMIA DE LA  
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

POR

JUAN CARLOS ANDRADE CASTAÑEDA

En acto de investidura como

INGENIERO AGRÓNOMO  
EN  
SISTEMAS DE PRODUCCIÓN AGRÍCOLA

En el grado académico de

LICENCIADO

Guatemala, Mayo de 2003

DIGITALIZADO

PROPIEDAD DE LA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
Biblioteca Central

DL  
10  
7/2022

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE AGRONOMIA  
INSTITUTO DE INVESTIGACIONES AGRONÓMICAS

RECTOR

M. V. LUIS ALFONSO LEAL MONTERROSO

JUNTA DIRECTIVA FACULTAD DE AGRONOMIA

DECANO  
VOCAL I  
VOCAL II  
VOCAL III  
VOCAL IV  
VOCAL V  
SECRETARIO

Ing. Agr. EDGAR OSWALDO FRANCO RIVERA  
Ing. Agr. WALTER ESTUARDO GARCIA TELLO  
Ing. Agr. MANUEL DE JESÚS MARTÍNEZ OVALLE  
Ing. Agr. ERBERTO RAÚL ALFARO ORTIZ  
Br. WENER ARMANDO OCHOA OROZCO  
Br. JUAN MANUEL COREA OCHOA  
Ing. Agr. EDIL RENÉ RODRÍGUEZ QUEZADA

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ LA EVALUACIÓN EN SEMINARIOS DE TESIS

COORDINADORES

Dr. DAVID MONTERROSO  
Ing. Agr. ELMER AYALA

EVALUADORES

Dr. CÉSAR AZURDIA  
Ing. Agr. FERNANDO RODRÍGUEZ BRACAMONTE  
Ing. Agr. PEDRO ARMIRA  
Ing. Agr. GUILLERMO SANTOS

Guatemala, mayo de 2003

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

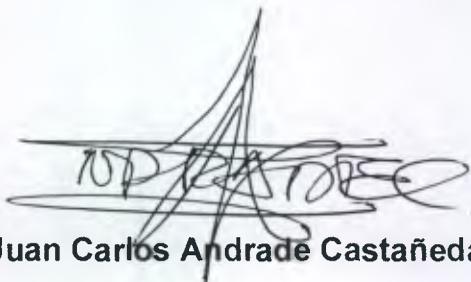
De conformidad con lo que establece la Ley Orgánica de la Universidad de San Carlos de Guatemala, tengo el honor de someter a su consideración el trabajo de tesis titulado:

**BUSQUEDA DE SUSTRATOS OPCIONALES PARA LA PRODUCCIÓN BAJO CULTIVO DE CALAHUALA *Phlebodium aureum* L.**

Presentado como requisito previo a optar al título de Ingeniero Agrónomo en Sistemas de Producción Agrícola en el grado académico de Licenciado.

Esperando que el presente trabajo merezca su aprobación.

Atentamente,

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'JUAN CARLOS ANDRADE CASTAÑEDA', is written over a horizontal line. The signature is stylized and somewhat cursive.

Juan Carlos Andrade Castañeda

## ACTO QUE DEDICO

A:

DIOS

Todo poderoso y Salvador, quien me guía en mi camino por el mundo.

MIS PADRES

HELIODORO ANDRADE RAMÍREZ  
BERTA ALICIA CASTAÑEDA DE ANDRADE

Por darme la vida, apoyarme y guiarme siempre por el camino del bien.

MIS HERMANOS

CONRADO, ANTONIO, HELIODORO, IRMA PATRICIA,  
PEDRO, ROXANA, LUIS ALBERTO Y MARCOS ENRIQUE  
ANDRADE CASTAÑEDA.

Por su apoyo incondicional que me brindaron en todo momento que lo necesité.

MIS ABUELOS

MACARIO ANDRADE (Q.E.P.D.)  
DAMASIA RAMÍREZ (Q.E.P.D.)  
EMILIO CASTAÑEDA (Q.E.P.D.)  
MARIA HERNÁNDEZ (Q.E.P.D.)

Por su ejemplo de Humildad que lo seguiré fielmente durante toda mi vida.

MIS TIOS Y PRIMOS

por el cariño familiar que siempre nos hemos tenido.

MIS CUÑADOS

por su buena convivencia con la familia.

MIS SOBRINOS

Blanca, Cristian, Vivian, Abrahán, Daniel, Sebastián, José Roberto, Diana, Pedro, Dania, Marcos, y Emilio Andrade. José Luis y David Quintana.

Con cariño especial.

## MIS AMIGOS Y COMPAÑEROS

En especial a:

Werner Marroquín, Erick Güite, Oscar Kurt, Luis Pérez, Rony Roma, Pablo Polo, Carlos Hernández, Ramón Cajti, Oscar Valenzuela, Ivan Aguirre, Mynor Velásquez, René Orellana, Henry Godínez, Heisler Gómez, Elmer Roldán, Ricardo Palencia, Oswald Aquino, Natán Pérez, Gerardo Veliz, Juan Zamora, Milton Mickey, Herson Aguirre y Linda Jessica Peña Barillas.

Por todos los momentos compartidos que son y serán inolvidables.

## AGRADECIMIENTOS

A:

MI PATRIA

Guatemala inmortal

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

Forjadora del saber

FACULTAD DE AGRONOMIA

Gloriosa ante todas

TODOS MIS CENTROS DE ESTUDIO

Lugares que colaboraron  
en mi formación  
académica

MI ALDEA

Ciénaga Grande, San José Pinula  
rinconcito del Mundo donde nací  
y he de morir.

Todas las personas que de alguna u otra manera colaboraron en la realización de la presente investigación, en especial a:

Ing. Agr. Vicente Martínez,

Por su paciencia, tiempo y  
orientación para la realización  
de esta investigación.

Ing. Agr. Anibal Salcbajá

Por compartir sus conocimientos  
de valiosa utilidad.

# I. CONTENIDO

INDICE DE FIGURAS		v
INDICE DE CUADROS		vi
RESUMEN		vii
1.	INTRODUCCIÓN	1
2.	PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	2
3.	MARCO TEORICO	3
3.1	MARCO CONCEPTUAL	3
3.1.1	Taxonomía	3
3.1.2	Sinónimos	3
3.1.3	Nombres comunes	3
3.1.4	Descripción taxonómica	3
3.1.5	Distribución Geográfica	5
3.1.6	Características Ecológicas	5
3.1.6.1	Hábitat	5
3.1.6.2	Altura	5
3.1.6.3	Suelo	5
3.1.6.4	Requerimientos de luz	5
3.1.7	Usos y Potencial Económico	5
3.1.7.1	Propiedades y aplicaciones	5
3.1.7.2	Usos y practicas medicinales tradicionales y locales	6
3.1.7.3	Forma de uso	6
3.1.8	Química de la calahuala	7
3.1.9	Estado de manejo	7
3.1.10	Producción	7
3.1.11	Otros estudios relacionados	8
3.1.12	Estructura de los helechos	8
3.1.12.1	Ciclo de vida	8
3.1.12.2	hábito y forma de vida	9
3.1.12.3	terrestres	9
3.1.12.4	Epífitos	10
3.1.12.5	Subepífitos	10
3.1.12.6	Acuáticos	10
3.1.12.7	Tallos o rizomas	11
3.1.12.8	tipos de ramificaciones	11
3.1.12.9	Protección de rizomas	12
3.1.12.10	Vellos	12
3.1.12.11	Cerdas	12

3.1.12.12	Balanzas	12
3.1.12.13	Estructura interior	13
3.1.12.14	Estructura de apoyo interior	14
3.1.12.15	Raíces	14
3.1.12.16	Hojas, frondas	15
3.1.13	Cultivo de Helechos	16
3.1.13.1	Propagación vegetativa	16
3.1.13.2	División	16
3.1.13.3	Forma de Siembra	16
3.1.13.4	Cultivo y producción	17
3.1.13.5	Plagas y Enfermedades	18
3.1.14	Producción orgánica en plantas medicinales	19
3.1.14.1	Agricultura orgánica	19
3.1.14.2	Agricultura integrada	21
3.1.14.3	Agricultura sostenible	21
3.1.14.4	Organismos internacionales que regulan la producción orgánica	21
3.1.14.5	Buenas prácticas en el cultivo orgánico de plantas medicinales	22
3.2	<b>MARCO REFERENCIAL</b>	32
3.2.1	localización	32
3.2.2	Clima y zona de vida	32
3.2.3	Aspectos Socioeconómicos	32
3.2.3	Aspectos Ambientales	32
4.	<b>OBJETIVOS</b>	34
4.1	General	34
4.1.2	Específicos	34
5.	<b>HIPÓTESIS</b>	35
6.	<b>METODOLOGÍA</b>	36
6.1	Manejo Agronómico	36
6.1.1	Instalaciones	36
6.1.2	Rizomas para propagación	36
6.1.3	Mezclas para formación de sustratos	37
6.1.4	Sustratos utilizados en las mezclas	37
6.1.4.1	Sustrato natural	37
6.1.4.2	Arena	38
6.1.4.3	Musgo	38
6.1.4.4	Astillas	38
6.1.4.5	Mantillo	39
6.1.5	Criterios para seleccionar sustratos	39

6.1.6	Tamaño de la parcela	39
6.1.7	Profundidad de siembra	40
6.1.8	Época de siembra	40
6.1.9	Fertilización	40
6.1.10	Control de Malezas	40
6.1.11	Plagas y Enfermedades	40
6.1.12	Cosecha	40
6.2	Manejo experimental	41
6.2.1	Diseño experimental	41
6.2.2	Identificación y distribución de tratamientos	41
6.2.3	Pruebas preANDEVA	42
6.2.4	Variables respuesta	42
6.2.5	Variables complementarias	42
7.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN	43
8.	CONCLUSIONES	51
9.	RECOMENDACIONES	52
10.	BIBLIOGRAFÍA	53
11.	APÉNDICE	55

## II. INDICE DE FIGURAS

1.	<i>Phlebodium aureum</i> L.	4
2.	Ubicación en el mapa de la república de Guatemala del lugar donde se realizó el experimento de producción artificial de calahuala.	33
3.	Aspecto de todos los tratamientos después de haber instalado el ensayo.	39
4.	Sobrevivencia de plantas de calahuala	44
5.	Sobrevivencia de plantas en una parcela donde se utilizó el sustrato natural como medio de cultivo.	44
6.	Rendimiento de rizomas de calahuala	46
7.	Longitud de rizomas al final del experimento	47
8.	Rizomas de calahuala ( <i>Phlebodium aureum</i> L.)	55

### III. INDICE DE CUADROS

1.	Plagas y Enfermedades de los Helechos	18
2.	Mezclas de sustratos y sus proporciones respectivas	37
3.	Análisis Químico efectuado al sustrato de <i>Phlebodium aureum</i> L.	37
4.	Distribución de tratamientos en el diseño experimental	41
5.	Sobrevivencia de plantas de calahuala al final del experimento	43
6.	Resumen del análisis de varianza (ANDEVA) para sobrevivencia de plantas de calahuala	43
7.	Plagas y enfermedades identificadas durante el experimento como posibles agentes causales de daño hacia <i>P. aureum</i> L.	45
8.	Resumen del análisis de varianza (ANDEVA) para peso seco de rizomas	45
9.	Longitud de rizomas al final del experimento.	47
10.	Comparación de medias de longitud de rizomas en los tratamientos vrs longitud inicial (15 cm)	47
11.	Porcentaje de humedad en rizomas de calahuala	55
12.	Análisis químico efectuado a las mezclas de sustratos, incluido el sustrato natural	56
13.	Valores máximos y mínimos de las fracciones disponibles de los sustratos evaluados para la propagación de la calahuala <i>Phlebodium aureum</i> L.	56
14.	Prueba de homogeneidad de varianzas y normalidad	56

"BÚSQUEDA DE SUSTRATOS OPCIONALES PARA LA PRODUCCIÓN BAJO CULTIVO DE CALAHUALA *Phlebodium aureum* L."

" OPTIONAL SUBSTRATES SEARCH FOR CALAHUALA *Phlebodium aureum* L. PRODUCTION UNDER CULTIVATION "

RESUMEN

La calahuala *Phlebodium aureum* L. es un helecho epifito nativo de Centroamérica que crece en alturas comprendidas entre los 1200-2600 msnm. sobre árboles, troncos podridos y piedras. Los rizomas de esta especie son conocidos en Guatemala por sus propiedades medicinales especialmente en la medicina casera. Internacionalmente es conocido por la elaboración de productos fitofarmacéuticos usados contra el vitiligo, soriasis y otras enfermedades de la piel, como ejemplo se tiene a DISFUR® el cual es producido en España.

En Guatemala los rizomas de calahuala son extraídos de los bosques en forma irracional poniendo la especie en peligro de extinción. Actualmente no se tiene referencia de ningún tipo de estudios sobre manejo de la especie en el país, por lo que la amenaza de extinción de la especie es latente debido a que el mercado de productos fitomedicinales es creciente hoy en día, especialmente en países desarrollados que buscan soluciones a enfermedades en la medicina natural y han encontrado en la calahuala propiedades medicas de gran importancia, lo que la pone en peligro de extinción si se sigue únicamente extrayendo de los bosques como hasta la fecha.

Se tiene un desconocimiento de técnicas y medios en donde producirla comercialmente, por eso en la presente investigación se generó información exploratoria sobre la respuesta de la calahuala ante el intento de cultivarla mediante propagación por medio de rizomas, usando como medio de cultivo mezclas de materiales provenientes de sustratos orgánicos que la calahuala utiliza en su ambiente silvestre. Estos materiales son: corteza y cáscaras de árboles, musgos, hojas en descomposición y restos de plantas acompañantes.

Se utilizó los siguientes materiales: **Astillas**, que están compuestas de restos de corteza, aserrín y cáscaras de diferentes tamaños principalmente provenientes de árboles de Pino (*Pinus pseudostrobus*) y ciprés (*Cupresus lusitánica*) . **Musgo** principalmente del género *Thuidium*, usado en Guatemala durante las fiestas navideñas para elaborar los nacimientos. **Broza o mantillo** proveniente de hojas en descomposición de árboles de pino (*P. pseudostrobus*), ciprés (*C. lusitánica*) y encino (*Quercus* spp.). **Arena** originaria de piedra pómez utilizada para mejorar la estructura de los suelos agrícolas y para cultivos hidropónicos. Se utilizó

el diseño experimental bloques al azar con 7 tratamientos y 3 repeticiones incluyendo el **sustrato natural** usado como testigo. Como variable respuesta se evaluó el peso seco de los rizomas.

Los resultados del experimento indican que existió un aumento similar de biomasa en los rizomas de todos los sustratos evaluados ya que, estadísticamente no existen diferencias significativas en el rendimiento de rizomas en peso seco. Esto indica que al utilizar cualquiera de los 7 sustratos evaluados habrá un similar aumento de biomasa. Este fue un resultado positivo, ya que indica una gran probabilidad de sustituir el sustrato natural por otros mas accesibles y disponibles en el medio. En este estudio se consideró al **sustrato natural** únicamente como comparador y no como un sustrato para recomendar, ya que se considera que su utilización mermaría las cantidades existentes las cuales su conservación es paralela a la calahuala, en este caso se recomienda usar aquellas de mejor disponibilidad y accesibilidad como lo son las **astillas y la arena**.

Existió una mortalidad superior al 50 % en los sustratos elaborados, sin embargo en el sustrato natural solamente fue de 22%, pero debido a que el problema en todos los tratamientos se le atribuyó al hongo *Rizoctonia spp*, no se puede involucrar la sobrevivencia a ningún sustrato, sino más bien al microorganismo mencionado.

Se consideraron fundamentales en el establecimiento del experimento los siguientes aspectos de manejo agronómico; la forma de manipular los rizomas previo a ser usados para la siembra, el control de malezas, la desinfección de los sustratos, y el uso de un material sólido debajo de los sustratos que ayude a mejorar el drenaje.

## 1. INTRODUCCIÓN

En Guatemala existe una gran diversidad de plantas medicinales, que han sido usadas desde tiempos muy antiguos. Muchas no se cultivan, sino que únicamente son recolectadas en los bosques o campos de cultivo, algunas son consideradas como malezas, e incluso otras son usadas como ornamentales así como para alimento.

En este caso se estudió al helecho llamado " Calahuala " perteneciente a la especie *Phlebodium aureum* L. que crece en el bosque húmedo templado como especie epífita o en el suelo sobre algunos sustratos orgánicos. En Guatemala se reporta en Chimaltenango, Jalapa, San Marcos, Quetzaltenango, Alta Verapaz, Baja Verapaz y Guatemala principalmente, donde se distingue por sus frondas largas y pinatisectas que cuando están maduras presentan en las pinas una hilera de soros anaranjados. Tiene un rizoma cubierto de una pelusa café claro, el cual llega a medir entre 2 a 40 cm de largo con diámetro hasta de 2 cm.

Al rizoma de este helecho se le atribuyen una serie de usos medicinales, entre ellos para tratar enfermedades reumáticas, cancerígenas, urétricas, se usa como tranquilizante, sudorífico y purgante. En España a partir de *Polypodium leucotomos* han extraído un compuesto llamado DISFUR® el cual es usado contra la enfermedad de vitiligo.

En este trabajo se evaluó el incremento de biomasa en los rizomas de *P. aureum* utilizados para siembra mediante el rendimiento en base seca utilizando 6 sustratos orgánicos elaborados y el sustrato natural. Este trabajo sirvió como punto de partida para identificar algunos aspectos como sobrevivencia y manejo agronómico en la calahuala los cuales entre otros se consideraban desconocidos. Se identificaron microorganismos los cuales se les asoció a la parte aérea y radical de la planta, uno de ellos (*Rizoctonia spp.*) se consideró de gran importancia debido al tipo de daño que causó. En el resultado del experimento las diferencias en rendimiento en materia seca se consideraron exploratorias debido a que no se sabe con exactitud todos los factores que pudieron haber afectado al experimento. La importancia del experimento radica en el desconocimiento mismo de manejo de la especie y la generación de información para trabajos posteriores.

## 2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

La calahuala es un helecho con propiedades medicinales reconocidas nacional e internacionalmente, por esto actualmente sus rizomas son recolectados en algunas regiones de Guatemala. En Europa se utiliza los rizomas y frondas de la calahuala para hacer medicamentos contra enfermedades como Vitiligo y soriasis principalmente. Esto abre la posibilidad de que sea una especie de exportación.

La parte de interés de este helecho son sus rizomas, por lo que en el momento de su extracción frena su reproducción.

Como no hay conocimiento sobre el cultivo de este helecho, es necesario investigar las formas de cómo propagarla de tal manera de evitar que se continúe simplemente con la extracción que se lleva a cabo hasta la fecha.

La mejor manera de procurarse del material vegetal que se necesita con fines medicinales es cultivar o manejar las plantas. El manejo y/o cultivo es preferible, con mucho a la recolección del material en la naturaleza, ya que no merma las poblaciones silvestres. Esto es de mayor urgencia en aquellas especies de bosque pues por una parte cuando se hace el aprovechamiento de especies forestales se dejan por un lado sin utilidad y por otra parte, la pérdida del área boscosa las hace vulnerables y las pone en riesgo de extinción. Hay varios grupos de especies de este tipo pero en este caso el interés es la calahuala (*Phlebodium aureum* L.)

En forma natural el helecho crece y se desarrolla sobre sustratos orgánicos cuyos componentes se presume que son: restos de corteza de árbol, hojas en descomposición, restos de tillandsias, musgos y demás especies que acompañan a los árboles viejos, troncos podridos y similares.

Aunque es de suponer que el sustrato natural es el ideal para el desarrollo adecuado de frondas y rizomas de calahuala, no es práctico recomendarlo para un cultivo, pues esto provocaría una extracción irracional de este material orgánico. Por lo tanto, es importante evaluar otros sustratos orgánicos que puedan prepararse a partir de materiales fácilmente obtenidos en nuestro medio, de tal forma que logre sustituirse el sustrato natural. Es por esto que en el presente trabajo se plantea la evaluación de seis sustratos orgánicos elaborados que pueden servir en la propagación por rizomas de la calahuala.

### 3. MARCO TEORICO

#### 3.1 MARCO CONCEPTUAL

##### 3.1.1 Taxonomia

Reino: plantae

División: Polypodiophyta

Clase : Polypodiopsida

Familia: Polypodiaceae

Género: Polypodium

Sub-Genero: Phlebodium

Especie: *Phlebodium aureum* L. (7, 16), (Figura 1.)

##### 3.1.2 Sinónimos

*Polypodium aureum* (linneo) John Smith

*Phlebodium pseudoaureum*

*Polypodium areolatum* Humboldt & Bonpland ex Willdenow

*Polypodium leucatomos* Poiret in Lamarck. (13).

A pesar de que para la flora Mesoamericana *P. aureum* no está reportada para Centroamérica, en este trabajo se identificó a la especie según la Flora de Guatemala.

##### 3.1.3 Nombres comunes

Calaguala, calahuala, polipodio, (Colombia, Ecuador, Guatemala, Honduras, Panamá, Venezuela (13).

##### 3.1.4 Descripción taxonómica

Helecho epifito, ocasionalmente terrestre; rizomas rastreros. Densamente escamosos, de 1 a 2 cm. de espesor (incluyendo escamas), las escamas anaranjadas a ferruginosas, delgadas, comúnmente translúcidas, lineares o linear-lanceoladas, atenuadas de 1-2 cm de longitud, los márgenes cortamente ciliados; pocas hojas, ampliamente dispersas en el rizoma, 30-120 cm. de longitud, 18-50 cm. de ancho ; pecíolo 10-40 cm de longitud, como un medio de longitud de la lámina, de 2-5 mm de espesor, terso y glabro, abaxialmente terete, adaxialmente acanalado; lámina glabra, ocasionalmente glauca en la cara de abajo, profundamente pinatisecta, totalmente oblonga o subdeltoide, con una subconformación en el segmento apical, escasamente reducida o no en la base ; segmentos de 6-18 pares, amplios o reduciéndose ascendentemente, 10-20 cm de longitud, 2-3(4) cm de ancho, ligulados y obtusos a lanceolados y agudos, los márgenes cartilagosos, totalmente oscuros y crenados; venas primarias oblicuas e irregularmente flexibles, no más prominentes que las secundarias, algunas adyacentes conectadas cerca de la base

(formando una areola costal); soro redondo (ocasionalmente elongado), en 1 (o irregularmente 2) series entre costa y margen, cada soro nace incluido en las venas (ocasionalmente en la extremidad de una vena simple ) (13,16).



**Figura 1. *Phlebodium aureum* L.**

### 3.1.5 Distribución geográfica

Este helecho es nativo de Centro América, se localiza desde México hasta Sur América. (México hasta Bolivia y Brasil). En Guatemala se ha descrito en los departamentos de Alta Verapaz, Baja Verapaz, Chimaltenango, San Marcos, Escuintla, Guatemala, Huehuetenango, Jalapa, Quetzaltenango, Suchitepequez y Zacapa (16).

### 3.1.6 Características ecológicas

**3.1.6.1 Hábitat.** Crece silvestre sobre troncos de árboles de encino, ciprés, pino, roble, cedro y otros , además sobre suelo rocoso y caliza desintegrada (3).

**3.1.6.2 Altitud.** Se desarrolla en altitudes de 1200-2200 msnm (3, 16).

**3.1.6.3 Suelo.** Como crece en forma epifita , por lo general se desarrolla sobre la materia orgánica que se encuentra en los troncos viejos o entre la base de las hojas de palmeras. Cuando crece en el suelo lo hace sobre lugares con materia orgánica y suelos rocosos (13).

**3.1.6.4 Requerimientos de luz.** Se desarrolla bajo la sombra, soporta hasta un 60 % de luz (13).

### 3.1.7 Usos y potencial económico

#### 3.1.7.1 Propiedades y aplicaciones

La materia médica son los rizomas verdosos en su estado fresco y café dorado cuando secos, son cilíndricos, tortuosos, escamas moreno ferruginosas, sin un olor especial; deben reunir las mismas características fisicoquímicas y sanitarias de las otras materias primas usadas para la elaboración de productos fitofarmacéuticos. Entre los principales compuestos con propiedades medicinales de esta especie están los glucósidos de la saponina basados en polipodosapogenina, incluyendo osaldina, ecdisteroides poliodinas A y B, derivados de la floriglucina, sustancias diversas; aceite esencial, aceite fijo, tanino, etc. (3, 13).

### 3.1.7.2 Usos y practicas medicinales tradicionales y locales

Se utiliza la raíz y el tallo del Helecho masculino contra enfermedades del pecho. Entre los campesinos del Ecuador se dice que es antirreumática, antisifilítica, diaforética y sudorífica. Es una planta pectoral, demulcente, purgante y antihelmíntica, la decocción fuerte expulsa la tenia. Señalan además que el rizoma de *Polypodium aureum* es comestible, así como también indican que en el Herbario Nacional Colombiano existen distintos exsicados que dicen que las especies del género *Polypodium* tienen los siguientes usos populares: el rizoma en infusión se toma contra la tos persistente, principalmente después de la tos ferina. Es usado como expectorante, pectoral y alterativo, se le ha usado contra la tos y padecimientos respiratorios, como tónico en casos de dispepsia y pérdida del apetito y como alterativo en enfermedades de la piel. Su sabor dulce se lo debe a la osladina. Ocasionalmente produce comezón tras su ingestión, se desconoce la razón, pero este efecto parece ser inocuo (13).

Martínez, Bernal y Cáceres (13), sobre usos populares del helecho, indican que la infusión y decocción del rizoma se usa oralmente para tratar afecciones gastrointestinales (diarrea, dolor de estómago, estreñimiento y gastritis) respiratorias (asma, tos, tos ferina) y cardíacas, dolor de huesos, reumatismo, diabetes, gota, hipertensión, purificar la sangre, parásitos, enfermedades venéreas, sífilis, y afecciones renales. Tópicamente se usa en la infusión en emplastos y cataplasma para el tratamiento de contusiones, reumatismo, úlceras, quebraduras, cáncer, cierto tipo de tumores, psoriasis y eczema. La decocción de las hojas se usa para detener las hemorragias. Se le atribuye propiedad analgésica, antihemorrágica, depurativo, diurética, desinflamante, emenagoga, espasmolítica, expectorante, febrífuga, laxante, pectoral, purgante, sudorífica y tranquilizante.

### 3.1.7.3 Forma de uso

La parte utilizada es el rizoma. Se utiliza el extracto líquido, en dosis de 1-4 ml. Señalan que para el tratamiento de psoriasis, eczemas, dermatosis, vitiligo y estados de disfunción inmune, se recomienda administrar tres veces al día en dosis de 1 capsula (Disfur<sup>®</sup>, Armaya<sup>®</sup> o similar) antes de las comidas, 1-4 g/taza de decocción, 3-5 ml de tintura 1:10 en etanol 35%. Por las mismas indicaciones puede aplicarse tópicamente, ya sea en forma de pomada o ungüento. Por su actividad antiinflamatoria e inmunomoduladora puede combinarse con "achiote", "apacín", "manzanilla" y "Zarzaparrilla". Como depurativo puede combinarse con "amargón", "palo de jiote" y "sauco" (13).

### 3.1.8 Química de la calahuala

los estudios aun son incompletos. El rizoma de *P. aureum* Contienen azúcar, aceite esencial, mucílago, almidón, nitrato de potasio y colorante rojo: además contiene calagualina, polipodina, aceites grasos y taninos, así como esteroides (ecdisterona y dos ecdisonas como la polipodaureina). De *Polypodium leucatomos* ya se obtiene un producto farmacéutico elaborado en España con materia prima proveniente de Honduras de la empresa Extractos Vegetales de Centroamérica, en donde para 1992 se estaban cultivando bajo sarán (tela especial para producir cierto porcentaje de sombra), seis hectáreas con capacidad para producir 500 kg. de extracto purificado por mes (13).

### 3.1.9 Estado de manejo

Cáceres (com. per) indica que en Guatemala los rizomas se obtienen por recolección en los bosques de poblaciones silvestres, siendo el material muy variable en sus características botánicas. En Honduras se cultiva comercialmente en desechos de palma en condiciones de invernadero. En Guatemala los lugares de mayor cantidad de extracción son Mataquescuintla y la Montaña de Jalapa; para 1996 se tiene información que se exportaron 18 toneladas de rizoma a Europa, de las cuales no se tiene información si son o no cultivadas. Se recomienda para la calahuala mantener bajo manejo las zonas de crecimiento natural ó iniciar su domesticación. Se carece de información acerca de su multiplicación por rizoma, pero se puede indicar que al momento de iniciar un trabajo de cultivo es la parte recomendada para la propagación.

### 3.1.10 Producción

En Honduras desde 1990 la Empresa llamada HELSINT (Helechos Internacionales) tiene bajo producción 6 ha. de *Polypodium leucatomos* con un total 60 empleados permanentes y 20 temporales, dicha empresa invirtió alrededor de US\$ 1.000.000.00 para tener una capacidad de producción del 20 % de su capacidad instalada y que actualmente está produciendo 500 kg. de extracto purificado por mes. La parte utilizable por la empresa es la fronda para lo cual cuenta con una planta procesador de la misma con capacidad de 2500 kg/mes de extracto purificado, los cuales son importados principalmente a España, Portugal y Jordania (1).

### 3.1.11 Otros estudios relacionados

Actualmente en la Facultad de Agronomía se está realizando a nivel de Tesis de grado un estudio de las comunidades vegetales del complejo calahuala (*Polypodium sp.*) de uso medicinal en la cuenca del río las Escobas, Santo Tomás de Castilla, Puerto Barrios, Izabal. Aunque aun está en proceso la información, se puede indicar que se ha encontrado como calahuala a la especie *P. triseriale* que no ha sido estudiada como medicinal. También se ha encontrado que las poblaciones son muy escasas y que se pueden considerar con alto riesgo de extinción. También se está realizando un estudio de Caracterización in situ del complejo calahuala *Polypodium sp.* en la zona del bosque montano húmedo subtropical comprendido entre los departamentos de Guatemala y Jalapa.

### 3.1.12 Estructura de los helechos

Los helechos comparten mucha morfología en común con las otras plantas vasculares y en muchos casos se usa la misma terminología descriptiva. Hay algunas diferencias fundamentales y significativas en la estructura única de las Pteridofitas (helechos y similares), una terminología especializada ha evolucionado al describirlas. La diferencia más obvia entre las pteridofitas y el resto de las plantas vasculares es que los helechos y sus similares no producen estructuras florales o reproductores grandes que dan lugar a semillas que en el futuro desarrollan la próxima generación de plantas. Los Pteridofitos se reproducen y dispersan por medio de esporas microscópicas, la estructura y desarrollo es asombroso como las flores de las plantas superiores

#### 3.1.12.1 Ciclo de vida

El ciclo de vida de los pteridofitos involucra dos fases distintas y separadas conocidas como el gametofito y el esporofito (estas dos fases también ocurren en las fases de semilla-plantas, pero porque allí estos ocurren concurrentemente pero son menos obvios). El esporofito es la fase más evidente, y se nombra porque ésta es la fase que produce las esporas, el esporofito al que la mayoría de nosotros se refiere cuando describimos o nombramos un helecho. Bajo condiciones favorables, las esporas vertidas del esporofito se desarrollan en el gametofito que es pequeño, discreto y efímero. El propósito del gametofito es producir las células sexuales masculinas y femeninas (gametos) la parte sexual femenina después de fertilizada desarrolla nuevos esporofitos para continuar el ciclo. Este proceso regular es conocido como la alternación de

generaciones e involucra un doble alternado partiendo de dos números de cromosomas en cada fase.

Es interesante comparar el ciclo de vida de los pteridofitos con el de otro grupo mayor de las plantas productoras de esporas, las briofitas o musgos y hepáticas que también tienen generaciones alternas. En las briofitas, el gametofito es la fase dominante y más eminente y el esporofito se retiene como un relativamente pequeño accesorio dependiente del gametofito maduro.

### 3.1.12.2 Hábito, forma de vida

Los Pteridofitos exhiben un rango de hábitos y forma de vida, además existen en la mayoría de los tipos de hábitat exceptuando el ambiente marino. Los esporófitos en tamaño están entre unos milímetros a decenas de metros de alto y en peso de unos miligramos a muchas decenas de kilogramos. El hábito de los pteridofitos refleja el ambiente y substrato que ellos escogen para crecer por lo tanto conviene dividirlos en tres grandes clases: aquellos que crecen en la tierra, aquellos que crecen en árboles y aquellos que crecen en el agua. Sin embargo, debe notarse que una preferencia del hábito/hábitat puede medirse por espacios entre estas clases. En particular, especies que viven bajo árboles, podrían clasificarse como epifitas, subepifitas o terrestres, y plantas que crecen en los márgenes de cuerpos de agua podrían ser consideradas acuáticas.

Mientras esta división de la estructura global de una planta basado en donde crece podría parecer ideado y artificial, debe notarse que las familias mayores de pteridofitas son predominantemente terrestres, predominantemente epifitas o predominantemente acuáticas demostrando una correlación significativa de hábito definida de esta manera con otros caracteres de su morfología.

La estructura del tallo o rizoma tiene un impacto particular en el tipo del hábito, tallos rastreros determinan el enracimamiento o espaciamiento entre las frondas.

### 3.1.12.3 Terrestre

Los Pteridofitos terrestres tienen tallos erectos o rastreros y las hojas se sostienen más derecho, vertical o extendidas y arqueadas. Los tallos erectos generalmente están sin agruparse, radiales con una o menos rosetas terminales de frondas, y puede ser robusto y leñoso (*Osmunda*, *Todea*), robusto y carnoso (*Marattia*, *Angiopteris*) o arborescente (*Cyathea*, *Dicksonia*,

*Leptopteris*). Rizomas rastreros se han distanciado o alejado a las frondas, y el propio tallo puede echar ramas o tallos no agrupados, en la superficie de tierra o subterráneamente. Tales plantas pueden estar formando un bosquecillo (*Gleicheniaceae*), y las frondas de algunos con particularmente tallos largos (*Lycopodium volubile*), estipulas y raquis (*Lygodium*) puede ascender en las coronas de árboles pequeños.

Varias especies se mantienen sobre piedras o en grietas de ellas, con sus raíces que entran en los espacios y atrapan los detritos y la suciedad. Su hábito es a menudo más semejante a las epifitas que a otras especies terrestres.

#### 3.1.12.4 Epifitas

Los pteridofitos epifitos tienen sus rizomas adheridos por medio de sus raíces en las cortezas de los troncos o en las ramas de los árboles. Una distinción debe hacerse entre éstos y las especies como *Lygodium* que tiene rizomas terrestres con frondas largas que suben en los árboles.

Las epifitas pueden tener rizomas compactos, de cortos a largos y rastreros. Los tallos pueden empezar a crecer en el árbol o en la tierra, pero en todo caso se adhieren al árbol y no soportan las condiciones de la tierra. Las frondas y tallos pueden ser derechos, arqueadas o colgantes. Las frondas de algunas especies (*Platycterium*, *Drynaria*, *Aglaomorpha* y el nido de pájaro *Asplenium*) se adapta para capturar detritos principalmente en sus bases.

#### 3.1.12.5 Subepifito

Subepifitos viven abajo en la base de troncos del árbol, generalmente entre el briofitos deteriorando detritos. Ellos también pueden presentarse en la tierra y piedras musgosas.

#### 3.1.12.6 Acuático

Varios helechos son verdaderamente acuáticos, un número mayor es subacuático o río-fito (creciendo al lado y periódicamente inundado por arroyos). Los pteridofitos acuáticos pueden tener tallos compactos rastreros que puede estar libres flotando en el fondo de la superficie el agua (*Azolla*, *Salvinia*), completamente sumergidos y arraizados en el sedimento del fondo (*Isoetes*), arraizado y emergente (*Marsilia*) o una combinación de todos los tres (*Ceratopteris*).

### 3.1.12.7 Tallos o rizomas

El tallo es el eje principal a lo largo del helecho creciente y usa las raíces o raíz como los órganos para la adhesión al substrato y adquisición de nutrientes y agua, produce hojas o frondas de una manera más regular. Una vez se producen hojas o frondas generalmente no aumentan en diámetro a ese punto. La mayor parte de ellos no son fotosintéticos pero en algunas especies de epifitos trepadores hay algún tipo de clorofila; los tallos de Psilotaceae y Equisetaceae han tomado la función de fotosintetizar las hojas que se reducen hasta un tamaño pequeño parecidas a dientes.

#### A) Tallos o rizomas?

Los tallos de los helechos son a menudo llamados rizomas, pero estrictamente este término se refiere a aquellos con un tallo largo y rastrero y/o con un hábito trepador. Si los tallos son cortos y compactos y simétricamente radiales, uno u otro erecto y además postrados son llamado **caudices**. En muchos casos el caudice es erecto y parecido a un árbol con un ápice radial con un mechón de hojas (*Cyathea*, *Dicksonia*, *Leptopteris*, *some Blechnum*, *Thelypteridaceae*) en el cual a menudo se llama tronco, los rizomas rastreros pueden estar ambos con un rizoma largo-rastrero con un amplio espacio entre frondas o con rizomas rastreros cortos con frondas cerradas relativamente juntas. Los rizomas pueden ser radiales o radialmente simétricos o dorsoventralmente con hojas o frondas producidas en el dorso o en la parte de encima y las raíces producidas ventralmente o en la parte de abajo.

### 3.1.12.8 Tipos de Ramificaciones

Por lo común los rizomas o caudices están sin formar ramas (muchos rizomas compactos están sin formar ramas o pueden echar ramas irregularmente. Algunas veces las ramas son regularmente dicotómicas (o isotómicas), algunas veces con ramas alternas reducidas con gran o poca magnitud (asisotómicas). Algunas veces la ramificación es asociada con la producción de hojas o frondas en el axis. Los rizomas o caudices de muchas especies que usualmente no ramifican (helechos arborescentes) deben algunas veces estar inducidos a ramificar seguido de un daño físico. Los que típicamente ramifican son los tallos de algunos grupos de pteridofitos que son bien distintivos.

### 3.1.12.9 Protección del rizoma

Los rizomas de los helechos se encuentran raramente desnudos y normalmente tienen alguna forma de cubierta, sobre todo en sus puntas de crecimiento, para proporcionar protección a

las temperaturas extremas, desecación, predación y abrasión física. Este cubierta toma la forma de vellos epidermales, cerdas o balanzas, o una combinación de cualquiera de éstas. Las frondas en vías de desarrollo jóvenes también llevan estos accesorios en muchos casos y a veces son persistentes en hojas totalmente extendidas. Algunos rizomas que no producen accesorios epidérmicos de protección logran el mismo resultado secretando un limo mucilaginoso que ensancha la punta creciente y las hojas en vías de desarrollo (e.g. *Plagiogyria*). A veces la superficie del rizoma es glauco con un ceroso lustre gris azulado y a veces con una cubierta cerosa blanca densa; esto a menudo puede ser el carácter de diagnóstico útil que puede perderse con coleccionar y usar las técnicas de la preservación que involucran calor excesivo o solventes como etanol.

#### **3.1.12.10 Vellos**

Los vellos pueden consistir en una sola célula (vellos unicelulares) o con una sola fila de células (multiseptados o los vellos multicelulares). Los vellos del rizoma generalmente no son glandulares pero aquellos de *Monachosorum* y algunas otras especies son capaces de secretar un limo mucilaginoso. La longitud, densidad, color, espesor y apariencia de células son caracteres taxonómicos útiles. Algunos vellos espesos pueden estar bastante tiesos y parecidos a cerdas pero están sólo compuestos de una sola fila de células.

#### **3.1.12.11 Cerdas**

Las cerdas son accesorios epidérmicos que parecen estar muertas, vellos más rígidos. Son aproximadamente redondos en la sección y varias a muchas células espesas por lo menos en la base. Pueden mezclarse cerdas con vellos y pueden graduarse en ellos. Estos son distintos a las espinas que son una proyección del tejido del tallo y no las estructuras epidermales.

#### **3.1.12.12 Balanzas**

Las balanzas son como platos llenos de tejido epidérmico, una célula espesa y varios a muchas células anchas. Aunque microscópicas, los detalles de orientación, forma, color de las células, y cualquier pelo como los accesorios glandulares son a menudo taxonómicamente muy importantes. Principalmente ellos se atan a lo largo de su borde basal; aquellos que se atan a su centro o a algún punto en la superficie, de hecho se describen como peltados. En algunas familias (*Cyatheaceae*, *Grammitidaceae*) las balanzas de algunas especies son a menudo setíferas con

bellos cortos y descoloridos a lo largo de sus márgenes. También en Cyatheaceae, las células marginales de las balanzas de algunas especies son de estructura bastante diferente, orientación y color al cuerpo de la balanza y se describen como flabelados o marginados. Las balanzas de ciertas familias (e.g. *Vittariaceae*, *Aspleniaceae*, algunas *Polypodiaceae*, *Loxogramme*, *Rheopteris*).

### 3.1.12.13 Estructura interior

La estructura interior del rizoma puede proporcionar caracteres de diagnóstico útiles sobre todo en los arreglos vasculares. Los caudices compactos casi siempre son radiales, para que las hojas correspondan a los arreglos vasculares uniformemente distribuidos alrededor del tallo. Los rizomas alargados también pueden ser radiales pero normalmente son dorsoventrales, donde se encuentran las hojas y sus rastros en la superficie superior, a menudo en dos filas, a veces en tres ó más, y las raíces en la superficie más baja.

La estructura del tejido vascular se ha usado para separar ciertos grupos de pteridofitos. La forma más simple es el protosteles, una cuerda vascular sólida con el xylema interior y una cuerda externa de floema; a veces el centro del protosteles está compuesto de células del parénquima no vasculares y esto es nombrado un protosteles medulado o equivalentemente un sifonosteles ectofolico. Un sifonosteles es cualquier steles ininterrumpido con un centro indiferenciado y uno en el interior así como el floema externo el cual es conocido como un sifonosteles amfiploide; este tipo de steles es muy común en esos helechos con rizomas largos rastreros y normalmente son dorsoventrales. Los huecos o aberturas de las hojas ocurren en tales steles, normalmente sobre donde los rastros de la hoja divergen; los parénquimas interiores y externos son continuos a través de estos huecos. Donde las hojas se espacian estrechamente, los huecos de las hojas son tan íntimos que el cilindro vascular llamado dictiosteles, cada cuerda individual se llama meristeles. Éste es un tipo muy común de tallo vascular. En algunas familias (e.g. *Davalliaceae*) necesariamente no se asocian a los huecos en la red con huecos en la hoja; semejante steles se ha descrito como un solenosteles disecados (*Holtum 1959*). Los steles más complejos estructurados ocurren en algunas familias (e.g. *Matoniaceae*) donde hay varios series concéntricas de steles. En algún genero como *Stenochlaena* hay bultos vasculares adicionales fuera del sistema principal. En el genero *Lomariopsidaceae* la hoja basa sus numerosas cuerdas vasculares decurrentes a lo largo del rizoma con una longitud considerable y el modelo resultante son los meristeles y rastros de hojas

que puede ser muy confundidos donde el stele se compone de varias cuerdas del piso más paralelos a nosotros los cuales son conocidos como plectostele.

### 3.1.12.14 Estructuras de apoyo interior

Estos a menudo toman la forma de oscuros, duros y durables materiales esclerificados, distribuidos en el tallo, en muchos casos el tallo encerrado en el tejido esclerificado y muchas veces el caudice entero que antes pudo haber estado esclerificado. A menudo los bultos vasculares ( stele, meristemes, rastros de hojas) son escasas en material esclerificado y ello se refiere a los bultos fivrovasculares (e.g. *Ophioglossaceae*, *Marattiaceae*, some *Vittariaceae*) tienen poco, a algún material esclerificado, confiando en la turgencia de los tejidos que soportan la planta.

### 3.1.12.15 Raíces

No se producen raíces de Pteridofitos como la proliferación descendente del tallo pero se producen principalmente lateralmente, a veces esparcidos a lo largo de la longitud del tallo, y así también de forma adventicia. En algún genero (e.g. *Ceratopteris*) las raíces también se producen en las bases de la hoja. A veces estas raíces son simples, pero principalmente ellos echan ramas, a veces dicotómicas pero muy irregularmente. En el genero arborescente (*Cyathea*, *Dicksonia* etc.) las raíces a veces forman un colchoncillo espeso que ensancha el tronco más bajo, volviéndose esclerificado proporcionando una cantidad considerable de apoyo físico. Muchos pteridofitos epifitos (*Lycopodiaceae*, *Vittariaceae*, muchos *Aspleniaceae*, *Polypodiaceae* etc.) producen un colchonsillo denso grande de raíces con muchos vellos que sirven para entrapar y retener humedad y nutrientes. Algunas especies reducidas del *Hymenophyllaceae* parecen haber sustituido las raíces por una cubierta de vellos finos que funcionan como vellos de la raíz.

La estructura de la raíz de *Selaginella*, conocido como *rhizophores* se lleva a lo largo del tallo, el superior a menudo progresivamente más largo y formando una serie de zancos de apoyo; ellos echan ramas dicotómicas en contacto con la tierra y no llevan vellos de la raíz y hay alguna duda si ellos son verdaderas raíces o los accesorios especializados del tallo.

**Estolones.** Los tallos de algunas especies (e.g. *Nephrolepis*, algún *Blechnaceae*) producen una gama de tallos corredores o estolones que son capaces de enraizar y producir nuevas plantas a los intervalos regulares. Éstos se originan del tallo y bastantemente diferentes a las frondas proliferando de otras especies.

### 3.1.12.16 Hojas- frondas

Las hojas típicas y verdaderas de los helechos son usualmente llamadas frondas; Aunque los volúmenes enteros de descripciones del helecho no hacen ninguna mención de "hojas", las frondas del helecho son verdaderamente homólogas con las hojas de las plantas con flores, extendiéndose como órganos fotosintéticos vasculares producidos por el tallo; el uso del término "hojas" o "frondas" están grandemente una cuestión de preferencia personal y en este trabajo, ' la fronda ' sólo se usa para las hojas de verdaderos helechos y no aquellos relacionados a los mismos.

La variedad desconcertante de forma de la hoja o arreglo proporciona muchos de los caracteres más útiles de la taxonomía de los pteridofitos. Las hojas de los aliados o relacionados con los helechos (Psilotaceae, Isoetaceae, Selaginellaceae, Lycopodiaceae, Equisetaceae) son simples y no divididas, no a menudo dentadas, séciles, con una sola vena sin ramificar a menudo pequeños; ellos se llaman microfilos. Las frondas de los helechos son megafilas y exceptuando las especies muy reducidas son grandes y complejas, tienen muchas venas y a menudo lobuladas o diversamente divididas, normalmente con un tallo distinto o pecíolo. El microfilo de Psilotaceae y Equisetaceae se reduce en diminutos dientes y la función fotosintética a sido tomada por los tallos verdes.

La porción verde extendida de una hoja se llama lámina. Una hoja donde la lámina se levanta directamente del tallo se describe como sésil. El pecíolo o tallo de una fronda del helecho generalmente se llama estipe (parecido a la hoja/fronda, el uso de este término en preferencia para acercarse furtivamente a el pecíolo es una cuestión personal) y las frondas que poseen estipes son llamadas estipitadas.

Las hojas tienen órganos productores de esporas, a aquellas que las producen se llaman fértiles y las que no estériles.. Las frondas fecundadas pueden ser notablemente del tamaño diferente, forma o orientación a las frondas estériles y esto es conocido como dimorfismo. (4)

### 3.1.13 Cultivo de helechos

#### 3.1.13.1 Propagación vegetativa

Esta se lleva a cabo por división de rizomas de helechos completamente desarrollados, asegurando la continuidad de las características deseables en plantas hijas, como la uniformidad y la continuidad (11).

### 3.1.13.2 Rizoma aéreo

Este tipo de rizoma forma parte de un grupo típicamente epifito ó litófico que a menudo crecen en grupos grandes. Las partes basales del hijo de los rizomas son rodeadas por un colchonsillo espeso de las raíces mientras la parte superior del rizoma hijo erecto ó semierectos crece expuesto al aire. Parte del rizoma es usualmente de menor enraizamiento. A este grupo pertenece algunas especies de *Davalia* (*D. solida*, *D.pyxidata*) y el *P. decumanum* (12).

### 3.1.13.3 División

La división es uno de los medios más útiles de propagación de helechos en aquellos que se prestan para ello, y siendo un proceso no muy delicado puede llevarse a cabo con un mínimo de experiencia y equipo. La división probablemente es la técnica más frecuentemente usada y el método más eficaz de propagación vegetativa de helechos. El único equipo necesitado es un cuchillo afilado o quizás una azada para los especímenes más grandes.

En el proceso de división simplemente se toma un grupo conveniente de helechos y se dividen en dos o más partes que sean capaces de existir como plantas separadas. Un helecho conveniente es un grupo que tiene más de una joven fronda creciente las cuales estén separadas por suficiente distancia para ser divididas. La división debe llevar parte del sustrato donde se encuentra, y si hay demasiadas raíces, es conveniente quitarlas para mantener un equilibrio con el sistema radical reducido de la división. En las heridas hechas durante la división se le puede frotar con un poco de cal de jardín (11, 12, 17).

### 3.1.13.4 Forma de sembrar

Para sembrar los rizomas aéreos hay dos formas de hacerlo: la primera se colocan los rizomas horizontales dejando la mitad del diámetro enterrado y la otra mitad con las frondas jóvenes descubierta. La otra forma es colocando un extremo del rizoma enterrado en el sustrato y el otro extremo descubierta (posición oblicua) (12).

### 3.1.13.5 Cultivo y producción

**A. Suelo:** Los suelos para reproducir helechos requieren de un buen drenaje, aireados, con buena retención de humedad y materia orgánica. Los autores recomiendan usar arena de río, turba de musgo, musgo, perlita, roca caliza, y materia orgánica principalmente (17, 11, 12, 18).

**B. Temperatura y Humedad:** La temperatura recomendada es la del hábitat de la especie y en la mayoría requieren una alta humedad para su óptimo desarrollo (11).

**C. Luz:** Los Helechos por naturaleza son de ambientes sombreados (*Phlebodium sp.*), por lo tanto aunque requieren cierta intensidad lumínica, no deben ser expuestos directamente al sol, la coloración verde clara es inducida cuando la sombra es poca. La sombra artificial recomendada es Sarán con un 60 a 80% de retención lumínica. También se puede hacer un sombrío natural, pero es preferible el Sarán (17, 11, 12).

**D. Riego:** como ya se dijo se requiere bastante humedad para un adecuado desarrollo. Se recomienda para mantener bastante humedad aplicar a los sustratos " Mulch ", mantillo de hojas, etc. Al sembrar en época seca se debe humedecer completamente el sustrato, evitando así el riego por un tiempo (11, 12).

**E. pH:** Se recomiendan los valores de pH de 4.5-5 para helechos, orquídeas, bromelias y anturios (15).

**F. Fertilización:** Se recomienda aplicar soluciones completas de fertilizantes a las 2 semanas después de haber sembrado, también recomiendan llevar a la par un estudio de análisis de suelos y recomiendan la aplicación de fósforo en menores cantidades que nitrógeno y potasio. Para el Género *Rumohra* de la Familia Polypodiaceae recomiendan mezclar con el sustrato una mezcla de NPK en proporción de 2-1-2 o 4-1-4. Si se reportan altos niveles de fósforo en los análisis puede optarse por 1-0-1. También recomienda rangos de aplicación de Fertilizante primarios N, 450 a 670 kg/ha. Acido Fosfórico, 225 a 335 kg/ha. Potasio, 450 a 670 kg./ha. Magnesio, 55 a 165 kg./ha. (17, 11, 12).

**G. Labores culturales:** La mayoría de helechos no requieren labores culturales especializadas, lo más intensivo es la mano de obra, que debe dedicarse sobre todo a la cosecha, eliminación de malezas, limpieza en general del cultivo y clasificación. Se requiere en promedio de unos siete trabajadores por hectárea sembrada (17).

H. **Densidad de Siembra:** Los rizomas se deben sembrar a poca profundidad, a unos 2.5 cm. por debajo de la superficie. Es usual sembrarlos relativamente juntos entre si, en tres o cuatro hileras ubicadas a lo largo de las camas o surcos. Algunos productores mencionan que prefieren distancias de 30 x 30 cm o aún 30 x 45 cm, pues se ha comprobado que a medida que la planta se desarrolla y las frondas invaden el espacio libre, se crea competencia entre las plantas y se generan problemas de aireación deficiente cuando las plantas se encuentran muy cerca.. En promedio habla de una densidad de siembra de 9 plantas por metro cuadrado, es decir entre 50000 y 60000 plantas por hectárea. El cultivo se desarrolla en camas cuyo ancho oscila entre los 90 a 120 cm , ya que anchos mayores dificultan las labores de recolección y limpieza (17).

### 3.1.13.6 Plagas y enfermedades

Para la calahuala no se tiene ningún registro de la presencia de plagas y enfermedades, sin embargo para los helechos en general son reportadas varias de ellas (Cuadro 1).

Cuadro 1. Principales plagas y enfermedades para helechos (17, 10, 11).

Agente causal	Nombre común
<p><b>Plagas</b></p> <p>1. Escamas y Cochinillas <i>pseudococcus asonidum</i> <i>Coccus sp.</i> <i>Pinnapsis aspidistrae</i></p> <p>2. Insectos <i>Frankiniella occidentalis</i> <i>Thrips Tabaci</i> <i>Undulambia Polysticha</i></p> <p>3. Babosas y Caracoles <i>Deroceras sp.</i></p> <p><b>Enfermedades</b></p> <p>1. Hongos <i>Cylindrocladium sp</i> <i>Cercospora sp.</i> <i>Colletotrichum</i> <i>Pythium</i> <i>Rhizoctonia</i></p> <p>2. Nemátodos <i>Pratylenchus sp.</i></p>	<p>Cochinilla harinosa abanderada Escama parda blanca Escama de los Helechos</p> <p>Thrips occidentales de las flores Thrips Broca</p> <p>Babosa parda de jardín</p> <p>Mancha foliar de fuego Mancha foliar Tizón foliar-antracnosis Pudrición radicular Pudrición de corona y raíces</p> <p>Nemátodo de lesión.</p>

### 3.1.14 Producción orgánica en plantas medicinales

Es sobre todo en la producción de medicamentos vegetales donde puede comprenderse la necesidad de producir sin la aplicación de pesticidas de síntesis química, que a la par de producir daños al medio ambiente, un número importante de ellos, tienen probados efectos cancerígenos, mutagénicos, teratogénicos, etc. Aquí es donde la producción orgánica, biológica o ecológica se justifica plenamente, ya que a la par de realizarse en equilibrio con el medio ambiente, provee medicamentos sanos, libres de agroquímicos y otros productos que puedan perjudicar la salud del usuario, consumidor o paciente. Agregado a ello, tal producción tiene requerimientos que se deben cumplir si se desea acceder a la garantía de una certificación que lo avale, con sendos controles e inspecciones suficientes para asegurarlo (10).

#### 3.1.14.1 Agricultura orgánica

Se entenderá por agricultura ecológica ya que emplea métodos y sistemas compatibles con la protección y el mejoramiento ecológico sin emplear insumos o productos de síntesis química. La agricultura orgánica o biológica es sinónimo de agricultura ecológica (4).

"La Agricultura Orgánica es un sistema ecológico de manejo de la producción que promueve y realza la biodiversidad, los ciclos biológicos y la actividad biológica del suelo. Está basada en el uso mínimo de las entradas externas a la granja y en el manejo de prácticas que restauran, mantienen y realzan la armonía ecológica. "Orgánica" es un término que denota productos producidos bajo la autoridad del Acto de Producción de Alimentos Orgánicos. Las directrices principales para la producción orgánica son el uso de materiales y prácticas que realzan el equilibrio ecológico de los sistemas naturales y que integran las partes del sistema agrícola en la ecología de una forma global. Las prácticas de agricultura Orgánica no pueden asegurar que los productos estén completamente libres de residuos; sin embargo, los métodos usados minimizan la contaminación del aire, suelo y agua. Los productores de alimentos orgánicos, procesadores y minoristas se adhieren a estándares que mantienen la integridad de los productos agrícolas orgánicos. El objetivo primario de la agricultura orgánica es el de optimizar la salud y productividad de las comunidades interdependientes de vida del suelo, plantas, animales y personas. (Consejo Nacional de Estándares Orgánicos - Abril 1995) " (6).

La agricultura Orgánica difiere de otros sistemas de agricultura en varios aspectos. Favorece los recursos renovables y el reciclaje, retornando a los suelos los nutrientes encontrados en productos de desecho. Donde hay involucrado ganado, la producción de carne animal y de aves está regulada de una forma especial para el bienestar animal y mediante el uso de recursos alimenticios naturales. La agricultura Orgánica respeta los sistemas propios del medioambiente para el control de pesticidas y enfermedades en los cultivos crecientes y en el ganado y evita el uso de pesticidas sintéticos, herbicidas, fertilizantes químicos, hormonas de crecimiento, antibióticos y manipulación genética. En su lugar, los granjeros orgánicos usan un rango de técnicas que ayudan a mantener los ecosistemas y reducir la polución.

El paquete de reforma de la Agenda 2000 de la Unión Europea incluyó un énfasis mucho mayor en el desarrollo rural, convirtiéndolo en el "segundo pilar" de la política agrícola común (CAP), respetando el medioambiente. El paquete de reformas requiere que los Estados Miembros adopten medidas adecuadas de protección medioambiental en relación a todos los tipos de agricultura. Los agricultores deben ahora respetar ciertos estándares medioambientales básicos sin ninguna compensación financiera y el principio de "el que contamina, paga" está siendo aplicado. Sin embargo, los programas de medidas agro-medioambientales para el desarrollo rural ofrecen a los agricultores pagos por responsabilidades medioambientales que van más allá de las buenas prácticas agrícolas. Los "agricultores orgánicos" tienen derecho a reclamar premios agro-medioambientales siempre y cuando se reconozca que esos particulares sistemas agrícolas favorecen el medioambiente. Además, la agricultura Orgánica puede ser promovida a través de ayudas para inversiones en la producción primaria, procesado y marketing. Teniendo en cuenta todas estas previsiones, la política del programa de desarrollo rural es como una contribución considerable a la expansión de la Agricultura Orgánica. Para comprender el papel y el modo de operación de la agricultura orgánica dentro de la política agrícola de la Unión Europea, es necesario que sea vista dentro de un rango de contextos distintos, incluyendo:

- Preocupaciones de los consumidores,
- Garantía de calidad y regulación;
- La extensión de la Agricultura Orgánica actualmente en la UE;
- El papel de la agricultura integrada;
- Agricultura Orgánica y desarrollo rural (6).

### 3.1.14 .2 Agricultura integrada

En la agricultura integrada donde el objetivo es dirigir granjas sostenibles, altamente productivas que hacen el mejor uso de los mecanismos biológicos dentro de los sistemas de cultivos y de ganado. Sin embargo, este tipo de agricultura no excluye completamente el uso de fertilizantes y pesticidas y no está sujeta a regulación ni un sistema legal de regulación. En su lugar está basado en entrada externas más bajas y en significados más naturales de protección de cultivos que con una agricultura intensiva.

La agricultura integrada se concentra en los aspectos positivos de las prácticas agrícolas y lucha activamente para reducir sus impactos negativos. Sus principios han sido trazados por la Iniciativa Europea para el Desarrollo Sostenible en la Agricultura, por ejemplo:

- Producir alimentos de una calidad suficientemente elevada, fibras y materiales industriales en bruto;
- Encontrar las demandas de la sociedad;
- Mantener negocios agrícolas viables; preocuparse por el medioambiente;
- Mantener los recursos naturales (6).

### 3.1.14.3 Agricultura sostenible

" El término agricultura sostenible significa un sistema integrado de prácticas de producción animal y vegetal teniendo una aplicación específica para el lugar que, a largo plazo: satisficará la alimentación humana y las necesidades de fibra, realzarán la calidad medioambiental y los recursos naturales bajo la cual depende la economía agrícola, hará el uso más eficiente de los recursos no renovables y sobre las granjas e integrará, donde sea apropiado, los ciclos naturales y biológicos y los controles, y sostendrá la viabilidad económica de las operaciones de las granjas, realizando la calidad de vida de los agricultores, granjeros y sociedad en su totalidad " (6).

### 3.1.14.4 Organismos internacionales que regulan la producción orgánica

Internacionalmente, IFOAM (Federación Internacional de Movimientos de Agricultura Orgánica), ha establecido normas para la producción, para el procesamiento y comercialización de productos orgánicos y también maneja un programa de acreditación para agencias certificadoras. También los gobiernos de Estados Unidos, Canadá y la Unión Europea han establecido cuerpos de normas dentro de sus países para la producción orgánica.

La agricultura orgánica también plantea desafíos nuevos para la FAO. Es responsabilidad de la FAO otorgar un lugar legítimo a la agricultura orgánica dentro de los programas de agricultura sostenible, y prestar asistencia a los Estados Miembros en sus esfuerzos por responder a las exigencias de los agricultores y los consumidores en este sector. La FAO ha establecido un Grupo de Trabajo Interdepartamental sobre la Agricultura Orgánica a fin de iniciar y poner en práctica las actividades pertinentes. El Programa para la agricultura orgánica colabora y establece asociaciones con: las instituciones interesadas, concretamente programas o asociaciones nacionales que se ocupan de agricultura orgánica; ONG como la Federación Internacional de los Movimientos de Agricultura Biológica (IFOAM); y centros de investigación nacionales e internacionales.

#### **3.1.14.5 Buenas prácticas en el cultivo orgánico de plantas medicinales**

El objetivo de estas prácticas es promover una metodología práctica general que sirva como modelo, y que estimule su adopción por los productores, al tiempo que sea adaptable a las circunstancias de cada empresa.

Al mismo tiempo, se intenta suministrar al productor información necesaria orientada hacia la agricultura orgánica, biológica o ecológica, que le permita el cultivo de vegetales de utilidad medicinal, conforme a los requisitos farmacéuticos, orgánicos certificados y de mercado, especialmente los externos, buscando guiar al productor hacia su propio objetivo, que entendemos es la maximización del beneficio.

Esta guía busca ayudar a minimizar contaminaciones de distinto orden durante las etapas del proceso de producción agrícola, dentro de un sistema orgánico. Contempla los insumos, las actividades, la documentación y demás aspectos que hacen a la salud del usuario, consumidor o paciente.

#### **A. Insumos**

##### **a. Suelo o sustrato**

No se deberá recolectar o cultivar en lugares donde la presencia de sustancias potencialmente nocivas (aguas fecales, lodos fecales, metales pesados, pesticidas u otros químicos, heces de animales, malezas tóxicas, contaminaciones aéreas, etc.), ni en lugares donde se produzcan estancamientos perjudiciales puedan dar lugar a un nivel inaceptable de

dichas sustancias en el producto final. Se debe respetar el período de transición necesario, aislar la zona de producción de toda fuente de contaminación, así como evaluar cuáles son sus potenciales peligros al respecto.

Se debe de tener en cuenta algunos posibles contaminantes:

- i. Distancia a caminos
- ii. Distancia a fábricas
- iii. Distancia a vecinos
- iv. Fuentes de agua
- v. Cables de alta tensión
- vi. Plantas de energía, etc.
- vii. Dirección de los vientos dominantes
- viii. Velocidad de los vientos
- ix. Posición en la cuenca, etc.

Se debería conocer antes de recolectar o cultivar, si existe riesgo de erosión y programar adecuados métodos para aplicar en la prevención.

Se debe Poner el mayor empeño en respetar las condiciones para la vida salvaje e incremento de la biodiversidad.

Realizar tareas que le permitan incrementar o mantener la fertilidad de su suelo y por sobre todo la actividad biológica, mediante:

- i. Laboreo mínimo apropiado
- ii. Cultivo de leguminosas, abonos verdes o plantas de raíces profundas.
- iii. Adecuadas rotaciones plurianuales de cultivos.
- iv. Incorporación de abonos orgánicos obtenidos de residuos provenientes de establecimientos propios o ajenos, cuya producción se guíe por las normas reglamentarias.
- v. Introducción de prácticas de manejo (Curvas de nivel, terrazas, acequias, barreras vivas o muertas, etc.), para proteger al suelo.
- vi. Realizar un manejo adecuado de la materia orgánica usando coberturas, abonos, etc.

#### **b. Material vegetal**

El material vegetal que utilice para sembrar o plantar deberá estar clara y correctamente identificado y, estar libre de enfermedades y/o plagas que puedan introducirse en el suelo. Tanto las semillas como el material de propagación (plantines, matas, esquejes, etc.) deberán provenir de producciones orgánicas.

- i. Evitar tratar sus semillas con productos químicos.
- ii. Está prohibido utilizar semillas modificadas genéticamente o de material de producción transgénico.

Si se trata de material de recolección silvestre, se debe observar cuidadosamente las "Normas de Producción Primaria de Vegetales Provenientes de Zonas Silvestres".

### c. Insumos para el control de plagas, enfermedades y malezas.

- i. No deberá utilizar insumos de síntesis química.
- ii. Se debe tener la precaución de no ingresar al predio agroquímicos, envases vacíos o materiales que hayan entrado en contacto con ellos.
- iii. Si existen, desecharlos de modo que no haya posibilidades de contaminación al producto, predio o medio ambiente.
- iv. Usar solamente los productos permitidos
- v. Programar un plan de control que contemple medios mecánicos, rotaciones adecuadas, especies y variedades adecuadas, protección de la flora y fauna naturales, etc.
- vi. Se sugiere usar para la introducción del control biológico, monitoreos y trampas, cercos vivos o diseminación de predadores, etc.
- vii. Si se produce en invernáculos, se debe considerar todos los aspectos mencionados al principio para "Producción en Invernáculos"

### i. Fertilizantes

- Utilizar sólo fertilizantes provenientes de residuos bien compostados y únicamente aplicarlos antes o después del ciclo productivo.
- Tener presente que una dosificación elevada puede afectar al consumidor, usuario o paciente y al medio ambiente, además de ser un costo innecesario.
- Nunca utilice material fecal humano, en ninguna de sus formas.
- Al igual que con los insumos para plagas y enfermedades, tener precaución con los envases vacíos.
- Llevar adelante un plan de manejo de la fertilidad, teniendo en cuenta condiciones generales y específicas de los insumos:

#### Generales

- Tipo de suelos
- Rotación de cultivos
- Criterios de rotación
- Fuentes de información
- Tipos de medición sobre el suelo

## Específicos

- Tipo de insumos
- Fuente de los insumos y potenciales contaminantes
- cantidad y método de aplicación
- categorización del insumo

### ii. Maquinaria

La maquinaria y utensilios utilizados deberían estar limpios y en buen estado de funcionamiento.

Se debe tener la precaución de higienizar correctamente toda maquinaria que se haya utilizado para aplicar un producto prohibido para la producción orgánica. Del mismo modo, controlar el estado de limpieza y mantenimiento de toda maquinaria que ingrese al predio.

### iii. Agua

La fuente de agua deberá estar libre de contaminaciones fecales humanas y animales y de sustancias peligrosas para la salud del consumidor.

Asegúrese que toda el agua que utilice sea potable y no posea tratamientos químicos.

Deberá considerar además la calidad, en lo que respecta a:

- Fuentes
- Profundidad y antigüedad
- Tratamientos
- Análisis (químicos, bacteriológicos, etc.)
- Descripción del curso de agua dentro y fuera del predio

Respecto del sistema de riego, tener precaución en no utilizar el equipo para otros usos y, manténgalo en buen estado con procedimientos y productos de saneamiento autorizados. Limpie los canales y construcciones y lleve un registro de la humedad del suelo.

### iv. Instalaciones y equipo

- La contaminación desde el exterior deberá ser minimizada.
- Las instalaciones y edificios deben estar contruidos de tal forma que protejan el material de pájaros, insectos y otros animales; deben tener buena ventilación y nunca ser usados para el ganado; deberá conservarlos limpios y secos y con mínima variación de temperatura diurna.
- Las puertas, ventanas y lugares de ventilado deberán tener elementos que impidan el ingreso de pestes y animales.

- Controlar siempre el estado de higiene de sus galpones y depósitos, lo mismo que las áreas adyacentes y de servicio.
- Para la higiene de las instalaciones emplear métodos e insumos apropiados, acordes a los productos almacenados.
- Mediante una buena identificación de los productos envasados podrá separar, en los depósitos, el producto orgánico de aquel que no lo sea.
- Si se ha seleccionado y separado un área limpia, no permitir que la contaminen. Todo el equipo que utilice para producir, cosechar o procesar, debe ser de fácil limpieza para disminuir contaminaciones.
- Si se utilizó su línea de procesamiento con un producto "no orgánico", se deberá limpiarla adecuadamente y esperar el tiempo necesario, previo al ingreso de cualquier "producto orgánico".
- Si se debe desechar equipo por obsolescencia o deterioro, cuidar la posible contaminación del producto, la del predio y especialmente al medio ambiente.
- Se debe recordar que únicamente por excepción podrá realizar controles con productos no autorizados, siempre con previa autorización y control de las operaciones, y sin que el producto se halle presente.

#### d. Documentación

- i. La documentación es imprescindible en la producción orgánica y necesaria en la producción de hierbas medicinales.
- ii. Permitirá verificar relevamientos, registros, comprobantes, etc., en todo lo referido a la actividad de la explotación.
- iii. Podría ser conveniente agrupar la documentación bajo dichos ítems: relevamientos, registros y comprobantes, recogidos en planillas, formularios, etc. Por ejemplo:

#### iv. Relevamientos

- Predio
  - Nombre del propietario y responsable
  - Nombre del establecimiento
  - Ubicación del establecimiento (plano)
  - Paisaje (montes, ubicación en la cuenca, etc. (plano)
  - Vecinos colindantes y su actividad
  - Fuentes de agua
  - Suelos
  - Sistemas de aislamiento
  - Ubicación y superficie de cada lote (plano)
  - Instalaciones y destino (plano)
  - Lugares de elaboración, transformación, envasado (plano)
  - Etc.
- Vegetación
  - Natural y espontánea
  - Cultivada

- Instalaciones (listado y destino)
- Maquinarias
- Sistema de riego
- Caminos
- Otros bienes relevados.
- Registros
  - Posibles fuentes de contaminación.
  - Elementos de juicio para dar cumplimiento al período de transición.
  - Descripción del estado de aislamiento de los límites del campo.
  - Sistema de riego (forma de realizarlo)
  - Programa de rotaciones plurianuales.
  - Tratamientos en cada lote en los últimos tres años.
  - Tratamientos realizados para mantener o incrementar la actividad biológica del suelo.
  - Usos dados a los insumos.
  - Registros de la producción.
  - Estado sanitario de los cultivos.
  - Registro del origen de semillas y órganos de multiplicación.
  - Registros del estado de la diversidad del ambiente.
  - Climáticos. (Temperatura, heladas, granizo, humedad relativa, etc.).
  - etc.

#### Sistemas silvestres

- Registros de:
  - Parámetros verificables de la estabilidad del sistema.
  - Productos que se recolectan.
  - Criterios de recolección.
  - Partidas certificadas. (número).
  - De la memoria descriptiva en donde se detalle:
    - Producto recolectado (Especie, partes, etc.)
    - Áreas de recolección dentro del predio.
    - Época de recolección.
    - Frecuencia de recolección.
    - Producción potencial estimada del predio de cada especie recolectada.
    - Características reproductivas naturales de la especie (forma de diseminación: semillas, estolones, etc.)
    - Cantidad recolectada de cada especie.
    - Presencia de otros consumidores y sus hábitos alimenticios.
    - Tratamiento de las especies remanentes.
    - Métodos implementados para mantener el equilibrio del ecosistema.
    - Predadores y sus hábitos alimenticios.
    - Flora y fauna benéfica.
- Otros registros
- Comprobantes
  - Incluiríanse aquí comprobantes, como: facturas, recibos, resultados de análisis, etc.

- De insumos ingresados al predio (Compras, estudios profesionales, autorizaciones, etc.). De productos egresados del predio (Ventas, residuos, etc.)

### **e. Calidad**

Son importantes especificaciones sobre:

- i. Genuinidad: Identificación (nombres populares y científicos), Parte del vegetal, Grado de procesamiento, estado fenológico, etc.
- ii. Lugar de origen
- iii. Fecha de recolección/cosecha.
- iv. Principios activos (nombres y porcentajes)
- v. Porcentaje de humedad
- vi. Propiedades visuales y sensoriales (Olor, color, sabor, etc.).
- vii. Residuos
- viii. Metales pesados
- ix. Contenido microbiológico. (Bacterias aerobias, hongos, coli, salmonella y sus toxinas).
- x. Estar certificado (Agencia reconocida en el mercado comprador).

### **f. Personal**

Basarse en las Directivas 93/43 CEE (14-6-93) y en el Codex Alimentarius (Principios generales de higiene de alimentos).

Se recomienda especialmente:

- i. Entrenar al personal en técnicas apropiadas de producción, manipuleo de cosecha y procesamiento.
- ii. Mantener un alto grado de higiene.
- iii. Proveer de vestimenta adecuada y elementos sanitarios.
- iv. Realizar chequeos sanitarios periódicos.
- v. Mantener fuera del lugar de manipulación de las hierbas, hasta la completa recuperación, aquel personal que posea heridas, llagas e infecciones transmisibles.

## **B. Actividades**

### **a. Siembra, Plantación y Labores Culturales**

- i. Es fundamental incrementar o mantener la actividad biológica y la fertilidad del suelo.

- ii. La preparación del suelo para la siembra deberá realizarla con implementos que no mezclen las capas de suelo, que permitan el control de malezas y también el mantenimiento de una buena cobertura.
- iii. Los tratamientos preventivos y curativos del suelo y del material vegetal, físicos, biológicos, etc. deberá realizarlas únicamente con productos autorizados y que no dejen residuos peligrosos para la salud y en lo posible bajo la supervisión de un profesional y con personal entrenado. Aún en los casos de productos permitidos, deberá cuidar especialmente la correcta dosificación.
- iv. El riego deberá ser regular y uniforme para evitar la acumulación de agua (encharcamientos) y la creación de microclimas con alta humedad que puedan promover la diseminación de hongos, bacterias y otros microorganismos potencialmente nocivos, arrastre de suelo o apariciones salinas en superficie.
- v. En los casos de dudas respecto a materiales no autorizados deberá realizar siempre una consulta escrita al organismo consultor (Certificadora).
- vi. No olvidar registrar todas las actividades de la manera que sea más clara y práctica.
- vii. Evite excederse en las labores mecánicas. Realícelas sólo en un rango mínimo apropiado.
- viii. La maquinaria y los equipos, propios de la empresa o alquilados, deben estar limpios y en buen estado de funcionamiento. Algunas consideraciones a tener en cuenta son:
  - o Que no haya pérdidas de combustible y/o lubricantes.
  - o Realización de una dosificación uniforme.

## **b. Recolección y Cosecha**

- i. Deberá cosechar o recolectar en la estación y en el momento apropiado para cada especie.
- ii. Realizar la cosecha y la recolección en condiciones de baja humedad atmosférica.
- iii. Verificar que la maquinaria y equipos que utilice estén limpios y en buen estado de funcionamiento, entre otras cosas controle:
  - o Cuchillas de corte, que deben estar limpias y afiladas
  - o Altura de corte apropiada (para no contaminar con material extraño).
  - o Tolvas sin residuos de cosechas anteriores.
- iv. Evite cosechar y recolectar, o dejar material cortado en el campo en épocas lluviosas o de elevada humedad atmosférica.
- v. Tenga en cuenta la capacidad operativa. Coseche o recolecte diariamente un volumen tal que pueda ser manejado adecuadamente, evitando alargar el lapso transcurrido entre cosecha y transporte al lugar de secado.
- vi. No mezcle distintas calidades de material cosechado o recolectado.
- vii. Mantenga separadas e identificadas las distintas especies y/o partes de material cosechado.
- viii. Haga un preclasificado, descartando material dañado o en mal estado.
- ix. Utilice recipientes para cosechar y recolectar (bolsas, canastos, trailers, etc.). Nunca deposite el material sobre el suelo.
- x. Deberá evitar los daños mecánicos, compactación y almacenajes que promuevan compost (Silaje).
- xi. Deberá proteger lo cosechado de insectos y animales.
- xii. No use desecantes que puedan dejar residuos tóxicos en el producto primario, ni aquellos no aprobados por la normativa.

### c. Recolección de flora silvestre

Deberá recolectar de modo de no superar la capacidad de autoregulación de la flora existente, por ejemplo:

- i. Plantas anuales: Dejar en cada sitio de colecta un porcentaje equilibrado de plantas para que semillen.
- ii. Plantas perennes: Recolectar una parte de la planta, dejando suficiente para que continúe su desarrollo.
- iii. Raíces: Cuando sea posible, evitar la muerte de la planta: No eliminar toda la raíz de la misma, y/o no recolectar todas las plantas.
- iv. Cortezas: No arrancar toda la circunferencia, ni revitalizar incisiones (doble incisión), etc.
- v. Asegúrese mediante exámenes periódicos que la cosecha o la recolección no tenga efectos negativos sobre la supervivencia de otras especies vegetales o animales.
- vi. Las especies que no se recolecten (remanentes) deberá manejarlas de modo que no invadan los sitios de las recolectadas.
- vii. Nunca recolecte especies que figuren en listados como presionadas por sobrecosección o en peligro de extinción.
- viii. Nunca recolecte especies en áreas restringidas y/o protegidas, ni en Reservas ecológicas, Parques Nacionales, etc.
- ix. Utilice elementos que minimicen las posibilidades de enfermedades y plagas. Por ejemplo, use herramientas limpias y bien afiladas. Evite provocar daños innecesarios.

### d. Secado

- i. El secado deberá realizarlo en condiciones que no permitan la contaminación del material, :
  - o No exponga el material al sol ni a la lluvia.
  - o Los bastidores de secado deberán estar limpios y en buen estado.
  - o Disponga el material en capas finas sobre bastidores con mallas de alambre distante del piso, y remuévalo frecuentemente para asegurar el secado uniforme y evitar compostado.
- ii. No es recomendable secar sobre el suelo y con luz solar directa.
- iii. Si realiza secado artificial controle que la temperatura y el tiempo de secado sean los adecuados al vegetal. Cuide, además, que no se produzcan contaminaciones por escapes o gases de combustión.
- iv. Inspeccione y limpie el producto ya seco de material decolorado, mohoso, dañado, suelo, piedra, y otros cuerpos extraños y contaminantes.
- v. Los recipientes de acopio y almacenaje deberá vaciarlos y limpiarlos diariamente y colocarles una identificación clara y precisa.
- vi. Mantenga separado el material limpio y seco de lo recién cosechado para protegerlo y disminuir las oportunidades de reinfestación por pestes o plagas.
- vii. No deberá usar sustancias no aprobadas por la normativa.

### e. Envasado / Embalado

- i. Los cultivos secos se envasarán en sacos y/o bolsas y/o cajas, limpios y secos, preferentemente nuevos.

- ii. Los materiales de envasado y embalado deberán ser aquellos aprobados por la normativa, estarán fabricados con materiales biodegradables y que no afecten en su proceso de fabricación al medio ambiente.
- iii. Los materiales de envasado y embalado que no sean nuevos deberán haberse limpiado y estar secos, y nunca deberán haber contenido productos convencionales.
- iv. Los envases vacíos deberá almacenarlos en lugares protegidos separados del lugar de procesamiento.
- v. Los envases deberán llevar impresos sobre los mismos y/o en rótulos adheridos la identificación correspondiente a lo estipulado en la normativa.

#### **f. Almacenaje**

- i. El almacenado deberá hacerse en lugares secos y limpios, libres de pestes, e inaccesibles a animales y ubicarse alejado del piso y las paredes.
- ii. Nunca almacenar productos orgánicos junto a convencionales, excepto si están envasados y claramente identificados.
- iii. Higienizar sólo con productos autorizados, tales como: Hipoclorito de sodio, soda cáustica, esencias naturales de plantas, ácido fórmico, entre otros.
- iv. La temperatura ambiente en el almacenaje debe ser controlada.
- v. Tener presente no utilizar sustancias no permitidas por la normativa, en la lucha contra plagas y enfermedades de almacenamiento. Es recomendable usar: Atmósfera controlada, calor, frío, etc.
- vi. En el almacenamiento se recomienda especialmente
  - o Mantener una correcta identificación de los lotes almacenados.
  - o No almacenar a la intemperie
  - o Diferenciar dos áreas de almacenamiento, una limpia y una sucia. El área limpia no podrá usarse como depósito de insumos.
  - o No almacenar en áreas de posible contaminación y alta humedad.
  - o Almacenar en galpones con piso (cemento, plástico, adoquines, etc.)
  - o Almacenar sobre tarimas alejado del piso.
  - o Almacenar por lotes separados
  - o Almacenar alejado de paredes
  - o Separar hierbas de toxicidad elevada de aquellas de uso libre
  - o Almacenar el granel en contenedores (no dejarlo sobre el piso)
  - o El almacenamiento a granel deberá realizarse en áreas separadas y bien diferenciadas.
  - o No almacenar en las áreas de procesamiento.
  - o Tener presente registrar todas las actividades.

#### **g. Transporte**

El transporte deberá realizarse en vehículos aseados, libres de pestes y sin posibilidades de contaminaciones. Se recomienda especialmente:

- i. No transportar con otros productos de cualquier índole que puedan transmitir toxicidad a los vegetales, olores o sabores extraños.
- ii. Para el transporte a granel, usar contenedores ventilados.
- iii. Pulverizar sólo cuando sea necesario y únicamente con productos permitidos autorizados por la normativa, y en lo posible con personal entrenado. (10)

## 3. 2 MARCO REFERENCIAL

### 3.2.1 Localización

El estudio se realizó en la Aldea Ciénaga Grande (Figura 2.), jurisdicción de San José Pinula, Dpto. de Guatemala. Se encuentra a una distancia de 23 kilómetros de la ciudad capital por la ruta CA-1E hasta la Aldea Don Justo, ruta nacional 18 hasta San José Pinula y carretera hacia la aldea en dirección Noroeste. Se encuentra a 1900 MSNM con ubicación geográfica: 90°25'46.67" longitud Oeste y 14°33'25.43 latitud Norte. Se usaron instalaciones que son utilizadas para investigación por parte de la DIGI, (Dirección General de Investigación ) de la Universidad de San Carlos de Guatemala. Dicho lugar tiene un área cubierta bajo sombra de sara de 231.25 m<sup>2</sup>.

### 3.2.2 Clima y zona de vida

El clima de la región presenta características templadas con Invierno benigno muy húmedo con verano seco, una precipitación anual promedio de 1523 mm. Temperatura media anual de 16.7°C, temperatura máxima 18.0°C y temperatura mínima de 14.8°C, según INSIVUMEH de 1980-1989.

La zona de vida esta clasificada como Bosque Húmedo Subtropical (8).

### 3.2.3 Características Socioeconómicas del lugar

La mayoría de la población económicamente activa vende su fuerza de trabajo a maquiladoras del municipio de San José Pinula, Santa catarina Pinula y Fraijanes, dejando una pequeña parte de la aldea que se dedica a la agricultura comercial de especies como coles, papa, güisquil, zanahoria, maíz y frijol (3%) y otra a la agricultura de subsistencia que corresponde a la producción de maíz y frijol (5%). La aldea cuenta con una aldea local y un colegio privado de educación primaria y básica, se cuenta con agua potable, luz eléctrica, y transporte extraurbano, así también con una clínica comunal. La carretera que conduce hacia la aldea recientemente fue asfaltada.

### 3.2.4 Aspectos ambientales

La aldea cuenta con el nacimiento de dos riachuelos , uno ubicado al occidente llamado Río orizo y el otro al este llamado El Riíto. La vegetación arbórea de la zona es dominada por

cipreses (*Cupresus lusitánica*) y Pino (*Pinnus pseudostrobus*), pocos arbustos y terrenos con pasto para ganado vacuno.

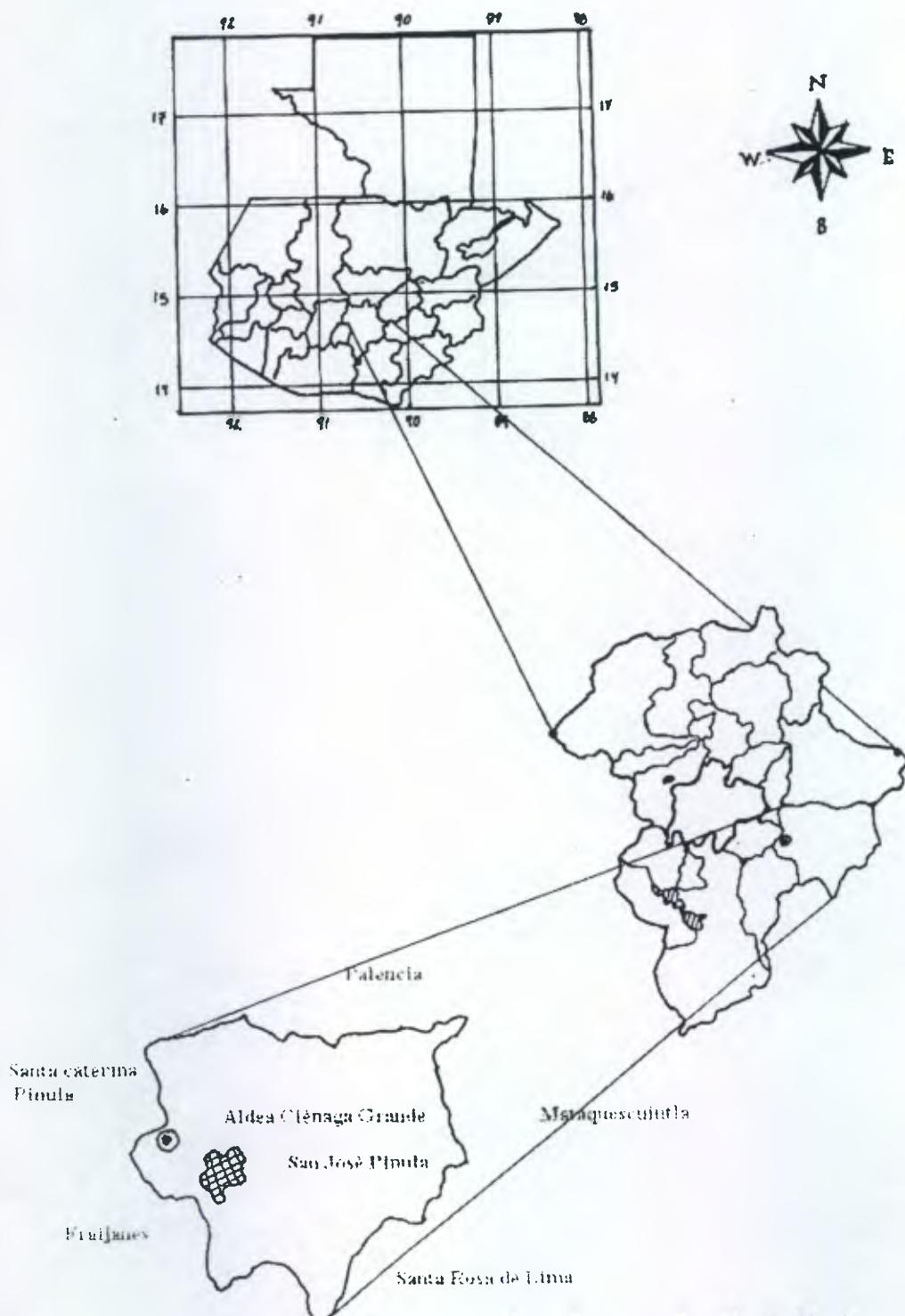


Figura 2. Ubicación en el mapa de la república de Guatemala del lugar donde se realizó el experimento de producción bajo cultivo de calahuala .

## 4. OBJETIVOS

### 4.1 General

Identificar aspectos de comportamiento de la calahuala *Phlebodium aureum L.* en la producción bajo cultivo a partir de rizomas con 6 sustratos orgánicos elaborados y el sustrato natural.

### 4.2 Específicos

- 4.2.1 Calcular el aumento en biomasa en los rizomas de calahuala (*Phlebodium aureum L.*) expresada en materia seca con la utilización de sustratos elaborados comparados al sustrato natural, con el fin de comprobar su adaptación a ellos.
- 4.2.2 Determinar la sobrevivencia de los rizomas durante el tiempo del experimento.
- 4.2.3 Identificar aspectos de manejo agronómico importantes en la producción bajo cultivo de la calahuala para recomendar en trabajos posteriores.

## 5. HIPOTESIS

- 5.1 Existe un aumento de biomasa de los rizomas en materia seca dentro de los sustratos orgánicos elaborados que es similar al aumento en el sustrato natural.  
*Phlebodium aureum* L.
  
- 5.2 La sobrevivencia de rizomas y frondas durante el experimento será similar en todos los sustratos orgánicos elaborados y el sustrato natural.

## 6. METODOLOGIA

### 6.1 Manejo agronómico

Se trató de llevar a cabo todo el manejo agronómico de la calahuala de forma orgánica, ya que en cultivo de plantas medicinales es un requisito indispensable, principalmente para la exportación del producto.

#### 6.1.1 Instalaciones

En el caso de los helechos requieren un cierto porcentaje de sombra para simular las condiciones naturales donde se desarrollan, para este caso se usaron instalaciones cubiertas de sarán (tela plástica especial para proporcionar cierto porcentaje de sombra ) que le confiere un tipo de sombra artificial, aproximadamente un 60% de sombra.

#### 6.1.2 Rizomas para propagación

Los rizomas que se usaron para este trabajo, se obtuvieron en la Aldea Monte Redondo-La Primavera, San José Pinula. En dicho lugar se sabe que la calahuala fue llevada de los bosques aledaños y colocada sobre troncos y piedras los cuales están a la vez sobre terreno con pendiente mayor a 40 % en el cual se construyeron terrazas.

Los rizomas aún no siendo seleccionados, se les retiró el sustrato de donde provenían luego se colocaron sobre el mismo sustrato el cual fue humedecido previamente, se les cubrió con una poca cantidad de broza, luego de 1 mes empezaron a emerger las frondas jóvenes, en ese momento se seleccionaron los rizomas con las siguientes características.

- A. Grosor mayor de 1 cm.
- B. Largo, 15 cm aproximadamente.
- C. peso, 12.32 g. en promedio.

El grosor mayor a 1 cm. corresponde a la descripción taxonómica que se hace del helecho la cual indica rangos de 1 a 2 cm. de espesor. El largo de 15 cm se tomó así, ya que se encontraron rizomas de diversos tamaños que van desde unos centímetros hasta más de 30, pero en este caso se quería saber si existía un aumento de materia seca en los rizomas a partir de un tamaño en común, aparte de eso se respondió a la cantidad limitada de material disponible

con brotes en ese momento. El peso corresponde un promedio sacado dentro de los rizomas seleccionados.

### 6.1.3 Mezclas para formación de sustratos

En Cuadro 2 se presenta como fueron mezclados los materiales usados. Se utilizó un volumen igual de cada sustrato, se homogenizaron y se formaron las proporciones indicadas.

**Cuadro 2. Mezclas de sustratos y sus proporciones respectivas.**

NIVELES:	Proporción
1. TESTIGO (sustrato natural)	1
2. musgo + mantillo	1:1
3. astillas + mantillo	1:1
4. astillas + mantillo + arena	1:1:1
5. astillas + musgo + mantillo	1:1:1
6. astillas + musgo +mantillo + arena	1:1:1:1
7. musgo + mantillo + arena	1:1:1

### 6.1.4 Sustratos utilizados en las mezclas

#### 6.1.4.1 Sustrato natural

En este caso se trata de un conglomerado de raíces de calahuala, materia orgánica de los árboles huéspedes (mantillo), en muchos casos musgo y partes de Tillandsias, todos ellos forman un sustrato en el cual la calahuala se desarrolla silvestremente.

Este sustrato se obtuvo de la colección en la aldea Monte redondo, San José Pinula. Para fines de investigaciones futuras se le practicò el siguiente análisis químico (Cuadro 3).

**Cuadro 3. Análisis químico efectuado al sustrato donde crece *Phlebodium aureum* L .**

Identificación	pH	% M.O.	% N	Ug/ml		Meq/100ml		Ppm			
				P	K	Ca	Mg	Cu	Zn	Fe	Mn
1	5.7	61.94	1.65	15.28	213	3.12	1.70	1.00	3.5	42.5	17

#### 6.1.4.2 Arena

Arena blanca originaria de piedra pómez utilizada comúnmente para mejorar la estructura en suelos y para mezclas en bolsas y macetas usadas en propagación, germinación, etc. Con fines de aclarar bien el material utilizado se proporciona la siguiente definición de su procedencia.

“ Material proveniente de ríos o extraídas de canteras. En este caso son trituradas y clasificadas según tamaño, lo que da granos angulosos con aristas vivas, en contraposición con granos redondeados en el primer caso. Generalmente utilizadas para mejorar el drenaje de otros sustratos o para aumentar la estabilidad de contenedores (densidad elevada), son también utilizadas solas como sustratos inertes en sistemas de cultivos hidropónicos “ (6).

#### 6.1.4.3 Musgo

El musgo utilizado del género *Thuidium sp.* se colectó bajo los bosques de pino (*Pinnus pseudostrobus*) y ciprés (*Cupresus lusitánica*) de los alrededores del municipio de San José Pinula donde se sabe se lleva a cabo la recolección cuando es época navideña.

El musgo es una especie terrestre usada comúnmente durante la época navideña en Guatemala y otros países para hacer una representación del suelo en los tradicionales “ nacimientos “, se extraen cantidades de los bosques durante esa época y luego en enero son descartados a los basureros. Dicho musgo pertenece a la siguiente clasificación:

Reino: Plantae

División: Bryopsida

Subclase: Bryidae

Orden Hypnales

Familia: Thuidiaceae

Genero: *Thuidium*

Según colectores de este musgo, indican que al momento de recolectarlo siempre se deja partes u orillas de donde al siguiente año de recolección se ha vuelto a recuperar completamente.

#### 6.1.4.4 Astillas

Desechos de madera de pino (*Pinnus pseudostrobus*) y ciprés (*Cupresus lusitánica*) entre los que están :astillas, cáscaras y aserrín que se encuentran o no en descomposición. Estos son desechos de madera trabajada en los aserraderos de San José Pinula y otros pueblos aledaños

en los cuales utilizan estas dos especies principalmente, se pueden encontrar formando montones en dichos lugares, los precios de venta oscilan entre 35-50.00 Q. / m<sup>3</sup>.

#### 6.1.4.5 Mantillo

se compró en viveros de zonas aledañas con el nombre de broza a un precio aproximado de 10.00 Q. /costal con 60 lb. de contenido. Se sabe que sus componentes principales provienen de hoja seca en descomposición de ciprés (*Cupresus sp.*), pino (*Pinnus sp.*) y encino (*Quercus sp.*).

#### 6.1.5 Criterios para seleccionar sustratos

Los sustratos y las mezclas utilizadas son a nivel exploratorio, escogiendo estas con base as los sustratos sobre los que se encuentra la calahuala en forma silvestre , tal es el caso de la corteza de árboles, musgos y materia orgánica de los mismos. Se pretendió realizar mezclas entre dichos materiales para buscar sustitutos al sustrato natural.

#### 6.1.6 Tamaño de la parcela

Cada una de las parcelas de los tratamientos (Figura 3) constituyó un tablón de 2 m de largo por 0.7 m de ancho donde se sembró con una densidad de 20 plantas / tablón a una distancia entre hilera de 30 cm formando 2 hileras, el rizoma se colocó perpendicular a la hilera a una distancia de 20 cm.

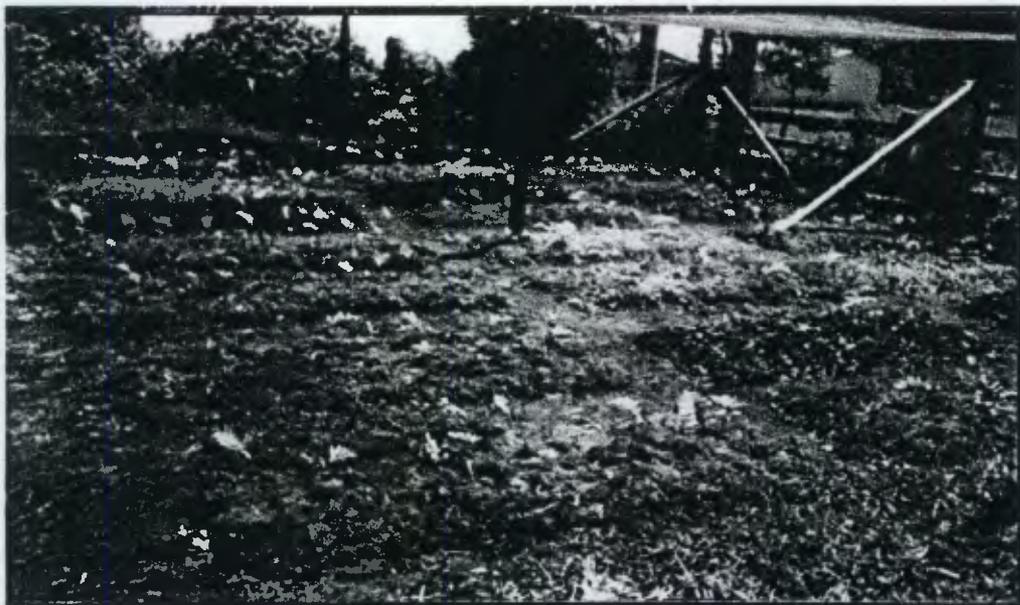


Figura 3. Aspecto de los tratamientos después de haber instalado el ensayo.

### 6.1.7 Profundidad de siembra

se sembraron los rizomas a una profundidad aproximada de 2.5 cm y luego se cubrió con el sustrato.

### 6.1.8 Época de siembra

Se sembró aproximadamente en el mes de abril, debido a que en este mes se a observado que las frondas comienzan a emerger antes de comenzar las lluvias en los lugares que se encuentra naturalmente la calahuala. Cabe señalar que en ningún momento se aplicó riego durante el experimento.

### 6.1.9 Fertilización

El desarrollo del experimento se realizó de forma orgánica, por lo que en ningún momento se aplicó ningún tipo de fertilizantes ni similares ya que se pretende observar el comportamiento de los rizomas en los sustratos, sin que estos sean alterados químicamente.

### 6.1.10 Control de malezas

Se controlaron las malezas manualmente a intervalos de 15 días, los cuales se consideraron a criterio durante la parte metodológica. Se supuso que el origen de las malezas provino de los sustratos utilizados antes de formar las mezclas, ya que algunos sustratos como el musgo y la broza pudieron llevar consigo semillas de algunas plantas silvestres.

### 6.1.11 Plagas y enfermedades

No se efectuó ningún control de las plagas y enfermedades ya que se desconocían. Sin embargo se procedió a identificar algunas potenciales que se presentaron en los tratamientos, las cuales se presentan Cuadro 6.

### 6.1.12 Cosecha

La cosecha se realizó 6 meses después, en el mes de octubre, época aproximada en la cual se observa en la región que los soros han liberado las esporas, las frondas comienzan a necrosarse y finalmente se desprenden de los rizomas.

## 6.2 Manejo experimental

### 6.2.1 Diseño experimental

Se realizó un diseño en bloques completamente al azar con tres repeticiones, en el cual se evaluaron mezclas de sustratos, y Para determinar el efecto de las mezclas sobre el aumento de biomasa de rizoma en base seca se realizó un análisis de varianza con un nivel de confianza de 95% de acuerdo al análisis estadístico siguiente:

$$Y_{ij} = \mu + \tau_i + \beta_j + \varepsilon_{ij}$$

$Y_{ij}$  = Rendimiento de rizoma en peso seco obtenido en la ij-esima unidad experimental.

$\mu$  = Media general

$\tau_i$  = Efecto de la i-ésima mezcla de sustrato utilizada.

$\beta_j$  = Efecto del j-ésimo bloque

$\varepsilon_{ij}$  = Error experimental asociado a la ij-ésima unidad experimental

### 6.2.2 Identificación y distribución de tratamientos

T= SUSTRATO NATURAL

MuM = MUSGO + MANTILLO

AM = ASTILLAS + MANTILLO

AMAr = ASTILLAS + MANTILLO + ARENA

AMuM = ASTILLAS + MUSGO + MANTILLO

AMuMAr = ASTILLAS + MUSGO + MANTILLO + ARENA

MuMAr = MUSGO + MANTILLO + ARENA

Cuadro 4. Distribución de los tratamientos en el diseño experimental.

#### BLOQUES

#	I	II	III
1	AM	AMAr	AMuMAr
2	AMAr	T	MuMAr
3	T	MuMAr	AM
4	AMuM	MuM	AMuM
5	MuM	AMuM	AMAr
6	MuMAr	AM	T
7	AMuMAr	AMuMAr	MuM

### 6.2.3 Pruebas pre-ANDEVA

Previo a la realización del análisis de varianza se realizaron las pruebas correspondientes de homogeneidad de varianzas y normalidad, con el fin de corroborar la aleatorización en los tratamientos y la toma de los datos en los mismos.

$$\varepsilon_{ij} \sim \text{Normal} (0 \sigma^2)$$

Independencia  $\varepsilon_{ij}$  (HOMOGENEIDAD DE VARIANZAS)

Donde se asumió que los errores experimentales aleatorios son independientes, distribuidos normalmente con una Media de 0 y una Varianza común  $\sigma^2$  para todos los grupos de tratamientos.

### 6.2.4 Variables respuesta

#### 6.2.5 Variable respuesta principal

##### A. Rendimiento de rizoma (g)

Esta se tomó del peso de 5 rizomas seleccionadas al azar de la parcela total de 20, ya que existió un porcentaje de sobrevivencia inferior a 50% y no se pudieron tomar los 20 sembrados inicialmente, estos fueron expresados en materia seca, secados en horno a 60°C durante dos días, finalmente se pesaron los rizomas en una balanza electrónica la cual expresó los pesos en g.

#### 6.2.6 Variables respuesta complementarias

A. % de sobrevivencia

B. Longitud de rizomas

## 7. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 7.1 Sobrevivencia de plantas de calahuala.

El comportamiento de la calahuala bajo manejo, inicialmente es reflejado por la sobrevivencia del material inicialmente sembrado, en el Cuadro 5 se nota que el porcentaje de sobrevivencia (63.33%) del Testigo (sustrato natural, Figura 4 y 5) tiende a ser mayor que los demás, con un aproximado de 12.67 rizomas con frondas vivas comparado con los demás tratamientos en los cuales ninguno sobrepasó el 50%, sin embargo en el resumen de ANDEVA (Cuadro 6) dice que estadísticamente no existen diferencias ( $F_t 2.24 > F_c 1.98$ ).

**Cuadro 5. Sobrevivencia de plantas de calahuala al final del experimento.**

(De un total de 20/tratamiento).					
Bloques					
Tratamiento	I	II	III	Promedio	% de sobrevivencia.
<b>AM</b>	9	6	7	7.33	36.67
<b>AMAr</b>	6	12	5	7.67	38.33
<b>T</b>	18	10	10	12.67	63.33
<b>AMuM</b>	10	5	5	6.67	33.33
<b>MuM</b>	9	5	5	6.33	31.67
<b>MuMAr</b>	5	5	6	5.33	26.67
<b>AMuMAr</b>	5	5	10	6.67	33.33

**Cuadro 6. Resumen del Análisis de varianza (ANDEVA) para sobrevivencia de plantas.**

Alpha = 0.05						
Origen de variaciones	Suma de Cuadrados	Grados de Libertad	Promedio de Cuadrados	F	Probabilidad	Valor crítico de F
Entre grupos	102.57	6	17.09	1.98	0.14	2.24
Dentro de grupos	120.67	14	8.62			
Total	223.24	20				

Esto nos hace aceptar la hipótesis planteada e indicar que el sustrato natural presenta un similar porcentaje de sobrevivencia que los demás sustratos. La mortalidad presentada implicó

que para llevar a cabo el análisis de varianza, se seleccionaran únicamente 5 rizomas con frondas vivas, por ser el promedio mínimo de sobrevivencia encontrado (Cuadro 5).

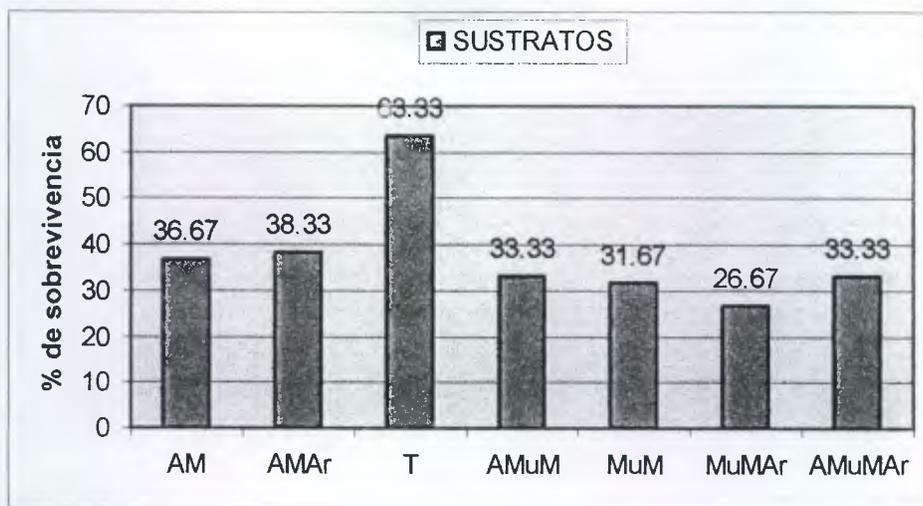


Figura. 4. Sobrevivencia de plantas de calahuala



Figura 5. Sobrevivencia de plantas con el tratamiento de sustrato natural como medio de cultivo.

La mortalidad ocurrió durante el primer mes de iniciado el ensayo (mayo) y se le atribuyó al hongo *Rizoctonia spp.* El sustrato natural aparentemente tuvo menos mortalidad de rizomas y frondas, esto debido a que *Rizoctonia spp.* se encuentra por lo regular en el suelo y materia orgánica los cuales estuvieron más en contacto con los sustratos orgánicos elaborados

que con el sustrato natural. Además de dicho hongo se identificaron otros organismos asociados a la calahuala (Cuadro 7), pero ninguno fue causante de mortalidad.

**Cuadro 7. Plagas y enfermedades identificadas durante el experimento como posibles agentes causantes de daño hacia *Phlebodium aureum* L.**

SÍNTOMA	AGENTA CAUSAL	TIPO
• Ahorcamiento	<i>Rizoctonia sp.</i>	Hongo
• Pudrición de Rizomas	<i>Rizoctonia sp.</i>	Hongo
• Necrosis en las frondas	<i>Pleospora sp.</i>	Hongo
• Manchas foliares	<i>Pestalotia sp.</i>	Hongo
• Perdida de tejido en la fronda	<i>Fam. Pieridae.</i>	Insecto (estado larvario)

## 7.2 Rendimiento de rizomas de calahuala

En los resultados del análisis de varianza (ANDEVA) para peso seco de rizomas que se presentan en el resumen del Cuadro 8, indican que no hubo diferencias significativas (95 % de confianza) de peso seco de rizomas en los sustratos de todos los tratamientos, durante el tiempo en que se llevó a cabo el experimento. Por lo cual se acepta la hipótesis planteada afirmando que existió un similar aumento de biomasa entre los 6 sustratos elaborados y el sustrato natural. Sin embargo como se puede ver en la Figura 6 los tratamientos " T " y " AMAr " presentan una tendencia de rendimiento mayor de biomasa. Pevio a la realización de dicho análisis se comprobó que hubo una aleatorización adecuada de tratamientos y errores mínimos en la toma de datos mediante las pruebas de Homogeneidad y Normalidad las cuales se presentan el Cuadro 15 " A ".

**Cuadro 8. Resumen del Análisis de varianza (ANDEVA) para peso seco de rizomas.**

Alpha = 0.05						
Peso seco de rizomas						
Origen de variaciones	Suma de Cuadrados	Grados de Libertad	Promedio de cuadrados	F	Probabilidad	Valor crítico De F
Entre grupos	17.7	6	2.95	2.33	0.09	2.85
Dentro de grupos	17.73	14	1.27			
<b>Total</b>	<b>35.42</b>	<b>20</b>				

Cv = 30.04

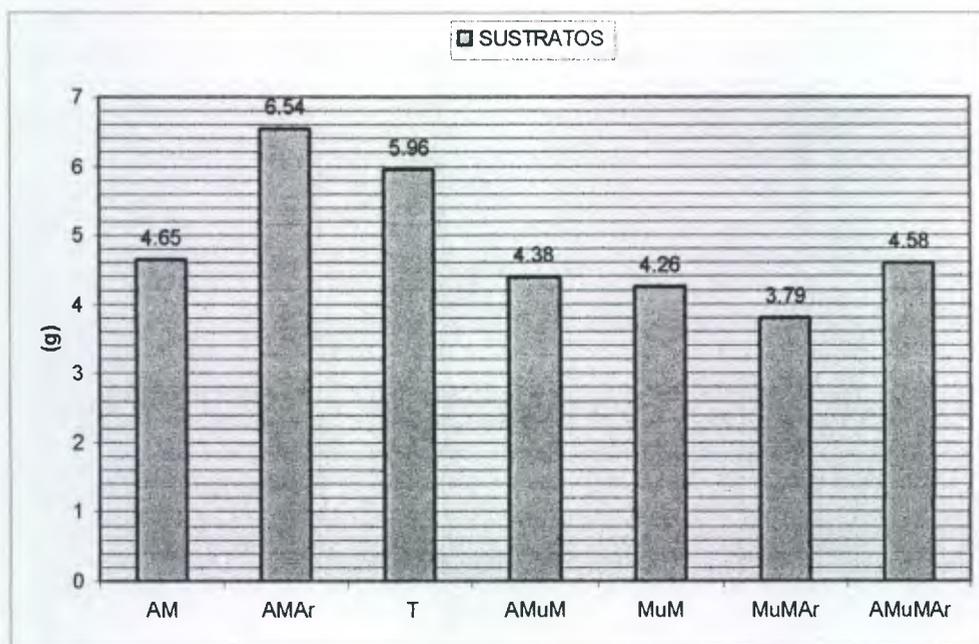


Figura 6. Rendimientos de rizomas de calahuala.

El coeficiente de variación obtenido (30.04%) se atribuye a la variación de crecimiento de rizoma, ya que debe considerarse que se trata de una especie silvestre y que presenta una alta heterogeneidad.

Al final de experimento se midió la longitud de los rizomas (Cuadro 9) con el fin de comprobar el crecimiento de estos durante el tiempo del experimento.

Cuadro 9. Longitud de rizomas al final del experimento.

LONGITUD DE RIZOMAS (cm)	BLOQUES			Promedio
	I	II	III	
AM	19.14	16.88	16.28	17.43
AMAr	26.7	21.9	21.14	23.25
T	21.9	26.24	24.16	24.1
AMuM	21.82	19.2	19.24	20.09
MuM	16.04	17.36	19.96	17.79
MuMAr	15.12	20.38	16.28	17.26
AMuMAr	21.98	21.02	18.08	20.36
<b>Promedio general de longitud de rizoma</b>				<b>20.09</b>

Se pudo comprobar que hubo crecimiento en longitud ya que los rizomas utilizados para la siembra tenían una longitud inicial de 15cm y al final del experimento se puede observar que

existe una variación para todos los tratamientos (Figura 7), ya que si existió crecimiento en los rizomas se confirma que si existió aumento de biomasa.

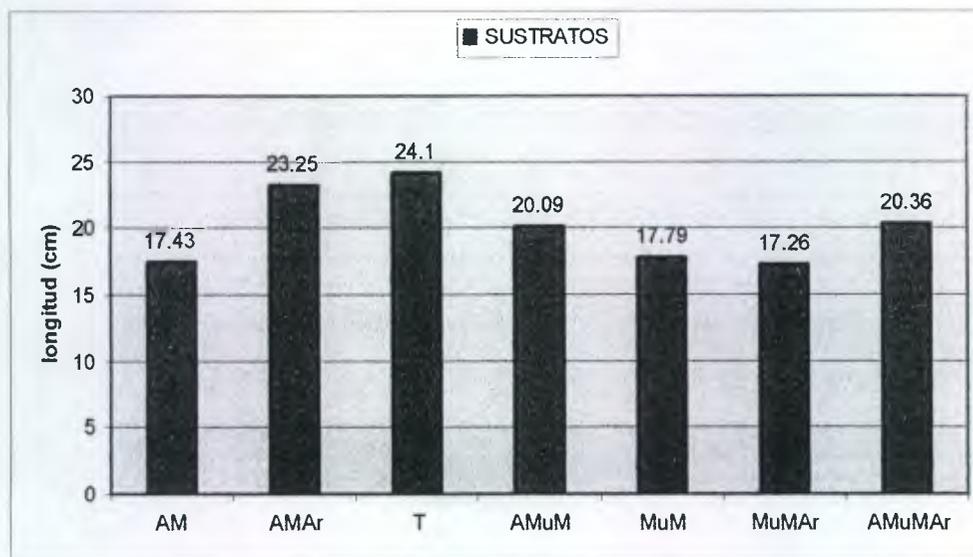


Figura 7. Longitud de rizomas al final del experimento

Para comprobar el aumento en longitud de rizomas se aplicó la distribución t de student (Cuadro 10.) para dos medias, en el cual se utilizó la longitud de rizoma utilizada en el momento de siembra contra los 7 tratamientos evaluados.

Cuadro 10. Comparación de medias de longitud de rizomas en los tratamientos vrs. Longitud inicial (15cm) mediante la distribución t student.

	AM	AMAr	T	AmuM	MuM	MuMAr	AMuMAr
Tc	7.13	11.98	18.16	14.93	6.16	3.57	11.68
Tt (99%)	2.51	2.51	2.51	2.51	2.51	2.51	2.51

Si  $T_c > T_t$  = El aumento de longitud de rizoma en el tratamiento es significativo con 99% de Confianza.

si  $T_c < T_t$  = No existió aumento de longitud de rizoma que fuera significativo.

### 7.3 Manejo Agronómico

Se identificaron algunos aspectos de manejo agronómico de la calahuala en su producción bajo cultivo los cuales son:

A) Los rizomas que se usen para reproducir la calahuala, se deben aislar de su propio sustrato, ya que cuando estén brotando, resultaría dañino para las frondas jóvenes el manipuleo y separación. Luego se deben colocar sobre este mismo sustrato humedecido cubiertos con una poca cantidad de este o bien un poco de broza la cual posteriormente se debe humedecer. Los rizomas no brotan uniformemente, por lo que se debe colocar una buena cantidad si se requieren varios brotes en un tiempo determinado. El tiempo en que las frondas empiezan a emerger es a partir de un mes de haberlos colocado bajo las condiciones descritas anteriormente. Luego de que las frondas jóvenes tengan una longitud de 10 cm o más es recomendable trasladarlos hacia el sustrato donde permanecerán, teniendo mucho cuidado con el manipuleo de estos ya que los tejidos son extremadamente delicados, así también se debe tener cuidado de no exponerlos al sol por mucho tiempo.

B) El humedecimiento total de los sustratos previo a sembrar los rizomas es indispensable, principalmente para que sea exitoso el establecimiento de rizomas-semilla.

C) El control de malezas es de mucha importancia, debe realizarse por lo menos cada semana, ya que si se deja a las malezas crecer lo suficiente como para que logren enraizarse dentro del sustrato, al momento de sustraerlas (control manual) se corre el peligro de disturbar los rizomas sembrados.

D) Los sustratos a utilizar y el lugar donde estarán colocados debe de desinfectarse previamente contra microorganismos del suelo como: *Rizoctonia*, *Phitium*, *Phytophthora*, por ejemplo. Si es el caso no usar productos químicos por el hecho de ser una producción orgánica, se puede utilizar el agua caliente o solarización como alternativa.

E) Si no se quiere poner directamente los sustratos sobre el suelo, se pueden colocar sobre madera, piedras o algún material sólido, el cual ayudará a mejorar el drenaje, simulando el estado silvestre donde se desarrolla la calahuala.

Con base en las observaciones de campo es necesario anotar algunas circunstancias que contribuyeron positiva y negativamente en los resultados obtenidos:

A) En primer lugar haber trabajado sustratos orgánicos con el fin de simular las condiciones naturales y pretender sustituir el sustrato natural donde se desarrolla la calahuala. Estos materiales aportarían las condiciones físicas y químicas para la respuesta a las necesidades mínimas requeridas por la calahuala para el desarrollo de rizomas bajo manejo. Por lo tanto, al haber aplicado **Broza** (material orgánico proveniente de árboles de encino (*Quercus sp*) y ciprés (*Cupresus lusitanica.* ) en proporciones iguales para todos los tratamientos, excepto el sustrato natural usado como testigo, se incorporó una porción considerada esencial en elementos nutritivos, por lo cual con esta incorporación aparentemente se está sustituyendo los requerimientos que proporciona el sustrato natural (Cuadro 3). Otro material usado fue **astillas**, que es un material orgánico proveniente de corteza de árboles de Pino (*Pinnus sp.*) y Ciprés (*Cupresus lusitánica* ), combinado con aserrín y pedazos pequeños de madera los cuales son considerados desperdicio por los aserraderos. Este material fue seleccionado por el hecho de ser material fácil de conseguir y además a un precio accesible, pero principalmente por su similitud con troncos podridos, troncos de árboles adultos, etc. que son los lugares que selecciona la calahuala como hábitat. Estos lugares le proporcionan a *P. aureum* un buen drenaje donde las raicillas de los rizomas se adhieren con facilidad y captan los nutrientes requeridos. Aunque no se realizó análisis físico a las mezclas, por la falta de homogeneidad de este material usado (astillas), ya que entre los componentes de este sustrato están: cáscaras, aserrín, y restos de madera trabajada de diferentes tamaños, prácticamente el desperdicio del aserradero, se supone que por el tamaño de las partículas son adecuadas para el crecimiento y desarrollo de este helecho.

El **musgo** principalmente del género *Thuidium* usado en las mezclas, proporcionó además de una retención de humedad y estructura en los sustratos, materia orgánica proveniente de su descomposición. Este musgo se seleccionó con el objeto de darle un reaprovechamiento, ya que después de ser usado como ornamentación en épocas navideñas, es descartado y su valor se pierde completamente. Se puede decir que con los resultados de este trabajo se encontró un uso post, ya que respondió objetivamente en brindarle a los rizomas de calahuala, algunas condiciones favorables.

El cuarto componente utilizado en las mezclas fue la **arena** proveniente de Piedra Pómez, la que contribuyó a mejorar la aireación y estructura del sustrato. Es una buena opción en la

formación de sustratos, porque ayuda a que los materiales usados mantengan porosidad contribuyendo a que no se tenga problemas de exceso de humedad.

B) En segundo lugar el tiempo de este experimento que fue de 6 meses, en el cual el crecimiento del rizoma no llega ni a duplicar la longitud inicial con la cual fueron sembrados (15 cm.), ya que el promedio fue de 20.04 cm de longitud de rizoma al final del experimento (Cuadro 10). Esto indica que para próximos experimentos se necesita por lo menos 2 ciclos mas (12 meses bajo condiciones de humedad controladas, 24 bajo condiciones naturales) para obtener conclusiones concretas por lo que los resultados aquí obtenidos deben considerarse como exploratorios.

## 8. CONCLUSIONES

1. No existe diferencia estadística (al 95% de confianza) en el rendimiento expresado en peso seco de rizoma de calahuala *Phlebodium aureum* L. en los sustratos evaluados en este experimento, por lo que se espera que el incremento de biomasa en los rizomas en todos los tratamientos sea similar.
2. No existe diferencia estadística (al 95% de confianza) en la sobrevivencia de plantas de calahuala *P. aureum* L. por lo que se espera que el % de mortalidad en todos los tratamientos aquí evaluados sea similar.
3. Debido a que la mortalidad en los sustratos se atribuyó al hongo *Rizoctonia spp*, y los tratamientos aumentaron biomasa en forma similar la poca sobrevivencia en los sustratos no debe tomarse como causa principal para rechazar ninguno como posible medio de cultivo.
4. Se identificaron y consideraron como importantes durante el experimento los siguientes aspectos de manejo agronómico:
  - A. Separar los rizomas de su propio sustrato antes de ser inducidos a romper la dormancia.
  - B. Humedecer completamente los sustratos a utilizar.
  - C. Transportar los rizomas con brotes con mucho cuidado, ya en ese estado son extremadamente delicados.
  - D. No exponer al sol los rizomas con brotes.
  - E. Tener absolutamente libre de malezas el sustrato en todo momento, para evitar dañar los rizomas en el momento de realizar un control manual.
  - F. Desinfectar los sustratos a utilizar contra microorganismos del suelo.
  - G. Colocar debajo de los sustratos algún material sólido (astillas de madera, piedra, etc.) que permita mejorar el drenaje de los mismos y evitar el contacto directo con el suelo.

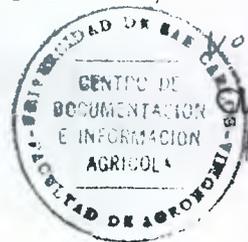
## 8. RECOMENDACIONES

1. Se recomienda para trabajos futuros darle un aprovechamiento al material "astillas " el cual es una mezcla de desechos de madera proveniente de los aserraderos el cual se puede utilizar como base en cualquier sustrato que se utilice para producción artificial de calahuala.
2. Se recomienda tomar todas las medidas preventivas para evitar la existencia de microorganismos del suelo en los sustratos que se usen para producir calahuala, ya que se comprobó la presencia de uno de ellos (*Rizoctonia spp*), y este afectó la sobrevivencia en todos los tratamientos.
3. Se recomienda para trabajos futuros, la investigación sobre las demandas de nutrientes en las frondas de la calahuala.
4. Se recomienda continuar con investigaciones de plagas y enfermedades a las cuales es vulnerable la calahuala, respuesta al uso de riego, porcentajes de sombra diferentes y de preferencia mayores, cultivo artificial bajo la sombra de bosque para evitar el uso de sarán y otros tipos de sustratos orgánicos como desechos de palma, cascarilla de arroz, cachaza de coco, rastrojo de milpa, etc.

## 10. BIBLIOGRAFIA

1. CABALLER, V.; GIRON, L. 1991 Proyecto de capacitación en estrategias de exportación; Informe del primer taller y primera gira de visitas del sector de plantas medicinales y hierbas.  
  
Sin publicar
2. \_\_\_\_\_ 1992 Centro de comercio internacional de estrategias de exportación; Informe de los talleres y guías de asesoría del sector de plantas medicinales y hierbas en la región Asoexpo.  
  
Sin publicar
3. CÁCERES, A. 1996. Plantas de uso medicinal en Guatemala. Universidad de San Carlos de Guatemala, Editorial universitaria. 402 p.
4. COSTA RICA. 1999. MINISTERIO DE AGRICULTURA Y GANADERIA; SERVICIOS FITOSANITARIOS DEL ESTADO. Legislación costarricense sobre producción orgánica y legislación relacionada. (<http://www.infoagro.go.cr/prognac/organica/LEGISLACION.html>).
5. CROFT, J. 1999. An introduction to the structure of ferns and their allies. Australia. (<http://www.anbg.gov.au/projects/fern/structure.htm>)
6. CROFT, J. 1999. Agricultural Organic definitions. Australia, Australian national herbarium. ([http://europa.eu.int/comm/agriculture/qual/organic/integ/index\\_en.htm](http://europa.eu.int/comm/agriculture/qual/organic/integ/index_en.htm))
7. CRONQUIST, A. 1987. Introducción a la botánica. México, Continental 848 p.
8. CRUZ, J.R. DE LA. 1982. Clasificación de zonas de vida; basado en el sistema Holdridge. Guatemala, Instituto Nacional Forestal. 42 p.
9. DAVIDSE G.; SOUSA M. 1995. Flora mesoamericana. México, Universidad Autónoma de México. v.1. 470 p.
10. DEMARCO, F.; SARRUGERI, H.; LOPEZ, M. 1999. Producción orgánica y buenas prácticas en plantas medicinales. Argentina. (<http://www.herbotecnia.com.ar/org-bpa.html>)
11. HOSHIZAKI, B. 1979. Fern growers manual. New York, USA.  
  
Sin publicar
12. JONES, L. 1987. Enciclopedia of ferns. Portland, USA. Timber Press 433 p.

13. MARTINEZ, V. ;BERNAL, H.; CÁCERES, A. 2000. Fundamentos de Agro-tecnología del cultivo de plantas medicinales Iberoamericanas. Santa Fe de Bogotá, Colombia. Convenio Andres Bello (CAB)-Programa iberoamericano de ciencia y tecnología para el desarrollo (CYTED) .524 p.
14. MURRAY R. ;SPIEGEL Ph. D. 1970. Teoría y problemas de estadística. México, Mcgraw-hill. 357 p.
15. PENNINGSFIELD, F.; KURZMANN P. 1975. Cultivos hidropónicos y en turba. Trad. J.Santos Caffarena. Madrid, España, Ediciones Mundi-Prensa 309 p.
16. STOLZE, R.G. 1981. Ferns and fern allies of Guatemala. USA, Fieldiana; Botany New. V.39, Pt.II. 522 p.
17. TÁNCHEZ L. 2000. Helechos. Guatemala, Universidad Rafael Landivar. 26 p.



No. 30.  
*Juan De La Roca*

PROPIEDAD DE LA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
Biblioteca Central

## 11. APENDICE



Figura 8. Rizomas de calahuala (*Phlebodium aureum* L.)

Cuadro 11. Porcentaje de humedad en rizomas de calahuala *Phlebodium aureum* L.

<i>Tratamiento</i>	% de Humedad
<b>AM</b>	80.03
<b>AMAr</b>	81.59
<b>T</b>	82.24
<b>AMuM</b>	83.67
<b>MuM</b>	83.25
<b>MuMAr</b>	83.47
<b>AMuMAr</b>	85.93

adro 12. Análisis químico efectuado a las mezclas de sustratos. Incluido el análisis del sustrato natural. (Laboratorio de suelos, Facultad de Agronomía, USAC).

Identificación (tratamientos)	pH	% M.O.	Ug/ml		Meq/100ml		Ppm			
			P	K	Ca	Mg	Cu	Zn	Fe	Mn
AMAr	6.5	9.46	36.16	173	7.8	1.39	0.5	10.5	27.0	39
T = sustrato natural	5.7	61.94	15.28	213	3.12	1.70	1.00	3.5	42.5	17
AM	6.3	17.63	6.38	213	11.54	2.11	1	10.5	17.0	51
AMuMAr	6.7	8.15	19.85	188	10.92	1.7	0.5	10.5	20.5	44
AMuM	6.8	15.98	10.78	240	15.29	2.36	0.5	14.0	12.5	48
MuM	6.5	12.07	13.97	233	15.29	2.67	0.5	18.5	11	47.5
MuMAr	6.6	8.81	24.74	163	11.86	1.75	0.5	12.5	17	44.5

\* No se fue posible durante el experimento realizar análisis físicos, debido a que algunos de los componentes (p.e. las astillas), contenían materiales los cuales no se pudieron preparar para ser analizados debido a que son muy heterogéneos en su composición física.

Cuadro 13. Valores máximos y mínimos de las fracciones disponibles de los sustratos evaluados para la propagación de la calahuala, *Phlebodium aureum* L.

Identificación	pH	% M.O.	Ug/ml		Meq/100ml		Ppm			
			P	K	Ca	Mg	Cu	Zn	Fe	Mn
Rango mínimo	5.7	8.15	6.38	163	3.12	1.39	0.5	3.5	11	17
Rango máximo	6.8	61.94	36.16	240	15.29	2.67	1.0	18.5	42.5	51

Cuadro 14. Pruebas de homogeneidad de varianzas y normalidad

HOMOGENEIDAD DE VARIANZAS					
	Hartley	Cochran	Bartlett		
	F-max	C	Chi-sqr	Df	P
PSRIZOMA	98.58	0.57	10.86	6	0.09
NORMALIDAD					
	Shapiro-wilk W test				
	N	W	P		
ERRORES	AM	4.63	0.34		

Si F-max, C, Chi-sqr > p = Satisfactorio.

Si W > p = Satisfactorio.



FACULTAD DE AGRONOMIA  
INSTITUTO DE INVESTIGACIONES  
AGRONOMICAS

LA TESIS TITULADA:

" BUSQUEDA DE SUSTRATOS OPCIONALES  
PARA LA PRODUCCION BAJO CULTIVO DE  
CALAHUALA Phlebodium aureum L."

DESARROLLADA POR EL ESTUDIANTE:

JUAN CARLOS ANDRADE CASTAÑEDA

CARNET:

9620009

HA SIDO EVALUADA POR LOS PROFESIONALES:

Ing. Agr. Fernando Rodríguez Bracamonte  
Ing. Agr. Pedro Armira Atz  
Ing. Agr. Edwin Guillermo Santos Mansilla  
Dr. César Azurdia

El Asesor y las Autoridades de la Facultad de Agronomía, hacen constar que ha cumplido con las Normas Universitarias Y Reglamentos de la Facultad de Agronomía de la Universidad de San Carlos de Guatemala.

Ing. Agr. Vicente Martínez Arévalo  
A S E S O R

*Jose Vicente Martinez Arevalo*  
INGENIERO AGRONOMO  
Colegiado 728

Dr. Ariel Abderraman  
DIRECTOR DEL



I M P R I M A S E

Ing. Agr. Walter Estuardo García  
DECANO EN FUNCIONES



AOL/nm

c.c. Archivo  
Control Académico  
IIA

APARTADO POSTAL 1545 § 01091 GUATEMALA, C.A.

TEL/FAX (502) 476-9794

e-mail: [ilusac.edu.gt](mailto:ilusac.edu.gt) & <http://www.usac.edu.gt/facultades/agronomia.htm>