

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE AGRONOMÍA  
ÁREA INTEGRADA

The seal of the University of San Carlos of Guatemala is a circular emblem. It features a central figure, likely a saint or religious figure, seated on a throne. The figure is surrounded by various symbols, including a cross, a book, and a sword. The seal is set against a background of a landscape with mountains and a sun. The text "UNIVERSITAS CAROLINA AGROCTEMALTECA" is written around the perimeter of the seal.

**TRABAJO DE GRADUACIÓN**  
**CARACTERIZACIÓN MORFOLÓGICA DE LA COLECCIÓN DE CALAHUALA**  
**(*Phlebotium* spp.), FACULTAD DE AGRONOMÍA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS**  
**DE GUATEMALA.**

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

POR  
**DELIA FLORIDALMA XITUMUL MELCHOR**

EN EL ACTO DE INVESTIDURA COMO  
INGENIERA AGRÓNOMA  
EN  
SISTEMAS DE PRODUCCIÓN AGRÍCOLA  
EN EL GRADO ACADÉMICO DE  
LICENCIADA

Guatemala, septiembre 2009



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS GUATEMALA  
FACULTAD DE AGRONOMÍA  
ÁREA INTEGRADA

**RECTOR**

LIC. CARLOS ESTUARDO GÁLVEZ BARRIOS

**JUNTA DIRECTIVA DE LA FACULTAD DE AGRONOMÍA**

DECANO	Ing.Agr. MSc. Francisco Javier Vásquez Vásquez.
VOCAL I	Ing. Agr. Waldemar Nufio Reyes.
VOCAL II	Ing. Agr. Walter Arnoldo Reyes Sanabria.
VOCAL III	Ing. Agr. Danilo Ernesto Dardón Ávila.
VOCAL IV	Perito forestal Axel Esaú Cuma.
VOCAL V	Br. Carlos Alberto Monterroso Gonzáles.
SECRETARIO	Ing. Agr. MSc. Edwin Enrique Cano Morales

Guatemala, septiembre 2009

Guatemala, septiembre de 2009

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

Honorables miembros:

De conformidad con las normas establecidas por la Ley Orgánica de la Universidad de San Carlos de Guatemala, tengo el honor de someter a vuestra consideración el trabajo de graduación titulado “CARACTERIZACIÓN MORFOLÓGICA DE LA COLECCIÓN DE CALAHUALA (*Phlebodium* spp.), FACULTAD DE AGRONOMÍA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA”, como requisito a optar el título de Ingeniera Agrónoma en Sistemas de Producción Agrícola, en el grado de Licenciada.

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

Atentamente,

“ID Y ENSEÑAD A TODOS”

Delia Floridalma Xitumul Melchor.

## **ACTO QUE DEDICO**

**A:**

### **DIOS:**

Fuente inagotable de sabiduría que me ha dado la vida y la fortaleza para poder alcanzar mi meta anhelada, hoy la honra y la gloria sean para ti. Gracias por estar a mi lado y brindarme esta gran bendición.

### **MIS PADRES:**

Feliciano Xitumul Gómez (Q.E.P.D) y Encarnación Melchor López.

A mi padre por creer en mí y transmitirme su fe, que Dios lo guarde y lo bendiga por siempre. Hoy puedo decirle: Misión cumplida.

A mi madrecita admirable, digna de seguir sus pasos, gracias por sus oraciones, su ayuda incondicional, su paciencia y arduo trabajo en el transcurso de mi carrera. Reciba hoy el premio a sus múltiples esfuerzos y sacrificios. Que Dios la guarde y la bendiga.

### **MIS HIJAS:**

Evelyn Andrea y Alexa Jimena Cruz Xitumul

Por ser la inspiración para poder alcanzar una de mis metas. Perlas preciosas que Diosito me ha regalado. Las amo con todo mi corazón.

### **MIS HERMANOS:**

Rosalina, Odilia, Rolando, María Luisa, América, René, Otto y Adriana.

Hermanos queridos, con ustedes comparto este éxito con mucho cariño.

### **MIS SOBRINOS:**

Edy, Jeaneth, Jhony, Julissa, Leslie, Stilmer, Karla, Misael, Elisa, Kevin, Merly, Keiry, Anabí, Gerson, Brandon, Jimena y Estéfany.

Con mucho amor. Gracias por ser parte de mi familia.

**MIS TIAS:** Con respeto en especial Julia Melchor.

**PRIMOS Y PRIMAS:** Con cariño, especialmente Ethel, Walfre, Edith, Huber .

### **MIS AMIGAS Y COMPAÑERAS:**

Especialmente Marleny Duque, Yesenia Godoy, Ruth Ávalos, Miriam de la Roca, Rosana Camó, Catarina Gómez, María Quisque, Edna Hernández, Karolina Aguilar. Gracias por los momentos compartidos y por brindarme su amistad sincera. Karin de Pivaral y Evelyn de Ramírez por guiarme en el camino espiritual.

## **TRABAJO DE GRADUACIÓN QUE DEDICO**

**A:**

Mi patria Guatemala.

Escuela Nacional Urbana para Niñas, Rabinal, B.V.

Instituto Nacional de Educación Básica con Orientación Ocupacional Industrial.

Instituto Normal para Señoritas "Centro América".

Facultad de Agronomía

Universidad de San Carlos de Guatemala.

A todas las personas que contribuyeron en mi formación académica.

## **AGRADECIMIENTOS**

**A:**

Mis asesores del trabajo de graduación Ing. Agr. Linneo García e Ing. Agr. Juan Herrera, por su valiosa ayuda y colaboración en la realización del presente trabajo de investigación.

Ing. Agr. Luis Rodolfo Montes, por su valioso apoyo brindado durante la ejecución del proyecto.

Fondo Competitivo de Desarrollo Tecnológico Agroalimentario (AGROCYT) a través del proyecto AGROCYT/FAUSAC 046 -2004. Gracias por el apoyo financiero e Institucional.

Ing. Agr. Mak Milan Cruz Sic, mi admiración y respeto a sus conocimientos y por el apoyo a la realización del trabajo de investigación. Que Dios lo bendiga.

Ing. Agr. Rolando Aragón, por su valioso aporte a la realización del presente trabajo de investigación.

Licenciado en Recursos Tecnológicos Marvin Horacio Fuentes Fuentes, por su apoyo incondicional.

## ÍNDICE GENERAL

### CONTENIDO

#### PÁGINA

Índice general	i
Índice de figuras	iv
Índice de cuadros	vi
Resumen general	vii

### **CAPITULO I. DIAGNÓSTICO: SITUACIÓN ACTUAL DE LA COLECCIÓN DE ESPECÍMENES DE CALAHUALA (*Phlebodium* y *Polypodium* spp.)**

<b>LOCALIZADA EN EL CASERÍO LA EMBAULADA, SAN LUCAS SACATEPÉQUEZ.</b>	<b>1</b>
1.1 PRESENTACIÓN	2
1.2 MARCO REFERENCIAL	3
1.2.1 Fisiografía	3
1.3 OBJETIVOS	4
1.3.1 General	4
1.3.2 Específicos	4
1.4 METODOLOGÍA	5
1.4.1 Etapa inicial de gabinete	5
1.4.2 Etapa de campo	5
1.4.3 Etapa de laboratorio	6
1.4.4 Etapa final de gabinete	6
1.4.5 Divulgación de resultados	6
1.5 RESULTADOS	7
1.5.1 Inventario de los especímenes de calahuala establecidos en cada uno de los bancos de propagación	7
1.5.2 Principales problemas identificados que afectan a los especímenes de calahuala en la colección	8
A Proliferación de plantas indeseables	8
B Plagas y enfermedades	9
1.5.3 Técnicas empleadas para la propagación y conservación de los especímenes de calahuala	13
A Propagación por rizomas	13
B Propagación por esporas, cultivo de tejidos vegetales	16
1.6 CONCLUSIONES	20
1.7 RECOMENDACIONES	22
1.8 BIBLIOGRAFÍA	23

### **CAPITULO II. INVESTIGACIÓN: CARACTERIZACIÓN MORFOLÓGICA DE LA COLECCIÓN DE CALAHUALA (*Phlebodium* spp.), FACULTAD DE AGRONOMÍA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA.**

2.1 PRESENTACIÓN	25
2.2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	27
2.3 MARCO TEÓRICO	28
2.3.1 Marco conceptual	28

A	Generalidades de los helechos	28
B	Ciclo vital de un helecho	28
C	Descripción taxonómica de la calahuala	30
	a. Generalidades sobre la calahuala	30
	b. Clasificación taxonómica	31
	c. Descripción taxonómica	31
D	Distribución geográfica y ecológica	32
	a. Hábitat y forma de vida	33
E	Usos y potencial económico	34
	a. Propiedades y aplicaciones	34
F	Otros usos y prácticas medicinales tradicionales y locales	36
G	Caracterización de germoplasma	36
	a. Datos de entrada al banco de germoplasma	36
	b. Caracterización	36
	c. El descriptor	37
2.4.2	Marco referencial	38
A	Localización de la colección de las muestras de calahuala	38
B	Climas y zonas de vida	38
C	Otros estudios	39
D	Características generales de la calahuala	40
E	Descripción botánica de la calahuala ( <i>Phlebodium pseudoaureum</i> ) (Cav.) Lellinger	40
	a. Frondas	41
	b. Rizomas	41
F	Descriptores del género y especies de calahuala ( <i>Phlebodium</i> spp.).	42
2.5	OBJETIVOS	44
2.5.1	Objetivo general	44
2.5.2	Objetivos específicos	44
2.6	HIPÓTESIS	45
2.7	METODOLOGÍA	46
2.7.1	Ubicación del área de estudio	46
2.7.2	Caracterización morfológica de las muestras de calahuala ubicadas en el herbario AGUAT, “Ernesto Carrillo”	46
A	Origen de las muestras	46
B	Herborización de las muestras de calahuala	46
2.7.3	Uso de descriptores para la caracterización de los individuos de la colección de calahuala	48
C	Elaboración de descriptores	48
D	Toma de datos	48
2.7.4	Determinación de las especies de calahuala presentes en la colección bajo estudio	49
2.7.5	Variables de respuesta	49
2.7.6	Registro de la información	50
2.7.7	Análisis de la información y presentación de resultados	50
2.8.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN	51
2.8.1	Caracterizar morfológicamente la colección de calahuala ( <i>Phlebodium</i> spp.).	51

A	Variables cuantitativas	51
B	Variables cualitativas	57
a.	Análisis de la agrupación de datos por medio de la generación del dendrograma	58
2.8.2	Descriptores de las especies de calahuala ( <i>Phlebodium</i> spp.).	63
2.8.3	Especies de calahuala presentes en la colección	68
2.9	CONCLUSIONES	69
2.10	RECOMENDACIONES	71
2.11	BIBLIOGRAFÍA	72
2.12	APÉNDICE	75

**CAPITULO III. SERVICIOS REALIZADOS: PARA EL PROYECTO AGROCYT/FAUSAC 046-2004, “ESTUDIO DE DIVERSIDAD GENÉTICA DEL COMPLEJO CALAHUALA (*Polypodium* spp. y *Phlebodium* spp.) EN GUATEMALA, CON FINES DE CONSERVACIÓN Y MEJORAMIENTO GENÉTICO”.**

		<b>80</b>
3.1	PRESENTACIÓN	81
3.2	SERVICIOS REALIZADOS	82
3.2.1	Mantenimiento de la colección de especímenes de calahuala ( <i>Phlebodium</i> spp.), establecidas en caserío La Embaulada, municipio de San Lucas, departamento de Sacatepéquez.	82
A	Problema	82
B	Objetivos	82
C	Metas	82
D	Metodología	83
E	Evaluación de resultados	83
3.2.2	Colecta de material vegetal de calahuala en diferentes regiones del país	88
A	Problema	88
B	Objetivos	88
C	Metas	88
D	Metodología	88
E	Evaluación de resultados	89
3.2.3	Establecimiento de los especímenes colectados de calahuala provenientes de diferentes áreas del país	101
A	Problema	101
B	Objetivos	102
C	Metas	102
D	Metodología	102
E	Evaluación de resultados	103
3.2.4	Caracterización morfológica de la calahuala ( <i>Phlebodium</i> spp.), proveniente de las colectas realizadas en diferentes áreas del país	107
A	Problema	107
B	Objetivos	108
C	Metas	108
D	Metodología	108
E	Evaluación de resultados	108
4.	ANEXOS A	112

## ÍNDICE DE FIGURAS

1 y 2	Visita de reconocimiento del área de trabajo, La Embaulada, San Lucas Sacatepéquez, departamento de Sacatepéquez.	7
3	Proliferación de plantas indeseables en bancos de propagación de especímenes de calahuala, en el caserío La Embaulada, San Lucas Sacatepéquez.	8
4	Larva de <i>Pieridae</i> en una fronda de <i>Phlebodium pseudoaureum</i> , presente en la colección de calahuala.	10
5 y 6	Fronda joven sin síntomas de enfermedad alguna, a la derecha fronda madura con síntomas de enfermedad de <i>Phlebodium pseudoaureum</i> .	12
7 y 8	Se presenta la forma de obtener calahuala de su hábitat, a la derecha la selección de los rizomas listos para ser sembrados.	14
9	Producción de calahuala por medio de esporas, a través de la técnica de cultivo de tejidos vegetales.	17
10	Producción de calahuala por medio de esporas, a través de la técnica de cultivo de tejidos vegetales, etapa de aclimatación.	18
11	Plántulas aclimatadas en campo definitivo, ubicadas en la colección La Embaulada, San Lucas Sacatepéquez.	19
12	Ciclo de vida de un helecho	30
13	Mapa de distribución de muestras de calahuala colectadas para la colección de <i>Phlebodium</i> spp.	47
14 y 15	Características del diámetro de la especie <i>P. decumanum</i> (a), <i>P. pseudoaureum</i> (b).	56
16	Característica de la longitud de escamas de las especies del género <i>Phlebodium</i>	57
17	Dendrograma generado de la matriz de las variables cuantitativas y cualitativas para el género <i>Phlebodium</i> .	62
18 y 19	Especies de calahuala mostrando las líneas de soros, a la derecha <i>P. pseudoaureum</i> y a la izquierda <i>P. decumanum</i> .	65
20	Ancho de la fronda en el género <i>Phlebodium</i>	66

21	Establecimiento de especímenes libres de plantas indeseables dentro de las camas y cajas de propagación	84
22	Larva de la familia <i>Pieridae</i> , en una fronda de calahuala.	85
23 y 24	Larva de la familia <i>Pieridae</i> , vista con la ayuda de un estereomicroscopio.	86
25	Espécimen de calahuala colectado en el departamento de Baja Verapaz, a la derecha colecta realizada en el Cerro Soledad Grande, Miramundo, Jalapa.	100
26 y 27	Se observa una de las muestras colectadas de calahuala en árboles de corozo, a la derecha colecta realizada en el municipio de Samayac, depto. Mazatenango. Izquierda camino a Ixcán Quiché ambas del género <i>Polypodium</i> , se observa la proporción de muestras de calahuala de ambas localidades.	101
28 y 29	Preparación de sustrato y desinfestación con productos químicos en los campos del CEDA.	104
30	Llenado de cajas de propagación para el establecimiento de las muestras de calahuala colectadas.	105
31 y 32	Establecimiento de las plantas colectadas en cajas de propagación y control de plantas indeseables.	106
33, 34 y 35	De izquierda a derecha personal contratado para el zanjeado, por donde pasara la tubería de P.V.C. de $\frac{3}{4}$ " y abajo uno de los chorros colocados como resultado de la actividad.	107
36 a, b y c.	Líneas de soros (5) con las nervaduras uniéndose con el soro, que es característico de <i>Phlebodium</i> spp. (a). En las figuras b y c las terminación de las venas son individuales lo cual es característica del género <i>Polypodium</i> .	109
37	Especie de <i>Phlebodium pseudoareum</i> mostrando las líneas de soros.	107
38 a, b y c.	Forma de herborización de las muestras de calahuala, preparadas para ingresarlas al herbario. La figura a y c pertenecen al género <i>Polypodium</i> comparado con la figura b, la cuál muestra al género <i>Phlebodium</i> .	111

## ÍNDICE DE CUADROS

1	Enfermedades presentes en las plantas de calahuala en condiciones de manejo.	11
2	Componentes de los medios de cultivo que se pueden utilizar para el desarrollo de nuevas plántulas de calahuala a partir de prótalos.	17
3	Características cuantitativas del género <i>Phlebodium</i> .	51
4	Características cuantitativas del género <i>Phlebodium</i> . con su respectiva codificación y generar la matriz general del programa NTSYS.	54
5	Rangos establecidos y categorías de las variables cuantitativas del género <i>Phlebodium</i> .	55
6	Muestra de datos de las características cualitativas de <i>Phlebodium</i> spp. con su respectiva codificación, y matriz para su análisis en el programa NTSYS.	58
7	Especies del género <i>Phlebodium</i> y su procedencia.	59
8	Resumen de las características importantes de las especies del género <i>Phlebodium</i> .	64
9	Características de las variables cualitativas del género <i>Phlebodium</i> . Codificadas para su integración a la matriz que requiere el análisis para generar el dendrograma.	75
10	Información de especies de calahuala encontradas en los diferentes puntos de muestreo.	90
11	Datos para la identificación de muestras colectadas de calahuala.	105

## **CARACTERIZACIÓN MORFOLÓGICA DE LA COLECCIÓN DE CALAHUALA (*Phlebodium* spp.), FACULTAD DE AGRONOMÍA UNIVERSIDAD SAN CARLOS DE GUATEMALA.**

### **RESUMEN GENERAL**

El presente documento manifiesta el desarrollo de las actividades comprendidas en el Ejercicio Profesional Supervisado de Agronomía -EPSA-, el cual integra los documentos siguientes: diagnóstico, investigación y servicios realizados.

En este documento se presenta la compilación de dichos trabajos realizados en el caserío La Embaulada, municipio de San Lucas Sacatepéquez, del departamento de Sacatepéquez, en el Centro Experimental Docente de Agronomía, y laboratorios de la Facultad así como también municipios y áreas del país. El apoyo financiero e institucional fue otorgado por el Fondo Competitivo de Desarrollo Tecnológico Agroalimentario (AGROCYT) a través del proyecto AGROCYT/FAUSAC 046-2004, titulado “Estudio de la diversidad genética del complejo calahuala (*Polypodium* spp. y *Phlebodium* spp.) en Guatemala, con fines de conservación y mejoramiento genético”, la Facultad de Farmacia como contrapartida, y la Facultad de Agronomía siendo esta la unidad ejecutora.

Cabe mencionar que esta especie vegetal calahuala que pertenece al género *Polypodium*. y *Phlebodium*., es una planta medicinal con ciertos atributos que es utilizada por agricultores y amas de casa como una alternativa a la medicina convencional en diferentes regiones del país. Se considera una especie en vías de extinción, y dentro del proyecto se contempló las actividades del EPSA, el cual es parte de un complejo de trabajos de investigaciones que servirán como base para futuras propuestas en esta especie vegetal.

El primer documento consiste en el diagnóstico de la situación actual de la colección de especímenes de calahuala (*Phlebodium* y *Polypodium* spp.), para lo cual se tomó en cuenta ciertos indicadores como: registro de los especímenes, sanidad de los propios materiales, métodos de propagación y preservación, considerados de importancia para

esta actividad, y de tal manera determinar los principales problemas dentro de la colección y las alternativas de solución a los mismos.

Con lo que respecta a la investigación esta consistió en la caracterización morfológica de la colección de calahuala (*Phlebodium* spp.), que contempla la caracterización de los materiales que se encuentran ubicados en el herbario AGUAT “Ernesto Carrillo” de la Facultad de Agronomía, así como generar los descriptores de los individuos y definir las especies de calahuala en base a las características cuantitativas y cualitativas que se encuentran presentes la colección. Lo anterior con la finalidad de conocer las especies existentes en el país, su procedencia, sus reservorios donde crece y desarrolla.

En el tercer documento corresponde a las actividades de servicios realizados en el proyecto AGROCYT/FAUSAC, “Estudio de diversidad genética del complejo calahuala (*Polypodium* spp. y *Phlebodium* spp.) en Guatemala, con fines de conservación y mejoramiento genético”, en el mismo se detalla la ejecución en base a los problemas detectados en el diagnóstico realizado, y otros en base a las necesidades que se presentaron en la ejecución del proyecto, por medio del cual se brindó el apoyo para la realización de los mismos, siendo los siguientes: (1) mantenimiento de la colección de especímenes de calahuala (*Phlebodium* spp.), establecidas en el caserío, La Embaulada, en el municipio de San Lucas Sacatepéquez, departamento de Sacatepéquez, (2) colecta de material vegetal de calahuala en diferentes regiones del país, (3) establecimiento de los especímenes colectados de calahuala provenientes de diferentes áreas del país, y (4) caracterización morfológica de la calahuala (*Phlebodium* spp), proveniente de las colectas realizadas en diferentes áreas del país.



## **CAPITULO I**

### **DIAGNÓSTICO**

**SITUACIÓN ACTUAL DE LA COLECCIÓN DE ESPECÍMENES DE CALAHUALA  
(*Phlebodium* y *Polypodium* spp.) LOCALIZADA EN EL CASERÍO LA EMBAULADA,  
SAN LUCAS SACATEPÉQUEZ, DEPARTAMENTO DE SACATEPÉQUEZ.**

## 1.1 PRESENTACIÓN

El presente documento corresponde a la realización del diagnóstico. Se indica que es un estudio concreto y científico, en el cual se da a conocer la situación actual de un objeto de estudio, mediante el análisis y la descripción de todos o la mayoría de los elementos que ejercen influencia en el estado del mismo. Puede tomarse como la base para la planificación y la ejecución de los diferentes programas que tienen el propósito de solucionar y/o mejorar la situación del objeto de estudio.

El presente diagnóstico se enfocó a la calahuala (*Phlebodium* y *Polypodium* spp.), siendo una planta medicina con ciertos atributos que es utilizada por agricultores y amas de casa como una alternativa a la medicinal convencional en diferentes regiones del país.

El diagnóstico determinó la situación y la finalidad fue la problemática actual de la colección de especímenes de calahuala que se encuentra establecida. Hasta el momento se desconoce de registros agronómicos que puedan ser de utilidad para el mantenimiento de la colección y preservación de los especímenes.

Se menciona que ciertos indicadores tales como: si se cuenta con un registro, la sanidad de los propios materiales, métodos de propagación y preservación, son considerados de importancia para el diagnóstico, lo cual indica los principales problemas encontrados dentro de la colección y posteriormente buscar las alternativas de solución a los mismos.

El presente informe de diagnóstico se realizó en el caserío la Embaulada, del municipio de San Lucas Sacatepéquez, del departamento de Sacatepéquez, el cual se encuentra localizada la colección de especímenes de calahuala (*Phlebodium* y *Polypodium* spp.).

## 1.2 MARCO REFERENCIAL

El presente diagnóstico se realizó en el caserío La Embaulada, el cual pertenece al municipio de San Lucas Sacatepéquez, del departamento de Sacatepéquez, y se encuentra en las coordenadas latitud norte 14°36'30" y 90°39'22" longitud oeste. De la ciudad capital se conduce por la carretera interamericana CA-1, aproximadamente a 15 kilómetros se toma un desvío que actualmente está asfaltado hasta llegar a dicho caserío. Aquí se ubica la colección *ex-situ* de especímenes de calahuala la cual comprende los géneros *Phlebodium* y *Polypodium* (IGN, 1980).

### 1.2.1 Fisiografía

El INSIVUMEH reporta que la precipitación pluvial media es de 1,041 mm distribuidos entre los meses de mayo a octubre, con humedad relativa de 77 % y con una temperatura media anual de 14.06°C. Esta región se encuentra dentro de la zona de vida Bosque Húmedo Montano Bajo Subtropical, con una precipitación entre 1,057 a 1588 mm anuales, biotemperatura 15 a 23°C y altitudes de los 1,500 a 2,400 msnm. Los suelos de dicha área corresponden a la serie Cauqué (Cq) suelos de la altiplanicie central de Guatemala, los cuales son profundos, desarrollados en clima húmedo-seco sobre cenizas volcánicas pomácea firme y gruesa, de color claro, ocupando relieves de ondulado a inclinados (IGN, 1980).

## 1.3 OBJETIVOS

### 1.3.1 General:

- Determinar la situación actual de la colección de especímenes de calahuala (*Phlebodium* y *Polypodium* spp.) localizada en el caserío La Embaulada, San Lucas, Sacatepéquez, del departamento de Sacatepéquez.

### 1.3.2 Específicos:

- Realizar un inventario de los especímenes de calahuala que se encuentran establecidos en cada uno de los bancos de propagación.
- Identificar los principales problemas que presentan los especímenes que se encuentran establecidos.
- Identificar las técnicas empleadas para la propagación y conservación de los especímenes de calahuala.

## **1.4 METODOLOGÍA**

Se obtuvo la información necesaria en base a los objetivos propuestos lo cual fue imprescindible la jerarquización de las actividades, basado en una metodología propuesta. La misma consistió de etapas, en las cuales se especificaron los procedimientos y las técnicas a utilizar sobre la situación actual de la colección de los especímenes de calahuala, como a la vez la identificación de problemas para su priorización y la búsqueda de alternativas de solución.

### **1.4.1 Etapa inicial de gabinete**

En esta fase se realizó el estudio de gabinete o inicial de gabinete, se recolectó información bibliográfica en el Centro de Información Agrícola de Agronomía (CEDIA), en la red, y las respectivas consultas al investigador principal y coordinador de cada proyecto. A la vez se realizaron consultas a mapas cartográficos, geológicos, de uso potencial de la tierra, topográficos, etc., revisión de trabajos realizados con anterioridad, así como información de esta planta medicinal su utilidad y atributos medicinales, y aspectos agronómicos.

### **1.4.2 Etapa de campo**

Se realizaron reconocimientos del área, para determinar las condiciones de los especímenes que se encuentran establecidos en dicha localidad.

Se verificó que especies están presentes en la colección, para lo cual se basó en la información recabada del proyecto OEA/FAUSAC, como a la vez constatar que nuevas especies se han introducido en la colección.

Se tomaron muestras vegetales de las plantas enfermas que fueron analizadas en los laboratorios de la FAUSAC.

Se verificó el estado del establecimiento de los especímenes en los bancos de propagación dentro de la colección, así como conocer los métodos de propagación.

### **1.4.3 Etapa de laboratorio**

Para la ejecución de la fase de laboratorio se hizo relevante el apoyo, como la asesoría y logística del coordinador del programa de la OEA/FAUSAC y del investigador principal AGROCYT/FAUSAC.

El análisis de las muestras se realizó en los respectivos laboratorios con que cuenta la Facultad en particular el laboratorio de biotecnología vegetal, fitopatología y herbario.

En el laboratorio de biotecnología vegetal y fitopatología se realizó la determinación de los microorganismos patógenos que inducen a enfermedades y plagas a los especímenes de calahuala.

En el herbario se realizó la determinación de los especímenes que no estaban registrados, para lo cual se realizó como primer paso un inventario, con la finalidad de conocer con que población de individuos contamos.

### **1.4.4 Etapa final de gabinete**

En esta fase, se procedió a la tabulación, análisis e interpretación de los datos que se obtuvieron y a la vez concluir y dar recomendaciones de la situación actual de los especímenes que se encuentran establecidos en la colección ubicada en el caserío La Embaulada, por medio de la elaboración de un informe final.

### **1.4.5 Divulgación de resultados**

Para la divulgación de los resultados se elaboró un informe escrito y electrónicamente.

## 1.5 RESULTADOS

### 1.5.1 Inventario de los especímenes de calahuala establecidos en cada uno de los bancos de propagación

Se logró identificar los especímenes establecidos dentro de la colección de calahuala ubicada en el Caserío La Embaulada, San Lucas Sacatepéquez, en figuras 1 y 2, se observa al equipo de trabajo así como los coordinadores de los distintos proyectos de investigación (Ings. Luís Montes y Vicente Martínez), además se observa la forma como se encuentran establecidos los especímenes y el estado actual.



**Figura 1 y 2. Visita y reconocimiento del área de trabajo, La Embaulada, San Lucas Sacatepéquez, departamento de Sacatepéquez.**

Las especies vegetales de calahuala que se encuentran establecidas son las siguientes:

*Phlebodium pseudoaureum* (Cav.) Lellinger

*Polypodium pleurosorum* Kunze ex Melt.

*Polypodium triseriale*.

*Polypodium* spp.

## 1.5.2 Principales problemas identificados que afectan a los especímenes de calahuala en la colección

### A. Proliferación de plantas indeseables

Entre los principales problemas que afectan a los especímenes ubicados en la colección de calahuala, se observa desde la proliferación de plantas indeseables tal y como lo muestra la figura 3, provocando que exista competencia por luz y nutrientes lo que afecta de tal manera que los especímenes no se desarrollen adecuadamente, y a la vez que las plantas indeseables sean un foco de contaminación por plagas y enfermedades que afecten al cultivo de calahuala.

Para el control de las malezas (plantas indeseables), en el cultivo de la calahuala se presenta dificultades como: a) generalmente el cultivo de helechos se realiza en tabloncillos o camas de propagación dificultando la mecanización, b) la calahuala es una planta medicinal su forma de crecimiento y del follaje dificulta la aplicación de cualquier herbicida, como también no hay específicos para los helechos, y c) los sustratos son medios de diseminación de semillas de plantas que podrían presentarse como potenciales malezas, como por ejemplo los musgos.



**Figura 3.** Proliferación de plantas indeseables en bancos de propagación de especímenes de calahuala, en el caserío La Embaulada, San Lucas Sacatepéquez.

## B. Plagas y enfermedades

Otros de los problemas presentes en los especímenes de calahuala fueron las plagas y enfermedades. También en los trabajos de campo se observó la presencia de agentes causantes de enfermedades en especial de hongos.

Entre las plagas con mayor presencia que se ha evidenciado se menciona a los ácaros, larvas de *Pieridae*, como se muestra en la figura 4, en donde la fronda de *Phlebodium* spp. es parte de su dieta. En menor presencia se observó a trips que ocasionan agujeros pequeños en las frondas, pero la incidencia es bastante baja (Agrios, 1996; Ocampo, Martínez & Cáceres, 2007).

Dentro de las enfermedades ocasionadas se ha reportado la presencia de hongos del género *Rhizoctonia* spp., a los que se debe de tomar en cuenta y prestar especial atención por la severidad que presenta en otros cultivos, ya que generalmente está asociado a otros patógenos del suelo como *Phyitium* spp. Y *Verticillium* spp. (Agrios, 1996).

Los síntomas por *Rhizoctonia* spp., son ahorcamiento del pecíolo, acompañado de una necrosis en el mismo, las frondas se tornan de un color amarillo hasta que la base del pecíolo se desprende del rizoma ocasionando la muerte. Por lo general, acompañado a estos síntomas el rizoma presenta pudrición que se puede notar al presionar el mismo con los dedos, y presentar un estado aguanoso que a la vez se macera fácilmente entre las manos (Agrios, 1996).

Según Agrios (1996), indica que el desarrollo de estos hongos es favorecido por una alta humedad relativa y un mal drenaje del suelo y/o sustrato. Especialmente daña en los estados tempranos de crecimiento de las frondas. La presencia de este hongo es una de las causas del ahogamiento en las fases de preemergencia y poseemergencia de la fronda, esto se da antes que la plántula emerja, el hongo ataca y mata el ápice de crecimiento. La aparición de este hongo, se puede prevenir desinfectando los sustratos antes de la siembra por medio de agua caliente, solarizado o aplicando productos químicos contra hongos del suelo.

Se observó la presencia del hongo *Pestalotia* spp. que ocasiona manchas foliares las cuales se distribuyen en la mayoría de las pinas de las frondas. Al cabo de un tiempo estas manchas se convierten en orificios, esto se produce porque la planta tiene un sistema de defensa en el cual mata las células alrededor de la infestación para que no pueda continuar su avance (Agrios, 1996).

También se observó la presencia del hongo *Pleospora* spp. que ocasiona antrácnosis. Este síntoma corresponde a quemaduras que empiezan de la punta de las pinas y avanzan hacia la parte central de la fronda. No llegando a matar al helecho y aparentemente hay tolerancia.



**Figura 4.** Larva de *Pieridae* en una fronda de *Phlebodium pseudoaureum*, presente en la colección de calahuala.

En el cuadro 1, se presenta los principales síntomas, así como el agente causal, su incidencia y la severidad aproximada en el cultivo de la calahuala, se indica que la presencia de *Rizoctonia* spp. y *Pestalotia* spp., son parte de los microorganismos causantes del deterioro de las plantas de calahuala presentes en la colección (Agrios, 1996; Ocampo, Martínez & Cáceres, 2007).

Uno de los métodos para prevenir la aparición de este hongo, es desinfectando los sustratos antes de realizar la siembra. Se tienen alternativas como la aplicación de agua caliente, cabe mencionar que es útil en casos experimentales donde se realizan pruebas de propagación porque a nivel extensivo resulta demasiado laborioso (Agrios, 1996; Andrade, 2003; Martínez, Bernal & Cáceres, 2000).

**Cuadro 1. Enfermedades presentes en las plantas de calahuala en condiciones de manejo.**

<b>SÍNTOMA</b>	<b>INCIDENCIA (aproximada) %</b>	<b>SEVERIDAD (aproximada)%</b>	<b>AGENTA CAUSAL</b>
Ahorcamiento	40	90	<i>Rizoctonia spp.</i>
Pudrición de Rizomas	10	100	<i>Rizoctonia spp.</i>
Necrosis en las frondas	60	30	<i>Pleospora spp.</i>
Manchas foliares	40	60	<i>Pestalotia spp.</i>

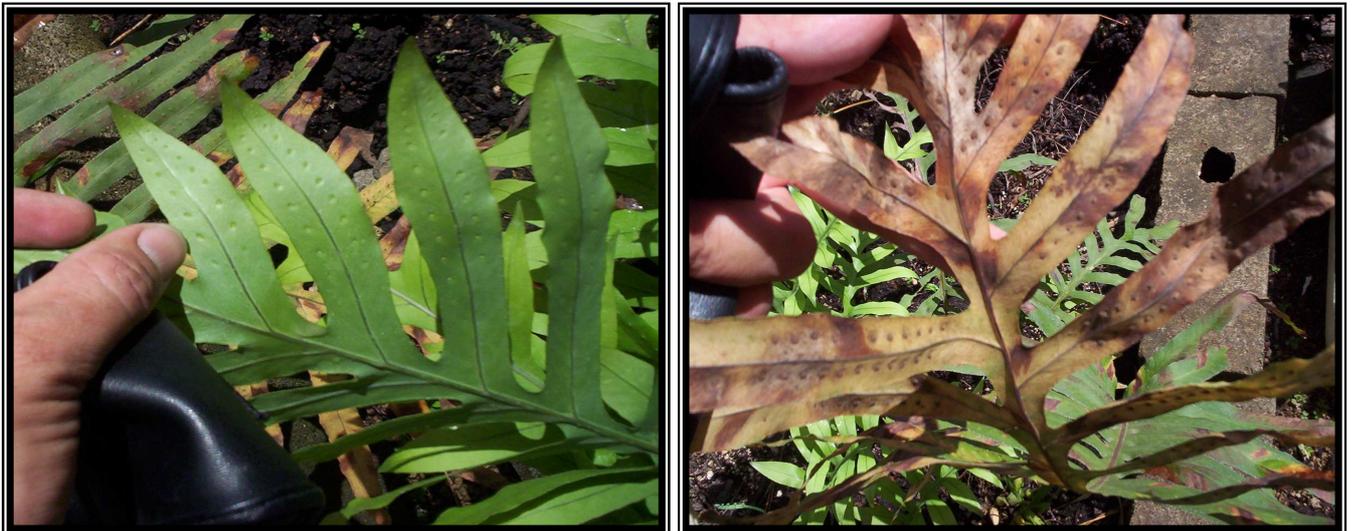
Otra forma es el solarizado con la desventaja de un alto presupuesto por los materiales (nylon), se observa en la figura 2, que dicha técnica es aplicable la cual esta colocado en los caminamientos alrededor de los bancos de propagación de las plantas, disminuyendo la proliferación de microorganismos que puedan afectar la colección.

La desinfección con la aplicación de productos químicos contra hongos del suelo causantes del mal del talluelo y otros (*Rizoctonia, Pythium, Phytophthora spp.*) antes de realizar la siembra es recomendable, debido a que los primeros 20-30 días después los rizomas con frondas recién emergidas, son susceptibles a dichos patógenos (Ocampo, Martínez & Cáceres, 2007, Seminario-Taller, 2004).

Otros de los hongos con mayor presencia es *Phytophthora spp.*, que presenta pudriciones de la raíz, ahogamiento de plántulas, base del tallo, enfermedades que son bastante similares a las que produce *Pythium spp.* (Anexo A).

Como indica Agrios (1996), el control de pudriciones va a depender del cultivo susceptible en suelos que estén libres de *Phytophthora* o en suelos que son ligeros y con un buen drenaje, o utilizar variedades resistentes pero en el caso de la calahuala no se cuenta con variedades de esta naturaleza. Indica a la vez que en plántulas mantenidas en invernaderos o en almácigos, el suelo y los recipientes deben de esterilizarse con vapor antes de realizar la siembra. Como también se ha utilizado funguicidas sistémicos como el metalxyl, fosetyl Al, ethazol y propamocarb, como también el uso de la corteza de árboles usada como composta mezclada con suelo o carentes del mismo como sustrato ha reducido las infecciones de las plantas causadas por este hongo.

En las figuras 5 y 6 se observa una fronda juvenil en la cual las pinnas presentan la iniciación y formación de soros y en la siguiente figura ya el desarrollo, en esta última se presentan los síntomas causados por *Phytophthora* spp., la iniciación de la enfermedad se produjo en los rizomas, para luego provocar el ahogamiento del tallo y finalmente la muerte de las frondas y de toda la planta. Las plántulas que están por emerger y las ya juveniles mezcladas con las que presentan dicho patógeno es muy probable que corran con la misma suerte.



Figuras 5 y 6.

Fronda joven sin síntomas de enfermedad alguna, a la derecha fronda madura con síntomas de enfermedad de *Phlebodium pseudoaureum*.

### 1.5.3 Técnicas empleadas para la propagación y conservación de los especímenes de calahuala

La propagación de los especímenes de calahuala dentro de la colección se realiza de dos maneras:

#### A. Propagación por rizomas

Una de ellas consiste por medio de segmentos de rizomas, esto cuando se ha efectuado la cosecha para realizar evaluaciones de rendimiento según las finalidades de los proyectos que han establecido la colección. La selección de estos segmentos de rizomas con frondas recién emergidas o con frondas completamente desarrolladas ha garantizado la propagación, esto en base a las experiencias realizadas con la especie *Phlebodium pseudoaureum*.

Basado en la experiencia y estudios realizados se pueden plantear las siguientes ventajas y desventajas en las diferentes formas de sembrar los rizomas (Ocampo, Martínez & Cáceres, 2007, Seminario-Taller, 2004).

Material vegetal utilizado	Ventajas	Desventajas
Rizomas con frondas recién emergidas.	Fácil y más rápida oportunidad de demostrar si se adapta a sustratos diferentes en condiciones naturales. Bajo condiciones controladas, se puede asegurar la sobrevivencia llevando el control de las frondas que estén desarrolladas.	Las divisiones se deben hacer con mucho cuidado, para no dañar los brotes pues se quiebran con facilidad. También se ha visto que los brotes débiles son dañados por hongos del tipo <i>Rizoctonia</i> .
Rizomas con frondas completamente desarrolladas.	Es el mejor método cuando los fines de la propagación no son extensivos.	Solo serviría para reproducirla sin fines de experimentación, y en sustratos propios de la especie.
Rizomas sin brotes.	Se tiene mayor seguridad de que el sistema radical se está	Lleva mayor tiempo evaluarlos, ya que la brotación tarda 2 meses a partir de la siembra en

	<p>adaptando a sustratos nuevos.</p> <p>También se pueden evaluar tamaños de rizomas para siembra, número de yemas, forma de sembrarlos, evaluar brotación, profundidad, distanciamiento, etc.</p>	<p>época de lluvia. Podría ser que en meses calurosos se disminuya el tiempo considerablemente.</p> <p>En este caso se tendría un especial cuidado en la forma y profundidad de sembrar el rizoma, ya que de esto dependerá la brotación de frondas.</p>
--	--	--



**Figuras 7 y 8.** Se presenta la forma de obtener calahuala de su hábitat, a la derecha la selección de los rizomas listos para ser sembrados.

Para la propagación y establecimiento como lo indica Martínez (2007), se debe de tomar en cuenta lo siguiente:

Una sombra artificial que representa una forma controlada de mantener el porcentaje de luz que necesitan los helechos, esta sombra puede ser diseñada con sarán que se puede conseguir en el mercado con ciertos porcentajes de sombra (40, 60 y 80%), figura 2. El tiempo que llega la fronda a su madurez es mayor bajo sombra por lo que se puede observar en el transcurso de un mes al comparar las que crecen en lugares con

iluminación directa, esta sombra artificial proporciona condiciones más húmedas que favorecen el desarrollo de estos helechos.

Por lo anterior es razonable recomendar serán con un 60 a 80% de sombra, ya que este brindará un ambiente de porcentaje de luz, temperatura y humedad relativamente mayor y a la vez soporta mejor los períodos interestivales (Martínez, 2000; Ocampo, Martínez & Cáceres, 2007; Seminario-Taller, 2004).

En las figura 7 y 8 se observa como es obtenido el rizoma, siendo extraído de su hábitat completamente con las frondas y parte del sustrato, luego es separado del aglomerado de raíces formadas por las mismas calahuala y otras plantas del microambiente, lo cual sirve para retener la materia orgánica.

Para la selección de los rizomas se debe de tomar en cuenta la vigorosidad, el peso, longitud, distanciamiento de yemas, (a mayor distancia de yemas es mejor, que significa que el crecimiento es constante), turgencia, y que estén aparentemente libres de pudriciones en yemas y rizoma en general (Ocampo, Martínez & Cáceres, 2007).

Sustrato utilizado: como es un helecho epífita, para su siembra no debe cultivarse directamente en el suelo, se coloca en sustratos que asemejen los ambientes naturales, una mezcla sugerida es la compuesta por arena+turba+aserrín+tierra, en proporciones de 1:1:1:1 es adecuada (Andrade, 2003; Martínez, 2000; Ocampo, Martínez & Cáceres, 2007).

Para los helechos en general se tienen recomendaciones de distanciamiento (Hoshizaki, 1979), se prefiere sembrarlos en hileras sobre las camas, donde se colocan de 25-35 cm<sup>2</sup>. Se prefiere sembrar más de un rizoma por postura, principalmente para la calahuala, donde se ha observado que la brotación de frondas es muy escasa (1-2 por rizoma) y se puede incrementar la densidad sembrando más de 1 rizoma, esto garantiza la retención de humedad del sustrato lo cual proporciona follaje en las plantas.

La época de siembra puede ser durante todo el año, siempre que se cuente con suficiente agua en los lugares donde crece, se observa que siempre que existe una alta humedad, y frondas durante todo el año. El tiempo de brotación a partir que los rizomas se exponen a la humedad y al porcentaje de luz depende el tipo de sarán, el cual es de 1.5 de meses aproximadamente.

En condiciones naturales los rizomas incrustados en turba empiezan a brotar sus frondas a partir de las primeras lluvias, generalmente a finales de abril y principios de mayo. En este período se colecta material para experimentos en los que se siembran con frondas brotadas.

En conclusión, para inducir la brotación de los rizomas con fines experimentales y posiblemente de reproducción extensiva, después de colectados se colocan expuestos a una moderada humedad y a un porcentaje de luz similar a la que deja pasar el sarán de 60%.

## **B. Propagación por esporas, cultivo de tejidos Vegetales**

Otra forma de propagación y que se encuentra establecida en la colección es a través de esporas, por medio de la técnica de cultivo de tejidos vegetales. De acuerdo con la información de dos años de la propagación por esporas en cultivo de tejidos, se sabe que la iniciación y multiplicación requiere de 20 semanas aproximadamente, esto a nivel de laboratorio.

**Descripción de la multiplicación por esporas:** Para la iniciación y multiplicación se realizan los siguientes pasos. Los explantes a utilizar son los soros maduros los que contienen a las esporas. Se ha determinado que utilizando un medio con 25% de los componentes de Murashige y Skoog y una aplicación de ácido naftalenacético -ANA- a razón de 0.05 mg/l y 0.1 mg/l de bencilaminopurina, se obtiene producción de gametófitos (prótalos) en un período de 60 días.

Para la diferenciación de hojas el medio M3 se considera adecuado, produciendo frondas a las 8-12 semanas.

Por lo tanto se indica que se necesitan de 16 a 20 semanas para obtener formación de frondas a partir de prótalos (Figura 9).



**Figuras 9.** Producción de calahuala por medio de esporas, a través de la técnica de cultivo de tejidos vegetales.

**Cuadro 2.** Componentes de los medios de cultivo que se pueden utilizar para el desarrollo de nuevas plántulas de calahuala a partir de prótalos.

# Sol.	COMPONENTE S	Conce n tración	M3		M4	
			1000 ml	500 ml.	1000 ml	500 ml.
1	Macronutrientes	10 X	50 ml.	25 ml.	25 ml.	12.5 ml.
2	Micronutriente "A"	1000 X	500 ul.	250 ul.	250 ul.	125 ul.
3	Micronutriente "B"	5000 X	100 ul.	50 ul.	50 ul.	25 ul.
4	KI	1000 X	500 ul.	250 ul.	250 ul.	125 ul.
5	Ca Cl <sub>2</sub> . 2H <sub>2</sub> O	10 X	50 ml.	25 ml.	25 ml.	12.5 ml.
6	Hierro	100 X	5 ml.	2.5 ml.	2.5 ml.	1.25 ml.
7	Myo-inositol	100 X	5 ml.	2.5 ml.	2.5 ml.	1.25 ml.
8	Vitaminas	1000 X	500 ul.	250 ul.	250 ul.	125 ul.
9	Sucrosa	3 %	15 grs.	7.5 grs.	7.5 grs.	3.75 grs.
10	Phytigel	0.2 %	2.0 grs.	1.0 grs.	1.0 grs.	1.0 grs.
	PH 5.7- 5.8					

**Nota: cada solución contiene 50% del medio de Murashige y Skoog.**

En el cuadro 2, se presenta los componentes para el medio de Murashige & Skoog utilizado para la siembra de esporas de calahuala. Se indica que para la obtención de mayor rendimiento de los prótalos en el medio, es a través de aumentar la probabilidad de unión entre los órganos masculino y femenino (anteridios y arquegonios). Se recomienda hacer licuados de las masas germinadas de esporas, esto cuando se observa la aparición de los prótalos, y luego transferirlos a un medio M3 o M4 donde se produce una mayor diferenciación de frondas después de tres meses.

Para la aclimatación de plántulas en el laboratorio (previo al traslado al campo) conlleva aproximadamente 60 días, este proceso consideró que existieran plántulas de aproximadamente 2 cm (fronda más pecíolo). Es importante que las plántulas estén limpias de restos de medio de cultivo, evitando de tal manera la invasión de microorganismos dañinos de cualquier tipo. Se recomienda la desinfección del medio (sustrato) con un biocida preventivo de etiqueta verde. La aclimatación se debe iniciar con la puesta de las siembras, *in vitro* (aun en frascos) a la radiación solar, esto durante una semana. Posteriormente se sacan y se limpia el agar que pueda estar adherido. Se colocan en sustrato desinfectado, para estas pruebas se ha usado peat most (Figura 10). Las plántulas deben colocarse dentro de un espacio cubierto con nylon, para evitar una exposición directa con el medio; luego este nylon tiene que retirarse paulatinamente, dejando como mínimo 1 semana entre cada nivel de exposición (Seminario- Taller, 2004).



**Figura 10. Producción de calahuala por medio de esporas, a través de la técnica de cultivo de tejidos vegetales, etapa de aclimatación.**

En la fase de campo, las plántulas endurecidas son transportadas en bandejas al campo definitivo bajo condiciones de sombra (sarán de 60 o 80%) y/o de retención de luz.



**Figuras 11. Plántulas aclimatadas en campo definitivo, ubicadas en la colección La Embaulada, San Lucas, Sacatepéquez.**

En la figura 11, se evidencia el establecimiento en el campo de plántulas provenientes de la propagación de la calahuala por medio de esporas, la cual se encuentra en la fase de experimentación para la determinación de rendimientos de biomasa y análisis químico e identificación de metabolitos secundarios.

## 1.6 CONCLUSIONES

- . En la colección de calahuala la especie con mayor presencia es *Phlebodium pseudoaureum* (Cav.) Lellinger, la cual su distribución en el país indica que es común, y siendo la de menor presencia *Polypodium pleurosorum* Kunze ex Melt.
- . La incidencia de plantas indeseables presenta problemas que afectan a los especímenes de calahuala, siendo hospederas de insectos y microorganismos patógenos, además la mecanización se dificulta debido a que la siembra se realiza por tabloncillos o camas de propagación. Los sustratos son medios de disseminación de semillas de plantas que se consideran potenciales malezas, por ejemplo los musgos.
- . La calahuala como planta medicinal por su forma de crecimiento y del follaje dificulta la aplicación de cualquier herbicida, en la cual no hay específicos para este tipo de helechos.
- . Las larvas de *Pieridae*, es la plaga con mayor presencia, siendo los ácaros y trips los de menor presencia causantes del apareamiento de agujeros pequeños en las frondas.
- . Los hongos con mayor presencia (*Rizoctonia* spp.) e impacto en la calahuala, inciden en un 10%, con una severidad de 100% en la pudrición de la raíz. En el ahogamiento de plántulas su incidencia es de 40% y una severidad de 90%, en comparación con *pestalotia* spp., que produce necrosis en las frondas y manchas foliares en un rango de 40-60% de incidencia y 30 a 60% de severidad en las plantas.
- . El patógeno *Phytophthora* spp., afecta el rizoma, luego provoca el ahogamiento del tallo, finalmente la muerte de las frondas y de toda la planta. Las plántulas que están por emerger y las juveniles mezcladas con las que presentan dicho patógeno son difíciles de sanear.

- . La propagación de los especímenes de calahuala se realiza por medio de rizomas los cuales son seleccionados por su vigorosidad, distanciamiento de yemas y largo; otra forma es por la producción de plántulas provenientes de cultivo de tejidos vegetales a través de esporas.
- . Para inducir la brotación de los rizomas con fines experimentales y posiblemente de reproducción extensiva, después de colectados estos deben de quedar expuestos a una moderada humedad y a un porcentaje de luz similar a la que deja pasar el sarán de 60%.

## 1.7 RECOMENDACIONES

Se recomienda que la eliminación de las plantas indeseables se realice manualmente, para disminuir el daño que se le ocasionaría a las plantas de calahuala, y realizar aspersiones con productos biológicos.

La desinfección de sustratos antes de realizar la siembra es recomendable utilizando como alternativas la aplicación de agua caliente, cabe mencionar que es útil en casos experimentales donde se realizan pruebas de propagación, porque a nivel extensivo resulta demasiado laborioso.

Colocación de solarizado en los caminamientos alrededor de los bancos de propagación de las plantas, lo cual disminuye la proliferación de microorganismos que afectan la colección. Establecer un plan de prevención de *Rizoctonia* spp. al momento de realizar nuevos experimentos o siembras comerciales, así como para otros patógenos que afecten a la calahuala.

## 1.8 BIBLIOGRAFÍA

1. Agrios, GN. 1996. Fitopatología. México, Limusa. 838 p.
2. Andrade C, JC. 2003. Búsqueda de sustratos alternativos para la producción bajo cultivo de calahuala de *Phlebodium aureum* L. Tesis Ing. Agr. Guatemala, USAC, Facultad de Agronomía. 48 p.
3. Cáceres, A. 1996. Plantas medicinales de Guatemala. Guatemala, Editorial Universitaria. 412 p.
4. Cáceres, A; Girón, L; Freire, V. 1990. Plantas de uso medicinal en Guatemala: detección etnobotánica y bibliográfica. Guatemala, Revista de la Universidad de San Carlos, Ciencia y Tecnología 9:55-77.
5. IGN (Instituto Geográfico Nacional, GT). 1980. Diccionario geográfico nacional. Francis Gall comp. Guatemala. p. 386-387.
6. Martínez, JV; Bernal, HY; Cáceres, A. 2000. Fundamentos de agrotecnología de cultivo de plantas medicinales. Santa Fe Bogotá, Colombia, Programa Iberoamericano de Ciencia y Tecnología para el Desarrollo –CYTED-. p. 350-356.
7. Ocampo Sánchez, RA; Martínez, JV; Cáceres, A. 2007. Manual de agrotecnología de plantas medicinales nativas. San José, Costa Rica, Ediciones Sanabria. 144 p. (Proyecto Desarrollo de Tecnología de Cultivo de Plantas Medicinales y Producción de Fitoterápicos (OEA / AICD / AE – 089/05)).
8. Seminario-taller de agrotecnología de plantas medicinales (2, 2004, HN); Simposio internacional del género *Phlebodium* (1, 2004, HN). Tegucigalpa, Honduras, RIBROFITO. 11 p.

**CAPITULO II**

**INVESTIGACIÓN**

**CARACTERIZACIÓN MORFOLÓGICA DE LA COLECCIÓN DE CALAHUALA  
(*Phlebodium* spp.), FACULTAD DE AGRONOMÍA UNIVERSIDAD SAN CARLOS DE  
GUATEMALA.**

**RESEARCH**

**MORPHOLOGICAL CHARACTERIZATION OF CALAHUALA (*Phlebodium* spp.),  
COLLECTION OF AGRONOMY FACULTY, SAN CARLOS UNIVERSITY OF  
GUATEMALA.**

## 2.1 PRESENTACIÓN

La calahuala (*Phlebodium pseudoaureum* (Cav.) Lellinger y *Phlebodium decumanum* Willd.) J. Sm., *J. Bot. (Hooker)*, es ampliamente conocida en el mundo por sus propiedades curativas, sus ingredientes activos en sus rizomas ayuda a regular las defensas del organismo al deprimirlas en casos excesivos como las alergias, o aumentarlas cuando hay insuficiencias inmunológicas (Cáceres, 1996; Rayward, 1993; UNAM, 1995).

Guatemala, al igual que Honduras son los únicos productores en el mundo del género *Phlebodium*, que aproximadamente tiene unos 50 años de estar en el mercado europeo. En España, de la especie vegetal *Phlebodium leucotomos* se obtiene el anapsos del rizoma, por un procedimiento original de la empresa Pharmaceutical International, el cual se cultiva en fincas de experimentación, recolectándose en fechas determinadas y sometándose a un proceso de estabilización por deshidratación bajo condiciones controladas. Los anapsos son sustancias capaces de modular la reacción inmune, como las citocininas, anticuerpos monoclonales e inmunomoduladores ( Rayward. 1993).

En Guatemala, el género *Phlebodium*, se encuentra distribuido en diferentes regiones del país desconociéndose si existen otras especies interactuando entre sí, y que pueda presentarse variabilidad entre poblaciones localizadas en ambientes específicos a nivel de la República.

Debido a las bondades farmacológicas que presenta la calahuala, los agricultores ejercen presión sobre los hábitats al extraer el rizoma para el uso y comercialización intensiva, lo cual provoca una sobreexplotación y se presenta el riesgo a corto y mediano plazo de extinguirse (Palacios, 2004; Rayward, 1993; Taller, 1994).

Hay alternativas de propagación a nivel de laboratorio y de campo para establecerla como cultivo. Con lo cual, se propone la disminución del extractivismo del que hacen uso los agricultores. Estos procedimientos pueden aplicarse, pero se necesita conocer a los mejores prototipos con que cuenta nuestro país, para lo cual es necesaria la caracterización y colecta de la calahuala en las diferentes regiones.

Dentro del proyecto “Estudio de la diversidad genética del complejo calahuala (*Polypodium* spp. y *Phlebodium* spp.) en Guatemala, con fines de conservación y mejoramiento genético”, financiado por el AGROCYT y la FAUSAC, se tiene contemplado actividades de investigación, como la caracterización morfológica, molecular, y la obtención de metabolitos secundarios.

Debido a la magnitud del mismo, se plantea el presente trabajo de investigación que contempla la caracterización de los materiales que se encuentran ubicados en el herbario AGUAT “Ernesto Carrillo” de la Facultad de Agronomía, así como generar los descriptores de los individuos y definir las especies de calahuala en base a las características cuantitativas y cualitativas que se encuentran presentes dicha colección.

## 2.2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

La calahuala es un helecho con propiedades medicinales reconocidas nacional e internacionalmente, siendo los rizomas los que poseen los ingredientes activos, los cuales son recolectados por los agricultores en algunas regiones en donde crece y se desarrolla. Esta especie vegetal se encuentra en el listado de Especies de Flora Silvestre Amenazadas de Extinción (lista roja de flora), según resolución No. ALC 028/2001 del Consejo Nacional de Áreas Protegidas, y corre el riesgo de extinguirse debido a la forma de obtenerla, ya que el método más práctico y utilizado es la extracción, en donde se provoca un mayor daño a la planta debido a que la misma es arrancada de donde se encuentra adherida, y en la cual se rompe el rizoma, se deterioran las frondas y al final se deja un vacío que indica que en el ese lugar existió calahuala (Cáceres, 1996; CONAP, 2001).

Actualmente, se hace necesario conocer las especies existentes, su distribución, la localización de sus reservorios en donde crece y se desarrolla, el uso que se le da como planta medicinal y las partes utilizadas (rizoma, frondas) por los agricultores y personas que utilicen plantas medicinales como alternativas farmacológicas, esto con la finalidad de proponer y dirigir esfuerzos de domesticación y áreas de conservación *in situ* y *ex situ*.

Se hace imprescindible realizar una caracterización de la colección del género *Phlebodium* que se encuentra ubicada en el herbario "AGUAT", de la Facultad de Agronomía, la información generada de dicha investigación indicó cuantas especies existen en nuestro país, su procedencia y a la vez con los datos generados se contribuyó a la investigación que realizó el proyecto de calahuala AGROCYT/FAUSAC.

Cabe mencionar que por la poca información generada respecto al número de especies y determinación de las mismas en el país, no se pueden plantear y ejecutar proyectos de cultivo comercial.

## 2.3 MARCO TEÓRICO

### 2.3.1 Marco conceptual

#### A. Generalidades de los helechos

Hay alrededor de unas 10,000 especies modernas de helechos de las cuales la basta materia pertenece al orden *Filicales* llamado también (*Polypodiales*). Se encuentran en una amplia variedad de hábitat y de climas, pero la mayoría de ellos se localiza en partes sombreadas más bien que soleadas, en sitios húmedos que secos y en climas tropicales o subtropicales que en regiones templadas o frías (Méndez, 2000; Nason, 1989).

Los helechos se pueden reproducir en forma sexual o asexual por esporas o rizomas, sobre el envés de las hojas se forman estructuras llamadas soros, compuestas por grupos de esporas resguardados dentro esporangios y que forman el principal mecanismo de reproducción de estas especies en forma natural sin intervención de la mano del hombre (Méndez, 2000; Nason, 1989).

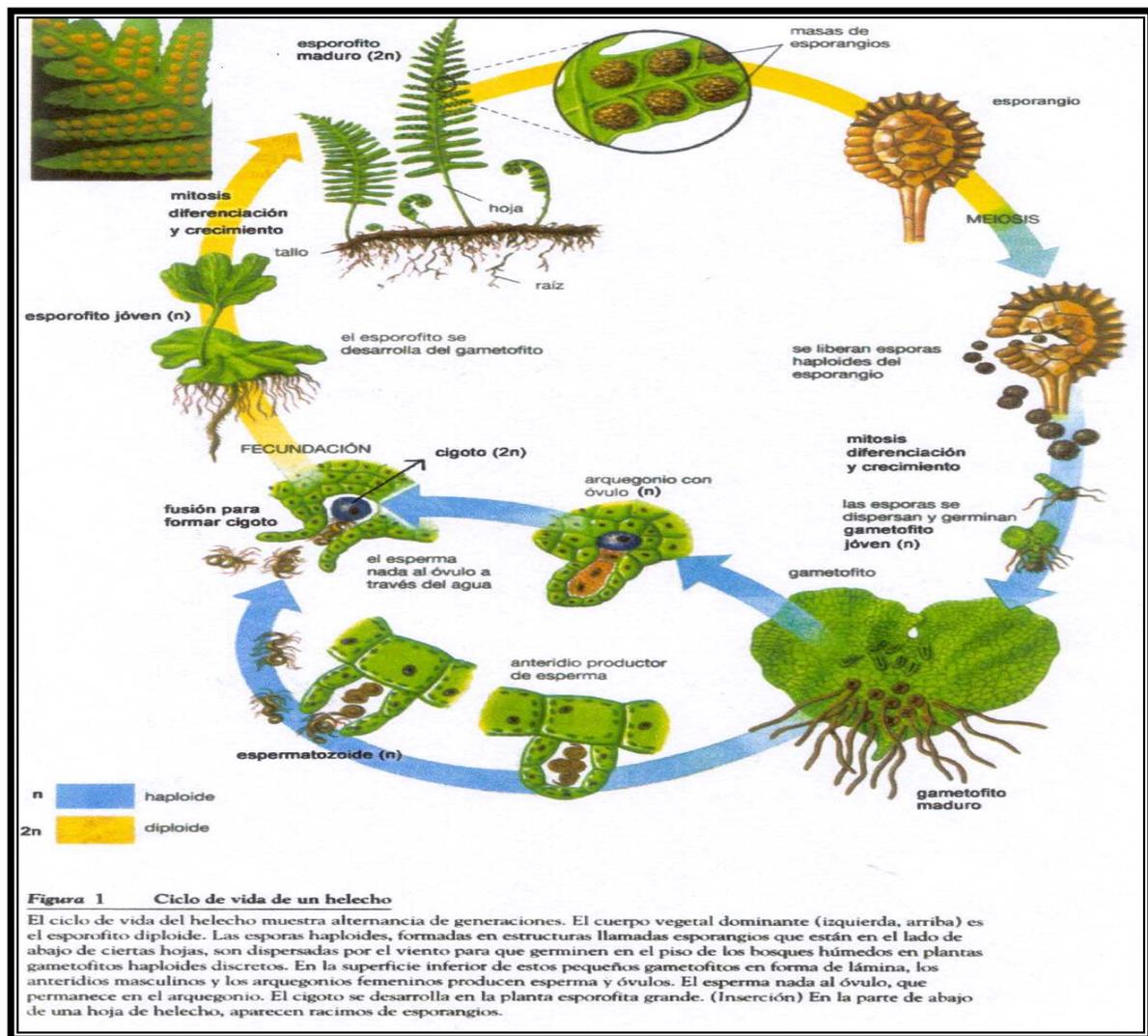
En función de su forma de nutrición los helechos se alimentan en forma epífita o sea que la planta crece adherida a otra planta o sustrato sin tomar alimento de su hospedero solo humedad relativa del ambiente, sustrato o planta donde se hospeda. También se puede ver en la forma de alimentación de los helechos que el prótalo es una estructura diminuta en comparación con el esporofito maduro, y constituye una planta autotrófica independiente que inclusive sostiene al embrión del esporofito durante los primeros estadios del desarrollo. Al decir autotrófica nos referimos a organismos que fabrican su propio alimento a partir de materia prima o sea que la energía la puede obtener de la fotosíntesis y que el organismo también es capaz de sintetizar los compuestos orgánicos a partir de elementos inorgánicos (Méndez, 2000; Nason, 1989).

#### B. El ciclo vital de un helecho

La planta del helecho representa la generación esporofito. La parte inferior de la fronda lleva a menudo áreas negruscas o de color café o anaranjado llamadas soros, los cuales son un conjunto de esporangios que sostienen las esporas haploides. Las células madres de las esporas sufren meiosis dentro del esporangio y producen las esporas (principio de

la generación gametofita) las cuales pueden ser del mismo tipo (homosporas) o de dos tipos diferentes (heterosporas), hecho que depende de la especie. Las diversas especies de helechos también difieren en la distribución, estructura, forma de soros y esporangios. En ciertos helechos, cada soro está cubierto por una estructura llamada indusio. En algunos otros existen dos tipos de hojas; las que llevan los soros (o esporofilas) y las vegetativas que nunca producen esporas.

Las esporas liberadas germinan en el medio húmedo y se desarrollan formando primero filamentos de células verdes con rizoides. Cada uno de estos filamentos forma un pequeño gametofito típico en forma de corazón llamado prótalo el cual es una lámina verde pluricelular. Posee rizoides, así como órganos sexuales femeninos y masculinos colocados en la superficie inferior. El gametofito maduro tiene aproximadamente  $\frac{1}{2}$  centímetro de diámetro y lleva sus arquegonios, semejantes a los de las briófitas, cerca de la muesca, mientras que los anteridios están dispersos entre los rizoides. En ciertas especies los anteridios y arquegonios se encuentran en gametofitos distintos. Los espermatozoides multiciliados son liberados del anteridio, nadan hacia el prótalo y penetran el arquegonio, sucediéndose así la fecundación. El cigoto o huevo resultante marca el principio de la generación esporofítica y es retenido dentro del arquegonio donde se desarrolla, formando primero un embrión y después un nuevo esporofito con raíces, tallos y hojas. Durante los primeros estados del desarrollo embrionario, hasta que aparecen las primeras raíces y hojas; este esporofito joven depende totalmente para su nutrición del diminuto gametofito (Nason, 1989; Ocampo, 1996; Palacios, 2004).



Fuente: Microsoft, 2001.

Figura 12. Ciclo de vida de un helecho.

### C. Descripción taxonómica de la calahuala

#### a. Generalidades sobre la calahuala

**Familia:** *Polypodiaceae*

**Géneros:** *Phlebodium* y *Polypodium*.

**Nombres científicos utilizados:** *Phlebodium araneosum*, *Phlebodium aureum*, *Phlebodium calaguala*, *Phlebodium decumanum*.

**Nombres comunes:** canaguala, calaguala, calahuala, cotochupa, huayhuashi-shupa, mirane, samambaia, temakaje.

**Partes empleadas:** Rizoma y frondas.

### **b. Clasificación taxonómica**

Según la Flora Mesoamericana la clasificación taxonómica de las especies bajo estudio es la siguiente:

Reino *Plantae*

División *Polypodiophyta*

Clase *Polypodiopsida*

Orden *Pteridalesi*

Familia *Polypodiaceae*

Género *Phlebodium*

Especies *P. decumanum* y *P. pseudoaureum* (Lellinger, 1989; Palacios, 2004; Stolze, 1981; UNAM, 1995).

#### **Características del género *Phlebodium*.**

Palacios (2004), menciona que se considera a *Phlebodium* spp. como un género dentro de *Polypodium* spp., este grupo segregado se caracteriza por tener nervaduras reticuladas, areolas no uniformes, a veces carece de venillas y algunas otras tienen pares de estas, usualmente unidas en las puntas y con hojas desprovistas de escamas.

### **C. Descripción taxonómica**

Son plantas epífitas o epipétricas con rizomas trepadores gruesos, frecuentemente nodosos y densamente cubiertos con escamas, las escamas, lanceoladas, usualmente de color rojizo a café, estipe trepador articulado al corto filipodio, con escamas en la base.

Las frondas pueden ser de medianas a grandes, monomórficas, lámina ovada a oblonga, pinnatisectas o pinnatífidas, el raquis herbáceo a subcoriáceo, glabro, comúnmente glauco; las venas anastomosadas en una areola, generalmente escasa de venillas, excepto la areola fértil que incluye una areola poligonal conteniendo soros ditalés. Los soros son pequeños, redondos, fuera del indusio, carentes de parafiso; los esporangios largos y pedunculados (Martínez, 2000).

Los rizomas miden de 0.7-1.5 cm de ancho, generalmente farinoso, escamas 5-8 mm subenteras a moderadamente denticuladas, la harina blanca, las escamas concoloras,

generalmente anaranjadas, no clatradas; hojas monomorfas, pinnatisectas, a menudo glaucas en el envés, articuladas al rizoma; con ápice atenuado, agudo o acuminado; pinnas de 10-33 x 1-3 cm, glabras en el envés, los márgenes engrosados y cartilagosos, enteros o casi enteros; nervaduras areoladas, las aréolas con o sin nérvulos incluidos; soros redondeados, sin parafisos, dispuestos en el ápice fusionado de 2 nérvulos incluidos, en 1-7 series entre la costa y el margen; esporas hialinas;  $x = 37$ . 4 especies (Palacios, 2004; UNAM, 1995).

En Mesoamérica, a *Phlebodium pseudoaureum* se le ha llamado *P. aureum*, sin embargo según Morán (1995), la primera es sólo conocida de Florida, Sudamérica, las Bahamas, Puerto Rico y las Antillas Menores. *P. decumanum* y *P. pseudoaureum*, ambas diploides, han hibridizado dando origen a *P. aureum*, una tetraploide. La evidencia morfológica que sustenta este parentesco es que *P. aureum* tiene un número intermedio de series de soros (2-3) entre el de *P. pseudoaureum* (1) y el de *P. decumanum* (3-7). También se señala que *P. decumanum* y *P. pseudoaureum* (tratada como *P. aureum*) se ha entrecruzado en Honduras produciendo un híbrido (posiblemente *P. dictyocallis*) con 74 cromosomas no apareados, 37 de los cuales son grandes y 37 pequeños (Ocampo, 1996; Méndez, 2000; Palacios, 2004; UNAM, 1995).

#### **D. Distribución geográfica y ecológica**

Este tipo de helecho es nativo de Centroamérica, se localiza desde México hasta sur América, (Colombia, Venezuela, Guayana, Ecuador, Perú, Bolivia, Brasil, Paraguay, Argentina) y Antillas. En Guatemala se ha descrito en los departamentos de Alta Verapaz y Baja Verapaz, Chimaltenango, San Marcos, Escuintla, Guatemala, Huehuetenango, Jalapa, Quetzaltenango, Suchitepéquez y Zacapa (Cáceres, 1996).

Se caracterizan por ser perennes y anuales, ya que la producción de frondas se evidencia al final de la época lluviosa se secan y caen.

### **a. Hábitat y forma de vida**

Crece en bosques mixtos húmedos, sobre árboles, en las partes donde se acumula materia orgánica. Aparentemente hay una sucesión en este microambiente, la cual es iniciada por especies epífitas de la familia *Bromeliaceae* que producen y acumulan suficiente materia orgánica para que luego crezcan otras especies y entre ellas la calahuala. También se puede encontrar sobre paredones donde se acumula materia orgánica. Se considera a la calahuala como una especie epífita, ocasionalmente rupícola o terrestre (Cáceres, 1996; Méndez, 2000; Seminario-Taller, 2004).

### **Altitud**

*Phlebodium pseudoaureum*, generalmente crece en altitudes que van de los 1,000-2,600 msnm. En algunas regiones podría encontrarse en altitudes más bajas condicionadas a características de sombra y humedad. Por arriba de los 2,600 msnm se vuelve escasa y paulatinamente empiezan a aparecer otras especies y esta tiende a desaparecer (Méndez, 2000; UNAM, 1995).

### **Clima**

Precipitación de 1,000 a 3,000 mm anuales, temperatura 15 a 20 °C, se desarrolla bajo porcentajes de sombra por arriba del 40% (García, 2005).

### **Suelos**

El análisis de los sustratos sobre los que crece la calahuala muestra un porcentaje de materia orgánica de 53 a 66%, con pH ácido a moderadamente ácido (3.9 a 5.3). Este tipo de sustrato es ideal para la siembra, sin embargo esto provoca mayor daño a los bosques por lo que para iniciar un cultivo se recomienda hacer camas con una mezcla de los siguientes materiales: tierra fértil, aserrín de madera de pino o ciprés, arena blanca, en las siguientes proporciones: 2:2:1 respectivamente (Méndez, 2000; UNAM, 1995).

## **E. Usos y potencial económico**

### **a. Propiedades y aplicaciones**

#### **Importancia**

De acuerdo a la literatura consultada *Phlebodium* spp. es un género de importancia ornamental y medicinal principalmente, independientemente de su importancia ecológica dentro del ecosistema.

#### **Uso medicinal**

La infusión y decocción del rizoma se usa oralmente para tratar afecciones gastrointestinales, respiratorias y cardíacas, dolor de huesos, reumatismo, diabetes, gota, hipertensión, purificación de la sangre, parásitos, enfermedades venéreas, sífilis y afecciones renales.

Tópicamente se usa la infusión en emplasto y cataplasma para el tratamiento de contusiones, la decocción de las hojas se usa para detener las hemorragias, en formas farmacéuticas para reumatismo, úlceras, quebraduras, cáncer, tumores, psoriasis y eczema.

Se le atribuye propiedad analgésica, antihemorrágica, depurativa, diurética, desinflamante, emenagoga, espasmolítica, expectorante, febrífuga, laxante, pectoral, purgante, sudorífica y tranquilizante (Cáceres, 1996; INAFOR, 1993).

#### **Actividad farmacológica**

El extracto acuoso de *Phlebodium decumanum* demostró actividad antiinflamatoria *in vitro* (Punzón, 2003).

El extracto hidrofílico presentó actividad fotoprotectiva en células humanas de la piel contra daño celular inducido por rayos UV (Alonso. *et al.*, 2003) (1).

La administración oral del extracto acuoso tiene acción inmunomoduladora (Fernández. 1992) (9). El extracto acuoso prolonga la sobrevivencia de aloinjertos cutáneos en ratones, sugiriendo una actividad inmunosupresora (Tuominen *et al.*, 1991).

La calagualina es una saponina aislada del rizoma que tiene actividad antitumoral (Berdy *et al.*, 1982)

La decocción del rizoma produce moderada actividad diurética en ratas (Cáceres *et al.*, 1987). En tejido tumoral, una de sus saponinas (anapsos) reduce la incorporación de nucleoproteínas y precursores por un mecanismo anabolizante opuesto a la acción de citostáticos (Vargas, 1981; Manna *et al.*, 2003).

### **Composición Química**

El rizoma de *Phlebodium* spp. contiene 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) (Morton, 1981).

Del extracto acuoso del rizoma de *P. leucatomos* se obtiene una saponina llamada anapsos, que está compuesta por un cetosteroide y una desoxihexosa, que es utilizado para el tratamiento de dermatitis atópica, soriasis y vitíligo, también se le atribuye propiedades para la cura de la enfermedad de Alzheimer y artritis reumatoide (Rayward *et al.*, 1993) .

Se ha demostrado actividad biológica que favorece la regeneración de tejidos afectados por las enfermedades mencionadas por medio de la capacidad de incrementar el número de linfocitos DC8 (citotóxicos/supresores).

Los estudios aun son incompletos. El rizoma de *P. aureum* (aparentemente *P. pseudoaureum*) contiene 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) (INAFOR, 1983; Méndez, 2000; Taller, 1994).

## **F. Otros usos y prácticas medicinales tradicionales y locales**

El rizoma es vendido seco en manojos, utilizado popularmente para curar los dolores del reumatismo. Para el tratamiento de psoriasis, eczemas, dermatosis, vitiligo y estados de disfunción inmune, se recomienda administrar tres veces al día en dosis de 1 cápsula de producto farmacéutico (Difur<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% (Rayward *et al.* 1993; Cáceres, 1996). Por las mismas indicaciones puede aplicarse tópicamente, ya sea en forma de pomada o ungüento (Cáceres, 1966; Rayward, 1993; Taller, 1994).

## **G. Caracterización de germoplasma**

### **a. Datos de entrada al banco de germoplasma**

Esta información es proporcionada y asignada por el banco de germoplasma, en el cual cada accesión o entrada de material es determinada taxonómicamente, luego se le asigna un número de registro el cual es único para cada entrada. En caso de que la accesión se pierda el número que se le asignó no puede usarse para otra accesión. Además se incluye información del lugar de procedencia de la accesión tales como: sitio de colección, latitud, longitud, altura y metros sobre el nivel del mar, tipo de muestra, nombre con que se le conoce a la accesión en el área, así como información adicional que el colector crea pertinente (Pittman, 1995).

### **b. Caracterización**

Consiste de aquellos datos o caracteres altamente heredables y que pueden ser fácilmente identificados por el fitotecnista o evaluador además de que pueden expresarse en cualquier ambiente (Pittman, 1995).

Según el CIRF (Centro Internacional de Recursos Filogenéticos), mencionado por Pittman, la caracterización, consiste en detectar aquellos caracteres que son altamente heredables, que pueden ser fácilmente visibles y que se expresan en todos los ambientes.

### **Objetivos de la caracterización**

Los objetivos que se persiguen al describir una colección de plantas de determinada especie o grupo de especies son los siguientes:

1. Identificar líneas para el fitomejoramiento.
2. Diferenciar entre entradas con nombres semejantes o idénticos.
3. Identificar accesiones con características deseables.
4. Desarrollar afinidades entre o dentro de características y entre grupos geográficos de entradas o accesiones.
5. Estimar el grado de variación dentro de una colección de variedades (Pittman, 1995).

### **Para qué sirve la caracterización**

6. La caracterización sirve para detectar en una colección de plantas, las diferencias típicas de las variables en estudio bajo una circunstancia dada. La información generada, y debidamente almacenada en el proceso de caracterización, se usa para localizar fácilmente cualquier dato acumulado, establecer correlaciones y determinar los grados de diferencia entre las características de los cultivares (Fabián, 1998 ; Pittman, 1995).

### **Requisitos de la caracterización**

La caracterización debe de ser clara en términos positivos de acuerdo a los atributos morfológicos que la planta posee, por ejemplo: hábito erecto, velloso de las hojas u otro carácter morfológico fácil de observar. De ninguna manera debe de describirse una planta comparándola con otra introducción expresando el resultado de la descripción negativamente, por ejemplo hábito no erecto.

Se recomienda que para aumentar el valor relativo de una descripción sistemática, es necesario incluir junto con los datos morfológicos, agronómicos o bioquímicos de una descripción de las condiciones de clima, suelo, prácticas culturales e información natural de manejo del cultivo. También es importante que la población a describir esté bajo las mismas condiciones (Pittman, 1995).

### **c. Descriptor**

El término descriptor se refiere a cada uno de aquellos caracteres considerados importantes y útiles en la descripción de una especie o una población. Los descriptores

varían dependiendo de la especie con que se esté trabajando y según sean seleccionados por los fitomejoradores, botánicos o especialista en recursos filogenéticos (Pittman, 1995)

Además, los descriptores son las características mediante las cuales podemos conocer el germoplasma y determinar su utilidad potencial. Los mismos deben de ser específicos para cada especie vegetal, diferenciar los genotipos y expresar el atributo de manera precisa y uniforme (Andrade, 2003; Guerra, 2004).

### **Estados del descriptor**

A cada descriptor se le asigna una escala de valores que se denomina estados del descriptor. El CIRF (Centro Internacional de Recursos Filogenéticos), citado por Velásquez (2002), señala que los estados del descriptor, usualmente podrían ser registrados como códigos para lo cual se utilizan números o letras.

## **2.4.2 Marco referencial**

### **A. Localización de la colección de las muestras de calahuala**

La presente investigación, se realizó en el herbario AGUAT “Ernesto Carrillo”, como en el sombreador (propagador) en donde se encuentran muestras vegetales *in vivo*, ubicado en los campos del Centro Experimental Docente de la Facultad de Agronomía, Universidad de San Carlos de Guatemala. Esta se encuentra localizada al sur de la capital y de la ciudad universitaria zona 12, según el INSIVUMEH (1989), se ubica geográficamente en coordenadas: 14°35'11” latitud Norte y 90°35'58” longitud Oeste, a una altitud media de 1,502 msnm. (Fabián, 1988; MAGA, 1999).

### **B. Climas y zonas de vida**

Según el mapa de zonas de vida a nivel de reconocimiento de la República de Guatemala, a escala 1:600,0000 publicado por el Instituto Nacional Forestal (Fabián, 1988; MAGA, 1999). la ciudad de Guatemala se encuentra dentro de la zona de vida: Bosque Húmedo Subtropical templado (Bh-st).

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

- a. Precipitación media anual: 1,216.2 mm distribuidos en 110 días, en los meses de mayo a octubre.
- b. Temperatura media anual: 18.3°C.
- c. Humedad relativa (media): 79%.
- d. Insolación promedio: 6.65 horas/día.
- e. Radiación = 33 cal/cm<sup>2</sup>/min.

### **C. Otros estudios**

Se realizó un estudio referente al género *Phlebodium* spp. en la región comprendida entre los municipios de San José Pinula, Guatemala, Mataquescuintla y Jalapa. Las parcelas de estudio se ubicaron en las aldeas Ciénaga Grande, Las Nubes, El Zapote en jurisdicción de San José Pinula y Samororo, San José La Sierra y Soledad Grande, en Mataquescuintla. El fin de este estudio consistió en tratar de rescatar un grupo de especies consideradas como calahuala y se escogió a *Polypodium aureum* L. y a *Polypodium lowei* por su abundancia, difusión e interés en medicina (Velásquez, 2002).

La caracterización *in situ* del crecimiento y desarrollo se realizó entre los meses de mayo a octubre llevando un control de crecimiento y desarrollo de sus frondas luego se tomaron muestras de los especímenes para su posterior determinación en el herbario de la FAUSAC.

Otro estudio realizado fue en la búsqueda de sustratos opcionales para la producción bajo cultivo de la calahuala. Dicho estudio se enfocó en generar información exploratoria sobre la respuesta 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 cáscara de árboles, musgo en descomposición y restos de plantas acompañantes (Andrade, 2003).

En la investigación sobre el estudio de las condiciones ambientales en forma silvestre de las plantas comúnmente llamadas calahualas, en las cuales se indica que son un grupo de

varias especies pertenecientes a la familia *Polypodiaceae*, también conocidas como helechos. En dicho estudio se consolida y enriquece la información generada sobre los aspectos relacionados con las características climáticas y relaciones bióticas analizándolos bajo el concepto de nicho ecológico. En la información se indica que es útil para promover la conservación, el manejo a nivel de poblaciones silvestres y cultivo de especies de calahuala (García, 2005).

Esta investigación es un componente de un proyecto en el cual se identificaron especies que están presentes en el complejo calahuala que actualmente se explotan comercial y popularmente, y conseguir un marcador que pueda utilizarse para diferenciar entre ella, su distribución en Guatemala y diversidad genética, todo esto con el fin de dirigir los esfuerzos de domesticación de la especie y las áreas de conservación *in situ* y *ex situ*. Esto se realizará estudiando el genoma de la calahuala a través de RAPDs y dos diferentes regiones de ADN, una es ADNr en el núcleo de la célula y otro en los cloroplastos.

#### **D. Características generales de la calahuala**

El helecho de calahuala pertenece al género *Phlebodium*. y este pertenece a la familia *polypodiaceae*, comprende a más de 10,000 especies, las cuales crecen silvestres en troncos de palmas, árboles de encino y roca caliza desintegrada, en lugares de gran humedad a la sombra. Se encuentran desde México y Centro hasta Sur América en alturas de 1,200-2,200 msnm. En Guatemala se ha descrito en Alta Verapaz, Baja Verapaz, Chimaltenango, Escuintla, Guatemala, Huehuetenango, Jalapa, Quetzaltenango, Suchitepéquez y Zacapa (Gabriel *et al.*, 2000; Méndez, 2000).

#### **E. Descripción botánica de la calahuala (*Phlebodium pseudoaureum* (Cav.) Lellinger)**

Helecho epífita con un rizoma rastrero y sinuoso, 8-15 mm de grueso, densamente cubierto con una pelusa dorado-café. Frondas separadas, arqueadas o esparcidas; sobre tallos brillantes cafés, 15-30 cm de largo. Hojas ovado-oblongas, verde brillantes,

amarillentas o azul verdosas, 30-120 cm de largo, 20-40 cm de ancho, divididas en segmentos puntiagudos oblongos, 10-30 cm de largo, 2-5 cm de ancho, algunas veces traslapadas (Taller, 1994).

#### **a. Frondas**

Las frondas se encuentran dispersas a lo largo de los rizomas, se presentan frondas fértiles (presencia de soros en el envés) y estériles o vegetativas (sin soros). Pueden llegar a medir hasta 120 centímetros de largo desde la base del rizoma hasta la parte final de la lámina frondal, lo cual va a depender de su estado de desarrollo. La fronda se divide en el estipe (pecíolo) y la lámina frondal que es pinnada, la misma es imparipinada, una fronda adulta tiene de 25 a 26 pinnas. Un estipe llega a medir hasta 30 centímetros de largo, siendo de color café rojizo en algunos casos, con un diámetro en la base de 0.5 centímetros. La lámina de la fronda mide de la base al ápice 45 centímetros, las pinnas basales miden 26 centímetros de longitud desde la aurícula (lóbulo basal de una pinna) hasta el ápice; en su parte más ancha la fronda mide 42 centímetros aproximadamente.

Las frondas pueden ser de medianas a grandes, monomórficas, lámina ovada a oblonga, pinnatisectas o pinnatífidas, el raquis herbáceo a subcoriáceo, glabro, comúnmente glauco; las venas anastomosadas en una areola, generalmente escasa de venillas, excepto la areola fértil que incluye una areola poligonal conteniendo soros ditalés. Los soros son pequeños, redondos, fuera del indusio, carentes de parafiso; los esporangios largos y pedunculados (Palacios, 2004).

#### **b. Rizomas**

Los rizomas presentan meristemos (brotes) que se diferencian para formar frondas, la distancia entre meristemos sobre el rizoma es de 1.5 a 2 centímetros. Los rizomas enteros presentan una forma más o menos cilíndrica y sinuosa, en general de unos 5-10 mm de espesor y de longitud variable. La superficie externa presenta rugosidades longitudinales y ocasionalmente cicatrices foliares, algunas raicillas y está densamente cubierta por escamas de colores moreno-ferruginoso, muy ligeros, habitualmente translúcidos, que al caer dejan entrever una superficie de color blanquecino muy característico. Son quebradizos y se rompen con fractura irregular (Standley & Steyermark, 1946).

## F. Descriptores del género y especies de calahuala

### ***Phlebodium* spp.**

Son plantas epífitas o epipétricas con rizomas trepadores gruesos, frecuentemente nodosos y densamente cubiertos con escamas, las escamas, lanceoladas, usualmente de color rojizo a café, estipe trepador articulado al corto filipodio, con escamas en la base. Las frondas de medianas a grandes, monomórficas, lámina ovada a oblonga, pinnatisectas o pinnatífidas, el raquis herbáceo a subcoriáceo, glabro, comúnmente glauco; las venas anastomosadas en una areola, generalmente escasa de venillas, excepto la areola fértil que incluye una areola poligonal conteniendo soros ditales. Los soros son pequeños, redondos, fuera del indusio, carentes de parafiso, dispuestos en el ápice fusionado de 2 nérvulos incluidos, en series de 1-7 series entre la costa y el margen; esporas hialinas;  $x = 37$ , los esporangios largos y pedunculados, los nérvulos incluidos en la areola que abastecen al soro distinguen a *Phlebodium* spp. de todos otros géneros de *Polypodiaceae*. Se indica que los rizomas de éste género son fragmentados y vendidos en los mercados de México, Guatemala y Honduras, los cuales se preparan en una infusión que alivia los trastornos renales y otros males (Stolze, 1981; UNAM, 1995) .

Soros en 3-7 series entre la costa y el margen..... *P. decumanum*.

Soros en 1 serie entre la costa y el margen.

Lámina escamosa en el envés..... *P. araneosum*.

Lámina glabra en el envés..... *P. pseudoaureum*.

### ***P. decumanum* (Willd.) Sm., J. Bot. (Hooker)**

Epífitas; rizoma 1-3 cm de ancho, las escamas 6-15 mm densamente denticuladas; lámina glabra en el envés; pinnas 15-35 x 3.5-5, el ápice atenuado, acuminado. Se encuentra en selvas altas perennifolias. Según Lellinger se encuentran a una altura de 0-200 msnm se encuentran desde el sur de la Florida, México, Mesoamérica Colombia, Venezuela Guayanas, Ecuador, Perú, Bolivia, Brasil, Paraguay, Uruguay, Argentina y Antillas (Seminario, 2004; Stolze, 1981; UNAM, 1995).

Con la información obtenida de las boletas, se indica que dicha especie vegetal se localizó en los departamentos de Alta Verapaz, Izabal y Petén.

***P. pseudoaureum* (Cav.) Lellinger**

La Flora Mesoamericana indica que es una planta epífita, ocasionalmente rupícola o terrestre; posee un rizoma 0.7-1.5 cm de ancho, escamas 5-8 mm subenteras a moderadamente denticuladas; lámina glabra en el envés; pinnas 10-33 x 1-3 cm de ancho, ápice atenuado, agudo o acuminado. Su presencia es de selvas húmedas, bosques de Pinus-Liquidambar-Quercus, bosques de neblina, y cafetales. En Mesoamérica, como lo reporta la Flora Mesoamericana (1995), se ubica en México, Guatemala, Honduras, Nicaragua, Costa Rica.

## 2.5 OBJETIVOS

### 2.5.1 Objetivo general

- A. Caracterizar la colección de *Phlebodium* spp. ubicada en el herbario de la Facultad de Agronomía del proyecto AGROCYT/FAUSAC, “Estudio de la diversidad genética del complejo calahuala (*Polypodium* spp. y *Phlebodium* spp.) en Guatemala, con fines de conservación y mejoramiento genético”.

### 2.5.2 Objetivos específicos

- B. Caracterizar morfológicamente la colección de calahuala (*Phlebodium* spp).
- C. Generar los descriptores de los individuos a caracterizar de la colección de calahuala (*Phlebodium* spp).
- D. Determinar las especies de calahuala presentes en la colección.

## 2.6 HIPÓTESIS

2.6.1 En Guatemala existe más de una especie del género *Phlebodium*.

## 2.7 METODOLOGÍA

### 2.7.1 Ubicación del área de estudio

Para la realización del presente estudio se contempló el uso del herbario de la Facultad de Agronomía “Ernesto Carrillo”, lugar donde se ubican las muestras y de herbario de la colección de calahuala del proyecto AGROCYT/FAUSAC, así como también el uso del sombreador del Centro Experimental Docente de Agronomía -CEDA- donde se cuenta con muestras *in vivo*. Dichas áreas fueron de importancia, porque concentraron la mayor parte del trabajo de ejecución de la investigación.

### 2.7.2 Caracterización morfológica de las muestras de calahuala ubicadas en el herbario AGUAT, “Ernesto Carrillo”

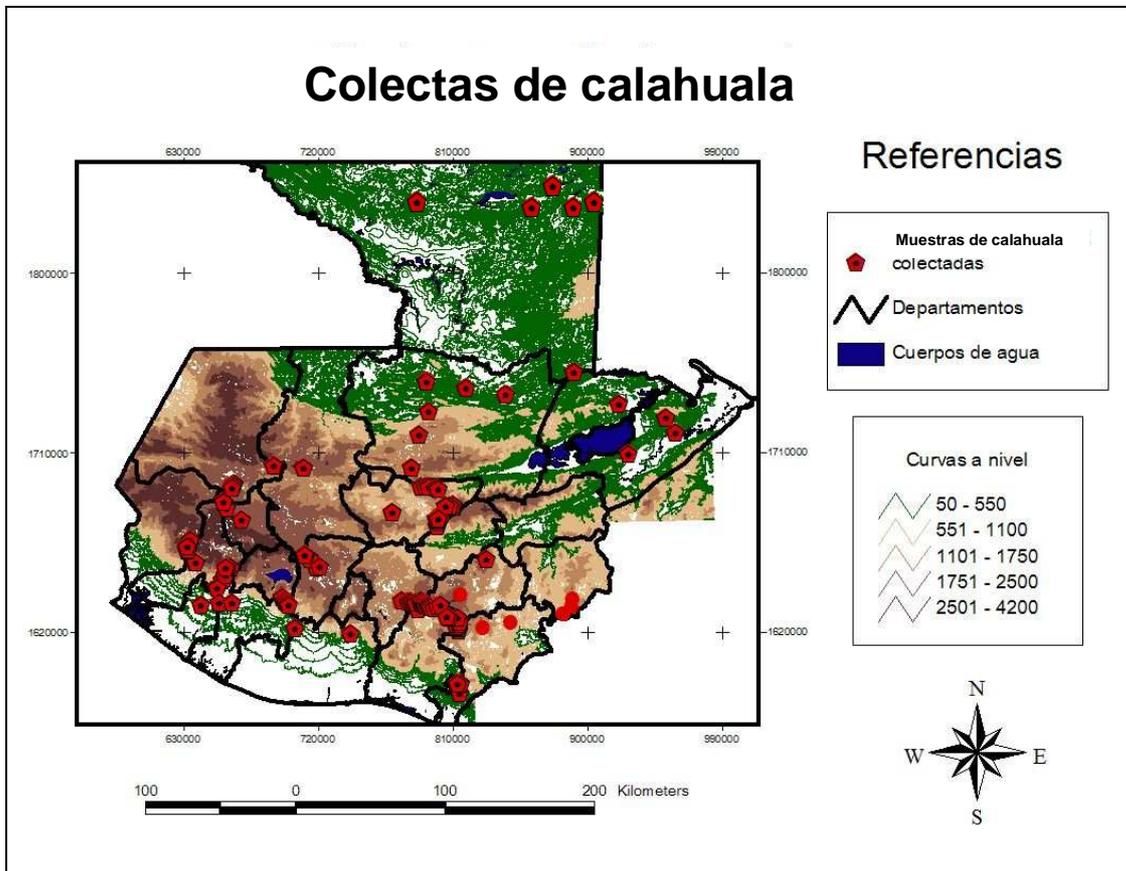
#### A. Origen de las muestras

Las muestras de calahuala para la caracterización fueron las colectadas dentro de los servicios realizados en las diferentes regiones del país, dentro del proyecto AGROCYT/FAUSAC (Figura 13). Dichas muestras fueron depositadas en el herbario AGUAT “Ernesto Carrillo”, de la Facultad de Agronomía Universidad de San Carlos de Guatemala.

#### B. Herborización de las muestras de calahuala

Para el establecimiento de la colección *in vivo*, se realizaron colectas del material de diferentes regiones del país. Durante el proceso algunos de los especímenes fueron colocados en bolsas negras de 50 lbs debidamente identificados, evitando de esta forma el deterioro de sus frondas y rizomas. Otros de los especímenes fueron herborizados, para ello se escogieron los mejores ejemplares lo cual dependió de la disponibilidad del material de calahuala. Para este procedimiento, se utilizaron los siguientes materiales: Prensa de campo: consistió de dos marcos de madera con varios reglones horizontales y verticales y varios folios de papel periódico y cartones. Procediéndose a realizar el

amarrado con un lazo o pita, el cual se colocó de forma compacta para contribuir con el proceso de secado y herborización de la muestra. El papel periódico se renovó periódicamente con el fin de evitar la contaminación por hongos y bacterias.



**Figura 13. Mapa de distribución de muestras de calahuala colectadas para la colección de *Phlebodium* spp.**

Posteriormente se realizó el montaje de los especímenes en un cartoncillo texcote (11 ½ x 16 ½ pulgadas) de calibre C-16 que luego fue adherido con silicone, y colocado dentro de una camisa formada con papel periódico y cartoncillo Manila (24 x 17 pulgadas).

En la parte inferior derecha se le colocó una tarjeta de identificación con datos elaborada en papel bond de 80 grs (3 x 5 pulgadas), la información contenida en dicha tarjeta se puede observar en el apéndice 2.12.3.

### **2.7.3 Uso de descriptores para la caracterización de los individuos de la colección de calahuala**

#### **C. Elaboración de descriptores**

Para la elaboración de los descriptores se basó en la información de la Flora de Guatemala y Flora Mesoamericana (1981, 1995), la cual indica el hábito de crecimiento de las mismas (epífitas, rupícolas o terrestres). Para el caso del rizoma, las variables que se tomaron fueron: la longitud, el número de nudos, el diámetro y si el mismo es rastrero o compacto, si se encuentra cubierto de escamas, la disposición de las escamas, densidad, longitud y coloración.

Otra de las variables fueron los soros, así como su forma, localización, los esporangios, las esporas, si son monoletes, bilaterales globosas o carentes de perineo. Para lo anterior se elaboró una boleta 1 (Apéndice 2.12.2), en la cual se recopiló la información de los individuos que se encuentran en el herbario para su integración y análisis de sus datos.

#### **D. Toma de datos**

Se obtuvo la información requerida en la boleta de los descriptores para cada espécimen colectado.

La toma de los datos se realizó de la siguiente forma:

**Hábito:** se determinó si la planta crece sobre árboles, rocas o sobre la tierra. Esto se recopiló en el momento de realizada la colecta.

**Rizoma:** para obtener el valor de diámetro se utilizó un vernier, los valores se expresaron en milímetros y se tomó un promedio de 10 diferentes accesiones, lo cual dependió en algunos casos de la disponibilidad de las muestras. Se anotaron las características de presencia de escamas, disposición, densidad, longitud y coloración. También se tomó en consideración si este era rastrero o compacto y suberecto.

**Frondas:** Se midió en centímetros, desde donde el pecíolo se articula con el rizoma o con el filopodio hasta el ápice de la lámina. Para el ancho se midió en centímetros de borde a borde opuesto de la lámina, en su parte media.

Dimorfismo. Se determinó si existe una fronda fértil y una vegetativa y de ser así, si tienen forma diferente.

Por medio de un estereomicroscopio se observaron los aspectos relacionados con la superficie de la lámina, nervadura tipo de lámina y tipo de pecíolo.

Para la longitud del pecíolo se utilizó una regla o metro, para lo cual se midió a partir de la base de la lámina hasta el rizoma, donde se articula con el filopodio.

Se cuantificó el número de yemas y frondas que están presentes en determinada sección de rizoma.

Soros: se observó la forma, localización, lugar de nacimiento, presencia y forma de Indusio y parafisos.

Esporas: Se observó la forma y posición de estas por medio de un estereomicroscopio.

#### **2.7.4 Determinación de las especies de calahuala presentes en la colección bajo estudio**

Para la determinación de las especies de calahuala, el uso de la Flora Mesoamericana, fue imprescindible así como también la Flora de Guatemala. El área de trabajo se ubicó en el herbario de la Facultad de Agronomía, y colección *in vivo* bajo sombreador en los campos del CEDA en donde se encuentran las muestras que permitieron la realización del presente estudio de determinación.

#### **2.7.5 Variables respuesta**

Para la medición de las variables se tomaron todas las características derivadas de los descriptores como: frondas, rizomas, soros, etc. Las mismas están descritas en el apéndice 2.12.2. A través de la caracterización de la colección de los especímenes de calahuala, se tipificó en forma exhaustiva cada material colectado, como también se recabó toda la información necesaria para los aspectos morfológicos, esto según las

características generales de los materiales, en base a la información que proporcionó dicho descriptor para las 7 variables cuantitativas y 17 variables cualitativas.

### **2.7.6 Registro de la información**

Para la etapa de registro de la información, fue necesario la elaboración de boletas en la cual se codificaron los datos necesarios para facilitar la caracterización, almacenamiento y actualización de los mismos.

### **2.7.7 Análisis de la información y presentación de resultados**

Luego de obtenida la información se procedió a realizar la tabulación de datos extraídos de las boletas, para lo cual fue necesario realizar la codificación de las variables tanto cuantitativas como cualitativas para la generación de una matriz de datos de entrada para el programa NTSYS, luego se le realizó la transformación de los datos, la estandarización de los mismos, seguidamente se escogió el coeficiente de distancia euclidiana, luego la agrupación y por último la gráfica (Figura 17). Se realizó un descriptor de cada una de las especies que se encontraron en la colección el mismo indicó las características de las plantas encontradas en la colección.

## 2.8 RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 2.8.1 Caracterización morfológica de la colección de calahuala (*Phlebodium* spp.)

Para la caracterización de las especies del género *Phlebodium*, se analizaron datos de las variables cuantitativas y cualitativas, las cuales fueron imprescindibles para generar los descriptores y así la determinación de las especies de calahuala presentes en diferentes departamentos del país. Para lo cual fue necesario el uso de boletas y de tal manera se registraron datos morfológicos de las muestras, lo que consistió en la generación y el análisis de cada característica en particular (Apéndice 2.12.2).

#### A. Variables cuantitativas

Las variables cuantitativas estudiadas en la caracterización de los especímenes de calahuala del género *Phlebodium*, fueron 7. En el cuadro 3, se pueden apreciar las características para toma de datos obtenidos de los materiales.

Las muestras vegetales de calahuala que se colectaron en las diferentes áreas del país, y que se ingresaron al herbario “Ernesto Carrillo” de la Facultad de Agronomía, presentaron el inconveniente que no estaban identificadas o a que especie vegetal en particular pertenecían, para lo cual se basó en las características de las mismas de acuerdo a las diferentes regiones donde se colectaron.

**Cuadro 3. Características cuantitativas del género *Phlebodium*, consideradas en la caracterización morfológica.**

#	CÓDIGO	CARACTERÍSTICAS
1	B	Longitud de fronda
2	C	Ancho de fronda
3	I	Longitud del pecíolo
4	L	Longitud del rizoma
5	M	Número de nudos
6	N	Diámetro del rizoma
7	S	Longitud de las escamas

Cada una de las características de los materiales vegetales que se colectaron y se ingresaron al herbario se muestra en el cuadro 4, las cuales se les identificó con letras para su codificación. Se indica que para el caso del subcódigo 14, la codificación B hace referencia a que la muestra pertenece a la especie *Phlebodium pseudoaureum*, la misma tiene una longitud de fronda de 62.0 cm posee un ancho de 30.0 cm con una longitud de pecíolo de 26.5 cm el rizoma tiene 19.0 cm de largo, con 12 puntos de crecimiento activos o nudos, con 7 mm de diámetro y donde la longitud de los rizomas es de 9.0 mm.

El subcódigo 53, hace referencia a la especie de calahuala *Phlebodium decumanum*, con una longitud de fronda de 135.0 cm y codificación B, además con un ancho de fronda de 60.0 cm y codificación C, otra característica que se analizó fue la longitud del pecíolo de 53.5 cm con la codificación I. Para el caso del rizoma, se menciona que la longitud es una de las mayores con 28.0 cm y su codificación L, dentro del mismo análisis efectuado al rizoma se tomó la variable número de nudos o puntos de crecimiento con 16 y codificación M, otra de las variables de vital importancia se refiere al diámetro con 19 mm y codificación N, para la variable longitud de escamas se cuantificó un valor de 11.0 mm y su codificación S.

Se infiere con lo anterior que la especie *Phlebodium decumanum*, es una de las especies que posee todas las características analizadas y que se diferencia de la *Phlebodium pseudoaureum* en cuanto a que posee mayor longitud y ancho de frondas, longitud y diámetro de rizomas, número de nudos y longitud de escamas.

Se indica que al lado derecho del mismo cuadro 4, presenta una codificación la cual sirvió para generar la matriz general del análisis de los datos por medio del programa NTSYS, que en este caso se denominó Matriz de datos de entrada para NTSYS.

Para la realización de la agrupación de las variables y determinar la similitud entre las especies colectadas en las diferentes localidades fue necesario el establecimiento de rangos, esto para el caso de las variables tanto cuantitativas como para las cualitativas.

En el cuadro 5, se presenta la distribución de los rangos en base a las variables cuantitativas: para el caso de la longitud de fronda que se identifica con el código de la

letra B, las categorías van desde el 1 hasta el 7, y el rango se inicia del 0 hasta 141.

Se indica que la especie *P. decumanum* presenta una media de 73.78 cm en comparación de *P. pseudoaureum* con 48.5 cm de longitud de frondas.

En la categoría 1, el rango se estableció del 0 al 20, en la categoría 2, del 21 hasta el 40 y la categoría más alta siendo la 7, del rango 121 al 141, los mismos hacen referencia a la longitud de la fronda expresada en centímetros.

Para el caso de ancho de fronda dicha variable es expresada en centímetros, y se le asignó el código C, con cinco categorías, con rangos de 0 hasta 75. La especie que presenta la mayor media es *P. decumanum* con 34.75 cm y siendo la *P. pseudoaureum* con la menor media de 25.85 cm.

**Cuadro 4. Características cuantitativas del género *Phlebodium*. con su respectiva codificación para generar la matriz general del programa NTSYS.**

#	sub. Código	B	C	I	L	M	N	S	sub. Código	B	C	I	L	M	N	S
1	14	62.0	30.0	26.5	19.0	12	7.0	9.0	14	4	2	2	2	2	2	2
2	15	67.0	38.0	27.0	19.5	12	7.0	8.5	15	4	3	2	2	2	2	2
3	16	59.5	36.0	24.5	19.0	11	9.0	5.5	16	3	3	2	2	2	2	1
4	17	66.0	37.0	26.0	18.5	10	8.0	8.0	17	4	3	2	2	2	2	2
5	18	41.0	21.0	26.0	18.5	10	8.0	8.0	18	3	2	2	2	2	2	2
6	19	63.0	33.0	20.0	18.0	11	6.0	5.0	19	4	3	2	2	2	2	1
7	25	40.0	19.0	15.0	10.0	8	6.0	4.0	25	2	2	1	1	2	2	1
8	26	44.5	22.0	16.5	12.5	9	5.0	6.0	26	3	2	2	2	2	1	1
9	27	33.5	22.0	16.0	6.5	6	7.0	6.5	27	2	2	2	1	1	2	2
10	28	41.0	18.0	15.0	9.5	7	6.0	7.0	28	3	2	1	1	2	2	2
11	29	40.0	19.0	15.0	11.0	8	6.0	4.0	29	2	2	1	2	2	2	1
12	30	32.5	21.0	15.5	6.5	6	7.0	6.5	30	2	2	2	1	1	2	2
13	31	40.5	20.0	15.5	11.5	8	4.0	5.0	31	3	2	2	2	2	1	1
14	41	62.0	38.0	23.0	20.0	12	14.0	9.0	41	4	3	2	2	2	3	2
15	42	61.0	36.0	23.0	20.0	12	14.0	9.0	42	4	3	2	2	2	3	2
16	43	59.0	35.0	20.0	17.0	9	11.0	73.0	43	3	3	2	2	2	3	2
17	53	135.0	60.0	53.5	28.0	16	19.0	11.0	53	7	4	4	3	3	4	2
18	54	114.0	45.0	46.0	14.5	15	17.0	10.0	54	6	3	4	2	3	4	2
19	55	100.0	40.0	40.5	27.0	14	20.0	10.0	55	5	3	3	3	3	4	2
20	56	89.0	35.0	37.5	19.0	13	18.0	9.0	56	5	3	3	2	3	4	2
21	57	85.0	31.0	35.0	15.0	11	16.0	8.0	57	5	3	3	2	2	4	2
22	58	42.0	26.0	12.5	13.0	6	7.0	7.1	58	3	2	1	2	1	2	2
23	59	40.0	23.0	10.5	11.0	5	6.0	6.5	59	2	2	1	2	1	2	2
24	60	38.0	20.0	9.5	10.0	5	5.0	5.0	60	2	2	1	1	1	1	1
25	61	93.5	40.0	58.0	20.0	14	21.0	11.0	61	5	3	4	2	3	5	2
26	62	88.0	40.0	30.0	15.0	12	11.0	9.0	62	5	3	2	2	2	3	2
27	63	90.0	42.0	33.0	20.0	15	13.0	10.0	63	5	3	3	2	3	3	2
28	64	79.0	34.0	29.0	23.0	3	22.0	15.0	64	4	3	2	3	1	5	3
29	65	78.0	34.0	25.0	22.0	9	10.0	15.0	65	4	3	2	3	2	2	3
30	66	67.0	32.0	26.0	12.0	5	22.0	16.0	66	4	3	2	2	1	5	3
31	67	81.0	32.0	22.0	22.0	19	11.0	14.0	67	5	3	2	3	3	3	3
32	73	37.0	26.0	15.0	12.5	7	10.0	15.0	73	2	2	1	2	2	2	3
33	74	37.0	26.0	15.0	12.5	7	10.0	15.0	74	2	2	1	2	2	2	3

En la variable longitud del pecíolo, la cual es expresada en centímetros, las categorías van de la 1 hasta la 4, acá se indica que las longitudes de los pecíolos casi son constantes, lo cual se observa en el número de categorías en donde se reduce en comparación con las

variables anteriores, a dicha variable se le asignó la letra I, con rangos hasta 60 cm.

Con una media de 28.20 cm, la *P. decumanum* es la especie con mayor longitud de pecíolo y *P. pseudoaureum* con una media de 19.88 cm es la que presenta la menor longitud.

Longitud del rizoma, en dicha variable codificada con la letra L, los rangos van de 0 hasta 30, lo cual se expresa en centímetros, se observa que los datos de las longitudes de los rizomas son casi constantes para las dos especies del género *Phlebodium*. (Cuadro 4). La especie *P. decumanum* presenta una media de 17.68 cm y *P. pseudoaureum* con una media de 13.85 cm es la que posee una menor longitud del rizoma.

Para el caso de número de nudos, variable asignada con la letra M, con 3 categorías y rango de 0 a 18, se indica que la especie que más puntos de crecimiento posee es *Phlebodium decumanum* con una media de 10.45 con respecto a la *Phlebodium pseudoaureum* que presenta una media de 9.1.

**Cuadro 5. Rangos establecidos y categorías de las variables cuantitativas del género *Phlebodium*.**

**Rangos establecidos**

<b>B</b>	1	0-20	<b>L</b>	1	0-10
	2	21-40		2	11-20
	3	41-60		3	21-30
	4	61-80	<b>M</b>	1	0-6
	5	81-100		2	7-12
	6	101-120		3	13-18
	7	121-141	<b>N</b>	1	0-5
<b>C</b>	1	0-15		2	6-10
	2	16-30		3	11-15
	3	31-45		4	16-20
	4	46-60		5	21-25
	5	61-75	<b>S</b>	1	0-6
<b>I</b>	1	0-15		2	7-12
	2	16-30		3	13-18
	3	31-45			
	4	46-60			

Para el diámetro del rizoma, se indica que la especie *Phlebodium decumanum* posee mayor diámetro que *Phlebodium pseudoaureum*, en las figuras 14 y 15, se observa la diferencia entre los diámetros de ambas especies.



(a)



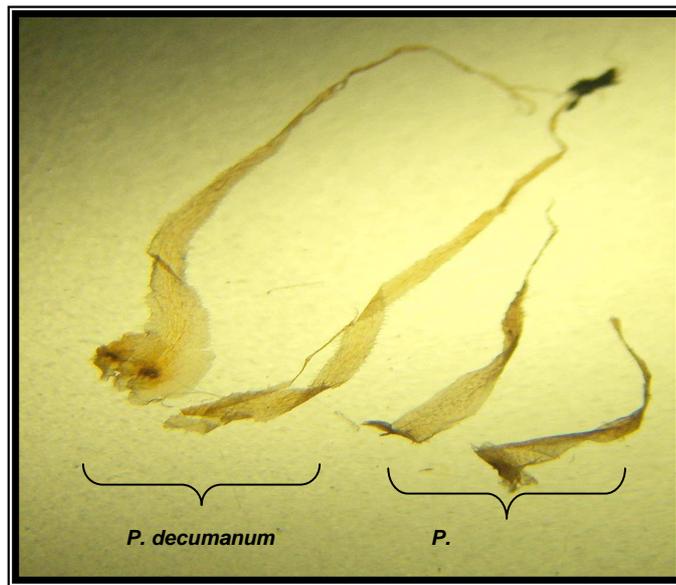
(b)

Figuras 14 y 15. Característica del diámetro del rizoma de la especie *P. decumanum* (a), *P. pseudoaureum* (b).

Específicamente para el caso de la *P. decumanum* procedente del departamento de Izabal, presenta un diámetro de 17 mm y *P. pseudoaureum* con 9 mm procedente de Chiquimula, los rangos establecidos van de 0 hasta 25, expresados en milímetros con cinco categorías, codificados con la letra N.

*P. decumanum* presenta una media de 13.85 mm a comparación de *P. pseudoaureum* con una media de 6.6 mm lo cual evidencia que existe una diferencia marcada en el diámetro del rizoma de ambas especies.

En el caso más particular y laborioso fue el de la longitud de escamas, para esta variable fue necesario el uso de un estereomicroscopio. En la figura 16, se observa la longitud de las escamas para ambas especies del género *Phlebodium* la especie que presenta la mayor longitud es *Phlebodium decumanum* con una media de 10.6 mm con respecto a *Phlebodium pseudoaureum* la que presenta una media de 6.4 mm la codificación que se presenta es la letra S, con 3 categorías, con un rango de 0 a 18.



Figuras 16. Característica de la longitud de escamas de las especies del género *Phlebodium*.

## B. Variables cualitativas

En el cuadro 6, se presenta la matriz establecida con las codificaciones de las variables cualitativas; para el caso de la variable hábito la cual presenta el código A, se generan tres opciones de las cuales dentro del cuadro se le asignó el número 1. Para el caso de la variable dimorfismo, solamente se presentan dos opciones 1 y 2 para codificar si existe o no dimorfismo, y así sucesivamente.

Para detallar al respecto se observa en el apéndice 2.12.1, cada una de las características codificadas la cual sirvió para realizar la matriz anterior para su análisis en un dendrograma. Para la variable hábito se presenta con el código A, con un subcódigo a1, a2 y a3 en donde se indica que si es epífito, rupícola o terrestre para luego la codificación final para su análisis en el dendrograma con los numerales 1, 2 y 3. Lo anterior con la finalidad de simplificar el análisis que requiere el programa NTSYS, debido a que el mismo utiliza una codificación de solo numerales por la cantidad de datos que se ingresan.

**Cuadro 6. Muestra de datos de las características cualitativas de *Phlebodium*, con su respectiva codificación, y matriz para su análisis en el programa NTSYS.**

Código	Co. general	A	D	E	G	H	K	Ñ	O	P	Q	T	U	V	W	X	Y	Z
1	14	1	2	3	3	1	2	1	1	2	3	2	1	1	2	1	1	1
2	15	1	2	3	3	1	2	1	1	2	3	2	1	1	2	1	1	1
3	16	1	2	3	3	1	2	1	1	2	3	2	1	1	2	1	1	1
4	17	1	2	3	3	1	2	1	1	2	3	2	1	1	2	1	1	1
5	18	1	2	3	3	1	2	1	1	2	3	2	1	1	2	1	1	1
6	19	1	2	3	3	1	2	1	1	2	3	2	1	1	2	1	1	1
7	25	1	2	3	3	1	2	1	1	2	3	1	1	1	2	1	1	1
n...																		

**a. Análisis de la agrupación de datos por medio de la generación del dendrograma**

Para la discusión de los resultados de la caracterización del género de *Phlebodium*, se puede apreciar en el cuadro 7, las accesiones o muestras obtenidas (14ps, 18ps, 15ps, etc.), las cuales se confrontan con el código general de todas las especies de la familia *Polypodiaceae*, pero en este caso es específico para las especies del género *Phlebodium* y en el mismo cuadro se presenta las localidades a la que pertenecen.

Código generado dentro del dendrograma	Código general	Especie	Localidad
14ps, 18ps, 15 ps, 17 ps, 16ps, 19ps	89	<i>P. pseudoaureum</i>	Montaña de Suchitán, Jutiapa.
31ps, 26ps, 28ps, 25ps, 29ps, 27ps, 30ps.	92	<i>P. pseudoaureum</i>	Laguna de Ipala, depto de Chiquimula.
65pd, 64pd, 66pd, 67pd	116	<i>P. decumanum</i>	Comunidad de San Diego, departamento de El Petén.
58pd, 59pd 60pd	114	<i>P. decumanum</i>	Mechor de Mencos, departamento de El Petén.
41pd, 42pd, 43pd.	98	<i>P. decumanum</i>	Aldea El Milagro, departamento de Izabal.
73pd, 74pd.	121	<i>P. decumanum</i>	Comunidad de El Paraíso, departamento de Petén.
53pd, 54pd	110	<i>P. decumanum</i>	Entre Monterrey, y el Naranjo, Melchor de Mencos. departamento de Petén.
63pd, 62pd, 61pd	115	<i>P. decumanum</i>	Tziquin-Tzacan, departamento de Petén.
55pd, 56pd, 57pd.	112	<i>P. decumanum</i>	Camino a Yaxha, departamento de Petén.

**Cuadro 7. Especies del género *Phlebodium*, y su procedencia.**

Se indica que en el análisis de los datos generados por el dendrograma se presenta la diferencia de dos grandes grupos de calahuala, siendo las especies de *Phlebodium pseudoaureum* y *Phlebodium decumanum*. En el grupo de donde se diferencia la primera especie vegetal y la más representativa existe variación, pero en alguna parte se tiene similitud alguna donde crece y tiene presencia la *P. decumanum* (58pd, 59pd y 60pd), debido a que se encuentra dentro del grupo de la *P. pseudoaureum*, pero su localización y lugar de origen es en el departamento de el Petén (Cuadro 7).

La presencia de *P. pseudoaureum*, es más evidente en los departamentos de Jutiapa y Chiquimula, en donde la altitud es un factor importante para el crecimiento de esta especie, se indica que la misma se colectó dentro de un rango de 1,147.2 a 1,691.0 msnm., lo que coincide con lo reportado por la Flora de Guatemala y Flora Mesoamericana (1981,1995), que en altitudes de 1,000 a 2,600 msnm es evidente la presencia de esta especie vegetal. Como también estudios realizados por García (2005), donde indica que la presencia de esta especie vegetal se inicia arriba de los 985 msnm.

Se indica que los materiales vegetales de *Phlebodium pseudoaureum*, analizados fueron los colectados en el departamento de Jutiapa, específicamente en La Montaña de Suchitán, acá se analizaron las características de 6 réplicas (14ps, 18ps, 15ps, 17ps, 16ps y 19ps), y se reporta un código 89 el cual hace referencia a la especie vegetal (Cuadro 7). Las muestras procedentes de la Laguna de Ipala, en el departamento de Chiquimula presentan el código 92, con 7 réplicas que se analizaron (31ps, 26ps, 28ps, 25ps, 29ps, 27ps y 30ps), las cuales pertenecen a la especie *Phlebodium pseudoaureum*, ambas muestras presentan características similares dentro del mismo grupo.

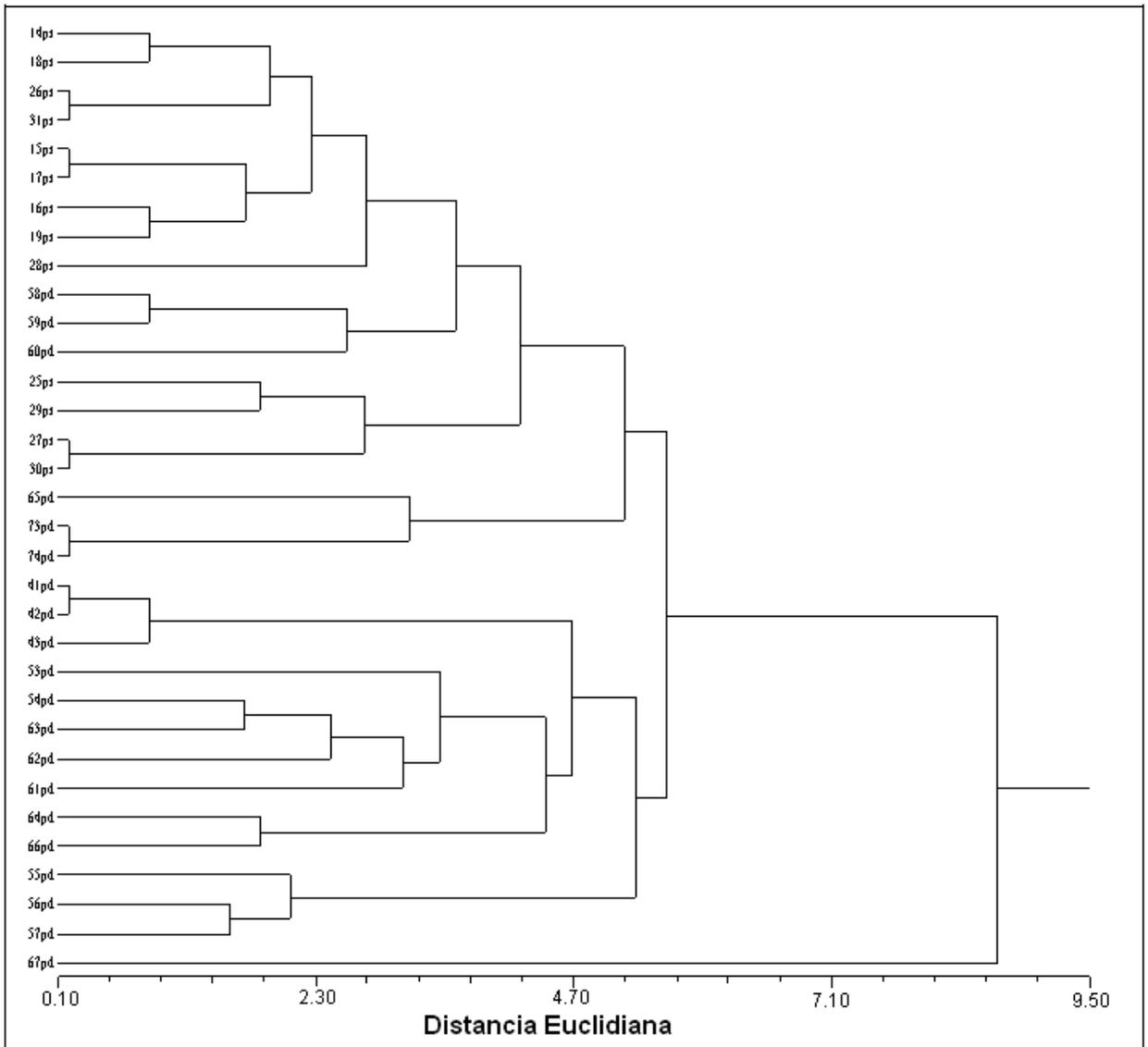
Dentro del grupo definido de la especie *Phlebodium decumanum*, el cual es considerado como un segundo grupo y el de mayor presencia, como se observa en el dendrograma, se indica que la caracterización se realizó en base a la procedencia u origen de los materiales. Para el caso de las réplicas 65pd, 64pd, 66pd, 67pd, la réplica 64pd y 66pd presentan la misma similitud dentro del mismo grupo, todo lo contrario de la 65pd y de la 67pd siendo esta última la que presentó menor similitud de las anteriores, en donde las mismas se colectaron en la comunidad de San Diego, departamento de El Petén, siendo el mismo lugar de procedencia, por tal razón podemos inferir que existe entre ambas, variabilidad entre sus características.

Dentro del mismo grupo se observa las réplicas 41pd, 42pd y 43pd. pertenecientes a la especie *Phlebodium decumanum*, ambas presentan alta similaridad en sus características morfológicas, las cuales se colectaron en la misma localidad de la aldea El Milagro, del departamento de Izabal.

Las réplicas 73pd y 74pd presentan alta similaridad lo cual se muestra en el dendrograma, estas se colectaron en el departamento de El Petén, en la comunidad de El Paraíso.

Las muestras colectadas y analizadas 53pd y 54pd pertenecientes también a este grupo, ambas procedentes de las localidades de Monterrey y el Naranjo del departamento de El Petén, presentan una ligera variabilidad entre ambas, siendo la última la que tiene mayor similitud con las réplicas 63pd, 62pd y 61pd las cuales sí presentan alta similaridad entre ellas, colectadas en la comunidad de Tziquin-Tzacan, departamento de El Petén.

El otro subgrupo dentro del grupo de *Phlebodium decumanum* es el que se colectó en el trayecto hacia Yaxhá Nakúm Naranjo, del departamento de Petén. La similitud que presenta es homogénea en sus características siendo estas las réplicas 55pd, 56pd y 57pd.



**Figura 17. Dendrograma generado de la matriz de las variables cuantitativas y cualitativas para el género *Phlebodium*.**

## 2.8.2 Descriptores de las especies de calahuala (*Phlebodium* spp.)

Para la generación de descriptores, fue necesario el apoyo de las claves de la Flora de Guatemala y Flora Mesoamericana (1981, 1995), como se describe para la determinación de la familia *Polypodiaceae*.

Dicha familia posee soros redondeados o, si alargados lineares, oblicuos con respecto a las costas.

Los rizomas generalmente son rastreros, con 2 hileras de hojas en el lado dorsal; hojas articuladas al rizoma (articulaciones visibles por un abrupto cambio en color o, si la hoja se ha caído, por una cicatriz circular); láminas generalmente pinnatisectas a 1-pinnadas; soros generalmente redondeados y esporas generalmente amarillas.

Según R.C. Moran, citado por Palacios Rios (2004), describe a la familia de *Polypodiaceae* y la clave genérica que generalmente son epífitas, ocasionalmente rastreras o rupícolas, rizomas generalmente dorsiventrals, con 2 series de hojas en la superficie dorsal, largas o cortamente rastreros, escamosos, las escamas generalmente peltadas o pseudopeltadas, clatradas, o no clatradas; hojas estériles y fértiles monomorfas o dimorfas, articuladas a filopodios cortos; lámina generalmente simple, pinnatisecta o 1-pinnada, raramente 1-pinnado-pinnatifida a 3-pinnada o subdicotómicamente bifurcada; nervaduras libres o anastomosadas, con o sin nérvulos incluidos; soros generalmente redondeados, ocasionalmente alargados o lineares sin indusios; esporangios con 2 o 3 pedículos alineados, los anillos verticales e interrumpidos en el pedículo; esporas reniformes y amarillas.

Lámina pinnatisecta a 3-pinnada o subdicotómicamente bifurcada.

Soros redondeados

Rizoma largamente rastrero

Soros redondeados y oblongos

Nervaduras areoladas con los soros dispuestos en la unión de 2 nervaduras incluidas.....***Phlebodium*** (26).

Nervaduras libres o, si areoladas, los soros dispuestos en el ápice de una sola nervaduras incluida.....***Polypodium*** (26).

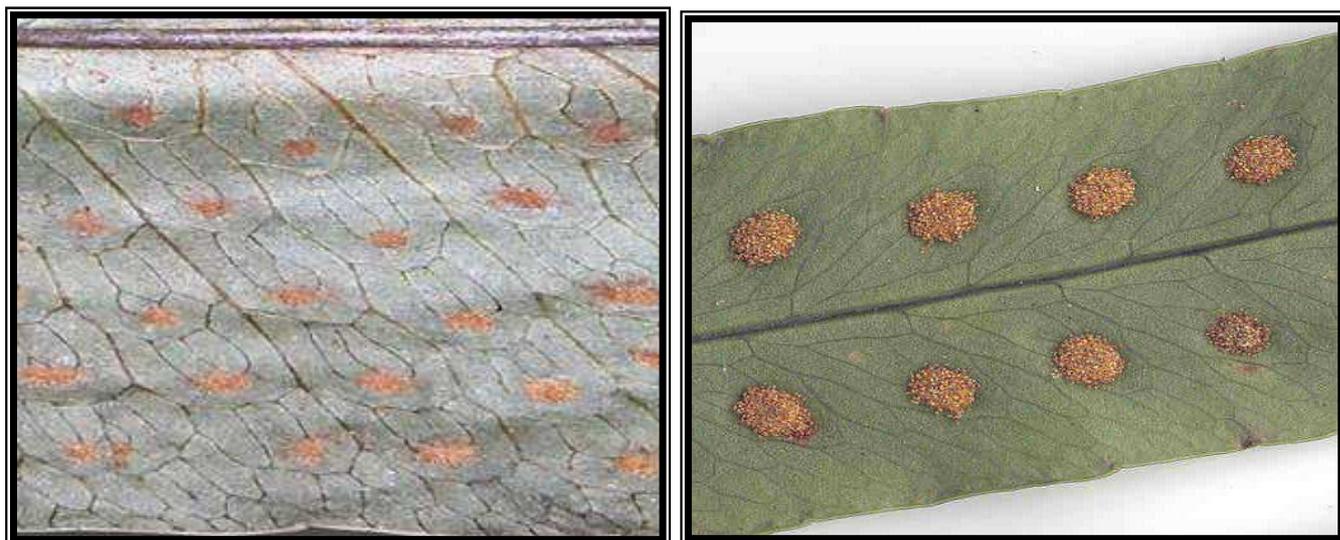
**Cuadro 8 Resumen de las características importantes de las especies del género *Phlebodium*.**

CARACTERÍSTICAS CUANTITATIVAS DEL GÉNERO <i>Phlebodium</i>													
Especie	Serie de soros		Diámetro rizoma (mm.)		Altura (msnm.)		Fronda (cms.)				Longitud escamas (mm.)		Procedencia
	Herbario	Referencias	Herbario	Referencias	Herbario	Referencias	Longitud		Ancho		Herbario	Referencias	
							Herbario	Referencias	Herbario	Referencias			
<i>P. pseudo-aureum</i>	1	1	1.0-10 <b>6.6*</b>	7.0-15	1,147.2- 1,691.0	1,000- 2,600	21-80 <b>48.5*</b>	30-120	18-38 <b>25.85*</b>	20-40	4.0-9.0 <b>6.4*</b>	5-8	Chiquimula, Jalapa, Jutiapa
<i>P. decumanum</i>	3-7	3-7	11-25 <b>13.85*</b>	10-30	197-545	0-500	21-141 <b>73.78*</b>	40-160	20-60 <b>34.75*</b>	20-80	4.0-16 <b>10.6*</b>	6-15	Petén, Izabal, Norte de Alta Verapaz

\* Medias obtenidas de los datos generados de las muestras.

En el cuadro anterior (8), se presentan algunas de las características, conspicuas de las especies de calahuala *P. pseudoaureum* y *P. decumanum*, se indica que la primera especie posee una sola serie de soros alineados de forma perpendicular a la lámina foliar, a comparación de la *P. decumanum* que posee de 3 a 7 líneas de soros (Figuras 18 y 19).

Otra de las características es el diámetro del rizoma para el caso de *P. pseudoaureum* que posee un rango que va de 1.0 hasta 10 mm el cual coincide con los descriptores reportados por la Flora Mesoamericana (1995), y no así la media de 6.6 mm pero dentro del rango establecido para su determinación. Al comparar el diámetro obtenidos por la especie *P. decumanum* su rango es más amplio, el cual va de 11 hasta 25 mm que también coincide con lo reportado por la Flora Mesoamericana y la Flora de Guatemala, al igual que la media de 13.85 mm Para mayor ilustración en las figuras 5 y 6 se observa la forma de como se cuantificó el diámetro, como también se hace evidente el grosor entre ambas especies.



**Figuras 18 y 19. Especies de calahuala mostrando las líneas de soros, a la derecha *P. pseudoaureum* y a la izquierda *P. decumanum*.**

Se presenta en ambas figuras que el tipo de venación es areolada y un caso muy particular en la cual los soros están dispuestos en la unión de dos nervaduras incluidas, que coincide con lo reportado por Palacios Rios y la Flora Mesoamericana (2004, 1995), característico de estas especies del género *Phlebodium*.

Una de las variables que se tomaron en cuenta fue la altitud a la que se colectaron las muestras de calahuala, y donde la presencia de las mismas es evidente. Para la especie *P. pseudoaureum* el rango de altitud a la que se encuentra va de 1,147.2 hasta los 1,291 msnm lo anterior coincide con lo reportado por la Flora Mesoamericana y Flora de Guatemala. Para el caso de *P. decumanum*, esta es más específica de clima cálido con alta humedad relativa en el cual se establece en los rangos de 197.0 hasta 545.0 msnm con estas altitudes se indica que es posible que las condiciones de adaptación de esta especie son altas ya que según la Flora Mesoamericana la misma crece y se desarrolla en altitudes dentro de un rango de 0 a 500 msnm, todo lo contrario con su similar *P. pseudoaureum*. Al respecto García, L. (2005), menciona que esta especie se empieza a observar desde los 985.0 msnm, lo cual indica claramente que la especie es de clima frío y la *P. decumanum* que no sobre pasa los 550.0 msnm se le considera su presencia y desarrollo a climas más cálidos.

Para la longitud de las frondas se midió desde donde el pecíolo se articula con el rizoma hasta el ápice de la lámina, al realizar las comparaciones de ambas especies de calahuala se indica que la especie *P. pseudoaureum* posee un rango de 21.0 hasta 80.0 cm, con una media de 48.5 cm y *P. decumanum* de 21.0 hasta 141.0 cm, con una media de 73.78 cm dicha característica indica que esta última especie es la que posee la longitud de frondas más largas, sin descartar que algunos especímenes presentan longitudes mínimas, lo cual se debe al estado de madurez de las muestras que se colectaron y se depositaron en el herbario de la Facultad de Agronomía.

Al mismo tiempo se midió el ancho de la fronda para lo cual se cuantificó en centímetros de borde a borde opuesto, a la lámina foliar en su parte media, siendo la *P. pseudoaureum*, la que presenta los rangos más bajos entre 19.0 hasta 38.0 cm y una media de 25.85 cm y *P. decumanum* 20.0 hasta 60.0 cm con una media de 34.75 cm. En la figura 20, se muestra la forma en que se cuantificó la variable ancho de fronda. Generalmente para ambas especies vegetales esta variable presenta variabilidad debido al estado de madurez de las plantas y la procedencia.



**Figuras 20. Ancho de la fronda en el género *Phlebodium***

Para la variable longitud de escamas se indica que la especie *P. pseudoaureum* posee un rango de 4.0 a 9.0 mm con una media de 6.4 mm en comparación con *P. decumanum* que presenta un rango de 4.0 hasta 16.0 mm y media de 10.6 mm. En la figura 16, se observa la proporción que presentan ambas especies, lo cual evidencia que *P. decumanum* es más grande casi en todos los aspectos que hasta el momento se han presentado.

Para la longitud del pecíolo se cuantificó a partir de la base de la lámina foliar hasta el rizoma, en donde se articula con el filopodio. La especie *P. pseudoaureum* presenta un rango de 15.0 cm hasta 27 cm y media de 19.88 cm. Para *P. decumanum* de 15.0 hasta 58.0 cm, con una media 28.2 cm, inclusive para la variable longitud de fronda esta especie es la que ha presentado los rangos más amplios.

Para la longitud del rizoma, se tomó las medidas en las condiciones de campo y de las muestras que se extrajeron de los lugares de origen, debido a que las muestras de herbario y herborizadas para su presentación podrían tener el inconveniente de espacio previo al montaje de las mismas. La especie *P. pseudoaureum* posee un rango de 6.5 cm hasta 19.5 cm de longitud, y media de 13.85 cm, para *P. decumanum* se caracteriza porque la longitud de sus rizomas va de 10.0 hasta 28.0 cm y con una media de 17.68 cm la cual es la que posee la mayor longitud del rizoma del género *Phlebodium*.

Para la cuantificación de esta variable se presentaron varios inconvenientes, entre los cuales se menciona: al momento de extraer las muestras, estas se fragmentaron debido a que se encontraban adheridas a los árboles de corozo, lo que dificultó la obtención de varias muestras para la uniformidad de la variable. Otro inconveniente fue que en algunos casos los rizomas se encontraban en aglomerados lo que provocó que no se observara con claridad el inicio y la terminación de los rizomas, para la cuantificación de ésta variable.

El número de nudos es proporcional a la longitud del rizoma, para el caso de la especies *P. pseudoaureum* esta posee de 6 hasta 12 puntos de crecimiento potenciales para el crecimiento de los esporofitos, con una media de 9.08, en el caso de la *P. decumanum* el rango va de 5 hasta 19 puntos de crecimiento y media de 10.45. Aquí se indica que esta

última especie es la que presenta el mayor número de nudos o puntos de crecimientos en base a la longitud de sus rizomas.

Las características analizadas y cuantificadas de ambas especies coinciden con lo reportado por la Flora de Guatemala y Flora Mesoamericana (1981, 1995).

### **2.8.3 Especies de calahuala presentes en la colección**

Para la determinación de las especies fue necesario el uso de la Flora Mesoamericana, en la cual se describe la importancia que representa la definición de los especímenes que se ubican en el herbario de la Facultad de Agronomía.

Generalmente, la mayor parte de las especies presentes en la colección se concentró en el género *Phlebodium*, las cuales son *Phlebodium decumanum* y *Phlebodium pseudoaureum*, de las cuales se indica que las mismas están distribuidas en diferentes regiones. Para el caso de la especie *P. decumanum*, se localiza generalmente en los departamentos de el Petén, Izabal y al norte de Alta Verapaz (Figura 13), siendo el primero el que reporta la mayor presencia de esta especie vegetal, en los siguientes municipios: Melchor de Mencos, Santa Ana, Santa Elena, La Libertad, Poptún, Dolores, San Luis, y Sayaxché. En el departamento de Izabal solamente se registra en el municipio de Morales, en el caso del departamento de Alta Verapaz, el municipio de Chisec es el que reporta esta especie vegetal de menor presencia.

Para el caso de la especie *P. pseudoaureum*, su presencia es más limitada, los departamentos de Chiquimula, Jutiapa y Jalapa, son los que reportan a dicha especie, siendo el departamento de Chiquimula el que tiene mayor presencia.

Lo anterior, se realizó en base a la información generada de las colectas de las muestras de calahuala a estos municipios, para lo cual se obtuvieron muestras de herbario y de material vegetal vivo. Las muestras se depositaron en el herbario de la Facultad de Agronomía para su caracterización y determinación.

## 2.9 CONCLUSIONES

1. La colección de calahuala según su fenotipo mostró variabilidad, donde un total de 7 variables cuantitativas y 17 cualitativas presentaron variabilidad, lo que confirma alta diversidad morfológica de este género en nuestro país. Siendo las variables: longitud y ancho de fronda, longitud del pecíolo, longitud y diámetro del rizoma, número de nudos y longitud de escamas las que se cuantificaron, y las variables cualitativas, el hábito, el dimorfismo, tipo de lámina, el color del pecíolo, entre otras siendo las más relevantes.
2. Una de las variables que se tomó en cuenta fue la altitud a la que se colectaron las muestras de calahuala. La especie *P. pseudoaureum* se distribuye de 1,147.2 msnm hasta los 1,691 msnm, lo anterior coincide con lo reportado por la Flora de Guatemala y Flora Mesoamericana. Para el caso de *P. decumanum*, esta es más específica de clima cálido, con alta humedad relativa y se distribuye de 197.0 hasta 545.0 msnm (Stolze, 1981; UNAM, 1995).

En el análisis de los datos generados por el dendrograma se diferencia dos grandes grupos de calahuala, indicando a las especies de *Phlebodium pseudoaureum* y *Phlebodium decumanum*. En el grupo de donde se diferencia la primera especie vegetal y siendo esta más representativa existe variación entre ambas, pero en alguna parte se tiene similitud alguna donde crece y tiene presencia la *Phlebodium decumanum*, debido a que se encuentra dentro del grupo de la *Phlebodium pseudoaureum*, pero su localización y lugar de origen son diferentes, no así sus características cuantitativas y cualitativas.

3. Con base a las características morfológicas analizadas se indica que las especies presentes en la colección son *Phlebodium pseudoaureum* y *Phlebodium decumanum*. La especie que tiene mayor presencia en el país es *Phlebodium decumanum*, siendo los departamentos de Petén, Izabal y el norte de Alta Verapaz los de mayor presencia.

Para el caso de la especie *Phlebodium pseudoaureum*, su presencia en el país es escasa en comparación con la *Phlebodium decumanum*, y los departamentos que registran mayor presencia son Chiquimula, Jutiapa y Jalapa.

## 2.10 RECOMENDACIONES

1. Se debe de incrementar el número de especímenes de calahuala en el herbario de la Facultad de Agronomía, los cuales se encuentra ubicados en la colección in vivo de los campos del CEDA, como producto de las colectas realizadas por las diferentes regiones del país, y de tal manera conocer con qué otras especies se cuenta.
2. Determinadas las especies del género *Phlebodium* .se deben de someter a estudios posteriores para identificar que metabolitos secundarios presentan, así como su cultivo bajo invernadero, según el objetivo del proyecto AGROCYT/FAUSAC y finalidad de la investigación.

## BIBLIOGRAFÍA

1. Alonso Lebrero, JL *et al.* 2003. Photoprotective properties of a hydrophilic extract of the *Polypodium leucotomos* on human skin cells. *Photochem. Photobiol. B.* 70(1):31-37.
2. Andrade C, JC. 2003. Búsqueda de sustratos alternativos para la producción bajo cultivo de calahuala de *Phlebodium aureum* L. Tesis Ing. Agr. Guatemala, USAC. 48 p.
3. Berdy, J; Aszalo, A; Bostian, M; McBih, KL. 1982. CRC handbook of antibiotic compounds. Boca Raton, US, CRC Pres. part. 1, 410 p., part. 2, p. 429.
4. Cáceres, A. 1966. Plantas medicinales en Guatemala. Guatemala, Editorial Universitaria. 412 p.
5. Ceballos Maldonado, JA. 2002. Caracterización morfológica y fenológica de la colección guatemalteca de maní (*Arachis hipogea* L.) en la aldea el Conacaste, Sanarate, El Progreso. Tesis Ing. Agr. Guatemala, USAC. 51 p.
6. CONAP (Consejo Nacional de Áreas Protegidas, GT). 2001. Listado de especies de flora silvestre amenazadas de extinción (Lista roja de flora) Guatemala. Guatemala, Secretaria Ejecutiva Departamento de Vida Silvestre. p. 23,50.
7. Cruz, JR. 1976. Clasificación de las zonas de vida de Guatemala; basada en el sistema de Holdridge. Guatemala, Instituto Nacional Forestal. 25 p.
8. Fabián Grijalva, GA. 1988. Caracterización agronómica de 166 cultivares de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.), en la finca Sabana Grande, Escuintla, para seleccionar variedades factibles de cultivares mecanizadamente. Tesis Ing. Agr. Guatemala, USAC. 44 p.
9. Fernández Cardona, HR. 1992. Etnobotánica de los recursos fitogenéticos de uso medicinal presentes en 8 municipios del área de influencia étnica mam, del departamento de Huehuetenango. Tesis Ing. Agr. Guatemala, USAC, 287 p.
10. Gabriel Roberto, R *et at.* 2000. Evaluación de los productos forestales no madereros en América Central: la calahuala (*Polypodium leucotomos* y *Polypodium decumanum*) es una planta medicinal (en línea). Costa Rica. Consultado 20 ago 2007. Disponible en [www.fao.org/docrep/007/ae159s/AE159S06.htm](http://www.fao.org/docrep/007/ae159s/AE159S06.htm)
11. García Contreras, CL. 2005. Estudio de las condiciones ambientales de la calahuala (*Phlebodium* spp.) en la Sierra Caral, municipio de Morales, departamento de Izabal, Guatemala. Tesis MSc. Prod. Plant. Med. Guatemala, USAC, Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia. 58 p.

12. Guerra García, DR. 2004. Estudio de las comunidades vegetales del complejo calahuala *Polypodiaceae* de uso medicinal en la cuenca del río Las Escobas, Santo Tomás de Castilla, Puerto Barrios, Izabal. Tesis Ing. Agr. Guatemala, USAC. 61 p.
13. IGN (Instituto Geográfico Nacional, GT). s.f. Atlas de la Republica de Guatemala: mapa de regiones fisiográficas. Guatemala. s.p.
14. INAFOR (Instituto Nacional Forestal, GT). 1983. Mapas de zonas de vida de la república de Guatemala a nivel de reconocimiento. Guatemala. Esc. 1:600.000 4 h.
15. Lellinger, DB. 1989. The ferns and fern-allies of Costa Rica, Panama, and the Choco: Pteridología. US, Field Museum of Natural History. pte. 1, 364 p.
16. MAGA (Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación, Ventanilla Única para las Exportaciones, GT); MINECO (Ministerio de Economía, Unidad de Normas y Regulaciones, Área Fitozoosanitaria, GT). 1999. Fitosanitaria: informe mes de septiembre 1999. Guatemala. s.p.
17. Manna, SK *et al.* 2003. Calagualine inhibits nuclear transcription factors kappaB activated by various inflammatory and tumor promoting agents. *Cancer Lett.* 190(2):171-182.
18. Martínez, JV; Bernal, HY; Cáceres, A. 2000. Fundamentos de agrotecnología de cultivo de plantas medicinales. Guatemala, Iberoamericana / CAB-CYTED. p. 350-356.
19. Méndez, G. 2000. Leather leaf, hoja de cuero, *Rumora adiantiformis*. Guatemala, Universidad Rafael Landívar, Facultad de Ciencias Agrícolas y Ambientales. s.p.
20. Microsoft, US. 2001. Enciclopedia Encarta 2001. México. 2 CD.
21. Moran, RC. 1995. Polypodiaceae. *In* Moran, RC; Riba, R (eds). Flora mesoamericana, Psilotaceae a Salviniaceae. México, Universidad Nacional Autónoma de México, Instituto de Biología. v. 1, p. 333-366.
22. Morton, JF. 1981. Atlas of medicinal plants of middle America. Springfield, Illinois, US, CC Thomas Publishers.
23. Nason A. 1989. Biología. Trad. Juan Luis Cifuentes. México, Limusa. p. 349-351.
24. Ocampo, R; Villalobos, R (eds). 1996. Industrialización y legislación de productos fitofarmacéuticos en Iberoamérica: experiencias técnicas sobre plantas medicinales en Centroamérica. Antigua Guatemala, Guatemala, RIPROFITO. 65 p.
25. Palacios-Ríos, M. 2004. Catálogo de las pteridofitas del estado de Veracruz, México, Missouri Botanical Garden. 372 p. (Monographs Missouri Botanical Garden).
26. Pittman, R. 1995. United status peanut descriptors. US, USDA, Agricultural Research Service. 13 p.

27. PLM (Panamericana de Libros de Medicina, MX). 1993. Diccionario de especialidades agroquímicas. México. p. 157-158, 456.
28. Punzón, C; Alcaide, A; Fresno, M. 2003. *In vitro* anti-inflammatory activity of *Phlebodium decumanum*: modulation of tumor necrosis factor and soluble TNF receptors. *International Immunopharmacology* 3(9):1293-1299.
29. Rayward, J; Villarubia, VG; Sada, G. 1993. Aspectos inmunológicos del extracto de *Polypodium leucotomos*. In Congreso internacional de respuesta biológica modificante. US, CYTED. 36 p.
30. Seminario-taller de agrotecnología de plantas medicinales (2, 2004, HN); Simposio internacional del género *Phlebodium* (1, 2004, HN). 2004. Memorias. Tegucigalpa, Honduras, RIBROFITO. 11 p.
31. Standley, P; Steyermark, J. 1946. Flora of Guatemala. Chicago, US, Chicago Natural History Museum, Fieldiana Botany, v. 24, pte. 1-13.
32. Stolze, R. 1981. Ferns and fern allies of Guatemala. Chicago, US, Field Museum of Natural History, Fieldiana Botany 6(2):374-377.
33. Taller: plantas útiles amenazadas de la cuenca del caribe (1994, Santo Domingo, República Dominicana). Estado de conservación de la flora útil de Guatemala. Editado por Girón, L. y Cáceres, A. Santo Domingo, República Dominicana, RIBROFITO. 11 p.
34. Tuominen, M. *et al.* 1991. Enhancing effect of the extract *Polypodium leucotomos* on the prevention of rejection on skin transplants. *Phytotherapy* 5:234-237.
35. UNAM (Universidad Autónoma de México, MX); Missouri Botanical Garden, US. 1995. Flora mesoamericana: Psitaceae a Salviniaceae. US, The Botanical History Museum. v. 1, 470 p.
36. Vargas Corzo, M de C; Alejo Hervás, JL; Galván, C de T; García Morales, C; Guisado Barrilado, R; Esteban Fernández, E. 2005. Efectos sobre el metabolismo anaeróbico láctico del aporte de *Phlebodium decumanum* y de un programa de acondicionamiento físico-salud. *Revista Española e Iberoamericana de Medicina de la Educación Física y el Deporte* 14(3):150-161.
37. Velásquez Andrade, MI. 2002. Caracterización *in situ* de poblaciones del complejo calahuala (*Polypodium* spp.) del bosque húmedo montano bajo subtropical, en la región comprendida entre los departamentos de Guatemala y Jalapa. EPSA Investigación Inferencial. Guatemala, USAC, Facultad de Agronomía. 57 p.
38. VV. AA. 1999. 1000 plantas medicinales, aromáticas y culinarias. Madrid, España, Servilibro. p. 5.

## 2.12 APÉNDICE

**2.12.1 Cuadro 9: Características de las variables cualitativas del género *Phlebodium*. codificadas para su integración a la matriz que requiere el análisis para generar el dendrograma.**

CARACTERÍSTICA DE LAS VARIABLES CUALITATIVAS DEL GÉNERO <i>Phlebodium</i> spp.						
Característica	Código		Subcódigo	Característica	Color	Código para dendrograma
HÁBITO	A		a1	Epífito		1
			a2	Rupícola		2
			a3	Terrestre		3
FRONDA	D	Dimorfismo	d1	Si		1
			d2	No		2
	E	Tipo de lámina	e1	Pinnada		1
			e2	Pinntífida		2
			e3	Pinnatisecta		3
			e4	Tripinnada		4
			e5	Simple		5
			e6	Entera		6
	F	la superficie de la	f1	Glabra		1
			f2	Pubescente		2
			f3	Cubierta de escamas		3
	G	Nervaduras	g1	Libres		1
			g2	Bifurcadas		2
			g3	Areoladas		3
	H	Pecíolo	h1	Pecioladas		1
			h2	Sésiles		2
			h3	Subsésiles		3
	J	Aspecto de la superficie de la lámina	j1	Glabra		1
			j2	Pubescente		2
			j3	Cubierta de escamas		3
	K	Color pecíolo	k1	Verde		1
k2			Verde pajizo		2	
k3			Corinto		3	

Continúa cuadro 9						
RIZOMA	Ñ		ñ1	Rastrero		1
			ñ2	Compacto y subrecto		2
	O		o1	Cubierto de escamas		1
			o2	Sin escamas		2
	P	Cubierto de escamas	p1	Escamas clatradas SI		1
			p2	Escamas clatradas NO		2
	Q	Disposición de las escamas	q1	Esparcidas		1
			q2	Filiforme		2
			q3	Apresas y circulares		3
	T	Coloración de las escamas		De acuerdo a la escala de Munsell	Café	1
					Anaranjadas	2
					Rojo-Anaranjadas	3
	SOROS	U	Forma	U1	Redondos	
U2				Oblongos		2
U3				Elípticos		3
V		Localización	v1	Superficiales		1
			v2	Profundamente incluidos en el tejido		2
W		Lugar nacimiento	w1	En o muy cerca de la extremidad de venecillas		1
			w2	En la unión de dos venecillas		2
X		Indusio	x1	Ausente		1
			x2	Presente		2
Y		Parafisos	Y1	Presente		1
			Y2	Ausente		2
Z		Esporangios	z1	Desnudos		1
			z2	Glandulares papilosos		2
			z3	Setosos		3

## 2.12.2 Boleta 1.

**DESCRIPTOR DE CARACTERÍSTICAS MORFOLÓGICAS DE PLANTAS DEL COMPLEJO CALAHUALA (Género *Phlebodium*.)**

LUGAR: \_\_\_\_\_

FECHA: \_\_\_\_\_

PARCELA: \_\_\_\_\_

CÓDIGO DE LA PLANTA: \_\_\_\_\_

**1. HÁBITO:**

1. Epífita \_\_\_\_\_ 2. Rupícola \_\_\_\_\_ 3. Terrestre \_\_\_\_\_

**Se determinará si la planta crece sobre árboles, rocas o sobre la tierra.****2. FRONDA:**

2.1 Longitud \_\_\_\_\_

**Se medirá en centímetros, desde donde el pecíolo se articula con el rizoma o con el filopodio hasta el ápice de la lámina.**

2.2 Ancho \_\_\_\_\_

**Se medirá en centímetros, de borde a borde opuesto de la lámina en su parte media.**

2.3 Dimorfismo: Sí \_\_\_\_\_ No \_\_\_\_\_

**Se determinará si existe una fronda fértil y una vegetativa y de ser así, si tienen forma diferente.**

2.4 Tipo de lámina:

1. Pinnada \_\_\_\_\_ 2. Pinnatífida \_\_\_\_\_ 3. Pinnatisecta \_\_\_\_\_ 4. Tripinnada \_\_\_\_\_ 5. Simple \_\_\_\_\_ 5. entera \_\_\_\_\_

2.5 Aspecto de la superficie de la lámina:

1. Glabra \_\_\_\_\_ 2. Pubescente \_\_\_\_\_ 3. Cubierta de escamas \_\_\_\_\_

2.6 Nervaduras:

1. Libres \_\_\_\_\_ 2. Bifurcadas \_\_\_\_\_ 3. Areoladas \_\_\_\_\_

2.7 Pecíolo:

1. Pecioladas \_\_\_\_\_ 2. Sésiles \_\_\_\_\_ 3. Subsésiles \_\_\_\_\_

2.8 Longitud del pecíolo \_\_\_\_\_

**Si la fronda es peciolada, se determinará cual es su longitud en centímetros, desde la base de la lámina hasta el rizoma o en donde se articula con el filopodio.**

2.9 Aspecto de la superficie del pecíolo:

1. Glabro \_\_\_\_\_ 2. Pubescente \_\_\_\_\_ 3. Cubierto de escamas \_\_\_\_\_

2.10 Color del pecíolo:

1. Verde \_\_\_\_\_ 2. Verde pajizo \_\_\_\_\_ 3. Corinto \_\_\_\_\_

**3. RIZOMA:**

3.1 Longitud \_\_\_\_\_

**Se medirá en centímetros, en el eje más largo, cuando las frondas hayan completado su crecimiento.**

3.2 Número de nudos (yemas)\_\_\_\_\_

**Se contará el número de yemas o frondas que hay en determinada longitud del rizoma, en el momento de realizar la medición anterior.**

3.3 Diámetro del rizoma\_\_\_\_\_

Se expresará en milímetros y se medirá con un vernier. Se tomará del promedio de 10 diferentes observaciones, representativas de la colonia estudiada, en el momento de realizar las anteriores mediciones.

3.3.1 Rastrero\_\_\_\_\_ 2. Compacto y subrecto\_\_\_\_\_

3.3.2 Cubierto de escamas\_\_\_\_\_ 2. Sin escamas\_\_\_\_\_

3.4 Si el rizoma está cubierto de escamas:  
Escamas clatradas: Sí\_\_\_\_\_ No\_\_\_\_\_

3.5 Disposición de las escamas:

1. Esparcidas\_\_\_\_\_ 2. Filiformes\_\_\_\_\_ 3. Apresas y circulares\_\_\_\_\_

3.6 Densidad de escamas\_\_\_\_\_

Se expresará en escamas por centímetro cuadrado.

3.7 Longitud de escamas\_\_\_\_\_

Se expresará en milímetros y se tomará del promedio de 10 diferentes observaciones.

3.8 Coloración de las escamas\_\_\_\_\_

Se determinará en laboratorio con el auxilio de la Escala Munsell

#### **4. SOROS (DISCRETOS):**

4.1 Forma:

1. Redondos\_\_\_\_\_ 2. Oblongos\_\_\_\_\_ 3. Elípticos\_\_\_\_\_

4.2 Localización:

1. Superficiales\_\_\_\_\_ 2. Profundamente incluidos en el tejido\_\_\_\_\_

4.3 Lugar de nacimiento:

En o muy cerca de la extremidad de venecillas\_\_\_\_\_

En la unión de dos venecillas incluidas\_\_\_\_\_

4.4 Indusio:

Ausente\_\_\_\_\_ Presente\_\_\_\_\_

4.5 Parafisos:

1. Presentes\_\_\_\_\_ 2. Ausentes\_\_\_\_\_

Si presentes: Filiformes\_\_\_\_\_ Circulares y peltados\_\_\_\_\_

4.6 ESPORANGIOS (Escasamente pedicelados):

1. Desnudos\_\_\_\_\_ 2. Glandulares papilosos\_\_\_\_\_ 3. Setosos\_\_\_\_\_

### 2.12.3 Información contenida en la tarjeta para la determinación de las muestras de calahuala: Formulario de datos de especímenes.

**UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE AGRONOMÍA  
HERBARIO "AGUAT"**

#### FORMULARIO DE DATOS DE ESPECÍMENES

Especie:	
Familia:	
Nombre común:	Departamento:
País:	
Municipio:	
Localidad:	
Sitio de colección:	
Coordenadas:	Altitud:
Descripción del Hábitat:	
Descripción del espécimen:	
Usos:	
Observaciones:	
Colector principal:	Número de colección:
Fecha de colección:	
Colector acompañante:	
Determinación principal:	Fecha determinación:
Determinador acompañante:	

### **CAPITULO III**

#### **SERVICIOS REALIZADOS**

**PARA EL PROYECTO AGROCYT/FAUSAC 046-2004, “ESTUDIO DE DIVERSIDAD GENÉTICA DEL COMPLEJO CALAHUALA (*Polypodium* spp. y *Phlebodium* spp) EN GUATEMALA, CON FINES DE CONSERVACIÓN Y MEJORAMIENTO GENÉTICO”.**

### 3.1 PRESENTACIÓN

El contribuir a solucionar dificultades que estén afectando de alguna manera el desarrollo económico, o de cualquier otro tipo de una localidad en particular o empresa. es el aporte que se espera de un estudiante inmerso en el Ejercicio Profesional Supervisado (EPSA) de la Facultad de Agronomía Universidad de San Carlos de Guatemala, y más cuando se trata del área rural, que es donde se necesita del apoyo técnico y financiero para la ejecución de las propuestas de solución a los problemas que aquejan a las comunidades.

Dentro del programa del EPSA, la ejecución de los servicios se considera el componente laboral, es decir propiamente la ejecución de las propuestas de solución a los problemas identificados en el diagnóstico, ya sea este dentro de una comunidad, empresa o proyecto de investigación cofinanciado por dos instituciones.

El presente documento corresponde a las actividades dentro de los servicios realizados en el proyecto AGROCYT/FAUSAC, “Estudio de diversidad genética del complejo calahuala (*Polypodium* spp. y *Phlebodium* spp.) en Guatemala, con fines de conservación y mejoramiento genético”, dichas instituciones financiaron la ejecución del Ejercicio Profesional Supervisado, durante un período de 10 meses. En el mismo se detallan los servicios realizados durante el desarrollo del EPSA en su mayoría seleccionados en base a los problemas detectados en el diagnóstico realizado, y otros en base a las necesidades que se presentaron en la ejecución del proyecto, por medio del cual se brindó el apoyo necesario para la realización de los mismos.

La ejecución de los servicios se realizó en el caserío La Embaulada, San Lucas, Sacatepéquez. Los otros no planificados en el Centro Experimental Docente de Agronomía -CEDA-, y laboratorios de la Facultad. Dentro de los servicios se puede mencionar: (1) Mantenimiento de la colección de especímenes de calahuala (*Phlebodium* spp.), establecidas en el caserío La Embaulada, San Lucas Sacatepéquez, departamento de Sacatepéquez, (2) colecta de material vegetal de calahuala en diferentes regiones del país, (3) establecimiento de los especímenes colectados de calahuala provenientes de diferentes áreas del país, y (4) caracterización morfológica de la calahuala (*Phlebodium* spp), proveniente de las colectas realizadas a nivel nacional.

## **3.2 SERVICIOS REALIZADOS**

### **3.2.1 MANTENIMIENTO DE LA COLECCIÓN DE ESPECÍMENES DE CALAHUALA (*Phlebodium* spp.), ESTABLECIDAS EN EL CASERÌO LA EMBAULADA, SAN LUCAS SACATEPÉQUEZ.**

#### **A. PROBLEMA**

Actualmente se cuenta con una colección de especímenes de calahuala, la misma fue financiada por la Organización de Estados Americanos y la Facultad de Agronomía, la finalidad fue realizar colectas en algunas regiones de Guatemala, donde se evidenciaba esta especie vegetal. Hasta el momento, dicha colección se encuentra con las mínimas condiciones de mantenimiento, en la cual el factor agronómico ha sido la limitante para su preservación, de lo mismo se indica que existe un deterioro de las muestras debido a la proliferación de microorganismos y plagas, como también la presencia de plantas indeseables que han invadido las poblaciones establecidas.

#### **B. OBJETIVOS**

- Desarrollar actividades concernientes a la colección de los especímenes de calahuala colectadas en diferentes áreas del país.
- Identificar los especímenes que se encuentran dentro de la colección de calahuala.

#### **C. METAS**

Realizar actividades que permitan reducir y controlar la proliferación de microorganismos y plagas que afectan el desarrollo de las plantas establecidas en la colección. Se contempla la aplicación de sustrato para lo cual se elaborará mezclas apropiadas de material vegetal que sirva de complemento para el desarrollo adecuado de las plantas. Se procederá a identificar cada una de las poblaciones establecidas.

## D. METODOLOGÍA

Se llevó a cabo limpiezas dentro y fuera de las camas de propagación de manera de permitir el buen desarrollo de la calahuala, para lo cual se utilizaron instrumentos como azadones, azadines, rastrillos, carretas, bolsas de basura, etc.

Para el caso del control de microorganismos patógenos y plagas, se llevaron muestras de frondas enfermas y de insectos que estaban afectando a los especímenes a las instalaciones de la Facultad (laboratorio de biotecnología vegetal, fitopatología y herbario), para lo mismo se utilizaron bolsas plásticas, tijeras podadoras, pinzas y reactivos de preservación para el transporte de las muestras.

Se utilizó paletas plásticas, marcadores y pintura para rotular y de tal manera se identificaron los especímenes que se encuentran en la colección.

## E. EVALUACIÓN DE RESULTADOS

### ***a. Incrementar el mayor número de especímenes de calahuala libres de microorganismos patógenos y de plagas.***

A las camas de propagación donde se ubican los especímenes de calahuala se les realizaron actividades de limpieza, la cual consistió en el control manual de plantas indeseables que crecen invadiendo los espacios de crecimiento de la planta, cuyo procedimiento fue de forma manual sin la aplicación de herbicidas o productos químicos (Figura 21).

Cabe mencionar que las plantas indeseables dentro del cultivo de la calahuala presentaron dificultad para su control, a continuación se presentan algunas razones:

- a. Al cultivar helechos generalmente se utilizan camas o tablonces, dificultando de tal manera el método mecanizado al momento de realizar los trabajos de limpieza, por tal razón estas actividades deben de ser manuales lo que aumenta el costo y tiempo.
- b. Existe dificultad para utilizar producto químico debido que para helechos no se tienen herbicidas específicos y la forma de crecimiento y del follaje dificulta la aplicación.
- c. Los sustratos que se utilizan generalmente llevan consigo semillas de plantas que podrían presentarse como potenciales malezas.



**Figura 21. Establecimiento de especímenes libre de plantas indeseables dentro de las camas y cajas de propagación.**

Para el control de plagas y enfermedades, se procedió con la eliminación de frondas que se encontraban con síntomas o inicios de enfermedad, las mismas fueron enterradas para evitar la proliferación y que no se convirtiera en un foco de contaminación. Para disminuir y obtener nuevas frondas libres de plagas y enfermedades se revisó periódicamente cada una de las camas de propagación, durante todo el período que duró el Ejercicio Profesional Supervisado, lo cual garantizó el éxito y preservación de las especies de calahuala establecidas bajo el sombreador.

Para disminuir la proliferación de microorganismos patógenos, como el caso de *Phytophthora* spp. (Según análisis fitopatológico, anexo A), se realizaron aspersiones de SUBSOL  $2 \times 10^{10}$  el cual es un fungicida a base de la bacteria *Bacillus subtilis*, se usó una dosis de 2% del fungicida biológico (20cc. de fungicida/litro de agua), para lo cual se asperjaron las plantas que se encontraban establecidas en las camas o bancos de propagación como también las réplicas ubicadas en cajas de madera.

Se indica que durante las actividades de campo se ha observado la presencia de otros hongos del género *Rhizoctonia* spp, el cual es un basidiomiceto lo característico es que ataca las raíces (en este caso el rizoma) y la parte inferior del pecíolo.

Los síntomas por *Rhizoctonia* spp. son ahogamiento del pecíolo, acompañado de una necrosis en el mismo, las frondas se tornan de un color amarillo hasta que la base del

pecíolo se desprende del rizoma ocasionando la muerte. Por lo general, acompañado a estos síntomas el rizoma presenta pudrición que se puede notar al presionar el mismo con los dedos, el cual se encuentra aguanoso y se macera fácilmente entre las manos. El desarrollo de estos hongos es favorecido por una alta humedad relativa y un mal drenaje del suelo y/o sustrato. Especialmente daña en los estados tempranos de crecimiento de las frondas.

También se ha notado la presencia del hongo *Pleospora* spp. que ocasiona antracnosis. Este síntoma corresponde a quemaduras que empiezan de la punta de las pinas y avanzan hacia la parte central de la fronda, generalmente no llega a matar al helecho y aparentemente hay tolerancia.

En el caso de insectos, se ha notado la presencia de trips que ocasionan agujeros pequeños en las frondas, pero la incidencia es bastante baja, como también la presencia de larvas de la familia *Pieridae*, siendo lo más común dentro de la colección de calahuala (Figura 22).



**Figura 22.** Larva de la familia *Pieridae*, en una fronda de calahuala.

Dichas larvas se alimentan de las frondas adultas y jóvenes de la planta, siendo su principal fuente de alimento, probándose algunos insecticidas biológicos para su control.

En las figuras 23 y 24 se observa específicamente la larva moviéndose a lo largo de las pinnas de la fronda, la misma parece que se identifica con los soros, a la derecha la vista con la ayuda de un estereomicroscopio.



**Figuras 23 y 24.** Larva de la familia *Pieridae*, vista con la ayuda de un estereomicroscopio.

Otras de las actividades consistió en la reparación y el mantenimiento de las instalaciones del sombreador para lo cual se realizaron limpiezas en los caminamientos o calles dentro de la colección, se reparó las partes desprendidas del sarán, como también el reforzamiento de las bases.

## **B. Obtener plantas vigorosas y con buen desarrollo**

### **a. Labores culturales y cuidado de las plantas**

Con la utilización de sombra artificial se puede mantener el porcentaje de luz que necesitan los helechos. Para crear este ambiente de sombra se utilizó sarán la cual fue adquirida con anterioridad, dicho material es fabricado a manera de reducir la iluminación directa y reduce la misma en 40, 60 y 80%.

La sombra proporciona condiciones más húmedas que favorecen el desarrollo de estos helechos y además soportan mejor los periodos de sequía. El sarán que está actualmente en la colección produce un porcentaje de sombra de un 60 a 80%. Se realizaron reparaciones en el sarán que consistió en lo siguiente: Limpieza de las estructuras de metal, lijar y aplicación de pintura anticorrosiva, reparación de la tela de sarán, así como el

arreglo de las calles o caminos dentro de la colección con el uso de piedrín para la construcción.

**b. Fertilización y suministro de nutrientes**

Actualmente no se cuenta con información de los niveles de fertilizante que puedan aplicarse. Por tal razón se sugirió un plan de fertilización el cual debe de partir de un análisis químico del sustrato y de las frondas de la calahuala, el mismo indicará los elementos nutricionales que deben suministrarse. Con la aplicación del sustrato se tomó en cuenta las condiciones silvestres de los sustratos en que crece, siendo ricos en materia orgánica con baja mineralización y con un pH ácido.

**Tratamiento del sustrato:**

Para la preparación del sustrato fue necesaria la aplicación de fungicidas como Namacur (Fenamifos: Etil-3-metil-4-(metiltio) fenil 1-metil etil fosforoamidato) a 800 mg/L y Banrot (5 Ethoxi-Arclorometil 1,2,4 Thiadiazole) a 100 mg/L y bactericidas como Cupremycin (sulfato de streptomycin) al 0.1%, luego se cubrió con plástico para evitar la pérdida de los ingredientes activos y para hacer eficiente el proceso de desinfección, esto durante un período de tres días. Luego se procedió la aplicación en las camas de propagación en donde está establecida la colección de especímenes de calahuala, la mezcla del sustrato consistió en broza, musgo y de algunas plantas epífitas adheridas a los troncos y ramas de árboles), como además una mezcla de broza, arena y tierra negra abonada, en proporción de 2:1:1.

**C. Obtener un mayor control de las poblaciones de calahuala a través de la identificación y registro**

Se elaboró una base de datos conjuntamente con todas las muestras colectadas en diferentes áreas del país (Cuadro 9). Para el caso de las muestras establecidas en la colección se identificaron, utilizando para ello paletas plásticas y rotuladas con un marcador permanente.

### 3.2.2 COLECTA DE MATERIAL VEGETAL DE CALAHUALA EN DIFERENTES REGIONES DEL PAÍS

#### A. PROBLEMA

Actualmente se desconoce con que especies de calahuala podemos contar en el territorio nacional, de lo mismo no se tienen registro de muestras de herbario y que se encuentren caracterizadas y determinadas, esto se debe a la falta de las mismas pero para esta actividad se tiene que realizar exploraciones, colectas, caracterizaciones y determinaciones para poder contar con una base de datos de lo cual se derivarán futuras investigaciones con la calahuala.

#### B. OBJETIVOS

- ⇒ Realizar colectas de muestras de calahuala en diferentes regiones del país.
- ⇒ Identificar y recabar información del área de colecta.

#### C. METAS

Realizar actividades de colectas de muestras de calahuala en las diferentes regiones del país; para la realización de las mismas se obtendrá el material vegetal de su hábitat, como también muestras de herbario para su caracterización y determinación de los especímenes, al mismo tiempo se procederá a identificar y a recabar la información del área de colecta, para lo cual se elaborará una boleta para el registro de los datos.

#### D. METODOLOGÍA

La actividad se centró específicamente en la colecta de especímenes del género *Polypodium*, y *Phlebodium*. Consistió en la extracción de material vegetal de calahuala que se encontraba en diferentes sustratos (troncos de árboles caídos, corozos, palma africana, algunos géneros de pinos y en rocas), en el que fue necesario el uso de instrumentos de extracción, herborización y transporte del material vegetal para evitar su deshidratación, debido que los mismos tuvieron que ser sometidos a diferentes

condiciones climáticas en el trayecto de colecta.

En cada punto muestreado se entrevistó a personas, como amas de casa, curanderos y/o toda persona que conociera o hiciera uso de plantas medicinales específicamente la calahuala. La entrevista y paso de boletas sirvió para recabar información para su análisis.

Se llevó un registro de datos climáticos como: altitud sobre el nivel del mar, donde se utilizó mapas topográficos y un GPS (Geographic Positional System). Como también la localidad y la distancia de la ciudad de Guatemala al lugar de la colecta (Cuadro 9).

En las áreas de muestreo se colectaron muestras de calahuala, con las características botánicas de interés para su determinación en el herbario de la Facultad "Ernesto Carrillo". Como también se obtuvo el suficiente material para la creación de un banco de germoplasma in vivo en el Centro Experimental Docente de Agronomía -CEDA-.

## **E. EVALUACIÓN DE RESULTADOS**

Se colectaron alrededor de 20 muestras en el departamento de Baja Verapaz, 12 muestras en las comunidades de Cerro Soledad Grande, Laguna de Ipala, Montaña de Suchitán en el departamento de Jalapa, y carretera a Esquipulas. En el departamento de Alta Verapaz e Izabal 13 muestras, en el departamento de Petén 20 muestras y en el departamento del Quiché y parte de alta Verapaz 9 muestras, para tal actividad se recorrió y muestreó aldeas y caseríos vecinos de los municipios (Cuadro 9).

Con un total de 74 muestras colectadas de especímenes de calahuala en 5 departamentos de la república, con sus respectivos datos de interés servirán de base para el cumplimiento de los objetivos del Proyecto AGROCYT/FAUSAC 046-2004 que consiste en la determinación, caracterización morfológica y molecular de las mismas.

La colecta de los especímenes de calahuala del género *Polypodium* spp. y *Phlebodium* spp., consistió en la extracción de material vegetal de calahuala que se encontraba en diferentes sustratos para lo cual fue necesario el uso de instrumentos de extracción,

herborización y transporte del material vegetal para evitar su deshidratación, debido que los mismos tuvieron que ser sometidos a diferentes condiciones climáticas en el trayecto de colecta.

En cada punto muestreado fue necesaria la comunicación entre las personas originarias de esas áreas, en el cual el universo consistió de amas de casa, curanderos y/o toda persona que tuviera conocimiento del uso de estas plantas medicinales específicamente la calahuala, para lo cual la entrevista y paso de boletas fue imprescindible para recabar información básica para su análisis en base a los objetivos propuestos del proyecto.

A cada muestra de calahuala colectada en un determinado lugar se llevó un registro de datos climáticos como: altitud sobre el nivel del mar, para lo cual se utilizó mapas topográficos y un GPS (Geographic Positional System). Además se registró la localidad y la distancia de la ciudad de Guatemala al lugar de la colecta, esto para cada punto de muestreo donde la presencia de la calahuala fue evidente.

**Cuadro 10. Información de especies de calahuala encontradas en los diferentes puntos de muestreo.**

INFORMACIÓN DE PUNTOS DE MUESTREO EFECTUADOS EN LAS DIFERENTES COLECTADAS										
#	Localidad/Ubicación	Código colecta	Código siembra	Km.	msnm	Descripción	Especie	UTM	Coordenadas Sexagesimal	
									Latitud	Longitud
1	El Monjón, Baja Verapaz, camino a la cumbre de Santa Elena.	A	53	121	980	Fue localizada en los peñascos. Hábito rupícola.	Polypodium triseriale		14° 56' 52"	90° 13' 11"
2	Los Ramones, Baja Verapaz, camino a la cumbre de Santa Elena.	B	54	126	1200	Fue localizada en los peñascos. Hábito rupícola.	Polypodium spp.		14° 58' 50"	90° 14' 30"
3	Subestación INDE. Los Ramones, Baja Verapaz, camino a la cumbre de Santa Elena.	C	55	130	1380	Localizada en cercas de alambre. Hábito epifito.	Phlebodium pseudoareum (Cav.) Lellinger		14° 59' 57"	90° 17' 43"
4	La Cumbre de Santa Elena. San Jerónimo Baja Verapaz.	D	56	133	1560	Localizada en el fuste de árboles de pino. Hábito	Phlebodium pseudoareum (Cav.) Lellinger		15° 02' 06"	90° 12' 59"

						epifito.				
5	La Cumbre de Santa Elena. Baja Verapaz. Limite muni. San Jerónimo y El Rancho.	E	57	147	1620	Localizada en el fuste de árboles de pino. Hábito epifito.	Phlebodium pseudoareum (Cav.) Lellinger		15° 08' 55"	90° 12' 06"
6	Purulhá, Baja Verapaz, camino a cola de Mico.	F	58	165	1500	Localizada en peñascos. Hábito rupícola.	Phlebodium pseudoareum (Cav.) Lellinger		15° 14' 19"	90° 17' 50"
7	Purulhá, Baja Verapaz, camino a cola de Mico, camino de terracería.	G	59	171	1510	Localizada en peñascos. Hábito rupícola.	Polypodium spp.		15° 17' 35"	90° 21' 14"
8	Purulhá, Baja Verapaz, camino a cola de Mico, camino de terracería.	H	60	182	1540	Localizada en trocos caídos, a la orilla del camin. Hábito epifito.	Phlebodium pseudoareum (Cav.) Lellinger		15° 18' 00"	90° 15' 08"
9	Cerca del Biotopo del Quetzal. Purulhá, B.V.	I	61	157	1660	Localizada en trocos caídos, a la orilla del camin. Hábito epifito.	Phlebodium pseudoareum (Cav.) Lellinger		15° 07' 41"	90° 12' 02"
10	Cerca del Biotopo del Quetzal. Purulhá, B.V.	J	62	148	1620	Localizada en peñascos, a la orilla del camino, originarios del lugar indican que es Calahuala. (Parecida a la Calahuala). Hábito rupícola.	Phlebodium pseudoareum (Cav.) Lellinger		15° 08' 27"	90° 12' 27"
11	Santa Bárbara, Baja Verapaz.	O	63	140	1520	Localizada en peñascos, a la orilla del camino. Hábito rupícola.	Phlebodium pseudoareum (Cav.) Lellinger		15° 04' 09"	90° 11' 00"
12	Chilascó, Baja Verapaz.	M	64	157	1860	Fueron localizadas en árboles cortados de aguacate. Hábito epifito.	Phlebodium pseudoareum (Cav.) Lellinger		15° 08' 09"	90° 06' 57"
13	Chilascó, Baja Verapaz.	L	65	155	1840	Se encontró, a la salida del pueblo en árboles de piñon. Hábito epifito.	Polypodium spp.		15° 07' 14"	90° 07' 14"
14	Chilascó, Baja Verapaz.	N	66	154	1780	Se encontró, a la salida del pueblo en el suelo. Posible	Phlebodium pseudoareum (Cav.) Lellinger		15° 08' 09"	90° 06' 57"

						hábito terrestre.				
15	Chilascó, Baja Verapaz.	K	67	146	1540	Localizada en los árboles a la par de un arroyo. Hábito epifito.	Phlebodium pseudoareum (Cav.) Lellinger		15° 07' 01"	90° 07' 38"
16	Chilascó, Baja Verapaz.	Ñ	68	149	1780	Camino a Chilascó, localizado en el suelo . Posible hábito terrestre.	Phlebodium pseudoareum (Cav.) Lellinger		15° 17' 35"	90° 21' 14"
17	Cerca de la Cumbre de Santa Elena, San Jerónimo, Baja Verapaz.	O	69	135	1500	Localizada en peñascos. Hábito rupícola.	Phlebodium pseudoareum (Cav.) Lellinger		15° 06' 51"	90° 08' 51"
18	El Astillero, San Jerónimo, Baja Verapaz.	P	70	133	1480	Localizada en peñascos, juntamente con las muestras "Q". Hábito rupícola.	Phlebodium pseudoareum (Cav.) Lellinger		15° 02' 04"	90° 13' 08"
19	El Astillero, San Jerónimo, Baja Verapaz.	Q	71	133	1480	Localizada en peñascos, juntamente con la muestra "P", nos indicaba la persona entrevistada, que limpia los riñones. Hábito rupícola.	Polypodium triseriale Sw., J. Bot. (Schrader)		15° 13' 39"	90° 01' 51"
20	Rabinal, Baja Verapaz.	R	72	185	972.69	Comprada en el mercado del pueblo de Rabinal, la persona que vendía la Calahuala indicó que la traen de las montañas .	Phlebodium pseudoareum (Cav.) Lellinger		15° 05' 04"	90° 29' 32"
1	Cerro Soledad Grande, Miramundo	Mir 1	82	116	2.651	Encontrada en árboles de Quercus. Hábito epifito.	Polypodium spp.	15P 0810525 1609636 *		
2	Cerro Soledad Grande, Miramundo	Mir 2	83	116.54	2654	Encontrada en árboles de Quercus. Hábito epifito.	Polypodium spp.	15P 0810469 1609685 *		
3	Cerro Soledad Grande, Miramundo	Mir 3	84	116.95	2669	Encontrada en árboles de Quercus. Hábito epifito.	Polypodium spp.	15P 0810412 1609697 *		
4	Cerro Soledad Grande, Miramundo	Mir 4	85	116.95	2669	Encontrada en árboles de Quercus, con	No existen muestras.	15P 0810412 1609697		

						plantas acompañantes como musgo, cerca de las torres. Hábito epifito.		*		
5	Cerro Soledad Grande, Miramundo	Mir 5	86	117.2 2	2639	Encontrada en árboles de Quercus, con plantas acompañantes: Musgo y de la familia Bromeliaceae. Hábito epifito.	Polypodium lowei C. Chr.	15P 0810239 1609441 *		
6	Caserío las Guacamayas, Cerro Miramundo	Mir 6	87	127	2.272	En planta de piñón que se utiliza como cerco, a la entrada de el Caserío. Hábito epifito.	No hay muestras	15P 0811799 1613276 *		
7	Caserío las Guacamayas, Cerro Miramundo	Mir 7	88	130	2.276	En árboles de pino. Hábito epifito.	Phlebodium pseudoareum (Cav.) Lellinger	15P 0811799 1613276 *		
8	Montaña de Suchitán, Santa Catarina Mita.	VS1	89	136	1691	Se encontró en árbol de Quercus camino al volcán Suchitán. Hábito epifito.	Phlebodium pseudoareum (Cav.) Lellinger	16P 0199838		
9	Volcán Suchitán, montaña de Suchitán, Santa Catarina Mita.	VS2	90	138	1698	Se encontró en árbol de Quercus en la parte alta del mismo. Hábito epifito.	Polypodium adelphum Maxon, Contr.	16P 0199838 1596586 *		
10	Montaña de Suchitán, Santa Catarina Mita..	VS3	91	137	1692	Se encontró en troncos caídos camino al volcán Suchitán. Hábito epifito.	Phlebodium pseudoareum (Cav.) Lellinger	16P 0199838 1596586 *		
11	Laguna de Ipala.	LI1	92	170	147.2	Se encontró en el camino en troncos caídos, dentro del sendero de la Laguna, pasando el mirador. Hábito epifito.	Phlebodium pseudoareum (Cav.) Lellinger	16P 0199769 1594673 *		
12	Camino al cerca del municipio Esquipulas.	Esq 1	93	215	1102	Se encontró en los paredones recubiertos de broza de	Polypodium loriceum L.	16P 0244020 1610420 *		

						Quercus y pino. Hábito epifito.			
1	Los amates, Izabal.	I Campo 2 mariscos 1	94	220	228	Se encontró en árboles de Corozo. El rizoma lo utilizan para las personas que acaban de dar a Luz. Hábito epifito.	Phlebodium pseudoareum (Cav.) Lellinger	16P 0280905 1703715 *	
2	Los amates, Izabal.	I Campo 2 mariscos 2	95	220	228	Se encontró en árboles de corozo. El rizoma lo utilizan para las personas que acaban de dar a Luz. Hábito epifito. Entr. Gonzalo Morales	Polypodium triseriale Sw., J. Bot. (Schrader)	16P 0280905 1703715 *	
3	Izabal, aldea las quebradas.	IZA2	96	254	334	Se encontró en árboles de Corozo, el rizoma es usado para limpiar los riñones. Hábito epifito.	Pendiente	16P 0312097 1718565 *	
4	Izabal, Aldea El Milagro.	IZA 3	97	280	158	Se encontró en árboles de Corozo. Hábito epifito. Se entrevistó a Candelaria Ochaeta	Polypodium triseriale Sw., J. Bot. (Schrader)	16P 0300364 1723460 *	
5	Izabal, Aldea El Milagro.	IZA 4	98	285	197	Se encontró en árboles de corozo. Hábito epifito.	Pendiente	1724519 *	
6	Izabal, Aldea El Milagro.	IZA 5	99	294	108	Se encontró en árboles de piñón. Hábito epifito.	Polypodium triseriale Sw., J. Bot. (Schrader)	16P 0300364 1724341 *	
7	Izabal, Aldea Semox.	IS 5	100	300	31	Se encontró en árboles de piñón, utilizado como cerco. Hábito epifito.	No existen muestras.	16P 0266780 1751459 *	
8	Fray Bartolomé de las Casas	AV Fray 1	101	310	132	Se encontró en una palmera se considera la única en los alrededores del municipio. Bosque de Hotel. Hábito	Polypodium triseriale Sw., J. Bot. (Schrader)	16P 0191705 1749802 *	

						epifito.				
9	Aldea Canaleño, camino a Raxhuja	A.V. canaleño 1	102	317	147	Se encontró en árboles de corozo. Entrada camino de terrecería. La presencia es limitada. Hábito epifito.	Polypodium triseriale Sw., J. Bot. (Schrader)	16P 0191697 1749769 *		
10	Aldea Canaleño, camino a Raxhuja	A.V. Canaleño 2	103	320	147	Se encontró en árboles de corozo. La presencia es limitada. Camino al municipio de Raxhuja. Hábito epifito.	Phlebodium decumanum (Willd.) J. Sm., J. Bot. (Hooker)	16P 0191697 1749769 *		
11	Cuevas de Candelaria, Chisec. Alta Verapaz.	AVCDC 1	104	315	196	Se encontró en árbol de palmera a la entrada del Centro Ecológico Cuevas de Candelaria. Hábito epifito.	Polypodium triseriale Sw., J. Bot. (Schrader)	15P 0807186 1757087 *		
12	Chisec, Alta Verapaz	AVC 1	105	287	286	Se encontraba con otras especies acompañantes de la familia Bromeliaceae. Hábito epifito.	Polypodium triseriale Sw., J. Bot. (Schrader)	15P 0788907 1748778 *		
13	Chisec 2, Alta Verapaz	AVC 2	106	362	252	Se encontró en el camino, restos de árbol caído, hábito epifito.	Polypodium triseriale Sw., J. Bot. (Schrader)	15P 0775621 1732308 *		
1	San Juan Dolores, Departamento del Petén.	P1	107	424	520	Se encontró en árbol de Manaco, en la entrev. Indican que alivia el dolor de estómago y limpia los riñones. Hábito epifito.	Polypodium triseriale Sw., J. Bot. (Schrader)		16° 30' 49"	89° 25' 11"
2	San Juan Dolores, Departamento del Petén.	P2	108	424	520	Se encontró en árbol de de amate juntamente con el corozo, se observó especímenes creciendo en el	Phlebodium decumanum (Willd.) J. Sm., J. Bot. (Hooker)		16° 30' 41"	89° 24' 54"

						suelo. Indican que alivia el dolor de estómago y limpia los riñones. Hábito epifito.			
3	San Juan Dolores, Departamento del Petén.	P3	109	424	220	Se encontró en árbol de Manaco, en la entr. Indican que alivia el dolor de estómago y limpia los riñones. Hábito epifito.	Phlebodium decumanum (Willd.) J. Sm., J. Bot. (Hooker)		16° 89' 30" 04' 49" 33"
4	Entre Monterrey y el Manantial, aldea el Naranjo, camino a Melchor de Mencos, Petén.	P4	110	565	260	Se encontró en árboles de Manaco y amate, por esta parte no la conocen. Hábito epifito.	Phlebodium decumanum (Willd.) J. Sm., J. Bot. (Hooker)		16° 89' 57" 48' 00" 41"
5	Camino a Yaxhá, Departamento del Petén.	P5	111	572	250	Se encontró en árboles de corozo. Hábito epifito.			16° 89' 54' 24' 35" 20"
6	Camino a Yaxhá, Departamento del Petén.	P6	112	574	250	Se encontró en árboles de corozo. Hábito epifito.	Phlebodium decumanum (Willd.) J. Sm., J. Bot. (Hooker)		17° 89' 01' 22' 05" 30"
7	Yaxhá, Departamento del Petén.	P7	113	577	290	Se encontró en árboles de corozo. Indican los entrevistados que sirve para limpiar los riñones e infecciones vaginales. Hábito epifito.	Phlebodium decumanum (Willd.) J. Sm., J. Bot. (Hooker)		17° 89' 03' 22' 00" 55"
8	Melchor de Mencos, casi en la entrada. Departamento del Petén.	P8	114	587	290	Creciendo en árboles de corozo, su presencia es escasa, el terreno perturbado. Hábito epifito.	Phlebodium decumanum (Willd.) J. Sm., J. Bot. (Hooker)		17° 89' 10' 10' 33" 45"
9	Cerca de Ziquin Zacán, Departamento del Petén.	P9	115	578	260	Localizada en árboles de corozo, terreno moderadamente perturbados, hábito epifito.	Phlebodium decumanum (Willd.) J. Sm., J. Bot. (Hooker)		17° 89' 11' 16' 30" 42"

10	Comunidad de San Diego, Departamento del Petén.	P10	116	489	180	Localizada en árboles de corozo, la persona que se entrevistó (don Santos), nos indica que no la conoce al igual que otras personas, 500 mt. de la carretera. Hábito epifito.	Phlebodium decumanum (Willd.) J. Sm., J. Bot. (Hooker)	16° 56' 33"	90° 26' 5"
11	Sayaxché, comunidad de Comixtúm, Departamento de Alta Verapaz.	P11	117	404	140	Localizada en árboles de corozo, su presencia es escasa. Hábito epífita.	Phlebodium decumanum (Willd.) J. Sm., J. Bot. (Hooker)	16° 34' 13"	90° 10' 27"
	No existe.	P12	118	-----	-----	-----	-----	-----	-----
12	Sayaxché, Departamento de El Petén.	P13	119	400	120	Localizada en árboles de corozo, su presencia es limitada comparada con la anterior, para encontrar este espécimen se recorrió una gran área. Hábito epífita.	Phlebodium decumanum (Willd.) J. Sm., J. Bot. (Hooker)	16° 32' 27"	90° 10' 59"
13	Sayaxché, (antes del ferry). Departamento de El Petén.	P14	120	401	120	Localizada en árboles de corozo, su presencia es escasa. Hábito epífita.	Polypodium triseriale Sw., J. Bot. (Schrader)	16° 32' 2"	90° 11' 19"
14	Comunidad El Paraíso, Departamento de Petén.	P15	121	520	180	Localizada en árboles de corozo, la misma es escasa debido a la perturbación de la vegetación. Hábito epifito.	Phlebodium decumanum (Willd.) J. Sm., J. Bot. (Hooker)	16° 54' 10"	89° 43' 38"
15	Comunidad El Paraíso. Departamento de Petén.	P16	122	520	180	Localizada en árboles de corozo, propiedad de la persona que se entrevistó, acá la presencia de la misma es	Phlebodium decumanum (Willd.) J. Sm., J. Bot. (Hooker)	16° 50' 10"	89° 43' 38"

						evidente, debido a que el área no ha sido intervenida. Hábito epifito.			
16	Comunidad de Semococh, camino a Lanquín, A.V.	P17	123	324	460	Hábito epifita de árbol a la par de un arroyo camino a la finca Semococh.	Polypodium triseriale Sw., J. Bot. (Schrader)		15° 36' 33" 89° 37' 29"
17	Lanquín, departamento de Alta Verapaz.	P18	124	275	480	Localizada en un rodal de Quercus y pinos con especies acompañantes de la familia Bromeliaceae. Hábito epifito.	Polypodium triseriale Sw., J. Bot. (Schrader)		15° 34' 49" 89° 59' 42"
18	Lanquín, departamento de Alta Verapaz.	P19	125	275	300	Localizada en árboles, ubicada a la entrada del parqueo para el ingreso a las cuevas o grutas de Lanquin. Hábito epifito.	Polypodium triseriale Sw., J. Bot. (Schrader)		15° 34' 45" 89° 59' 30"
19	Lanquín, departamento de Alta Verapaz.	P20	126	275	300	Localizada en árboles, ubicada en el parqueo para el ingreso a las cuevas o grutas de Lanquin. Hábito epifito.	Polypodium triseriale Sw., J. Bot. (Schrader)		15° 34' 47" 89° 59' 28"
20	Semuc, Champey, (balneario) departamento de Alta Verapaz.	P21	127	285	320	Localizada en un árbol cerca del rio orilla del puente a la entrada del balneario. La presencia de la misma es escasa, hábito epifito.	Polypodium triseriale Sw., J. Bot. (Schrader)		15° 31' 57" 89° 57' 29"
1	Aldea Carolina, camino a la Lachuá	Lach 1	128	305	210	Localizada en corozos, su presencia es escasa, terreno perturbado para uso de siembra de maíz y frijol inclusive en áreas de bosque, no la	Polypodium triseriale Sw., J. Bot. (Schrader)		15° 54' 50" 90° 16' 10"

						conocen. Hábito epífita.				
2	Aldea Tierra Blanca, Cinco Mil, Cruce a la Petrolera. Camino a Ixcán.	Lach 2	129	323	120	Localizada en corozos terrenos perturbados para ganado, su presencia es moderada. Hábito epífita.	Polypodium triseriale Sw., J. Bot. (Schrader)		15° 58' 56"	90° 26' 9"
3	Aldea Tierra Blanca, Cinco Mil, Cruce a la Petrolera.	Lach 3	130	324	120	Localizada en corozos terrenos perturbados para ganado, su presencia es moderada. Hábito epífita.	Polypodium triseriale Sw., J. Bot. (Schrader)		15° 58' 60"	90° 26' 19"
4	Aldea Tierra Blanca, Cinco Mil, Cruce a la Petrolera.	Lach 4	131	325	120	Localizada en corozos terrenos perturbados para ganado, su presencia es moderada. Las dos anteriores se colectaron el mismo terreno. Hábito epífita.	Polypodium triseriale Sw., J. Bot. (Schrader)		15° 59' 5"	90° 26' 27"
5	Aldea el Limón, camino a la Lachuá.	Lach 5	132	330	140	Localizada en árboles de corozo, su presencia es escasa, terreno perturbado y uso intensivo agrícola, las personas no la conocen, hábito epífita.	Polypodium triseriale Sw., J. Bot. (Schrader)		15° 58' 55"	90° 28' 45"
6	Laguna Lachuá.	Lach 6	133	350	173	Localizada en el área boscosa de la Laguna Lachuá, la misma es escasa, hábito epífita.	Polypodium triseriale Sw., J. Bot. (Schrader)		15° 55' 46"	90° 40' 22"
7	Ixcán, Playa Grande.	Lach 7	134	366	155	Localizada en árboles de corozo, en las afueras del municipio, hábito epífita.	Polypodium triseriale Sw., J. Bot. (Schrader)		15° 57' 56"	90° 44' 58"
8	Ixcán-Lachuá	Lach 8	135	361	180	Localizada en árbol de corozo, su presencia es escasa. En la	Polypodium triseriale Sw., J. Bot. (Schrader)		15° 57' 20"	90° 43' 31"

						salida de la reserva de la Laguna Lachuá, camino a Ixcán. Hábito epífita.			
9	Santa Lucía-San Benito	Lach 9	136	352	165	Localizada en árbol de corozo, su presencia es escasa. Hábito epífita.	Polypodium triseriale Sw., J. Bot. (Schrader)	15° 56' 41"	90° 37' 17"

En las áreas de muestreo se colectaron muestras de calahuala, siendo de preferencia aquellas plantas que presentaran definido y desarrollados los soros, lo cual fue básico para la determinación botánica, como también se obtuvieron partes subterráneas, debido a que en ocasiones es de importancia taxonómica la forma color y posición de las escamas que se encuentran presentes en el rizoma. Se colectó el rizoma lo más completo posible, debido que para su determinación botánica fue imprescindible que presentará todas las características lo más completo posible (figura 5).

Se seleccionaron muestras representativas de cada colecta. Se utilizaron de 5 a 10 accesiones de cada área de muestreo lo cual dependió de la cantidad de material vegetal disponible en dicha área (figura 26 y 27).



**Figura 25.** Espécimen de calahuala colectado en el departamento de Baja Verapaz, a la derecha colecta realizada en el Cerro Soledad Grande, Miramundo, Jalapa.

Entre las colectas realizadas se contempló el suficiente material para la creación de un banco de germoplasma en el Centro Experimental Docente de Agronomía -CEDA-, esto con la finalidad de la accesibilidad de las replicas de importancia que vayan surgiendo en los análisis de los resultados para investigaciones sucesivas del proyecto, como por ejemplo la extracción y identificación de metabolitos secundarios.



**Figuras 26 y 27.** Se observa una las muestras colectadas de calahuala en árboles de Corozo, a la derecha colecta realizada en el municipio de Samayac, depto. de Mazatenango. Izquierda camino a Ixcán Quiché ambas del género *Polypodium*, se observa la proporción de muestras de calahuala de ambas localidades.

Para la realización de tal actividad dependió de la cantidad de muestra presente en el área de muestreo, en algunas áreas las muestras fueron escasas y en otras lo suficiente como para establecer replicas de siembra, como se muestra en las colectas realizadas en la comunidad de Tierra Blanca, Cinco Mil (depto. de Alta Verapaz) camino a Ixcán Quiché y en el municipio de Samayac en el departamento de Mazatenango (figura 6 y 7).

### **3.2.3 ESTABLECIMIENTO DE LOS ESPECÍMENES COLECTADOS DE CALAHUALA PROVENIENTES DE DIFERENTES ÁREAS DEL PAIS**

#### **A. PROBLEMA**

Actualmente no se cuenta con un área de propagación o establecimiento para las muestras colectadas en diferentes áreas del país, de las cuales 72 fueron colectadas dentro del Ejercicio Profesional Supervisado de las 202 muestras que se han colectado,

por tal razón se necesita de un área para el establecimiento de las muestras y comenzar su aclimatación debido a que la procedencia de la mismas se encuentra en un rango aproximado de 50 a 2,600 msnm otro factor de importancia es el sustrato el cual debe de ser similar o realizar evaluaciones de sustratos con materiales disponibles, para la adaptación de las muestras colectadas en las diferentes áreas de muestreo. Actualmente no existe un área específica para el establecimiento de la calahuala, por tal razón se realizaran las gestiones respectivas para esta finalidad.

## **B. OBJETIVOS**

- Habilitar, sembrar y ordenar en espacios establecidos las muestras vegetales colectadas de calahuala.
- Realizar las gestiones para la introducción de agua para riego dentro de la estructura de propagación.

## **C. METAS**

Realizar actividades relacionadas al establecimiento de las muestras colectadas de calahuala, de las cuales se indica: la preparación de sustrato, y desinfestación, preparación de camas de propagación y traslado de las muestras a cajas de madera, siembra de las muestras, introducción de sistema de riego y aplicaciones de riego profundo, limpias y control plagas y enfermedades e identificación de las muestras.

## **D. METODOLOGÍA**

### ***Colecta de material vegetal para el establecimiento de una parcela de observación:***

Se contempla que en la colecta de material vegetal vivo sea lo suficiente, debido a que la procedencia es diversa y el factor determinante será la altitud ya que se obtendrán muestras de los 50 hasta los 2,600 msnm, así como el tipo de sustrato en el que crece y desarrolla la calahuala.

Los materiales se establecieron en una parcela de observación en el Centro Experimental Docente de Agronomía (CEDA), para lo cual se habilitó un área dentro del sombreador de

plantas medicinales, para lo mismo se requirió las prácticas agronómicas: limpias, preparación de sustrato, desinfestación posterior a la siembra de los especímenes, para luego de establecida la parcela se procedió al control de plagas y de microorganismos patógenos, así como también la aplicación de un fertilizante foliar.

Para la desinfestación del sustrato se utilizó plaguicidas agrícolas como el Benomyl WP 50% (Bencimidazol-benomil), Agrimycin (sulfato de streptomycina-amoxicilina) 16.5%. Se prepararon camas de 4 metros de largo y 1 metro de ancho por 0.15 metros de profundidad, y un espacio entre especímenes de 0.20 metros. Luego se agregó la mezcla del sustrato y se procedió a realizar la siembra de los rizomas de los especímenes colectados a una profundidad de 2.5 cm y dos hileras de 8 cm, posteriormente se prepararon cajas de madera para la siembra de las muestras colectadas de calahuala como también las que estaban ubicadas en las camas de propagación. Se identificaron las muestras en sus respectivas cajas con paletas de plásticos para un mejor control y ordenamiento.

Previo, a las actividades de establecimiento de las muestras se gestionó la introducción de riego al sombreador de plantas medicinales.

## **E. EVALUACIÓN DE RESULTADOS**

Se habilitó el espacio dentro del sombreador de plantas medicinales que se encuentra ubicado en el Centro Experimental Docente de Agronomía -CEDA- de la Facultad.

### **a. Preparación de área de trabajo:**

Se realizó la habilitación del área de trabajo, se realizaron limpias, como también preparación del sustrato y las camas de siembra. Fue necesario el uso de un sustrato adecuado para el desarrollo de los materiales el cual consistió de una capa de arena blanca al fondo, y luego una mezcla de broza, musgo y de algunas plantas epífitas adheridas a los troncos y ramas de árboles, los cuales se consideran que interactúan de manera simbiótica con la calahuala, se desmenuzaron para luego preparar el área de siembra. En algunos casos se preparó una mezcla de broza, arena y tierra negra abonada, en proporción de 2:1:1 (figuras 28 y 29).

a. Tratamiento del sustrato:

El tratamiento del sustrato consistió en la aplicación de fungicidas como Nematicur (Fenamifos: Etil-3-metil-4-(metiltio) fenil 1-metil etil fosforoamidato) a 800 ppm y Banrot (5 Ethoxi-Arclorometil 1,2,4 Thiadiazole) a 100 ppm y bactericidas como Cupremycin (sulfato de streptomycin) al 0.15%, luego se cubrió con plástico para evitar la pérdida de los ingredientes activos y para hacer eficiente el proceso de desinfección durante tres días (PLM, 1993). Se procedió a llenar las camas y cajas donde colocaron las muestras de calahuala.



**Figuras 28 y 29** Preparación de sustrato y desinfestación con productos químicos en los campos del CEDA.

b. Siembra e identificación de los especímenes colectados:

Las muestras vegetales colectadas se establecieron en el umbráculo de plantas medicinales del CEDA, se procedió a su identificación como se describe cuadro 11, y se procesaron en los laboratorios de biotecnología vegetal y el herbario de la facultad para su análisis molecular y determinación botánica.

Cuadro 11. Datos para la identificación de muestras colectadas de calahuala.

Localidad	
Municipio	
Altitud (msnm)	
No. de colección	
Nombre del Colector	
Fecha	

c. *Traslado de las muestras a cajas de madera:*

Se realizó la compra de cajas de madera para la ubicación de las muestras de calahuala que se colectaron en las diferentes áreas de país (Figura 30).



**Figura 30.** Llenado de cajas de propagación para el establecimiento de las muestras de calahuala colectadas.

d. *Mantenimiento de los especímenes colectados:*

Se realizó el control de plantas indeseables que crecen con los especímenes de calahuala, dicha actividad se realizó manualmente debido a que no es aconsejable la aplicación de algún herbicida o control químico, debido a especies de este género son plantas con propiedades medicinales.

Se procedió a la aplicación de riego profundo y constante para mantener la humedad en las cajas de propagación, lo cual permite que los rizomas de la calahuala no se deshidraten, con esta actividad se garantiza que se mantenga la humedad y a la vez la

activación de los puntos de crecimiento y de tal manera el crecimiento y desarrollo de frondas (Figura 31 y 32)



**Figuras 31 y 32. Establecimiento de las plantas colectadas en cajas de propagación y control de plantas indeseables.**

e. Introducción de riego al sombreador de plantas medicinales:

Se realizaron las gestiones ante el coordinador del CEDA, para la introducción de agua de riego en el

sombreador de plantas medicinales el mismo fue financiado por el Proyecto AGROCYT/FAUSAC donde se ubican las muestras vegetales de calahuala. Para el establecimiento de riego en la estructura de propagación fue necesario la colocación de dos chorros, uno en la entrada y al fondo de dicha estructura, para lo cual fue necesario la colocación de tubos de P.V.C. de  $\frac{3}{4}$  de pulgada dentro y fuera del sombreador, para lo cual se contó con personal para el zanjeo y plomería así como accesorios de P.V.C. para el desarrollo de la actividad. (fig. 33, 34 y 35).



33



34



35

**Figuras:**

**33 - Personal contratado para el zanqueo**

**34 - Zanja donde pasara la tubería de P.V.C. de 3/4"**

**35 - Uno de los chorros colocados como resultado de la actividad.**

### 3.2.4 CARACTERIZACIÓN MORFOLÓGICA DE LA CALAHUALA (*Phlebodium.*), PROVENIENTE DE

#### LAS COLECTAS REALIZADAS EN DIFERENTES ÁREAS DEL PAÍS

##### A. PROBLEMA

Las muestras vegetales de calahuala colectas en las diferentes áreas del país, como parte de los objetivos de la institución financiante (AGROCYT/FAUSAC 046-2004),

presentan el inconveniente que se desconoce a que género y especie a la que pertenecen. Sin la determinación de las muestras se desconoce con que especies contamos en las diferentes áreas del país, además en el momento de la realización de las actividades de extracción de ADN para su caracterización molecular y de metabolitos secundarios se debe de conocer las especies vegetales a trabajar. Por tal razón se hace imprescindible la determinación de las muestras y determinar el lugar de procedencia.

## **B. OBJETIVOS**

- Caracterizar morfológicamente los especímenes colectados de calahuala procedentes de las distintas áreas del país, y la determinación de los mismos.

## **C. METAS**

Caracterizar y determinar las muestras colectadas procedentes de diferentes áreas del país, a la vez realizar el montaje de las mismas con los respectivos nombres técnicos, lugar de procedencia, datos sobre la altitud, hábito etc.

## **D. METODOLOGÍA**

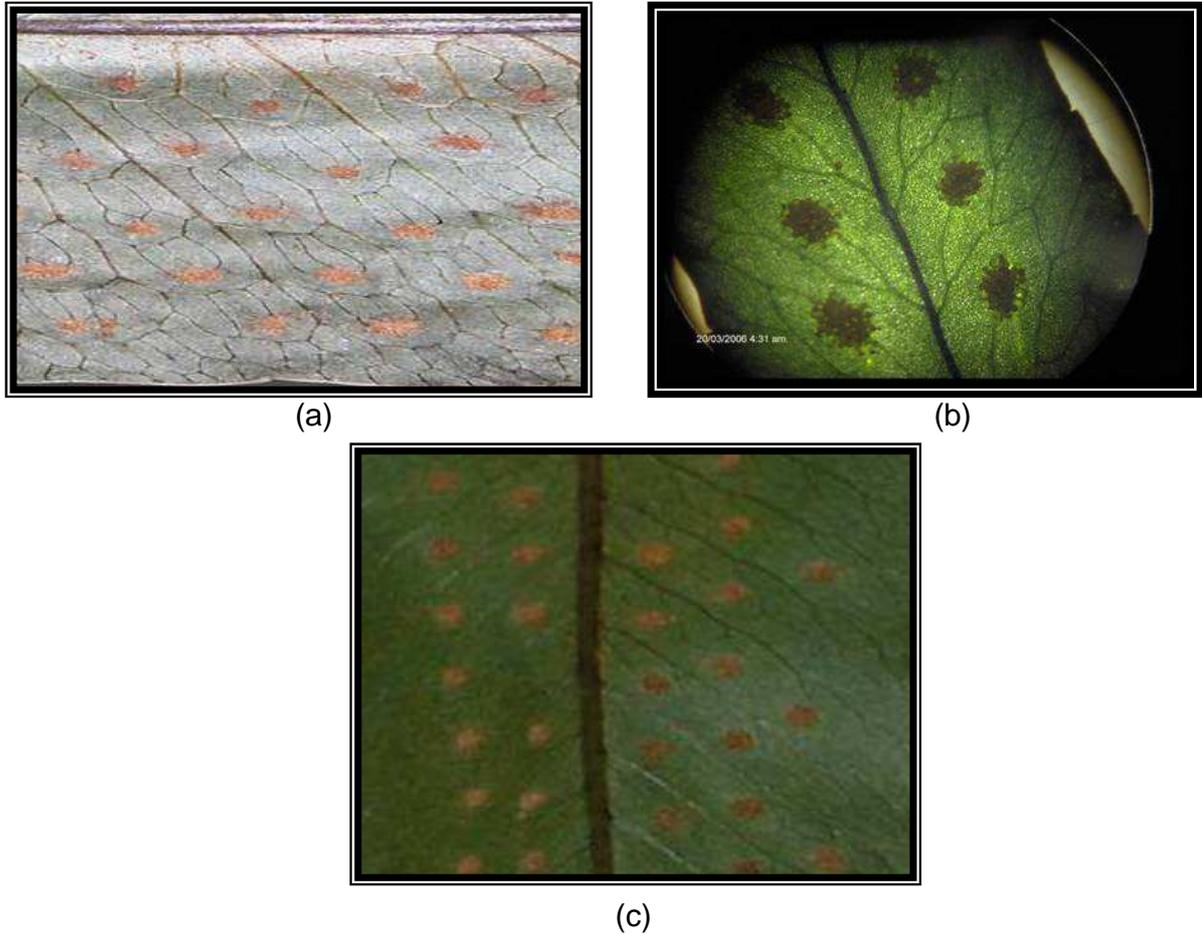
Con el uso de boletas para llevar un registro de los datos morfológicos de las muestras de calahuala, la misma consiste en el análisis de cada característica en particular. Dicha actividad esta en proceso la cual continuarás mientras más especímenes se colecte a nivel nacional.

## **E. EVALUACIÓN DE RESULTADOS**

- a. determinación de las muestras de calahuala:

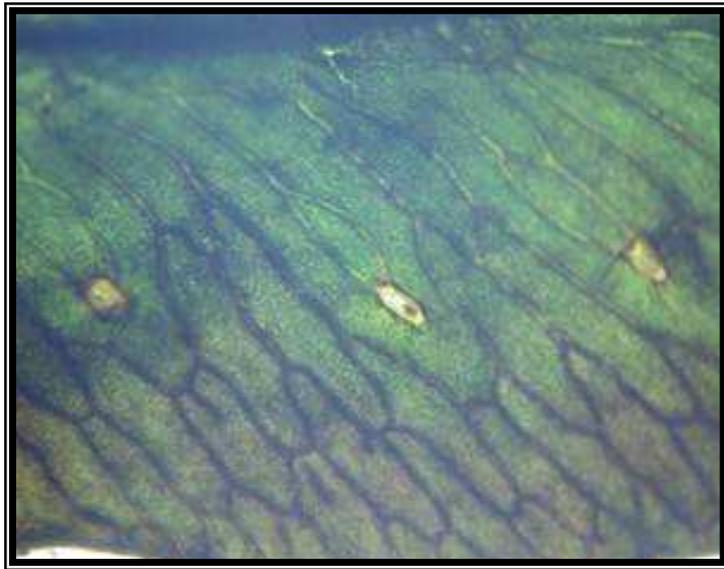
Las muestras de calahuala colectadas en las diferentes áreas del país se caracterizaron y determinaron, algunas de las características relevantes para su determinación fue la cantidad de líneas de soros 1-2-3-6. Para la diferenciación de los géneros fue determinante las terminaciones de las nervaduras con respecto a los soros. Como es el caso del género *Phlebodium*. sus nervaduras son ramificadas y las terminaciones son

dobles donde se origina el soro, las líneas de soros van de 1-6, como se observa en la figuras 36a, con *Polypodium* spp. las nervaduras también son aureoladas pero solo existe una nervadura central donde se origina el soro los cuales van de 2-3 líneas, figuras 36b y 36c.



**Figuras 36 a, b y c. Líneas de soros (5) con las nervaduras uniéndose con el soro, lo cual es característico de *Phlebodium*. (a). En las figuras b y c las terminación de las venas son individuales los cual es característico del género *Polypodium*.**

Se observa otra característica muy importante entre especies del mismo género como es el caso de *Phlebodium* spp, ambos tienen las nervaduras ramificadas y las terminaciones son dobles donde se origina el soro, la diferencia se encuentra en la cantidad de líneas de soros como el caso de *Phlebodium pseudoaureum* el cual presenta una sola línea como se observa en la figura 17, mientras que *Phlebodium decumanum* presenta de 5-6 (figura 16a).

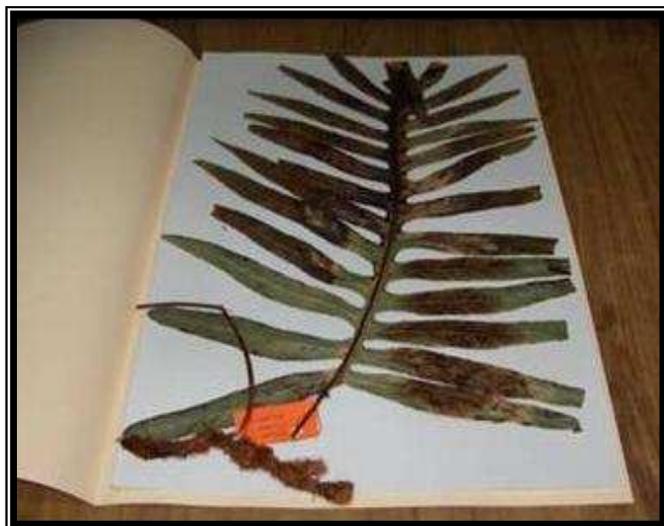


**Figuras 37. Especie de *Phlebodium pseudoaureum* mostrando las líneas de soros.**

b. Montaje de las muestras determinadas de calahuala:

Con lo que respecta al montaje de los especímenes de calahuala, se utilizó cartón Texcote y cartoncillo para que las muestras ya determinadas se depositen en el herbario “Ernesto Carrillo” de la Facultad de Agronomía, esto en base a los estándares proporcionados por el personal de dicho herbario.

Se observa la diferencia macroscópica de los especímenes herborizados de calahuala, en donde se evidencia los géneros de *Phlebodium* y *Polypodium*. (figuras 38 a, b y c).



(a)



(b)



(c)

**Figuras 38 a, b y c.** Forma de herborización de las muestras de calahuala, lista para ingresarlas al herbario. La figura a y c pertenecen al género *Polypodium*. comparado con la figura b, la cual muestra al género *Phlebodium*.

Como resultado se obtienen las muestras de herbario de los materiales colectados, identificados y determinados de los especímenes colectados en los departamentos del Quiché, Alta Verapaz, Petén, Jalapa, Baja Verapaz, Jutiapa, parte de Chiquimula.

#### 4. ANEXO A

### Análisis fitopatológico de muestras establecidas de calahuala.



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE AGRONOMÍA  
CENTRO DE DIAGNÓSTICO PARASITOLÓGICO



#### RESULTADOS DE LABORATORIO

NUMERO DE SERIE		FECHA DE EMISION		
668	2005	26	10	2005
USUARIO	EMPRESA	USUARIO ANEXO		
Floridalma Xitumul		EPS		

Presentación de resultados de análisis efectuado en este laboratorio.

MUESTRA ANALIZADA	PROCEDENCIA	ANÁLISIS SOLICITADO
Calahuala	San Lucas	Fitopatológico
RESULTADOS	<i>Phytophthora sp.</i>	

#### OBSERVACIONES Y RECOMENDACIONES

Eliminación de plantas enfermas y quemarlas fuera de la plantación, regular el drenaje, evitar encharcamientos, realizar una aplicación generalizada de fungicidas al pie de las plantas (tronqueado), para lo cual se recomienda cualquiera de los siguientes productos Fosetil aluminio Alliete, Metalaxil Ridomil mz, Propamocarb Previcur,  
**Control orgánico:** Aumentar la materia orgánica en el suelo para aumentar la flora bacteriana antagonista a *Phytophthora sp.*, así se aumenta la capacidad de retención de agua, disminuye las malezas y mejora la capacidad de formación de raíces, sembrar una cubierta vegetal (mulch orgánico) antes de la plantación y continuar su aplicación.

  
Ing. Agr. Teresa Del Rosario Guerra S.  
FAUSAC  
Responsable de diagnóstico

Br. Nadia Ramirez  
EPS FAUSAC  
Responsable de diagnóstico

FIRMA Y SELLO DE  
ENTREGA

  
Ing. Agr. Gustavo Adolfo Alvarez V.  
Coordinador  
Centro de Diagnóstico Parasitológico  
Responsable de Diagnóstico

cc: Archivo