



Universidad de San Carlos de Guatemala
Facultad de Ingeniería
Escuela de Ingeniería Química

Obtención, caracterización y evaluación de las propiedades físico-químicas de los extractos fluidos, blandos y secos así como de las tinturas del rizoma y de la fronda de calahuala (*phlebodium pseudoaureum*) a nivel de laboratorio

Alvaro Enrique Guerra Corado

Asesorado por Ingeniera Telma Maricela Cano Morales
Coasesora Licenciada Química Farmacéutica Sully Cruz

Guatemala, julio de 2005

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**OBTENCIÓN, CARACTERIZACIÓN Y EVALUACIÓN DE LAS
PROPIEDADES FÍSICO-QUÍMICAS DE LOS EXTRACTOS FLUIDOS,
BLANDOS Y SECOS ASÍ COMO LAS TINTURAS DEL RIZOMA Y DE LA
FRONDA DE CALAHUALA (*PHLEBODIUM PSEUDOAREUM*) A NIVEL
DE LABORATORIO**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA
POR

ALVARO ENRIQUE GUERRA CORADO
ASESORADO POR INGA. TELMA MARICELA CANO MORALES
COASESORADO POR LICDA. SULLY MARGOT CRUZ VELÁSQUEZ

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

I

INGENIERO QUÍMICO

GUATEMALA, JULIO DE 2005

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA



NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA

DECANO	Ing. Sydney Alexander Samuels Milson
VOCAL I	Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
VOCAL II	Ing. Amahan Sánchez Álvarez
VOCAL III	Ing. Julio David Galicia Celada
VOCAL IV	Br. Kenneth Issur Estrada Ruiz
VOCAL V	Br. Elisa Yazminda Vides Leiva
SECRETARIO	Inga. Marcia Ivonne Véliz Vargas

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

DECANO	Ing. Sydney Alexander Samuels Milson
EXAMINADOR	Ing. Carlos Salvador Wong Davi
EXAMINADOR	Ing. Williams Guillermo Álvarez Mejía
EXAMINADOR	Ing. Erwin Manuel Ortiz Castillo
SECRETARIO	Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco

HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

Cumpliendo con los preceptos que establece la ley de la Universidad de San Carlos de Guatemala, presento a su consideración mi trabajo de graduación titulado:

OBTENCIÓN, CARACTERIZACIÓN Y EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICO-QUÍMICAS DE LOS EXTRACTOS FLUIDOS, BLANDOS Y SECOS ASÍ COMO LAS TINTURAS DEL RIZOMA Y DE LA FRONDA DE CALAHUALA (*PHLEBODIUM PSEUDO-AUREUM*) A NIVEL DE LABORATORIO

Tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Química con fecha 23 de mayo de 2005.

Alvaro Enrique Guerra Corado

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE FIGURAS	V
LISTA DE SÍMBOLOS	XIV
GLOSARIO	XV
RESUMEN	XX
OBJETIVOS E HIPÓTESIS	XXII
INTRODUCCIÓN	XXIV
JUSTIFICACIÓN	XXVI
1. ANTECEDENTES	1
2. MARCO TEÓRICO	4
2.1. Fitoterapia	4
2.2. Los principios activos	6
2.3. Tipos de preparaciones fitofarmacéuticas	7
2.3.1. Infusión	8
2.3.2. Decocción	8
2.3.3. Maceración	9
2.3.4. Digestión	9
2.3.5. Percolación o lixiviación	9
2.3.6. Maceración - decocción	9
2.3.7. Diálisis	10
2.4. Extractos	13
2.5. Preparación de extractos	14
2.5.1. Extracción	14
2.5.2. Extracción sólido - líquido	15
2.5.3. Maceración	16

2.5.4. Percolación o lixiviación	17
2.5.5. Extracción por soxhlet	17
2.6. Tinturas	18
2.6.1. Tinturas madres	19
2.6.2. Técnicas de preparación	19
2.6.3. Recolección de drogas de origen vegetal	19
2.6.4. Disolventes y equipos utilizados para la preparación de tinturas	20
2.6.5. Preparación de las tinturas madres	21
2.7. Tipos de extractos y tinturas	23
2.7.1. Tinturas o alcoholados	23
2.7.2. Tinturas madres	24
2.7.3. Extractos fluidos	24
2.7.4. Extractos blandos y secos	24
2.7.5. Nebulizados	25
2.7.6. Extractos purificados	25
2.7.7. Abstractos	25
2.7.8. Alcoholaturas	25
2.7.9. Extractos glicólicos	26
2.7.10. Extractos fluidos incoloros	26
2.7.11. Extractos oleosos	26
2.7.12. Macerados glicerizados	26
2.7.13. Esencias	26
2.7.14. Aguas destiladas aromáticas (hidrolatos)	27
2.8. Características macroscópicas de drogas constituidas por hojas	27
2.9. Características macroscópicas de drogas constituidas por raíces	28
2.10. Caracterización química	29

2.10.1. Características organolépticas	29
2.10.2. Características fitoquímicas	29
2.10.3. Constituyentes	30
2.10.4. Identificación química	31
2.10.4.1. Principios activos	32
2.10.4.2. Marcadores activos	32
2.10.4.3. Marcadores analíticos	32
2.10.4.4. Marcadores negativos	33
2.10.5. Determinación cualitativa de metabolitos secundarios	33
2.10.5.1. Flavonoides	33
2.10.5.1.1. Actividad biológica de los flavonoides	34
2.10.5.1.2. Determinación cualitativa de flavonoides	35
2.10.5.2. Saponinas	36
2.11. Control del producto final	37
2.11.1. Pruebas	37
2.11.1.1. Cromatografía en capa fina	38
2.11.1.2. Ceniza total	39
2.11.1.3. Ceniza insoluble en ácido	39
2.11.1.4. Ceniza sulfatada	40
2.12. Estudio de estabilidad	40
2.13. <i>Phlebodium pseudoaureum</i> (calahuala)	41
2.13.1. Sinónimos	41
2.13.2. Descripción botánica	41
2.13.3. Hábitat	42
2.13.4. Historia	42
2.13.5. Agricultura	42

2.13.6. Usos medicinales atribuidos	43
2.13.7. Farmacología	43
2.13.7.1. Experimental	44
2.13.7.2. Clínica	44
2.13.8. Composición química	44
2.13.9. Farmacognosia	45
2.13.10. Toxicología	45
2.13.11. Indicaciones terapéuticas	46
3. METODOLOGÍA	47
3.1. Localización	47
3.2. Recursos humanos	47
3.3. Recursos materiales	48
3.4. Equipo	48
3.4.1. A nivel de laboratorio	48
3.5. Metodología experimental	49
4. RESULTADOS	54
5. DISCUSIÓN DE RESULTADOS	70
CONCLUSIONES	80
RECOMENDACIONES	82
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	83
BIBLIOGRAFÍA	85
APÉNDICES	88

ÍNDICE DE FIGURAS

1	Pícnometro y potenciometro	127
2	Rizoma de calahuala (<i>phlebodium pseudoaureum</i>)	127
3	Fronda de calahuala (<i>phlebodium pseudoaureum</i>)	128
4	Cromatografía para la determinación de saponinas	128
5	Cromatografía para la determinación de flavonoides	129
6	Percoladores de acero inoxidable	129
7	Rotavapor	130
8	Tinturas de rizoma de calahuala (<i>P. pseudoaureum</i>)	130
9	Tinturas de fronda de calahuala (<i>P. pseudoaureum</i>)	131
10	Recipientes en donde se hicieron las tinturas	131

TABLAS

I	Datos requeridos para un experimento, con a tratamientos y n repeticiones	52
II	Tabla de ANDEVA	53
III	Porcentaje en peso de las cenizas de la materia prima	54
IV	Porcentaje en peso del contenido de materia extraña en la materia prima (<i>phlebodium pseudoaureum</i>)	54
V	Porcentaje en peso del contenido de humedad de la materia prima (<i>phlebodium pseudoaureum</i>)	54
VI	Datos experimentales del análisis fisicoquímico y fitoquímico del rizoma	55
VII	Datos experimentales del análisis fisicoquímico y fitoquímico de la fronda	56
VIII	Valores de Rf para la determinación de saponinas en tinturas hechas de fronda de <i>P. pseudoaureum</i>	57
IX	Valores de Rf para la determinación de saponinas en tinturas hechas de rizoma de <i>P. pseudoaureum</i>	57
X	Valores de Rf para la determinación de flavonoides en tinturas hechas de fronda de <i>P. pseudoaureum</i>	58
XI	Valores de Rf para la determinación de flavonoides en tinturas hechas de rizoma de <i>P. pseudoaureum</i>	59
XII	Valores de Rf para la determinación de saponinas en extractos hechos de fronda de <i>P. pseudoaureum</i>	59
XIII	Valores de Rf para la determinación de saponinas en extractos hechos de rizoma de <i>P. pseudoaureum</i>	60
XIV	Valores de Rf para la determinación de flavonoides en extractos hechos de fronda de <i>P. pseudoaureum</i>	60

XV	Valores de Rf para la determinación de flavonoides en extractos hechos de rizoma de <i>P. pseudoaureum</i>	61
XVI	Valores de F para la evaluación del pH de las tinturas 1:22 y 1:20 de fronda de <i>P. pseudoaureum</i>	61
XVII	Valores de F para la evaluación del pH de las tinturas 1:10 y 1:5 de rizoma de <i>P. pseudoaureum</i>	62
XVIII	Valores de F para la evaluación del pH de los extractos Fluidos y blandos de fronda de <i>P. pseudoaureum</i>	62
XIX	Valores de F para la evaluación del pH de los extractos fluidos y blandos de rizoma de <i>P. pseudoaureum</i>	63
XX	Valores de F para la evaluación del pH de los extractos Fluidos y blandos de fronda y rizoma de <i>P. pseudoaureum</i>	63
XXI	Valores de F para la evaluación de la densidad de las tinturas 1:22 y 1:20 de fronda de <i>P. pseudoaureum</i>	64
XXII	Valores de F para la evaluación de la densidad de las tinturas 1:10 y 1:5 de rizoma de <i>P. pseudoaureum</i>	64
XXIII	Valores de F para la evaluación de la densidad de los extractos fluidos y blandos de fronda de <i>P. pseudoaureum</i>	65
XXIV	Valores de F para la evaluación de la densidad de los extractos fluidos y blandos de rizoma de <i>P. pseudoaureum</i>	65
XXV	Valores de F para la evaluación de la densidad de los extractos fluidos y blandos de fronda y rizoma de <i>P. pseudoaureum</i>	66
XXVI	Valores de F para la evaluación del residuo seco de las tinturas 1:22 y 1:20 de fronda de <i>P. pseudoaureum</i>	67
XXVII	Valores de F para la evaluación del residuo seco de las tinturas 1:10 y 1:5 de rizoma de <i>P. pseudoaureum</i>	67

XXVIII	Valores de F para la evaluación del residuo seco de los extractos fluidos y blandos de fronda de <i>P. pseudoaureum</i>	68
XXIX	Valores de F para la evaluación del residuo seco de los extractos fluidos y blandos de rizoma de <i>P. pseudoaureum</i>	68
XXX	Valores de F para la evaluación del residuo seco de los extractos fluidos y blandos de fronda y rizoma de <i>P. pseudoaureum</i>	69
XXXI	Valores de F para la evaluación para el residuo seco de los extractos secos de fronda y rizoma de <i>P. pseudoaureum</i>	69
XXXII	Pesos en gramos de la cápsula con las cenizas de la materia prima (<i>P. pseudoaureum</i>)	88
XXXIII	Peso en gramos del contenido de materia extraña en la materia prima (<i>P. pseudoaureum</i>)	88
XXXIV	Porcentaje en peso del contenido de humedad de la materia prima (<i>P. pseudoaureum</i>)	88
XXXV	Peso del picnómetro con la muestra en gramos para las tinturas hechas de fronda de <i>P. pseudoaureum</i>	89
XXXVI	Peso del picnómetro con la muestra en gramos para las tinturas hechas de rizoma de <i>P. pseudoaureum</i>	89
XXXVII	Peso del picnómetro con la muestra en gramos para los extractos hechos de fronda de <i>P. pseudoaureum</i>	89
XXXVIII	Peso del picnómetro con la muestra en gramos para los extractos hechos de rizoma de <i>P. pseudoaureum</i>	90
XXXIX	Valores de pH para las tinturas hechas de fronda de <i>P. pseudoaureum</i>	90
XL	Valores de pH para las tinturas hechas de rizoma de <i>P. pseudoaureum</i>	90

XL I	Valores de pH para los extractos hechos de fronda de <i>P. pseudoaureum</i>	91
XL II	Valores de pH para los extractos hechos de rizoma de <i>P. pseudoaureum</i>	91
XL III	Peso de la cápsula con la muestra en gramos para las tinturas hechas de fronda de <i>P. pseudoaureum</i>	91
XL IV	Peso de la cápsula con la muestra para las tinturas hechas de rizoma de <i>P. pseudoaureum</i>	92
XL V	Peso de la cápsula con la muestra para los extractos hechos de fronda de <i>P. pseudoaureum</i>	92
XL VI	Peso de la cápsula con la muestra para los extractos hechos de rizoma de <i>P. pseudoaureum</i>	92
XL VII	Porcentaje en peso de las cenizas de la materia prima (<i>P. pseudoaureum</i>)	98
XL VIII	Porcentaje en peso del contenido de materia extraña en la materia prima (<i>P. pseudoaureum</i>)	98
XL IX	Valores de R _f para la determinación de saponinas en tinturas hechas de fronda de <i>P. pseudoaureum</i>	99
L	Valores de R _f para la determinación de saponinas en tinturas hechas de rizoma de <i>P. pseudoaureum</i>	99
LI	Valores de R _f para la determinación de flavonoides en tinturas hechas de fronda de <i>P. pseudoaureum</i>	100
LII	Valores de R _f para la determinación de flavonoides en tinturas hechas de rizoma de <i>P. pseudoaureum</i>	100
LIII	Valores de R _f para la determinación de saponinas en extractos hechos de fronda de <i>P. pseudoaureum</i>	101
LIV	Valores de R _f para la determinación de saponinas en extractos hechos de rizoma de <i>P. pseudoaureum</i>	101

LV	Valores de Rf para la determinación de flavonoides en extractos hechos de fronda de <i>P. pseudoaureum</i>	101
LVI	Valores de Rf para la determinación de flavonoides en extractos hechos de rizoma de <i>P. pseudoaureum</i>	102
LVII	Valores de densidad en g/L para las tinturas hechas de fronda de <i>P. pseudoaureum</i>	102
LVIII	Valores de densidad en g/L para las tinturas hechas de rizoma de <i>P. pseudoaureum</i>	102
LIX	Valores de densidad en g/L para los extractos hechos de fronda de <i>P. pseudoaureum</i>	103
LX	Valores de densidad en g/L para los extractos hechos de rizoma de <i>P. pseudoaureum</i>	103
LXI	Valores de sólidos totales en g/100mL para las tinturas hechas de fronda de <i>P. pseudoaureum</i>	103
LXII	Valores de sólidos totales en g/100mL para las tinturas hechas de rizoma de <i>P. pseudoaureum</i>	104
LXIII	Valores de sólidos totales en g/100mL para los extractos hechos de fronda de <i>P. pseudoaureum</i>	104
LXIV	Valores de sólidos totales en g/100mL para los extractos hechos de rizoma de <i>P. pseudoaureum</i>	104
LXV	ANDEVA para las tinturas 1:22 de fronda de <i>P. pseudoaureum</i>	105
LXVI	ANDEVA para las tinturas 1:20 de fronda de <i>P. pseudoaureum</i>	105
LXVII	ANDEVA para las tinturas 1:10 de rizoma de <i>P. pseudoaureum</i>	106
LXVIII	ANDEVA para las tinturas 1:5 de rizoma de <i>P. pseudoaureum</i>	106

LXXIX	ANDEVA para las tinturas 1:22 y 1:20 de fronda de <i>P. pseudoaureum</i> con etanol al 30%	107
LXX	ANDEVA para las tinturas 1:22 y 1:20 de fronda de <i>P. pseudoaureum</i> con etanol al 50%	107
LXXI	ANDEVA para las tinturas 1:22 y 1:20 de fronda de <i>P. pseudoaureum</i> con etanol al 70%	108
LXXII	ANDEVA para las tinturas 1:10 y 1:5 de rizoma de <i>P. pseudoaureum</i> con etanol al 30%	108
LXXIII	ANDEVA para las tinturas 1:10 y 1:5 de rizoma de <i>P. pseudoaureum</i> con etanol al 50%	109
LXXIV	ANDEVA para las tinturas 1:10 y 1:5 de rizoma de <i>P. pseudoaureum</i> con etanol al 70%	109
LXXV	ANDEVA para los extractos fluidos y blandos de fronda de <i>P. pseudoaureum</i> con etanol al 70%	110
LXXVI	ANDEVA para los extractos fluidos y blandos de rizoma de <i>P. pseudoaureum</i> con etanol al 70%	110
LXXVII	ANDEVA para los extractos fluidos de fronda y rizoma de <i>P. pseudoaureum</i> con etanol al 70%	111
LXXVIII	ANDEVA para los extractos blandos de fronda y rizoma de <i>P. pseudoaureum</i> con etanol al 70%	111
LXXIX	ANDEVA para las tinturas 1:22 de fronda de <i>P. pseudoaureum</i>	112
LXXX	ANDEVA para las tinturas 1:20 de fronda de <i>P. pseudoaureum</i>	112
LXXXI	ANDEVA para las tinturas 1:10 de rizoma de <i>P. pseudoaureum</i>	113
LXXXII	ANDEVA para las tinturas 1:5 de rizoma de <i>P. pseudoaureum</i>	113

LXXXIII	ANDEVA para las tinturas 1:22 y 1:20 de fronda de <i>P. pseudoaureum</i> con etanol al 30%	114
LXXXIV	ANDEVA para las tinturas 1:22 y 1:20 de fronda de <i>P. pseudoaureum</i> con etanol al 50%	114
LXXXV	ANDEVA para las tinturas 1:22 y 1:20 de fronda de <i>P. pseudoaureum</i> con etanol al 70%	115
LXXXVI	ANDEVA para las tinturas 1:10 y 1:5 de rizoma de <i>P. pseudoaureum</i> con etanol al 30%	115
LXXXVII	ANDEVA para las tinturas 1:10 y 1:5 de rizoma de <i>P. pseudoaureum</i> con etanol al 50%	116
LXXXVIII	ANDEVA para las tinturas 1:10 y 1:5 de rizoma de <i>P. pseudoaureum</i> con etanol al 70%	116
LXXXIX	ANDEVA para los extractos fluidos y blandos de fronda de <i>P. pseudoaureum</i> con etanol al 70%	117
XC	ANDEVA para los extractos fluidos y blandos de rizoma de <i>P. pseudoaureum</i> con etanol al 70%	117
XCI	ANDEVA para los extractos fluidos de fronda y rizoma de <i>P. pseudoaureum</i> con etanol al 70%	118
XCII	ANDEVA para los extractos blandos de fronda y rizoma de <i>P. pseudoaureum</i> con etanol al 70%	118
XCIII	ANDEVA para el residuo seco de las tinturas 1:22 de fronda de <i>P. pseudoaureum</i>	119
XCIV	ANDEVA para el residuo seco de las tinturas 1:20 de fronda de <i>P. pseudoaureum</i>	119
XCV	ANDEVA para el residuo seco de las tinturas 1:10 de rizoma de <i>P. pseudoaureum</i>	120
XCVI	ANDEVA para las tinturas 1:5 de rizoma de <i>P. pseudoaureum</i>	120

XCVII	ANDEVA para el residuo seco de las tinturas 1:22 y 1:20 de fronda de <i>P. pseudoaureum</i> con etanol al 30%	121
XCVIII	ANDEVA para el residuo seco de las tinturas 1:22 y 1:20 de fronda de <i>P. pseudoaureum</i> con etanol al 50%	121
XCIX	ANDEVA para el residuo seco de las tinturas 1:22 y 1:20 de fronda de <i>P. pseudoaureum</i> con etanol al 70%	122
C	ANDEVA para el residuo seco de las tinturas 1:10 y 1:5 de rizoma de <i>P. pseudoaureum</i> con etanol al 30%	122
CI	ANDEVA para el residuo seco de las tinturas 1:10 y 1:5 de rizoma de <i>P. pseudoaureum</i> con etanol al 50%	123
CII	ANDEVA para el residuo seco de las tinturas 1:10 y 1:5 de rizoma de <i>P. pseudoaureum</i> con etanol al 70%	123
CIII	ANDEVA para el residuo seco de los extractos fluidos y blandos de fronda de <i>P. pseudoaureum</i> con etanol al 70%	124
CIV	ANDEVA para el residuo seco de los extractos fluidos y blandos de rizoma de <i>P. pseudoaureum</i> con etanol al 70%	124
CV	ANDEVA para el residuo seco de los extractos fluidos de fronda y rizoma de <i>P. pseudoaureum</i> con etanol al 70%	125
CVI	ANDEVA para el residuo seco de los extractos blandos de fronda y rizoma de <i>P. pseudoaureum</i> con etanol al 70%	125
CVII	ANDEVA para el residuo seco de los extractos secos de fronda y rizoma de <i>P. pseudoaureum</i> con etanol al 70%	126

LISTA DE SÍMBOLOS

GC	Cromatografía de gas
HPLC	Cromatografía líquida de alta presión
H_o	Hipótesis nula
H_i	Hipótesis alternativa
IR	Infrarrojo
L	Litro
mL	Mililitros
N.C	Nivel de confianza estadística
NI	No identificado
P	Presión
T	Temperatura
TLC	Cromatografía de capa fina
TM	Tintura madre
UV	Ultravioleta
°C	Temperatura en grados Celsius
v/v	Relación volumen - volumen
ρ	Densidad en g/mL
%	Porcentaje
μ	Comparador estadístico

GLOSARIO

Aceite esencial	Se llama así al constituyente odorífero o “esencia” de una planta, compuesto natural de una planta; compuesto natural, líquido, volátil y, generalmente, de agradable aroma extraído de las plantas mediante procesos de destilación.
Alcohol	Derivado hidroxilado de un hidrocarburo parafínico o cicloparafínico, en donde el grupo –OH está ligado a un átomo de carbono saturado.
Antifúngico	Relativo a una sustancia que destruye los hongos o inhibe su crecimiento y reproducción.
Antiséptico	Sustancia germicida para la desinfección de los tejidos vivos, es también una sustancia que hace inocuos a los microorganismos.
Aromaterapia	Es una rama de la medicina alternativa que utiliza los extractos de las plantas aromáticas o aceites esenciales para curar o prevenir enfermedades.
Bactericida	Que destruye las bacterias.

Cetona	Nombre común a numerosos compuestos orgánicos que se obtienen por oxidación de los alcoholes secundarios o por destilación seca de las sales cálcicas de ácidos orgánicos.
Extracción	Separación de los componentes de cualquier sustancia por el contacto con un líquido.
Extractos abstractos	Son extracciones realizadas por lixiviación o percolación con alcohol de 94° y su concentración es 1:5, ó posterior mezcla con lactosa, hasta que un gramo del producto contenga la misma cantidad de principio activo que dos gramos de droga (2:1).
Farmacognosia	Parte de la farmacología que estudia la acción de los medicamentos naturales.
Farmacología	Es la ciencia que estudia la acción y las propiedades de los agentes químicos (fármacos) que tienen acción sobre los seres vivos.
Fenol	Compuesto orgánico en el que uno o más átomos de hidrógeno del núcleo bencénico han sido sustituidos por grupos OH.

Flavonoides	Son los pigmentos virtualmente universales en las plantas. Casi siempre solubles en agua y son responsables del color de flores, frutos y, algunas veces, de las hojas. Los flavonoides están también universalmente presentes en la cutícula de la hoja y células epidérmicas donde aseguran protección contra el efecto de la radiación ultravioleta.
Glúcidos	Nombre genérico de los compuestos de carbono, hidrógeno y oxígeno a los que es común la fórmula $C_nH_{2n}O_n$.
Hidrolato	Solución constituida de agua más aceite esencial.
Hidropesía	Acumulación de líquido seroso en una cavidad o en el tejido celular.
Humedad	Contenido de agua de un material.
Imbibición	Absorción de un líquido por parte de un sólido sin que se produzca reacción química.
Liofilización	Procedimiento de eliminación del agua de ciertos materiales orgánicos, mediante congelación y deshidratación por sublimación al vacío.
Maceración	Proceso que se asemeja a la extracción por disolvente, la diferencia es que el material permanece varios días sumergido.

Metabolito	Sustancia originada por la transformación metabólica de los alimentos en el interior de las células o de los seres vivos.
Membranáceas	Plantas que poseen una piel delgada o túnica o cualquier tejido laminar de consistencia blanda.
Parénquimáticas	Plantas que poseen tejido vegetal de células esferoidales o cúbicas, separadas entre sí por meatos.
pH	Valor que representa convencionalmente la concentración de iones hidrógeno de una disolución acuosa.
Picnómetro	Recipiente calibrado para la determinación de densidades mediante pesado.
Principios activos	Compuestos químicos de estructura relativamente compleja, como alcaloides, glucósidos que ejercen una acción farmacológica sobre el ser humano, o los seres vivos, a ellos se deben, por consiguiente, los efectos tóxicos y las propiedades terapéuticas que los caracterizan.
Psoriasis	Erupción cutánea en forma de placas rojas cubiertas de escamas.

Rizomas	Tallo horizontal y subterráneo que por un lado echa ramas aéreas verticales y, por el otro, raíces.
Resina	Nombre común de los aceites esenciales de origen isoprenoide cuando se oxidan en presencia del aire.
Saponinas	Son derivados terpénicos que agitados en el agua producen espuma semejante al jabón, así reducen la tensión superficial del agua. Son unos excelentes emulsivos. Se encuentran frecuentemente en las plantas medicinales.
Terpeno	Hidrocarburo orgánico constituido por la polimerización del isopreno.

RESUMEN

En la presente investigación se realizó la obtención y caracterización de los extractos fluidos, blandos y secos así como tinturas hechas de fronda y rizoma de calahuala (*Phlebodium pseudoaureum*) a nivel de laboratorio para determinar si hay o no diferencia entre las propiedades físico-químicas, y realizar una caracterización fitoquímica, tanto de los extractos como de las tinturas de *P. pseudoaureum*. Para ello, se utilizó fronda y rizoma de *P. pseudoaureum* de una finca en San José Pinula departamento de Guatemala.

Para poder obtener los datos necesarios se realizaron tinturas para fronda al 1:22 y al 1:20 y de rizoma al 1:5 y al 1:10, utilizando etanol a 3 concentraciones diferentes (30%, 50% y 70%) para determinar si hay diferencia en la propiedades físico-químicas según sea la parte de la planta utilizada, así como entre las propiedades físico-químicas dependiendo de la concentración del disolvente. También se realizaron extractos fluidos, blandos y secos en etanol al 70% para determinar si sus propiedades físico químicas varían de acuerdo con la parte de la planta utilizada para su realización.

En las tablas III a la XXXI se muestran los resultados obtenidos mediante la experimentación, esto permite comparar las propiedades de los extractos y tinturas de fronda y rizoma de *P. pseudoaureum* y muestra que existen diferencias entre las propiedades físico-químicas de las tinturas al variar la concentración del disolvente utilizado, independiente del tipo de tintura, es decir, la relación droga vegetal – disolvente que se utilice, ya que ésta no afecta las propiedades de las tinturas. Para el caso de los extractos los datos muestran que el tipo de extracto que se realice afecta las propiedades físico-

químicas de éstos y que la parte de la planta de la cual provenga la materia prima afecta las propiedades físico químicas de los extractos. La parte de la planta que muestra mejores cualidades para su uso, basado en los datos obtenidos experimentalmente, es la fronda de *P. pseudoaureum*.

OBJETIVOS

- **General**

1. Evaluar la calidad mediante la comparación de las propiedades fisico-químicas de los extractos fluidos, blandos y secos así como de las tinturas preparadas a partir del rizoma y fronda de la planta de calahuala (*Phlebodium pseudoaureum*).

- **Específicos**

1. Determinar pH, densidad y sólidos totales en cada uno de los tipos de extractos y tinturas preparadas y provenientes de cada sección de la planta seleccionada.
2. Identificar la presencia de cuatro metabolitos específicos pertenecientes a la familia de los flavonoides por medio de una cromatografía en capa fina.
3. Identificar la presencia de la saponina específica 20 Hidroxi-ecdisona en cada uno de los extractos y tinturas preparadas.
4. Evaluar la magnitud de contenido de saponinas en base a la comparación con los estándares de saponinas al 1 y 0.1 %.
5. Analizar estadísticamente los tres parámetros fisico-químicos en cada extracto y tintura para establecer variaciones significativas.

HIPÓTESIS

Existe diferencia entre los valores de las propiedades físico-químicas seleccionadas de los extractos fluidos, blandos y secos así como de las tinturas según sea de la sección de la planta seleccionada como materia prima.

Hipótesis estadística

Ho: no existe diferencia significativa en las propiedades físico-químicas seleccionadas de los extractos fluidos, blandos y secos así como de las tinturas, utilizando para el proceso rizoma o fronda de calahuala sin variar la metodología utilizada.

$$\mu_1 = \mu_2 = \mu_3$$

Hi: si existe diferencia significativa en las propiedades físico-químicas seleccionadas de los extractos fluidos, blandos y secos así como de las tinturas, utilizando para el proceso rizoma o fronda de calahuala sin variar la metodología utilizada.

$$\mu_1 \neq \mu_2 \neq \mu_3$$

INTRODUCCIÓN

En Guatemala un sector de la población aprovecha las plantas medicinales por sus propiedades curativas, estas plantas son utilizadas de manera empírica, es decir, sin fundamentos verdaderos de sus cualidades curativas, sino simplemente basados en conocimientos no comprobados.

Tradicionalmente, a las plantas se les atribuyen propiedades medicinales y curativas como en el caso de enfermedades respiratorias, problemas gastrointestinales, también propiedades de anticancerígenas, antibióticas, dermatológicas y otras más.

El uso de estas plantas medicinales cobra mayor interés cuando la planta es nativa de América, es decir, que su origen es de este continente y su propagación puede no haberse dado o es muy reducida por lo que sus aplicaciones medicinales se desconocen en otros lugares.

El presente trabajo tiene como objetivo principal evaluar las propiedades físico-químicas de los extractos fluidos, blandos y secos así como las tinturas obtenidas, tanto de la fronda como del rizoma de la calahuala (*P. pseudoaureum*) para poder determinar si existe o no diferencia estadística entre las propiedades de las tinturas y los extractos obtenidos del rizoma y los obtenidos de la fronda.

Para esta investigación se utilizó fronda y rizoma de calahuala (*P. pseudoaureum*) seca y molida así como etanol como disolvente a diferentes concentraciones para realizar los extractos y tinturas.

Con base en los resultados obtenidos se identificaron las partes de la planta estudiada para evaluar las mejores propiedades fisicoquímicas y fitoquímicas para su potencial de aprovechamiento. Al tomar en cuenta los análisis realizados se llega a la caracterización de las propiedades del rizoma y la fronda de *P. pseudoaureum* como producto fitofarmacéutico y conociendo los resultados se muestra que la parte poseedora de las mejores características para su aprovechamiento es la fronda debido a que presenta menor contenido de cenizas, menor contenido de materia extraña, mayor contenido de flavonoides, contiene saponinas pero en poca cantidad, mayor homogeneidad estadística en cuanto a diferencias de pH y densidad, así como más homogeneidad en la cantidad de sólidos que puede proveer a una tintura o a un extracto.

JUSTIFICACIÓN

La evaluación para la comparación de las propiedades físico-químicas de las dos diferentes partes de la planta seleccionada en la realización de los extractos y tinturas se justifica por las siguientes razones:

Es de gran interés determinar si las propiedades físico-químicas de los extractos y tinturas obtenidos de la raíz de la calahuala (*phlebodium pseudoaureum*) son iguales o diferentes en relación con las propiedades físico-químicas de los extractos y tinturas obtenidos de la fronda de la calahuala (*P. pseudoaureum*) sin variar la metodología utilizada para la preparación de los extractos y tinturas, respectivamente.

En vista de que la planta utilizada para la investigación es nativa de América presenta mayor interés para la industria fitofarmacéutica de Guatemala, puesto que su aprovechamiento dependerá de la selección de la parte de la planta para que se conozcan sus características en cuanto a sus propiedades físico-químicas y así pueda ser evaluada farmacológicamente de mejor forma.

Este proyecto generó información importante que puede servir de referencia para estudios siguientes de índole farmacológico y así establecer el potencial de aprovechamiento de la planta. Este estudio propuso la utilización de diferentes partes de la planta (rizoma y fronda), así como de diferentes edades, es decir, partes tiernas o jóvenes y partes más viejas, todas provenientes de un mismo cultivar silvestre el cual no tiene fertilización ni ningún tipo de manejo agrícola.

La Facultad de Farmacia de la Universidad de San Carlos de Guatemala ha llevado a cabo proyectos a nivel de trabajos de graduación e investigaciones relacionadas con la obtención y caracterización de los extractos y tinturas de la calahuala (*P. pseudoaureum*), estos estudios se deben analizar para ratificar o deshechar las propiedades ahí señaladas.

En Guatemala el uso de esta planta medicinal es en forma empírica, por lo que al lograr una estandarización de sus propiedades es posible obtener un mejor aprovechamiento en estudios farmacológicos posteriores y lograr mejores resultados al utilizarla.

1. ANTECEDENTES

El uso de plantas para curar enfermedades se remonta a miles de años atrás, ya que el mismo se practicaba en las primeras épocas de la existencia del ser humano. Con el transcurrir del tiempo se ha mejorado el uso de las plantas medicinales para beneficio de la humanidad ya que el uso de tecnología más avanzada ha facilitado la obtención de los agentes activos (familias de metabolitos) de las plantas así como el refinamiento de los procesos de producción de las medicinas derivadas de ellas. En Guatemala se cuenta con un gran número de plantas medicinales identificadas y una industria creciente alrededor de la fitoformacia y fitoquímica, lo que permite al país ser competitivo con países que han desarrollado más este segmento explotable de su economía como lo son Brasil, Argentina, Perú y México.

Las investigaciones en cuanto a la caracterización de algunas propiedades fisico-químicas de la calahuala (*phlebodium pseudoaureum*) han sido numerosas, pero las más recientes son las que aportan mayores avances en cuanto al estudio de las propiedades fisicoquímicas de esta planta.

La realización de la caracterización de las propiedades desinflamatorias de la calahuala fue el motivo de un estudio llamado: **Quantitative determination of antiinflammatory principles in some Polipodium species as a basis for standarization**; esto como resultado de sus aplicaciones medicinales. (Luet, 1998)

Otro estudio que se ha realizado sobre las cualidades anti-inflamatorias de la familia de la calahuala (*polipodiacea*) es: **In vitro anti-inflammatory activity of *Phlebodium decumanum***. (Punzón, C. 2002)

Entre otros campos de estudio se ha investigado sobre el contenido de arsénico en fronda de *phlebodium pseudoaureum* **Arsenic hyperaccumulation by different fern species** como parte de una investigación para determinar la cantidad de arsénico que se encuentran en las hojas de las plantas. (Zhao, F. 2002)

Se realizó la purificación, caracterización y clonación molecular del rizoma de la calahuala (*P. pseudoaureum*); estudio que consta en: **Purification, characterization and molecular cloning from rhizomes of the true fern *Phlebodium aureum***. (Tateno, H. 2003)

En 2004 se realizó junto al equipo del proyecto: Desarrollo de tecnología de cultivo de plantas medicinales y producción de fitoterápicos (OEA/AICD/AE-089/03) la investigación para obtener un Manual de caracterización y análisis de drogas vegetales y productos fitoterapéuticos con el fin de estandarizar la obtención de extractos y tinturas de plantas medicinales. (Cáceres, A. datos no publicados)

También en 2004 se llevó a cabo una caracterización fitoquímica de extractos de frondas y rizomas del género *phlebodium* provenientes de Honduras y Guatemala con lo cual se dió un avance para la tipificación de diferencias entre los extractos realizados con las diferentes partes de la planta y provenientes de diferentes países. (Cruz, S. datos no publicados)

En la Facultad de Ingeniería en la Sección de Química Industrial del Centro de Investigaciones de la Universidad de San Carlos de Guatemala se han realizado estudios, tanto tesis de graduación en Ingeniería Química, así como proyectos de investigación cofinanciados por la DIGI (Dirección General de Investigación) y el CONCYT (Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología) respecto de extractos obtenidos de plantas como aceites esenciales, colorantes naturales, oleoresinas y taninos pero no se han realizado estudios relacionados con el proceso de obtención y caracterización de extractos fluidos, blandos y secos así como tinturas de plantas medicinales, por lo que esta investigación propone ser la pionera en esta rama de los procesos extractivos.

2. MARCO TEÓRICO

2.1. Fitoterapia

El empleo de las plantas medicinales con fines curativos es una práctica que se ha utilizado desde tiempo inmemorial. Los remedios naturales y, sobre todo, las plantas medicinales, fueron el principal e incluso el único recurso del cual disponían los médicos. Esto hizo que se profundizara en el conocimiento de las especies vegetales que poseen propiedades medicinales y se buscara ampliar la experiencia en el empleo de los productos que de ellas se extraen.

La fitoterapia, nombre que se aplica al uso medicinal de las plantas, nunca ha dejado de tener vigencia. Muchas de las especies vegetales utilizadas por sus virtudes curativas entre los antiguos egipcios, griegos y romanos pasaron a formar parte de la farmacopea medieval, que más tarde se vio enriquecida por el aporte de los conocimientos del Nuevo Mundo. Dichas plantas medicinales y los remedios que entonces se utilizaban continúan usándose en la actualidad.

A principio de este siglo, el desarrollo de la química y el descubrimiento de complejos procesos de síntesis orgánica desembocaron en la puesta en marcha, por parte de la industria farmacéutica, de una nueva producción de medicamentos. Para la fabricación de muchos de ellos, utilizaron los principios activos de determinadas plantas medicinales, según la creencia de que las acciones imputables a dichas sustancias, se verían incrementadas al poder realizar terapias en donde la cantidad de principio activo fuera superior al que posee la planta. Nada más lejos de la realidad, ya que se comprobó que las propiedades de dichas sustancias, eran menos eficaces y existía peligro de

producir intoxicaciones e intolerancias, cosa que no ocurría con la utilización de la planta entera.

No se debe olvidar que los remedios a base de plantas medicinales presentan una inmensa ventaja con respecto a los tratamientos químicos. En las plantas los principios activos están siempre biológicamente equilibrados por la presencia de sustancias complementarias que van a potenciarse entre sí, de forma que, en general, no se acumulan en el organismo y sus efectos indeseables están limitados. Sin embargo, a pesar de que han aumentado las investigaciones y estudios científicos de las plantas medicinales, todavía no se conocen muchos de los principios activos a los que deben las plantas sus extraordinarias cualidades.

Es conveniente también recordar la gran importancia que posee la forma de recolección y conservación de las plantas, ya que las células vegetales, desde el mismo momento de la recolección, sufren un cierto número de transformaciones biológicas. Así al separar la parte aérea de la raíz, se provoca una interrupción del flujo alimenticio y de transpiración. Las enzimas que contiene, y que antes favorecían la formación de materias activas, empiezan ahora a descomponerla. En el organismo vegetal, las anteriores reacciones de síntesis orgánica, comienzan a ser sustituidas por reacciones de degradación, y el producto se transforma desde el punto de vista químico. Estas transformaciones se manifiestan con emisión de olor, modificación del color, etc. Una incorrecta recolección y desecación, aumenta la cantidad de productos de degradación y la planta parte de su calidad. (7)

2.2. Los principios activos

Hasta el año 1800, aproximadamente, apenas se había progresado en el campo de la fitoquímica. Únicamente se conocían unas cuantas sustancias, como el azúcar de caña, almidón, alcanfor y ácido benzoico, debido a que su preparación era sumamente sencilla. Mezclas complejas como grasas, aceites, esencias, breas y resinas, se habían utilizado y elaborado, aunque prácticamente no se sabía nada acerca de su composición. Los primeros investigadores en el campo de la fitoquímica no llegaron a apreciar la extrema complejidad de las materias con que realizaban sus investigaciones y carecieron, casi por completo, de las técnicas necesarias para conseguir un proceso auténtico. Se quemaron muchas plantas para obtener cenizas y esos primitivos investigadores se desanimaron al encontrar diferencias mínimas entre las cenizas de una planta venenosa y otra inocua. La expresión, la extracción acuosa y la evaporación se habían empleado tiempo atrás en la obtención de azúcar a partir de la caña de azúcar.

En el siglo XIX los progresos alcanzan mayor rapidez. En 1803 se procede a aislar el primer alcaloide, la narcotina, y le siguieron rápidamente muchos otros, como morfina, estroscina, emetina. Entre 1813 y 1823, Chevreul dilucidó la naturaleza química de las grasas y los aceites fijos.

Hasta mediados del siglo XX el principal empeño en cuanto a la química de los productos naturales, siguió siendo el aislamiento y determinación de la estructura de una amplia gama de compuestos. Resulta claro que se habían establecido los principales tipos estructurales encontrados en las plantas. A partir de entonces, la atención de los químicos respecto a los productos

naturales varió hacia la disolución de las rutas biosintéticas halladas en la planta.

No todos los componentes químicos elaborados por la planta, poseen igual interés para la fitoquímica. Los denominados "principios activos" son frecuentemente alcaloides o heterósidos y ambos merecen, por ello, especial atención. Otros grupos como los glúcidos, grasas y proteínas, tienen importancia dietética y muchos, como los almidones y las gomas, se emplean en técnica farmacéutica, aunque carecen de señalada acción farmacológica. Otras sustancias como el oxalato cálcico, sílice, lignina y materiales colorantes, pueden ser materias coadyuvantes en la identificación de drogas y en la detección de adulteraciones. (7)

2.3. Tipos de preparaciones fitofarmacéuticas

Los principios activos contenidos en las plantas pueden ser extraídos mediante diversas técnicas extractivas o bien pueden ser administrados tal y como se encuentran en la planta desecada o en la planta fresca.

A lo largo de la historia la fitoterapia, a través de la fitoquímica, ha desarrollado diversos métodos de extracción para el mejor aprovechamiento de las virtudes terapéuticas de las plantas tratadas, los cuales son el propósito de esta investigación.

El método de extracción utilizado depende del tipo de planta que se va a emplear, concentración de principios activos y de sus propiedades farmacológicas.

Cuando se utiliza el AGUA como vehículo extractivo reciben el nombre genérico de **TISANAS**: son preparaciones acuosas en las que se aprovecha el poder de extracción que el agua posee. Manteniendo el agua en contacto con la planta ésta cede parte de sus principios activos a la misma, cede aquellas sustancias que son solubles en agua. Ocurre un fenómeno de difusión celular. Una vez que la planta ha sido inhibida (quelung), es decir, impregna el agua, vuelve a reconstruir el estado que tenía la planta fresca. En la planta seca los protoplasmas celulares están retraídos hacia las paredes celulósicas de rigidez indeformable, con lo cual se llenan de finas películas de aire, el cual es expulsado por el fenómeno de la imbibición y sustituido por agua. La difusión celular y, por tanto, la extracción de principios activos durará mientras no se alcance un equilibrio osmótico entre protoplasma celular y líquido extractivo, en este caso agua.

Según la textura o los componentes de la planta, existen varios procedimientos extractivos:

2.3.1. Infusión

Se vierte el agua hirviendo sobre la planta colocada en un recipiente de cierre bien ajustado, a fin de evitar la pérdida de principios activos, y se deja en reposo de 5 a 15 minutos, filtrándose y tomándose inmediatamente. Generalmente, se utiliza para flores, hojas y tallos tiernos.

2.3.2. Decocción

Consiste en echar la planta en agua hirviendo y dejarla hervir durante 5 ó 20 minutos, a una temperatura superior al punto de ebullición, en un recipiente cerrado para evitar la evaporación. Se utiliza para raíces, tallos fuertes y cortezas.

2.3.3. Maceración

Se introduce la planta en agua a temperatura ordinaria durante varias horas (generalmente, de 8 a 12 horas). Esta forma de extracción se suele emplear para plantas ricas en mucílagos como las semillas de lino.

2.3.4. Digestión

Se trata de macerar la planta en agua a temperatura media, alrededor de 50°C, durante un tiempo determinado. Se utiliza, sobre todo, para el agotamiento de las drogas resinosas o cuando los disolventes empleados son grasos (preparación de aceites medicamentosos).

2.3.5. Percolación o lixiviación

En este caso el agua, alcohol u otro disolvente atravesaría una columna llena de planta pulverizada, arrastrando durante el proceso los principios activos. Ej. café.

2.3.6. Maceración-decocción

Se utiliza para ciertas tisanas, compuestas de partes vegetales duras y tiernas, en donde está indicado ponerlas en maceración antes de cocerlas.

2.3.7. Diálisis

En la cual una membrana semipermeable permite una selección de las sustancias arrastradas por el disolvente.

Los métodos más usados, más sencillos y tradicionales son la infusión y el cocimiento.

La extracción depende de varios factores:

- La cantidad de agua. Cuanto mayor sea la cantidad de agua, más elevado será el agotamiento de los principios activos dentro de la planta.
- Las influencias que entre unos y otros principios activos pueden ocurrir una vez que en solución, den lugar a una mayor solubilidad o menor en otros casos.
- La temperatura. La infusión o el cocimiento a una temperatura cercana a los 100 °C favorece la extracción. No obstante, a veces conviene hacer la extracción con agua fría, ya que puede interesar no extraer determinados principios activos que solamente pasarían al agua con la ayuda del calor.
- El tiempo. La duración del contacto de la planta con el agua es determinante ya que de ello dependerá la extracción. A más tiempo de contacto mejor extracción.
- El grado de pulverización de la planta. Aumenta la extracción cuanto más troceada esté la planta, pero hasta ciertos límites a partir de los cuales puede originarse una serie de procesos físicos que dificulten el proceso. Por otro lado, las plantas

pulverizadas pueden traer otra serie de problemas (compactación, taponamiento, canalización).

Tanto unos sistemas como otros, tienen ventajas y desventajas que se escapan a las intenciones de estas páginas.

Otra forma, radicalmente distinta de extracción de principios activos, son los **ZUMOS o JUGOS**, que pueden ser acuosos o grasos. Así se tiene, zumo de naranja, aceite de oliva, resinas de coníferas, bálsamos diversos e, incluso, jugos animales (opoterapia). Normalmente, se emplean para este tipo de extracción prensas hidráulicas, calor o diversos artilugios mecánicos, como licuadoras, etc.

El agua tiene un poder extractivo relativamente pequeño, comparada con otros disolventes también empleados. Uno de ellos y el más usado es el **ALCOHOL ETÍLICO** en diversas graduaciones. Muchas de las preparaciones extractivas (extractos) se realizan con este disolvente.

Otros disolventes utilizados pueden ser: éter, cloroformo, acetona, propilenglicol, etc.

Otro importante método extractivo es la **DESTILACIÓN**, empleado cuando los principios activos que se quiere obtener sean particularmente volátiles. Con los métodos anteriormente vistos gran parte de estas esencias se pierden por ser evaporadas al aplicar calor. La destilación es un antiguo método de extracción que se lleva a cabo con los llamados alambiques.

Existe una destilación seca, empleada para obtener sustancias como el metanol o ácido acético, en la cual no se moja en ningún líquido la materia de la cual se van a extraer esas sustancias.

La destilación típica es llamada destilación húmeda, en la cual se añade a la planta agua o alcohol como proceso previo antes de la propia destilación.

Algunas destilaciones se hacen en un medio donde previamente se hace el vacío, con lo cual las esencias se evaporan a temperaturas inferiores, evitándose oxidaciones y la descomposición de la esencia.

Las esencias también pueden ser extraídas por otros sistemas radicalmente distintos:

- Por expresión, con prensas hidráulicas.
- Extracción de esencias con mantecas animales: la grasa animal tiene la propiedad de absorber con facilidad el perfume o esencia de la flor en contacto con ella, una vez la esencia se lleva a cabo en caliente. Hay dos tipos:
 - a) Enflorado. Las esencias son absorbidas por grasas animales, pero en frío y sin estar en contacto planta y grasa. La grasa absorbe el aroma directamente del aire.
 - b) Extracción de esencias con disolventes orgánicos. Normalmente se emplea el éter del petróleo.

Las esencias van acompañadas de hidrocarburos terpénicos, compuestos poco olorosos, que a veces interesa separar de los compuestos oxigenados (alcoholes, cetonas, aldehídos, etc.), más olorosos. Al proceso de separación se le llama desterpenado y, normalmente, se hace en un alambique con un columna de rectificación con la cual se consigue que destilen unas sustancias y no otras. (7)

2.4. Extractos

Se puede elevar la concentración de principios activos procedentes de un tintura, cocimiento o jugo de las plantas por medio de la evaporación del disolvente, sea alcohol o sea agua. Dado que esta evaporación dañaría y alteraría los principios activos, deberá siempre hacerse al vacío, con lo cual se consigue que la evaporación se haga a una temperatura que no supere los 50°C, ya que la presión de vapor de un líquido depende de la presión total a la que esté sometido. Al disminuir esta presión -vacío o presión negativa- se consigue aumentar la presión de vapor. Por estos métodos, al evaporarse, se pierden los aceites esenciales de la planta.

Existen diversos aparatos para tal efecto, según sea el resultado que se quiera conseguir:

- Concentradores a vacío.
- Nebulizadores o atomizadores: producen una evaporación instantánea que hace atomizar el líquido a través de una corriente de aire caliente. Así se obtienen los nebulizados.
- Liofilizadores: es un buen sistema aunque muy caro. Consiste en enfriar a muy bajas temperaturas. Después, por medio de una potente fuente de vacío, el disolvente solidificado por el frío pasa directamente a vapor, sin pasar por estado líquido. A este proceso se le llama sublimación y así se obtiene los liofilizados.

(7)

2.5. Preparación de extractos

Los extractos de drogas, animales o vegetales, plantas o trozos de plantas pertenecen a las formas farmacéuticas más antiguas.

La extracción propiamente dicha envuelve la separación de porciones biológicamente activas de los componentes inertes o inactivos, a partir de la utilización de un solvente seleccionado y de un proceso de extracción adecuado.

En cada extracción se obtiene un complejo sistema de sustancias activas que puede contener sustancias lastres de diferente procedencia, por lo que son líquidos, semisólidos o polvos, relativamente impuros. Dependiendo del proceso utilizado y del grado de concentración de los extractivos, se encuentran preparaciones conocidas como: decocciones, infusiones, extractos fluidos, tinturas, extractos semisólidos y extractos en polvo.

2.5.1. Extracción

Separación de una mezcla de sustancias por disolución de cada componente, sirviéndose de uno o varios disolventes, donde siempre se obtienen, por lo menos, dos componentes: la solución extraída en su disolvente (extracto) y el residuo. Al embeber la droga con el líquido de extracción se disuelven primero las sustancias a las que el disolvente puede llegar sin obstáculos. Al triturar la droga se destruyen varias células donde el grado de finura creciente favorece la disolución. Las sustancias que están contenidas en la droga son lavadas y arrastradas de los fragmentos celulares por los disolventes mediante un proceso denominado **lavado celular**, simultáneamente transcurre el proceso de difusión celular. El tiempo

necesario para el equilibrio de concentraciones es parcialmente dependiente del tipo de droga (raíz u hoja) y del grado de trituración. La extracción termina cuando se produce un equilibrio de concentraciones.

Para cada extracción se necesita una droga y un líquido de extracción o disolvente que debe cumplir una serie de exigencias. La calidad del extracto vegetal depende de la calidad del material de partida. El contenido en sustancia activa de una droga viene determinado, generalmente, por factores previos a la cosecha y que pueden tener su origen en el tiempo de recolección, el lugar, el tipo de abono, suelo, factores climáticos etc., así como en los procesos de envejecimiento o degradación que puedan ocurrir durante el secado y almacenamiento de la droga; de ahí que sea necesaria la estabilización de los mismos. Junto a esto es conveniente realizar la estandarización del material de drogas, entendiéndose, por ello, el ajuste a un determinado índice de actividad o a un contenido en sustancia activa prefijado.

Dentro de las operaciones de extracción se encuentran dos grupos:

- Extracción líquido-líquido

- Extracción sólido-líquido.

2.5.2. Extracción sólido-líquido

Se denomina a la separación preferencial de uno o más componentes de una mezcla sólida por disolución en un solvente líquido.

En la industria farmacéutica los dos procedimientos de extracción básicos son **maceración** y **percolación**, se suma a éstos la extracción por soxhlet.

2.5.3. Maceración

El principio consiste en que la droga, con el grado de finura prescrito, se pone en contacto duradero con el solvente, se deben realizar agitaciones frecuentes a lo largo de varios días, tratando de influenciar el gradiente de concentración. Al principio de la extracción este gradiente está en el punto máximo, con el correr de los días, a pesar de la agitación, éste disminuye. Como norma se macera la droga por siete días con agitación frecuente y protegida de la luz solar.

Se separa el extracto del residuo por medio de un colado o prensado, se lava el residuo con el líquido de extracción y ambos líquidos se llevan al contenido de masa preestablecido.

La **turboextracción** y la digestión son maceraciones modificadas. El tiempo de maceración en esta extracción se acorta muchísimo debido al tipo de movimiento de agitación que se utiliza, así como trabajar a temperaturas hasta de 20 °C por sobre la ambiente. Este aumento de temperatura lleva a la obtención de sustancias activas más impuras.

El procedimiento está recomendado por diferentes farmacopeas para la preparación de TINTURAS (preparados líquidos obtenidos por extracción de drogas o por disolución de extractos secos, los líquidos de extracción son mezclas de etanol-agua con un contenido en etanol menor al 62% en volumen).

La **digestión** es una maceración a temperatura elevada cuyo líquido de extracción es agua. Con la desventaja que al enfriar, generalmente, se producen precipitaciones.

2.5.4. Percolación o lixiviación

Se trata de un proceso de paso, si bien hay una maceración previa el disolvente se renueva de modo continuo y, debido a ello, mantiene el gradiente de concentración lo más alto posible, el disolvente corre de arriba a abajo a través de la capa de droga; el disolvente puro desplaza al que contiene la sustancia extraída sin ser necesario aplicar presión. La calidad del extracto depende, al igual que la maceración, del grado de finura de la droga, la velocidad de difusión de las sustancias activas desde la droga al disolvente y en la velocidad de pasaje del disolvente.

En la industria farmacéutica se utilizan fundamentalmente, para la fabricación de extractos los percoladores, que son: recipientes de vidrio cilíndrico con grifo de entrada y salida y su tamaño es fundamental para la obtención de un buen extracto.

2.5.5. Extracción por soxhlet

Aparato de extracción semicontinua, pues en una de las fases el sustrato se agrega solo al principio, mientras que el solvente de extracción cumple un ciclo de extracción y purificación continua. La purificación se realiza en forma paralela por destilación del solvente, de manera que el sustrato siempre está en contacto con el solvente puro; se utiliza cuando es necesaria una extracción exhaustiva de la droga. Es útil en escala de laboratorio, a pesar de

que la extracción no tenga una alta eficiencia, pues la regeneración del solvente se realiza automáticamente evitando excesivos manipuleos. (12)

2.6. Tinturas

Son preparaciones en donde el proceso de extracción de principios activos se ha llevado a cabo mediante una maceración, pero no con agua, sino con alcohol-agua, con un grado alcohólico determinado, dependiendo de los principios activos de cada planta y durante un tiempo, en función de la parte de la planta utilizada (hojas, flores, etc.). La relación entre planta y disolvente puede variar del 10 al 20%. Aproximadamente cinco gramos de tintura equivalen a un gramo de planta seca, aunque debe tenerse en cuenta que la extracción no es total y, además, es relativamente selectiva.

Las tinturas tienen la ventaja de ser preparaciones muy simples y sin manipulaciones posteriores. Su grado de alterabilidad es pequeño comparado con otros tipos de extractos y tienen la ventaja de que llevan incluidas las esencias de las plantas, que son solubles en el alcohol.

Las tinturas, infusiones, cocimientos, etc., tienen una concentración poco elevada de principios activos, no obstante, entre ellas las tinturas son más concentradas, debido a que el alcohol tiene mayor capacidad extractiva que el agua. (7)

2.6.1. Tinturas madres

Las tinturas madres son preparaciones líquidas que resultan de la acción disolvente y/o extractiva de un solvente inerte hidroalcohólico sobre la droga vegetal.

Se pueden representar utilizando el símbolo TM colocado después del nombre científico o solamente con éste.

2.6.2 .Técnicas de preparación

Las tinturas madres son la base para la preparación de los medicamentos homeopáticos a partir de plantas frescas o secas. Como medicamentos dinamizados se encuentran en un grado de dilución bastante elevado, el control de calidad ejercido sobre el producto final se vuelve más difícil o en ciertos casos imposible.

Debido a este hecho, es imprescindible partir de una tintura elaborada con estricto rigor técnico y efectuar el control de las diferentes etapas de producción del medicamento homeopático.

2.6.3. Recolección de drogas de origen vegetal

- Plantas enteras: época de floración.
- Hojas después del desarrollo completo de la planta y antes de la floración.
- Sumidades foridas y flores: antes de abrirse totalmente.

- Tallos y rama: después del desarrollo de las hojas y antes de la floración.
- Cortezas de plantas resinosas: en el período de desarrollo de las hojas y los cogollos, momento durante el cual existe una mayor producción de savia.
- Cortezas de plantas no resinosas: colectadas en el período de mayor producción de savia, de ejemplares jóvenes.
- Maderas o leños: de ejemplares jóvenes y desarrollados.
- Raíces de plantas anuales o bianuales: al final del período vegetativo.
- Raíces de plantas perennes: antes de completar su ciclo vegetativo.
- Frutos y semillas: maduras.

2.6.4. Disolventes y equipos utilizados para la preparación de tinturas

Material de origen vegetal: se utilizan mezclas hidroalcohólicas en diferentes concentraciones.

Material de origen animal: algunas farmacopeas recomiendan el uso de una solución glicerinada, entendida como una mezcla de agua o mezcla de alcohol y glicerina en diferentes proporciones.

Los equipos utilizados deben ser de material inerte como, por ejemplo, el acero inoxidable o el vidrio, para que no provoquen alteraciones en la composición de las tinturas. La escala de preparación de tinturas homeopáticas es inferior a la escala utilizada para tinturas de uso fitoterápico.

2.6.5. Preparación de las tinturas madres

De acuerdo con la farmacopea que se utilice, la preparación de las tinturas madres puede ser diferente. Sin embargo, siempre deben cumplirse las siguientes etapas:

- Selección material vegetal: exámenes microscópicos, macroscópicos, elaboración de ensayos para detectar la presencia de contaminantes.
- Escoger el método de extracción: (maceración/percolación) y el solvente que debe utilizarse.
- Exprimir y filtrar el material al finalizar la extracción.
- Elaborar la tintura y realizar el control de calidad (concentración de pa. TLC, HPLC). (6)

La farmacopea Alemana recomienda la preparación de tinturas madres a partir de planta fresca, pero permite el uso de planta seca cuando no sea posible.

En el caso de material seco la técnica de preparación es semejante a otras farmacopeas.

Las tinturas son preparadas en una proporción del 10% en relación con el residuo seco para la extracción se utiliza la concentración de alcohol descrita en la monografía.

En el caso de utilización de plantas frescas la técnica empleada es bastante diferente a las otras farmacopeas, ya que se toma como base el contenido de jugo de las mismas y no el residuo seco de la planta.

En este procedimiento se utilizan cuatro métodos principales.

- Método 1: se aplica a las plantas frescas con más de 60% de jugo por expresión y que no contengan aceites esenciales, resinas o mucílagos. Se exprime la planta o sus partes y se mezcla el jugo obtenido con un peso igual de alcohol al 90°. La preparación se deja en ambiente cerrado por un tiempo mínimo de cinco días y, posteriormente, se filtra.

Jugo+alcohol 90°(1:1) grado de alcohol final=45%

- Método 2: se aplica a plantas con menos de 60% de jugo por expresión y que contengan más de 70% de humedad (pérdida por secado). Se calcula la pérdida por secado de una pequeña parte (alícuota) de la planta, se divide el material vegetal y se adiciona inmediatamente etanol de 90° en la misma cantidad de humedad calculada. Posteriormente, se macera en un recipiente cerrado durante un mínimo de diez días agitando repetidamente y, finalmente, se prensa y se filtra

Contenido de humedad + alcohol 90° (1:1) grado de alcohol final =45%

- Método 3: se aplica a plantas con menos de 60% de jugo por expresión y que poseen menos de 70% de humedad (pérdida por secado). Se calcula la pérdida por secado de una alícuota de la planta. Se divide finamente el material vegetal y se adiciona de inmediato etanol de 90° en una proporción de dos veces el peso del contenido de humedad calculado. Se macera en un recipiente cerrado durante diez días como mínimo, se prensa y se filtra.

Contenido de humedad + alcohol 90 ° (1:1) grado de alcohol final =60

- Método 4: se aplica a planta secas o a animales enteros o a sus partes. En este caso, se puede efectuar la extracción tanto por maceración o por percolación, utilizando la concentración alcohólica descrita en la monografía en una proporción de una parte de la droga por diez partes de alcohol. (13)

Planta seca + alcohol monografía (1:9)

2.7. Tipos de extractos y tinturas

A continuación, se explican las distintas clases de extractos y tinturas.

2.7.1. Tinturas o alcoholados

Generalmente, se preparan con alcohol de 70 °C. En los casos no previstos por la farmacopea se pone una parte de droga para cinco partes en peso de tintura (1:5), excepto para drogas muy activas en las que se utiliza una parte de droga para 10 partes de tintura (1:10). El método de preparación

puede ser: percolación, maceración o, incluso, dilución de los extractos secos o fluidos correspondientes.

2.7.2. Tinturas madres

Son preparaciones obtenidas por maceración de planta fresca en alcohol de 70° de manera que de una parte de droga se obtienen diez partes en peso de tintura (1:10), excepto en algunos casos como en la caléndula, donde es 1:20.

2.7.3. Extractos fluidos

Se obtienen por percolación con alcohol de 70° y posterior concentración a vacío y estandarización hasta 1:1. Generalmente, se realiza en primer lugar una extracción exhaustiva en la que se obtiene el 80% como líquido y luego el resto se concentra a vacío hasta la consistencia de blando y se mezclan estandarizándose hasta 1:1.

2.7.4. Extractos blandos y secos

Se elaboran a partir de los anteriores por evaporación en vacío hasta consistencia de masa espesa filante (15 a 25% de humedad), la concentración es igual o superior a 2:1. Por este mismo proceso o por liofilización, se obtienen los extractos secos cuya concentración es de alrededor de 5:1 (de 2:1 a 10:1).

2.7.5. Nebulizados

Son extractos secos obtenidos pulverizando los fluidos en gotitas muy finas (niebla) que se desecan instantáneamente por calor. Están poco alterados pues el fenómeno de desecación es casi instantáneo. Son más claros, más aromáticos, menos densos (más esponjosos) y más fáciles de volver a disolver.

2.7.6. Extractos purificados

Son cualquiera de los anteriores enriquecidos en principio activo por cromatografía, extracción líquido-líquido, cristalización, etc. El límite de este proceso es la obtención de principios activos puros.

2.7.7. Abstractos

Obtenidos por lixiviación o percolación con alcohol de 94° y Su concentración es 1:5 ó posterior mezcla con lactosa, hasta que un gramo del producto contenga la misma cantidad de principio activo que dos gramos de droga (2:1).

2.7.8. Alcoholaturas

Se obtienen por maceración de material fresco durante ocho días en alcohol de 80° a 95°. También se preparan alcoholaturos estabilizados por ebullición.

2.7.9. Extractos glicólicos

Para su elaboración se emplean mezclas de agua y glicoles (generalmente propilenglicol a veces mezclado con butilenglicol), la concentración va de 1:1 a 1:10. A veces los extractos glicólicos de uso cosmético son en realidad extractos acuosos disueltos en glicoles.

2.7.10. Extractos fluidos incoloros

Se preparan por destilación en corriente de vapor de la droga empapada en alcohol.

2.7.11. Extractos oleosos

Generalmente, la extracción se hace con aceites o bien ésteres de ácidos grasos saturados para evitar su enranciamiento. La concentración va de 1:1 a 1:10.

2.7.12. Macerados glicerizados

Se preparan a partir de planta fresca joven (yemas o brotes jóvenes) macerados con glicerina y alcohol durante, al menos, tres semanas y posterior filtrado con expresión.

2.7.13. Esencias

Pueden obtenerse por arrastre de vapor, expresión, enfleurage o por extracción con disolventes apolares volátiles que, una vez evaporados, dan

lugar al concreto (si es planta fresca) o al resinoide (si es seca) que se purifica con alcohol absoluto dando lugar al absoluto.

2.7.14. Aguas destiladas aromáticas (hidrolatos)

Se obtienen por maceración y posterior destilación con arrastre de vapor seguidas de filtración y clarificación. Su concentración es 1:5 ó bien, 1:1. Son incoloras y contienen del 0,05 al 0,2 % de esencia. Si el mismo proceso se realiza con alcohol en lugar de con agua se obtienen los alcoholatos. (1)

2.8. Características macroscópicas de drogas constituidas por hojas

- Aspecto general: según que las hojas se presenten enteras, fragmentadas o pulverizadas.
- Consistencia: si son duras, flexibles, coriáceas, membranáceas, papiráceas, carnosas o suculentas.
- Color: este carácter tiene un valor relativo para la diagnosis ya que depende del sistema de secado y conservación que se haya realizado. Es importante, si la hoja es discolora, indicar qué color presenta en la cara ventral y cuál en la dorsal.
- Forma: si la hoja se encuentra entera, observar el ápice, base, borde, contorno, nerviación, simetría, si posee o no pecíolo, si es simple o compuestas, si lleva anexos etc.
- Olor y sabor: son característicos de cada especie.

- Superficie de la lámina: por el tacto, si es lisa, sedosa, áspera o tomentosa y por la visión, si es glabra, pubescente, rugosa, ondulada, hirsuta o verrucosa.
- Tamaño: si es que la droga se presenta entera o fraccionada.
- Transparencia: algunas hojas pueden presentar puntos transparentes, relacionados con la estructura interna del órgano, por ejemplo, la presencia de glándulas, idioblastos, cavidades secretoras.

En caso del pecíolo indicar si es estriado, liso, rugoso, piloso, alado, su forma de inserción, etc. (2)

2.9. Características macroscópicas de drogas constituidas por raíces

Para la identificación farmacognóstica, las raíces se clasifican en tuberosas y no tuberosas. Si son tuberosas, pueden adoptar la forma del nabo y se dice que son napiformes, otras veces son alargadas y se las denomina fusiformes, también se encuentran raíces contráctiles.

La superficie puede ser estriada o con ranuras longitudinales y transversales. Muestran las cicatrices dejadas por las raíces de segundo orden cuando éstas caen.

En un corte transversal observado con una lupa, se puede observar la falta de médula, mientras que la región central es ocupada por el xilema primario, donde los radios parenquimáticos surcan radialmente la estructura, puede aparecer el xilema dispuesto en cuñas.

En las raíces tuberosas predomina el tejido parenquimático, el que puede almacenar distintos compuestos a los que se puede identificar con pruebas microquímicas. (2)

2.10. Caracterización química

Entre éstas se tiene:

2.10.1. Características organolépticas

Dentro de los procesos directos de identificación de la materia prima están las características organolépticas, aquellas que pueden ser definidas por los sentidos. Es de importancia el registro de éstas en los tejidos botánicos, así como la presencia o ausencia de olor. La monografía individual puede incluir información botánica sobre posibles especies adulterantes para ayudar a garantizar su ausencia en el material crudo. (2)

2.10.2. Características fitoquímicas

Aunado al examen botánico está el análisis fitoquímico que ayuda a autenticar la identidad del material vegetal. La identificación química, generalmente, utiliza procedimientos cromatográficos para detectar la presencia de compuestos marcadores. Los perfiles cromatográficos o espectroscópicos pueden ser usados para obtener la identificación química comparando siempre contra un estándar o muestra de referencia. Algunos ejemplos de métodos espectroscópicos son: el ultravioleta-visible (UV-Vis), infrarrojo (IR) e infrarrojo con transformada de fourier (FTIR). Los ejemplos de métodos cromatográficos incluyen: cromatografía líquida de alta presión (HPLC, por sus siglas en inglés), cromatografía de capa fina (TLC), TLC bidimensional y cromatografía de gas (GC). Los métodos analíticos usados

para obtener la huella digital (*fingerprinting*) de un material vegetal deben ser capaces de detectar la mayor cantidad de compuestos químicos como sea posible. Las huellas digitales múltiples obtenidas utilizando una combinación de métodos analíticos, con diferentes principios de separación y condiciones de ensayo, pueden ser de gran utilidad. (2)

2.10.3. Constituyentes

La quimiotaxonomía es la clasificación de plantas basadas en sus constituyentes químicos y ésta puede ser de utilidad en la identificación de material vegetal. Los compuestos metabólicos encontrados en los tejidos vegetales pueden ser divididos en dos grandes categorías basadas en sus funciones. La primera categoría comprende los metabolitos primarios que son los involucrados en los procesos fisiológicos de la planta, absolutamente necesarios para la vida y son omnipresentes en el reino vegetal; estos procesos incluyen, la fotosíntesis, respiración y metabolismo del ácido nucléico, proteínas, carbohidratos y lípidos. La segunda comprende los metabolitos secundarios, compuestos que se cree no son absolutamente necesarios para los procesos de la vida, aunque pueden tener funciones importantes en las interacciones de la planta con otros organismos, tales como interacciones alelopáticas, defensa química contra herbívoros y patógenos y atracción para la polinización y animales dispersadores de semilla.

Muchos metabolitos secundarios son conocidos por tener actividad farmacológica y, además, son la base para la quimiotaxonomía de las plantas. Los metabolitos secundarios pueden ser clasificados en diferentes clases químicas, tales como: aminoácidos no protéicos, flavonoides, xantonas, cumarinas, poliacetilenos, policétidos cíclicos, monoterpenos, sesquiter-

penos, iridoides, triterpenos, esteroides, terpenos que contienen nitrógeno y alcaloides. Estas clases químicas no son omnipresentes en el reino vegetal, pero tienden a ser específicas de ciertas clases botánicas, órdenes y familias. Además, muchas subclases químicas y compuestos secundarios individuales son específicos para ciertas subfamilias, géneros y especies. Son estas subclases químicas y compuestos individuales los que pueden ser usados como compuestos marcadores para ayudar en la identificación apropiada del material vegetal. Sin embargo, antes de iniciar con la descripción de los compuestos que pueden ayudar a identificar el material vegetal, se describe la preparación de los extractos botánicos. (2)

2.10.4. Identificación química

Para la identificación química de artículos botánicos se preparan extractos, los cuales son mezclas complejas de varios constituyentes químicos. Para la gran mayoría de extractos botánicos, se puede decir que no se conoce con certeza cuál de los componentes es el responsable del efecto farmacológico registrado. Generalmente, se cree que varios constituyentes actúan sinérgicamente para proveer dicho efecto. Para el material vegetal que posee una monografía, ciertos constituyentes químicos son elegidos y se describen ensayos cuantitativos para evaluar su contenido. La elección de tales componentes, generalmente conocidos como marcadores, está basada en ciertas consideraciones. Actualmente, los siguientes tipos de marcadores son especificados en las monografías y pueden ser identificados en la materia prima.

2.10.4.1. Principios activos

Son constituyentes que tienen actividad clínica probada. El contenido mínimo o rango para los principios activos es especificado usualmente en la monografía individual. Una determinación cuantitativa de los principios activos durante los estudios de estabilidad de las formas de dosificación botánicas proporciona la información necesaria para llegar a la fecha de vencimiento conveniente.

2.10.4.2. Marcadores activos

Son compuestos que tienen actividad farmacológica conocida y contribuyen en cierto grado a su eficacia. Sin embargo, la eficacia clínica para estos constituyentes puede no estar demostrada. Un contenido mínimo o rango de marcadores activos es especificado usualmente en la monografía individual. Una determinación cuantitativa de los marcadores activos durante los estudios de estabilidad de las formas de dosificación botánicas, proporciona la información necesaria para llegar a la fecha de vencimiento conveniente.

2.10.4.3. Marcadores analíticos

Cuando ni los principios activos ni los marcadores activos son definidos, otros constituyentes son utilizados para la determinación cuantitativa. Estos marcadores ayudan en la identificación del material. Si se mantiene un contenido mínimo o rango específico de los marcadores analíticos se puede llevar a cabo la estandarización del extracto vegetal y obtener la fecha de vencimiento conveniente durante los estudios de estabilidad.

2.10.4.4. Marcadores negativos

Son constituyentes que pueden tener propiedades tóxicas o alergénicas y cuya presencia es indeseable en el extracto botánico. Ejemplo de éstos son los ácidos ginkgólicos del ginkgo. Un límite riguroso de estos marcadores puede ser especificado en la monografía individual. (2)

2.10.5. Determinación cualitativa de metabolitos secundarios

El cribado o tamizaje fitoquímico tiene como objetivo general la determinación cualitativa de los principales grupos químicos presentes en el material vegetal y que, por lo general, son los grupos responsables de la actividad farmacológica. Estos ensayos son simples y pueden utilizarse de forma general para la caracterización de extractos obtenidos de material vegetal pero no son ensayos cuantitativos, por lo tanto, no indican por sí solos la calidad del material vegetal.

Las técnicas de determinación cualitativa más corrientemente utilizadas incluyen la determinación de la presencia de alcaloides, flavonoides, taninos, antracenos, esteroides insaturados, saponinas, glicósidos cardioactivos y otros grupos fenólicos. (2)

2.10.5.1. Flavonoides

En el amplio sentido son los pigmentos virtualmente universales en las plantas. Casi siempre solubles en agua y son responsables por el color de flores, frutos y algunas veces las hojas. Los flavonoides están también

universalmente presentes en la cutícula de la hoja y células epidérmicas donde ellos aseguran protección contra el efecto de la radiación ultravioleta.

Todos los flavonoides - aproximadamente 3,000 - tienen en común el origen biosintético y, por ende, poseen la misma estructura básica, denominada 2-fenilcromano. La migración del anillo de fenilo a la posición 3 resulta en un esqueleto de 3-fenilcromano, dando origen a los isoflavonoides. Cuando es un esqueleto de 4-fenilcromano se llaman neoflavonoides.

Los flavonoides propiamente dichos pueden ser clasificados de acuerdo con el estado de oxidación del anillo de pirano central en, al menos, 12 grupos, como flavonas, flavonoles, flava-nonas, dihidroflavonoles, flavan-3-oles, flavan-3-dioles, chalconas, auronas y antocianidinas.

Además de los OH en las posiciones 3, 5, 7 y 4, pueden encontrarse en formas diméricas unidas a través de enlaces C-C de las posiciones 8 y 6 reactivas. También estos OH, pueden estar unidos por enlaces O-glicósidos, los C-glicósidos aparecen unidos en las posiciones 6 y 8.

2.10.5.1.1. Actividad biológica de los flavonoides

La principal propiedad de los flavonoides es una actividad de tipo vitamina P, potencialmente activa sobre las venas, éstas disminuyen la fragilidad y permeabilidad capilar. En adición, el hecho de la naturaleza de vitamina de estos compuestos es cuestionable, ya que no hay prueba que la deficiencia de flavonoides conduzca a algún síndrome, es mejor referirse a éstos como factor P o vitamina factor P. La FDA no reconoce ninguna actividad de este

grupo de compuestos, sin embargo, en algunos países europeos, estos son ampliamente prescritos, recomendados por los farmacéuticos y comúnmente automedicados para tratar desórdenes circulatorios menores. Adicionalmente, algunas moléculas han probado su eficacia en altas dosis.

El concepto de factor P es consecuencia de la observación de que ciertos síntomas de escorbuto, curados por la administración de jugo de limón, no son curados por el ácido ascórbico. Por tanto, se postula que el ácido ascórbico es sólo activo en combinación con el factor P, primero identificado como flavonoides, luego como antocianinas y oligómeros flavanólicos.

Los flavonoides son, a menudo, antiinflamatorios, con lo cual interfieren con el metabolismo del ácido araquidónico, como apigenina, crisina, taxifolina, gossipina, etc. También, pueden ser antialérgicos, hepatoprotectores, antiespasmódicos, disminuyentes del colesterol, diuréticos, antibacterianos, citostáticos y captadores de radicales libres *in vitro*. La presencia de los flavonoides puede justificar, en muchos casos, el uso vernáculo para enfermedades relacionadas.

2.10.5.1.2. Determinación cualitativa de flavonoides

- Evaporar el equivalente a 5 g de material en una cápsula de evaporar en baño maría.
- Triturar el residuo con 15 ml de éter de petróleo y filtrar. Repetir con volúmenes adicionales hasta que éste sea incoloro. Descartar el extracto. Este método selectivamente remueve materiales grasos solubles tales como: clorofila, grasas, resinas, etc.; los cuales son solubles y retienen flavonoides y, en general, no son solubles en éter de petróleo.

- Disolver el residuo desgrasado en 10 ml de etanol al 80% y filtrar. Colocar de 1-2 ml del filtrado en tres tubos de ensayo y rotular. El tubo No. 1 sirve de control. (14)

2.10.5.2. Saponinas

Los glucósidos saponínicos, también llamados saponinas o sapogeninas, son derivados terpénicos que agitados en el agua producen espuma semejante al jabón, así reducen la tensión superficial del agua. Son unos excelentes emulsivos. Se encuentran frecuentemente en las plantas medicinales.

Una de las características de las saponinas es producir la hemólisis de los glóbulos rojos (eritrocitos), por lo cual son muy dañinas si se inyectan directamente en sangre; a causa de esto, algunas plantas no son útiles en medicina; sin embargo, para los animales de sangre caliente apenas tiene toxicidad.

Se han utilizado mucho como agentes limpiadores y como espumantes, especialmente en líquidos de extinción de incendios. La hidrólisis de las saponinas mediante ácidos o enzimas, elabora un azúcar (generalmente una glucosa) y una sapogenina; algunos de éstos azúcares son utilizados como materias primas para sintetizar hormonas esteroides. Algunas plantas con alto contenido de glucósidos saponínicos son: hoja de acacia, hoja de abedul, castaño de indias, ginseng, flor de gordolobo, regalíz, hiedra, primavera, raíz de saponaria o jabonera, violeta y zarzaparrilla.

Medicinalmente, las saponinas relajan el intestino e incrementan las secreciones de las mucosas bronquiales, fluidifican éstas y facilitan la

expectoración (como la violeta, gordolobo y saponaria). Se emplean también como diuréticos y desinfectantes de las vías urinarias (como la zarzaparrilla). En usos externos son analgésicas y cicatrizantes (como la hiedra). (14)

2.11. Control del producto final

Las tinturas y extractos deben cumplir con los parámetros codificados para ellas en las farmacopeas.

Los pasos por seguir son :

- a) Caracteres organolépticos : color, sabor, olor.
- b) Ensayos analíticos cualitativos.
- c) Cromatografía en capa delgada.
- d) Ensayos de pureza.
- e) Valoración de los principios activos.

2.11.1. Pruebas

Se realizan diferentes pruebas sobre el material vegetal que dan una idea acerca de su calidad, autenticidad y nivel de seguridad (presencia o ausencia de pesticidas) para el consumo humano. Estas pruebas son: cenizas totales, ceniza insoluble en ácido, cromatografías líquida, de gas y capa fina, entre otras.

2.11.1.1. Cromatografía en capa fina

La cromatografía de capa fina es una técnica de separación en la cual la fase estacionaria es esparcida sobre un soporte (placa) de vidrio, metal o plástico, como una capa delgada y uniforme. Las soluciones de los analitos son depositadas sobre la placa y luego corridas. La separación se basa en adsorción, partición, intercambio iónico o en combinaciones de estos mecanismos y se lleva a cabo por la migración a través de la fase estacionaria de los solutos en un disolvente o mezcla apropiada de disolventes. Inicialmente, es necesario precondicionar las placas cromatográficas, lo cual se puede realizar corriendolas en un disolvente apropiado y, al momento de uso, calentándolas en un horno de 100 a 105°C por una hora.

La técnica de capa fina es imprescindible cuando se quieren valorar componentes individuales, pues permite la separación de mezclas de sustancias. En el pasado, luego del desarrollo del cromatograma, era necesario raspar la placa y eluir los componentes de interés pero, actualmente, con el uso del densitómetro, se pueden analizar las manchas *in situ*. Sin embargo, a pesar de la ventaja que implica el uso de esta técnica, la densitometría no es un método oficial de ninguna farmacopea, hasta el momento.

En capa fina las fases estacionarias pueden ser: sílicagel 60F₂₅₄, óxido de aluminio y celulosa.

La capa fina se utiliza sólo para identificación del material vegetal, aún cuando existan otros métodos cromatográficos en la monografía, como cromatografía de gas y cromatografía líquida. Este método cromatográfico tiene como fin elucidar el cromatograma del material, en comparación con un

material de referencia que debe ser incluido en la monografía como un reactivo. Un mínimo de dos sustancias de referencia debe utilizarse y los cromatogramas han de ser descritos en una tabla.

Sólo las zonas principales del cromatograma obtenido con el material en estudio son descritas en la tabla con relación a la posición de las zonas obtenidas con el material de referencia, luego de la acción de los reactivos (reveladores, calor, etc.). Los cromatogramas no deben ser descritos en términos de *R_f*. En algunas ocasiones, si aparecen zonas que no corresponden a las descritas, es importante reportarlo.

2.11.1.2. Ceniza total

Esta prueba se realiza sobre el material pulverizado y para algunas farmacopeas no requiere que se establezca el tamaño del tamiz, aunque la norteamericana, establece un muestreo y tamaño de tamiz. La prueba de ceniza total se incluye a menos que se establezca lo contrario en la monografía e indica el contenido de minerales que contiene el material en estudio.

2.11.1.3. Ceniza insoluble en ácido

Estas pruebas tienen como fin la obtención de una materia prima de calidad y antes que el material vegetal sea molido o pulverizado, deben ser removidos el polvo, las piedras, los terrones de tierra y cualquier otra materia inorgánica foránea, por métodos mecánicos u otro que sea apropiado. La ceniza insoluble en ácido es la cantidad de materia inorgánica extraña presente en el material vegetal o animal, la cual no debe exceder al 2%, a menos que se especifique lo contrario en la monografía individual. Esta

determinación es muy importante para drogas subterráneas y, además, para detectar adulteraciones en un material vegetal, pues pueden agregarse minerales a la materia prima. Esta prueba se lleva a cabo con el residuo de la ceniza total o de la ceniza sulfatada, consta de varios métodos, sin embargo, en la farmacopea británica, a pesar de haber dos métodos, el que se realiza es el método I, a menos que se indique lo contrario en la monografía. La USP tiene un procedimiento muy parecido, sólo cambia la molaridad del ácido. Además, se presenta el método de la farmacopea herbolaria de los Estados Unidos Mexicanos, en la cual la molaridad del ácido se da en g/L.

2.11.1.4. Ceniza sulfatada

La ceniza sulfatada se puede realizar en lugar de la ceniza total para la determinación de los minerales presentes en el material vegetal y, a pesar de que el valor que se obtiene con esta prueba es mucho más constante, no es aceptado por algunas farmacopeas, pues depende mucho de los fertilizantes utilizados durante el cultivo y el valor puede ser mucho mayor al verdadero. Esta prueba aparece en la farmacopea británica, la ayurveda, la española y no está en la USP. (2)

2.12. Estudio de estabilidad

El período de vida útil de una tintura y el extracto debe evaluarse en forma particular para cada una. Los estudios de estabilidad natural surgen de repetir los pasos de control de producto terminado a diferentes tiempos. La fecha de vencimiento de una tintura y un extracto en general está entre los dos y los cinco años. (2)

2.13. *Phlebodium pseudoaureum* (calahuala) (Cav.) Lellinger

A continuación, se presentarán los elementos que caracterizan a la *phlebodium pseudoaureum* (calahuala).

2.13.1. Sinónimos

Goniophlebium areolatum (Humb. Et Bonpl. Ex Willd.) C. Presl

Phlebodium aureum auct., en part (L.) J. Sm.

Polypodium aureum auct., en parte L.

Polypodium areolatum H & B.

Polypodium areolatum var. Loreum J. Bommer.

2.13.2. Descripción botánica:

Helecho epifito 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.

Este helecho se caracteriza por su largo, escamoso y grueso rizoma que emite hojas densas, glabras, verdes, oscuras en la haz, claras en el envés, donde aparecen los soros circulares, pardos. En los nervios ciegos, puntos calcáreos sobre la haz, la nervadura en el envés es retiforme.

2.13.3. Hábitat

Nativas de Centro América. 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 América hasta América del Sur en alturas de 1,200 – 2,200 metros sobre el nivel del mar. En Guatemala se ha descrito en Alta Verapaz, Baja Verapaz, Chimaltenango, Escuintla, Guatemala, Huehuetenango, Suchítepequez y Zacapa.

2.13.4. Historia

Con el mismo nombre se designan a varias especies de helechos de la familia *polypodiaceae* que abundan en sitios sombreados y húmedos de los bosques de la región, la especie más común en *P. aureum*. En mesoamérica se usan ampliamente por sus múltiples virtudes medicinales atribuidas, en Guatemala se usan indistintamente otras especies medicinales (*P. attenuatum* HBK y *P. dissimile*). En Honduras se produce comercialmente, tanto *P. deumanum* como *P. leucotomos*.

2.13.5. Agricultura

Los rizomas se obtienen por recolección en los bosques de crecimiento silvestre, el material es muy variable en sus características botánicas. Se recomienda mantener bajo manejo las zonas de crecimiento natural o iniciar su domesticación y cultivo para garantizar un abastecimiento sostenido. En Honduras se cultiva comercialmente en desechos de palma en condiciones de

invernadero. Las hojas y rizoma se colectan en plena madurez y se secan a la sombra o con aire caliente forzado a temperaturas no mayores de 60°C.

2.13.6. Usos medicinales atribuidos

La infusión y decocción del rizoma se usa oralmente para tratar afecciones gastrointestinales (diarreas, dolor de estómago, estreñimiento, gastritis), respiratorias (asma, tos, tos ferina) y cardíacas, dolor de huesos, reumatismo, diabetes, gota, hipertensión, purificar la sangre, parásitos, enfermedades venéreas, sífilis y afecciones renales (cálculos, hidropesía).

Tópicamente se usa la infusión en emplasto y cataplasma para el tratamiento de contusiones, reumatismo, úlceras, quebradura, cáncer, cierto tipo de tumores, psoriasis y eczema. La decocción de las hojas se usa para detener las hemorragias.

Se le atribuye propiedad analgésica, antihemorrágica, depurativa, diurética, desinflamante, emenagoga, espasmolítica, expectorante, febrífuga, laxante, pectoral, purgante, sudorífica y tranquilizante.

2.13.7. Farmacología

A continuación, se presentan los dos tipos más comunes:

2.13.7.1. Experimental

Estudios antimicrobianos demuestran que el extracto acuoso tiene alguna actividad antibacteriana, aunque en otros estudios los extractos acuoso y etanólico fueron inactivos contra *escherichia coli* y *staphylococcus aureus*. El extracto de hojas es activo contra bacterias fitopatógenas (*zanthomonas campestris*). Las calagualinas son saponinas aisladas del rizoma que tiene actividad antitumoral.

Los resultados iniciales sobre su actividad farmacológica fueron contradictorios, por lo que fue considerada sin ninguna propiedad. La decocción del rizoma produce moderada actividad diurética en ratas. 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.

2.13.7.2. Clínica

Ensayos clínicos desde principios de siglo le atribuyen eficacia en el tratamiento de cálculos renales e hidropesía. En pacientes con neoplasias avanzadas se demostró que la calagualina produce un ligero aumento de la sobrevivencia sin producir efectos indeseados.

La administración oral y tópica de un producto que contiene extracto de la planta (Difur[®]) induce repigmentación en pacientes con vitiligo.

2.13.8. Composición química:

Los estudios de composición química se han realizado en algunas de las especies, pero aún es incompleto. El rizoma de *P. aureum* 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*). Las especies usadas medicinalmente en El Salvador contienen alcaloides, sesquiterpenlactonas y taninos.

2.13. 9. Farmacognosia

La materia médica son los rizomas verdosos en estado fresco y café dorado cuando secos, son cilíndricos, tortuosos, escamas moreno ferruginosas, sin un olor especial; deben reunir las mismas características fisicoquímicas y sanitarias de las otras materias primas usadas para la elaboración de productos fitofarmacéuticos. Si bien es una planta que empieza a usarse en Europa, su uso aún no es oficial, por lo que no se encuentra en las farmacopeas. Existen productos fitofarmacéuticos del extracto crudo y purificado en forma de rizoma seco, polvo, comprimidos, tintura, extracto fluido, extracto seco y cápsulas.

2.13.10. Toxicología

Los extractos acuoso y etanólico del rizoma (500 mg/kg) no fueron tóxicos a peces del género *mollinesia*, En la revisión de literatura y base de datos realizada no se encontró ninguna referencia sobre su toxicidad en humanos.

2.13.11. Indicaciones terapéuticas

Por su actividad antiinflamatoria, inmunomoduladora y depurativa está indicado su uso en el tratamiento de psoriasis, eccemas, dermatosis, vitiligo y estados de disfunción inmune. Se recomienda administrar tres veces al día en dosis de una cápsula antes de las comidas, 1 – 4 g/ taza en decocción, 3 – 5 ml de tintura 1:10 en etanol 35%.

Por las mismas indicaciones puede aplicarse tópicamente, ya sea en forma de pomada o ungüento.

Por su actividad antiinflamatoria e inmunomoduladora puede combinarse con achiote, apacín, manzanilla y zarzaparrilla; como depurativo puede combinarse con amargón, palo jote y sauco. (3)

3. METODOLOGÍA

3.1. Localización

- La colecta del rizoma y fronda se realizó de un cultivar silvestre en una finca en San José Pinula, municipio del departamento de Guatemala.
- El secado del rizoma y la fronda de calahuala se llevó a cabo en el secador solar ubicado en la Facultad de Agronomía.
- La obtención de los extractos fluidos, blandos y secos, así como de las tinturas se realizó en el laboratorio de la sección de Química Industrial del Centro de Investigaciones de la Facultad de Ingeniería.
- Los análisis físico-químicos se realizaron en el laboratorio de la sección de Química Industrial del Centro de Investigaciones de la Facultad de Ingeniería
- Los análisis fitoquímicos se realizaron en el laboratorio LIPRONAT de la Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia.

3.2. Recursos humanos

- Investigador: Alvaro Enrique Guerra Corado
- Asesora: Inga. Telma Maricela Cano Morales
- Coasesora: Licda. química farmacéutica Sully Cruz.

3.3. Recursos materiales

- Rizoma y fronda de calahuala (*phlebodium pseudoaureum*) seca proveniente de San José Pinula
- Disolvente orgánico, etanol (C₂H₅OH) al 30%, 50% y 70%.

3.4. Equipo

El equipo requerido es el siguiente:

3.4.1. A nivel de laboratorio

- Percolador de acero inoxidable
- Termómetro de mercurio (rango –20°C a 150°C)
- Percolador de plástico de 250 mL
- Percolador de plástico de 100 mL
- Balanza de humedad sartorius MA45
- Potenciómetro HANNA pH 211
- Rotavapor Büchi R-300 modelo “A” incluye condensador inclinado de vidrio con balón concentrador y balón colector de 1 L con juntas 24/40 y rotación graduable entre 20 y 250 RPM.
- Picnómetro de 9.953 mL
- Vaso de precipitar de 500 mL
- Probeta de 100 mL
- Probeta de 50 mL
- Probeta de 10 mL

3.5. Metodología experimental

Diseño de tratamientos

La materia prima que se utilizó es calahuala (*P. pseudoaureum*) y pertenece a la familia *polypodiaceae*, en el estudio se utilizaron el rizoma y la fronda de la planta para analizar sus propiedades por separado. Para las tinturas se utilizó la extracción por percolación con 48 horas de reposo, mientras que para los extractos se utilizó la extracción por percolación con 24 horas de reposo.

Para cada parte de la planta (rizoma o fronda) se realizaron dos tipos de tintura (1:5 y 1:10) y cada tintura con alcohol a tres diferentes concentraciones (30% v/v, 50% v/v y 70% v/v) y se realizaron tres repeticiones de cada tratamiento, lo que nos da doce tratamientos en tinturas en triplicado (36).

En el caso de los extractos se realizaron tres extractos tanto para fronda como para rizoma y se hicieron tres repeticiones lo que da seis tratamientos y dieciocho repeticiones. Por lo tanto, el total de tratamientos es de dieciocho y la cantidad de repeticiones es de cincuenta y cuatro.

Manejo experimental

Debido a que la fronda y el rizoma de la calahuala se obtuvo en trozos grandes, se trituró en un molino para obtener materia que tuviera un tamaño uniforme y así lograr el mayor aprovechamiento de sus propiedades. Los extractos y tinturas fueron obtenidos en el laboratorio de la sección de Química Industrial del Centro de Investigaciones de Ingeniería. Luego de

obtenidos los extractos y tinturas fueron analizados en el laboratorio LIPRONAT de la Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia.

Tintura

La obtención de la tintura se llevó a cabo por el método de percolación en etanol a diferentes concentraciones. El procedimiento utilizado se describe a continuación:

1. Pesar una muestra de 10 gramos de fronda o rizoma molida y seca. Agregar en el recipiente que contiene la suficiente cantidad de etanol (200 mL) a 22°C. La cantidad de etanol depende de la relación de tintura que se quiera obtener, por ejemplo para una tintura 1:10 se agregan 10 gramos de materia prima y 100 mL de solvente esto da una relación 1:10.
2. Realizar la percolación durante 48 horas a 22°C.
3. Recuperar la tintura al término de la extracción.
4. Si no se recupera la cantidad de disolvente agregada al inicio, se debe lavar con disolvente hasta obtener la cantidad agregada inicialmente.
5. La tintura obtenida es almacenada en frascos ámbar y en refrigeración para que se conserve.

Extracto

La obtención de los extractos se llevó a cabo por el método de percolación en etanol al 70%. El procedimiento utilizado se describe a continuación:

1. Pesar una muestra de 100 gramos de fronda o rizoma molida y seca. Agregar en el recipiente que contiene la suficiente cantidad de etanol a 22°C.
2. Realizar la percolación durante 24 horas a 22°C.
3. Recuperar el extracto, al término de la percolación.
4. El extracto recuperado se llevará al rotavapor donde se le separará del disolvente.
5. El extracto separado del solvente es almacenado en frascos ámbar y refrigerado para su conservación.

Diseño Experimental

Se realizó un análisis de varianza para cada propiedad físico-química, para tener un arreglo matricial de doce tratamientos y treinta y seis observaciones para las tinturas así como seis tratamientos y dieciocho observaciones para los extractos .

Tabla I. Datos requeridos para un experimento, con a tratamientos y n repeticiones

Tratamientos	No. de observaciones			Total	Promedio
1	$Y_{1,1}$	$Y_{1,2}$	$Y_{1,3}$	Y_1	\tilde{y}_1
2	$Y_{2,1}$	$Y_{2,2}$	$Y_{2,3}$	Y_2	\tilde{y}_2
3	$Y_{3,1}$	$Y_{3,2}$	$Y_{3,3}$	Y_3	\tilde{y}_3
a	$Y_{a,1}$	$Y_{a,2}$	$Y_{a,3}$	Y_a	\tilde{y}_a
				Y_i	\tilde{y}

Donde:

Y_i = es el total de las observaciones bajo i-ésimo tratamiento

\tilde{y}_i = es el promedio de las observaciones bajo i-ésimo tratamiento, similarmente sea Y la suma de todas las observaciones y \tilde{y} la media general de las observaciones.

Análisis estadístico

En la tabla I se presentan los cálculos que se realizaron durante el análisis de varianza y se ilustra el área de rechazo y aceptación.

Tabla II. Tabla de ANDEVA

Fuente de variación	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrados medios	f calculada
Tratamientos	SSA	K-1	$S_1^2 = \frac{SSA}{k-1}$	S_1^2/S^2
Error	SSE	K (n-1)	$S^2 = \frac{SSE}{K (n-1)}$	
Total	SST	nk-1		

Donde:

SST= se calcula de la siguiente forma:

$$\sum Y^2 - Y_t / n = SST \text{ (ecc. 1)}$$

SSA = se calcula de la siguiente forma:

$$\sum Y^2 / K - Y_t / n = SSA \text{ (ecc. 2)}$$

SSE = se calcula de la siguiente forma:

$$SST - SSA = SSE \text{ (ecc. 3)}$$

4. RESULTADOS

4.1. Calidad de la materia prima

Se realizaron las pruebas siguientes:

4.1.1. Cenizas

Tabla III. Porcentaje en peso de las cenizas de la materia prima (*phlebodium pseudoaureum*)

Fronda	11.25 %
Rizoma	14.95 %

Fuente: datos calculados

4.1.2. Materia extraña

Tabla IV. Porcentaje en peso del contenido de materia extraña en la materia prima (*phlebodium pseudoaureum*)

Fronda	0.59 %
Rizoma	0.72 %

Fuente: datos originales

4.1.3. Humedad

Tabla V. Porcentaje en peso del contenido de humedad de la materia prima (*phlebodium pseudoaureum*)

Fronda	9.76 %
Rizoma	7.97 %

Fuente: datos originales

4.2. Propiedades del Producto

Tabla VI. Datos del análisis físico-químico y fitoquímico del rizoma

Tabla VII. Datos del análisis físico-químico y fitoquímico de la fronda

4.2.1. Cromatografía en capa fina

Tabla VIII. Valores de Rf para la determinación de saponinas en tinturas hechas de fronda de *phlebodium pseudoaureum*

	Porcentaje de etanol	Rf
		Estándar 1%
Tintura 1:22	30%	0.4285
	50%	0.4285
	70%	0.4285
Tintura 1:20	30%	0.4285
	50%	0.4285
	70%	0.4285

Fuente: datos calculados

Este valor de Rf coincide con el estándar 1 de saponinas, presenta una poca coloración amarillenta en la placa.

Tabla IX. Valores de Rf para la determinación de saponinas en tinturas hechas de rizoma de *phlebodium pseudoaureum*

	Porcentaje de etanol	Rf			
		Ni	Ni	20 Hidroxi- ecdisona	Ni
Tintura 1:10	30%	0.2428	0.6428	0.7857	
	50%	0.2428	0.6428	0.7857	
	70%	0.2428	0.6428	0.7857	0.9714
Tintura 1:5	30%	0.2428	0.6428		
	50%	0.2428	0.6428		
	70%	0.2428	0.6428	0.7857	0.9714

Ni = No identificado

Fuente: datos calculados

Presentaron una fuerte coloración verde y rojo intenso en la placa cromatográfica; los valores de Rf de 0.2428, 0.6428 y 0.9714 no coincidieron con ningún estándar utilizado, mientras que el valor de Rf de 0.7857 coincide con el estándar de 20 Hidroxi ecdisona.

Tabla X. Valores de Rf para la determinación de flavonoides en tinturas hechas de fronda de *phlebodium pseudoaureum*

	Porcentaje de etanol	Rf								
		Ni	1	Ni	Ni	2	3	Ni	Ni	Ni
Tintura 1:22	30%		0.333			0.493	0.626	0.72	0.8	0.93
	50%	0.2	0.333		0.4	0.493	0.626	0.72	0.8	0.93
	70%		0.333			0.493	0.626	0.72	0.8	0.93
Tintura 1:20	30%		0.333			0.493	0.626	0.72	0.8	0.93
	50%					0.493	0.626	0.72	0.8	0.93
	70%	0.2		0.36		0.493	0.626	0.72	0.8	0.93

Fuente: datos calculados

Ni = No identificado

1 = Rutina 2 = Ácido Clorogénico 3 = Hyperosido

Se obtuvieron marcas de color verde, naranja, amarillo y azul fluorescente al exponer la placa al UV. Los valores de Rf de 0.36, 0.4 0.2, 0.72,0.8 y 0.93 no coincidieron con los estándares utilizados, mientras que los valores de Rf de 0.333, 0.4933 y 0.6266 coincidieron con los estándares de rutina, ácido clorogénico e hiperósido respectivamente.

Tabla XI. Valores de Rf para la determinación de flavonoides en tinturas hechas de rizoma de *phlebodium pseudoaureum*

	Porcentaje de etanol	Rf		
		Ni	Ni	Ni
Tintura 1:10	30%	0.4	0.8	0.93
	50%	0.4	0.8	0.93
	70%	0.4	0.8	0.93
Tintura 1:5	30%	0.4	0.8	0.93
	50%	0.4	0.8	0.93
	70%	0.4	0.8	0.93

Fuente: datos calculados
Ni = No identificado

Estas tinturas mostraron poca coloración al exponerlas al UV. Los valores de Rf de 0.4, 0.8 y 0.93 no coincidieron con ningún estándar utilizado.

Tabla XII. Valores de Rf para la determinación de saponinas en extractos hechos de fronda de *phlebodium pseudoaureum*

	Rf	
	Ni	Ni
Fluido	-	0.91
Blando	0.4071	0.91
Seco	0.4071	0.91

Fuente: datos calculados
Ni = No identificado

Para estos extractos no se obtuvo mayor coloración, exceptuando una leve marca color verde. Los valores de Rf de 0.4071 y 0.91 no coincidieron con ningún estándar utilizado.

Tabla XIII. Valores de Rf para la determinación de saponinas en extractos hechos de rizoma de *phlebodium pseudoaureum*

Extracto	Rf	
	Ni	Ni
Fluido	0.4571	0.9142
Blando	0.4571	0.9142
Seco	0.4571	0.9142

Fuente: datos calculados

Ni = No identificado

Se obtuvieron marcas de color rojo intenso, así como verde en la placa cromatográfica. Ninguno de los colores coincide con los estándares utilizados al igual que los valores de Rf.

Tabla XIV. Valores de Rf para la determinación de flavonoides en extractos hechos de fronda de *phlebodium pseudoaureum*

Extracto	Rf				
	1	2	3	Ni	Ni
Fluido	0.4133	0.5466	0.6533	0.8266	0.86
Blando	0.4133	0.5466	0.6533	0.8266	0.86
Seco	0.4133	0.5466	0.6533	0.8266	0.86

Fuente: Datos Calculados

Ni = No identificado

1 = Rutina 2 = Ácido Clorogénico 3 = Hyperósido

Se obtuvieron marcas de color amarillo, verde, naranja y azul fluorescentes al exponer la placa al UV. Los valores de Rf de 0.4133, 0.5466, 0.6533 coinciden con los estándares de rutina, ácido clorogénico e hyperósido respectivamente, mientras que los valores de Rf de 0.8266 y 0.86 no coincidieron con ningún estándar utilizado.

Tabla XV. Valores de Rf para la determinación de flavonoides en extractos hechos de rizoma de *phlebodium pseudoaureum*

Extracto	Rf
	Ni
Fluido	0.5466
Blando	-
Seco	-

Fuente: datos calculados
Ni = No identificado

No se obtuvo ninguna marca a excepción de una coloración verde muy tenue al exponer la placa al UV. El valor de Rf de 0.5466 coincide con el estándar de ácido clorogénico.

4.3. Análisis estadístico

Todo el análisis estadístico se hizo para un nivel de confianza del 95%.

4.3.1. pH

Tabla XVI. Valores de F para la evaluación del pH de las tinturas 1:22 y 1:20 de fronda de *phlebodium pseudoaureum*

Valor de F calculada	Tintura 1:22			Tintura 1:20			
	30%	50%	70%	30%	50%	70%	
Tintura 1:22	30%	0	1.29	1.29	0.57	0.74	0.80
	50%	1.29	0	1.29	1.83	2.59	2.98
	70%	1.29	1.29	0	0.66	0.77	0.82
Tintura 1:20	30%	0.57	1.83	0.66	0	0.54	0.54
	50%	0.74	2.59	0.77	0.54	0	0.54
	70%	0.80	2.98	0.82	0.54	0.54	0

Fuente: datos calculados

Tabla XVII. Valores de F para la evaluación del pH de las tinturas 1:5 y 1:10 de rizoma de *phlebodium pseudoaureum*

Valor de F calculada	Tintura 1:10			Tintura 1:5			
	30%	50%	70%	30%	50%	70%	
Tintura 1:10	30%	0	1.55	1.55	5.70	6.11	6.58
	50%	1.55	0	1.55	2.99	3.69	3.84
	70%	1.55	1.55	0	5.77	6.85	7.35
Tintura 1:5	30%	5.70	2.99	5.77	0	2.27	2.27
	50%	6.11	3.69	6.85	2.27	0	2.27
	70%	6.58	3.84	7.35	2.27	2.27	0

Fuente: datos calculados

Tabla XVIII. Valores de F para la evaluación del pH de los extractos fluidos y blandos de fronda de *phlebodium pseudoaureum*

Valor de F calculada	Extracto fluido	Extracto blando
Extracto fluido	0	6.25
Extracto blando	6.25	0

Fuente: datos calculados

Tabla XIX. Valores de F para la evaluación del pH de los extractos fluidos y blandos de rizoma de *phlebodium pseudoaureum*

Valor de F calculada	Extracto fluido	Extracto blando
Extracto fluido	0	0
Extracto blando	0	0

Fuente: datos calculados

Tabla XX. Evaluación para el pH de los extractos fluidos y blandos de fronda y rizoma de *phlebodium pseudoaureum*

Valor de F calculada	Extracto fluido fronda	Extracto blando fronda	Extracto fluido rizoma	Extracto blando rizoma
Extracto fluido fronda	0	6.25	104.39	66.98
Extracto blando fronda	6.25	0	58.9	43.32
Extracto fluido rizoma	104.39	58.9	0	0
Extracto blando rizoma	66.98	43.32	0	0

Fuente: datos calculados

4.3.2. Densidad

Tabla XXI. Valores de F para la evaluación de la densidad de las tinturas 1:22 y 1:20 de fronda de *phlebodium pseudoaureum*

Valor de F calculada		Tintura 1:22			Tintura 1:20		
		30%	50%	70%	30%	50%	70%
Tintura 1:22	30%	0	743.7	743.7	0.8928	0.9850	2.5670
	50%	743.7	0	743.7	0.7850	1.034	1.2580
	70%	743.7	743.7	0	0.3333	0.4123	0.4545
Tintura1:20	30%	0.8928	0.7850	0.3333	0	1723.3	1723.3
	50%	0.9850	1.034	0.4123	1723.3	0	1723.3
	70%	2.5670	1.2580	0.4545	1723.3	1723.3	0

Fuente: datos calculados

Tabla XXII. Valores de F para la evaluación de la densidad de las tinturas 1:10 y 1:5 de rizoma de *phlebodium pseudoaureum*

Valor de F calculada		Tintura 1:10			Tintura 1:5		
		30%	50%	70%	30%	50%	70%
Tintura 1:10	30%	0	75.2	75.2	0.4546	0.6670	0.7741
	50%	75.2	0	75.2	2.0980	2.757	3.0111
	70%	75.2	75.2	0	0	0.0889	0.1161
Tintura1:5	30%	0.4546	2.0980	0	0	15.4	15.4
	50%	0.6670	2.757	0.0889	15.4	0	15.4
	70%	0.7741	3.0111	0.1161	15.4	15.4	0

Fuente: datos calculados

Tabla XXIII. Valores de F para la evaluación de la densidad de los extractos fluidos y blandos de fronda de *phlebodium pseudoaureum*

Valor de F calculada	Extracto fluido	Extracto blando
Extracto fluido	0	287.87
Extracto blando	287.87	0

Fuente: datos calculados

Tabla XXIV. Valores de F para la evaluación de la densidad de los extractos fluidos y blandos de rizoma de *phlebodium pseudoaureum*

Valor de F calculada	Extracto fluido	Extracto blando
Extracto fluido	0	0.5748
Extracto blando	0.5748	0

Fuente: datos calculados

Tabla XXV. Evaluación para la densidad de los extractos fluidos y blandos de fronda y rizoma de *phlebodium pseudoaureum*

Valor de F calculada	Extracto fluido fronda	Extracto blando fronda	Extracto fluido rizoma	Extracto blando rizoma
Extracto fluido fronda	0	287.87	0.3696	12.58
Extracto blando fronda	287.87	0	10.33	112.51
Extracto fluido rizoma	0.3696	10.33	0	0.5748
Extracto blando rizoma	12.58	112.51	0.5748	0

Fuente: datos calculados

4.3.3. Residuo seco (sólidos totales)

Tabla XXVI. Valores de F para la evaluación del residuo seco de las tinturas 1:22 y 1:20 de fronda de *phlebodium pseudoaureum*

Valor de F calculada	Tintura 1:22			Tintura 1:20			
	30%	50%	70%	30%	50%	70%	
Tintura 1:22	30%	0	345.7	345.7	0.0263	0.3650	0.7895
	50%	345.7	0	345.7	3.5890	4.050	5.8777
	70%	345.7	345.7	0	7.7111	9.5656	372.65
Tintura 1:20	30%	0.0263	3.5890	7.7111	0	4.2	4.2
	50%	0.3650	4.050	9.5656	4.2	0	4.2
	70%	0.7895	5.8777	372.65	4.2	4.2	0

Fuente: datos calculados

Tabla XXVII. Valores de F para la evaluación del residuo seco de las tinturas 1:10 y 1:5 de rizoma de *phlebodium pseudoaureum*

Valor de F calculada	Tintura 1:10			Tintura 1:5			
	30%	50%	70%	30%	50%	70%	
Tintura 1:10	30%	0	606.2	606.2	286.22	311.54	455.26
	50%	606.2	0	606.2	300.30	378.12	487.96
	70%	606.2	606.2	0	12.011	20.145	25.13
Tintura 1:5	30%	286.22	300.30	12.011	0	49.8	49.8
	50%	311.54	378.12	20.145	49.8	0	49.8
	70%	455.26	487.96	25.13	49.8	49.8	0

Fuente: datos calculados

Tabla XXVIII. Valores de F para la evaluación del residuo seco de los extractos fluidos y blandos de fronda de *phlebodium pseudoaureum*

Valor de F calculada	Extracto fluido	Extracto blando
Extracto fluido	0	10.53
Extracto blando	10.53	0

Fuente: datos calculados

Tabla XXIX. Valores de F para la evaluación del residuo seco de los extractos fluidos y blandos de rizoma de *phlebodium pseudoaureum*

Valor de F calculada	Extracto fluido	Extracto blando
Extracto fluido	0	1467.83
Extracto blando	1467.83	0

Fuente: datos calculados

Tabla XXX. Evaluación para el residuo seco de los extractos fluidos y blandos de fronda y rizoma de *phlebodium pseudoaureum*

Valor de F calculada	Extracto fluido fronda	Extracto blando fronda	Extracto fluido rizoma	Extracto blando rizoma
Extracto fluido fronda	0	10.53	4155.36	3254.12
Extracto blando fronda	10.53	0	568.97	12.89
Extracto fluido rizoma	4155.36	568.97	0	1467.83
Extracto blando rizoma	3254.12	12.89	1467.83	0

Fuente: datos calculados

Tabla XXXI. Valores de F para la evaluación del residuo seco de los extractos secos de fronda y rizoma de *phlebodium pseudoaureum*

Valor de F calculada	Extracto fluido	Extracto blando
Extracto fluido	0	13.29
Extracto blando	13.29	0

Fuente: datos calculados

5. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

En la presente investigación se realizó la obtención y caracterización de los extractos fluidos, blandos y secos así como tinturas hechas de fronda y rizoma de calahuala (*phlebodium pseudoaureum*) a nivel de laboratorio para determinar si hay o no diferencia entre las propiedades físico-químicas, así como realizar una caracterización fitoquímica de los extractos y de las tinturas de *P. pseudoaureum*. El material se obtuvo de una finca en el municipio San José Pinula departamento de Guatemala; el municipio se encuentra a 1550 metros sobre el nivel del mar, una latitud de 14°34'15", longitud de 90°29'45"; posee un clima templado (14.9°C a 18.7 °C) y sus suelos son desarrollados sobre cenizas volcánicas a elevaciones altas que provocan que el tipo de suelo sea franco arcilloso; la vegetación es del tipo montano bajo humedo.

Para poder obtener los datos necesarios se realizaron tinturas para fronda al 1:22 y al 1:20 y de rizoma al 1:5 y al 1:10 y luego, cada tintura se realizó con etanol a tres concentraciones diferentes (30%, 50% y 70%) para determinar, si hay diferencia en la propiedades físico-químicas dependiendo de la parte de la planta utilizada, así como si hay diferencia entre las propiedades físico-químicas según la concentración del disolvente. También se realizaron extractos fluidos, blandos y secos en etanol al 70% para determinar si sus propiedades físico-químicas varían según la parte de la planta utilizada.

Los análisis realizados fueron: químicos como el contenido de cenizas y sólidos totales (residuo seco), físicos como el contenido de humedad y la densidad, farmacobotánicas como es el contenido de materia extraña,

físico-químicos para el caso de la cromatografía de capa fina y también el pH. El análisis de ceniza como el de humedad y el de materia extraña sirven para evaluar la calidad de la materia prima con la que se trabajaron los extractos y tinturas, mientras que la cromatografía de capa fina, el pH, la densidad y los sólidos totales sirven para conocer las propiedades físico-químicas que poseen los extractos y tinturas.

5.1. Análisis de ceniza

En la tabla III de la sección de resultados se muestran los porcentajes en peso del análisis de ceniza hecho a la fronda como al rizoma de *P. pseudoaureum* mostrando mayor cantidad de cenizas para el rizoma que para la fronda; esta determinación es muy importante para drogas subterráneas y, además, para detectar adulteraciones en un material vegetal, pues pueden agregarse minerales (metales pesados) así como residuos de tierra, arena u otros elementos extraños a la droga vegetal. El análisis de cenizas permite conocer a través del porcentaje en peso de cenizas, si la materia prima contiene mucha o poca cantidad de materiales que adulteran la droga vegetal los cuales no se combustionan de manera fácil por lo que, si el rizoma posee mayor residuo de cenizas, esto demuestra su mayor contenido de materiales de difícil combustión.

5.2. Materia extraña

Para el caso del análisis de materia extraña en la tabla IV de la sección de resultados se puede observar que el porcentaje en peso de materia extraña es mayor para el rizoma que para la fronda de *P. pseudoaureum*. Este análisis permite determinar la homogeneidad de la materia prima, es decir, que ésta no contenga elementos ajenos que puedan alterar el resultado final de manera

drástica. Por lo anterior, la materia prima debe estar exenta de cualquier elemento extraño que altere a los extractos y tinturas como son el enmohecimiento, insectos, tierra, basura o partes de otra o de la misma planta que no sirvan para el análisis, así como cualquier otro tipo de contaminación aunque para este caso en particular ninguna de las muestras (fronda y rizoma) presentaron valores fuera de los rangos (no mayor del 2% en peso) establecidos por la farmacopea española.

5.3. Análisis de humedad

El análisis de la humedad de la materia prima muestra no solo el contenido de agua, sino de toda materia volátil que se elimina por calentamiento, esto conduce a la pérdida de peso de la muestra. Para la fronda y rizoma de *P. pseudoaureum* como se muestra en la tabla V de la sección de resultados fue la fronda la que presentó mayor humedad pero siempre dentro de los parámetros establecidos por la farmacopea española (8% - 10%) lo que demuestra que la fronda mantuvo más humedad que el rizoma después del proceso de secado que se llevó a cabo en el secador solar de la Facultad de Agronomía de la USAC.

5.4. Cromatografía en capa fina

Para el caso específico de los extractos y tinturas se realizó el análisis de cromatografía en capa fina para la determinación de metabolitos presentes en la planta. En la sección de resultados, en las tablas VI a la XV, se muestran los datos obtenidos para la identificación de saponinas y flavonoides en los extractos y tinturas de *P. pseudoaureum*. Para la determinación de saponinas en las tinturas de fronda y rizoma de *P. pseudoaureum* se utilizaron tres estándares (estándar de saponinas al 1%, 20 hidroxiecdisona y estándar de

saponinas al 0.1%). Las tinturas de fronda, sin importar la concentración de etanol con que se realizaron, mostraron una pobre presencia de saponinas obteniendo una sola coincidencia con el estándar de saponinas al 1%, que fue el único metabolito confirmable para las tinturas. Las tinturas de rizoma sin importar la concentración de etanol, mostraron mayor presencia de metabolitos, obtuvieron coincidencias con el estándar 20 hidroxiecdisona y mostraron una variedad de marcas en la placa cromatográfica.

Para la determinación de saponinas en extractos el comportamiento fue similar al de las tinturas, es decir, los extractos fluidos, blandos y secos de rizoma de *P. pseudoaureum* presentaron mayor presencia de saponinas, obtuvieron coincidencia con el estándar 20 hidroxiecdisona, mientras que los extractos fluidos, blandos y secos de fronda *P. pseudoaureum* mostraron muy poca presencia de saponinas y no obtuvieron coincidencia con ningún estándar.

Para la determinación de flavonoides en las tinturas y extractos de *P. pseudoaureum* se utilizaron cuatro estándares (quercetina, rutina, ácido clorogénico e hiperósido) para determinar la presencia de flavonoides. Las tinturas de fronda de *P. pseudoaureum*, sin importar la concentración de etanol, presentaron mayor presencia de flavonoides mostraron marcas de colores amarillo, azul y naranja todas al UV y obtuvieron coincidencias con los estándares de rutina, ácido clorogénico e hiperósido, así como otras marcas sin identificar en la placa cromatográfica.

Los extractos fluidos, blandos y secos de fronda también presentaron mayor presencia de flavonoides, obtuvieron coincidencias con los estándares de rutina, ácido clorogénico e hiperósido. Las tinturas hechas de rizoma, sin importar la concentración de etanol, no presentaron coincidencia con ningún

estándar y su coloración fue muy débil, es decir, que presentaron poca presencia lo cual también es el caso de los extractos fluidos, blandos y secos hechos de rizoma de *P. pseudoaureum*. Lo antes expuesto indica que la fronda de *P. pseudoaureum* posee mayor presencia de flavonoides, sin importar la concentración de etanol ni el tipo de relación droga vegetal – disolvente en que esté hecha la tintura o el tipo de extracto que sea y que el rizoma de *P. pseudoaureum* posee mayor presencia de saponinas, sin importar la concentración de etanol ni el tipo de relación droga vegetal – disolvente en que está hecha la tintura o el tipo de extracto que sea.

5.5. Densidad

Para el análisis de la densidad en las tablas VI y VII de la sección de resultados se muestran los valores de densidad para los extractos y tinturas de fronda y rizoma de *P. pseudoaureum* obtenidos a 22 °C y a la presión atmosférica de la ciudad de Guatemala. En las tablas XXI a XXV de la misma sección se muestran los resultados del análisis estadístico de la densidad, el cual muestra que sí hay diferencia entre la densidad de las tinturas y los extractos hechos de fronda y rizoma de *P. pseudoaureum*.

Para la comparación de las tinturas hechas de fronda de *P. pseudoaureum* se tiene que, para las diferentes concentraciones de etanol (30%, 50% y 70%), la tintura 1:22 de fronda sí tiene diferencia para cada tipo de tintura hecha a diferente concentración de etanol. Hay diferencia entre la tintura 1:22 y la tintura 1:20, la cual también muestra diferencias entre las distintas concentraciones de etanol con que se realizaron las tinturas pero al comparar la relación de la tintura, es decir, la relación droga vegetal - disolvente se obtuvo que no hay diferencia en la densidad de una misma concentración de etanol sin importar el tipo de tintura que sea (1:22 ó 1:20), y

que sí hay diferencia en la densidad al variar de concentración de etanol y la relación de la tintura.

Las tinturas hechas de rizoma de *P. pseudoaureum* mostraron el mismo comportamiento, ya que todas las densidades de las tinturas 1:10 son diferentes entre sí al variar la concentración de etanol y que todas las tinturas 1:5 también son diferentes entre sí al variar la concentración de etanol, pero que no hay diferencia si se compara una tintura de relación 1:10 con otra de relación 1:5 si se mantiene constante la concentración de etanol, de lo contrario, sí hay diferencia. Para las tinturas de fronda y rizoma de *P. pseudoaureum*, lo anteriormente señalado muestra que no importa la relación droga vegetal – disolvente de una misma parte de la planta, que no hay diferencia en la densidad si se mantiene la misma concentración de etanol para las tinturas, de lo contrario si hay diferencia.

El análisis entre fronda y rizoma de *P. pseudoaureum* no fue estadísticamente posible debido a que las relaciones droga vegetal – disolvente fueron diferentes debido a que el volumen de disolvente necesario para realizar las tinturas de fronda no fue el mismo que el utilizado para realizar las tinturas de rizoma. Los extractos hechos de fronda de *P. pseudoaureum* mostraron el mismo comportamiento que las tinturas de la misma parte de la planta, ya que todas las densidades de los extractos fluidos y blandos son diferentes entre sí y para los extractos fluidos y blandos hechos de rizoma no hay diferencia entre las densidades de un extracto y otro. Al comparar las densidad de los extractos fluidos y blandos hechos de fronda con las densidades de los extractos fluidos y blandos hechos de rizoma se muestra que sí hay diferencias entre ellos, excepto para los extractos fluidos los cuales no presentan diferencia.

5.6. Análisis del pH

Para el análisis del pH en las tablas VI y VII se muestran los valores de pH obtenidos a 22°C y presión atmosférica de la ciudad de Guatemala; en las tablas XVI a la XX se muestran los datos del análisis estadístico hecho para el pH. Para las tinturas de fronda de *P. pseudoaureum* se determinó que no hay diferencia en el pH, sin importar el tipo de relación que sea la tintura ni la concentración de etanol con que esté hecha. Acerca de las tinturas de rizoma de *P. pseudoaureum* se determinó que no hay diferencia en el pH, sin importar el tipo de relación que sea la tintura ni la concentración de etanol con que esté hecha.

El análisis entre el pH de fronda y el pH de rizoma de *P. pseudoaureum* no fue estadísticamente posible debido a que las relaciones droga vegetal – disolvente fueron diferentes debido a que el volumen de disolvente necesario para realizar las tinturas de fronda no fue el mismo que el utilizado para realizar las tinturas de rizoma. Con respecto a los extractos se obtuvo que para los extractos fluidos y blandos hechos de fronda de *P. pseudoaureum* sí hay diferencia en el pH entre sí y que también hay diferencia en el pH entre el extracto fluido y blando hecho de rizoma de *P. pseudoaureum*, mientras que al comparar los extractos fluidos y blandos hechos de fronda y los extractos fluidos y blandos hechos de rizoma se determinó que también son diferentes entre sí.

5.7. Sólidos totales

En las tablas VI y VII donde se muestra cómo afecta la concentración de etanol en la tintura y el tipo de extracto. Las tinturas de fronda de *P. pseudoaureum* presentan valores más altos de sólidos totales en la tintura con

etanol al 30% que para las demás, mientras que para el caso de las tinturas hechas de rizoma de *P. pseudoaureum* se muestra la misma tendencia, se registran la mayor cantidad de sólidos en la tintura con etanol al 30%.

Para los extractos hechos con fronda de *P. pseudoaureum*, el extracto blando muestra una leve superioridad que los demás extractos mientras que para los hechos de rizoma *P. pseudoaureum* el que presentó mayor cantidad de sólidos es el extracto fluido. Lo antes mencionado significaría, para el caso de las tinturas hechas de fronda como de rizoma de *P. pseudoaureum*, que el mejor disolvente tanto para fronda como para rizoma sería etanol al 30%, ya que presenta mayor cantidad de sólidos, mientras que para los extractos de fronda el mejor sería el extracto blando; en el caso del rizoma, el mejor sería el extracto fluido; los extractos fueron realizados con etanol al 70%.

En lo que respecta al análisis estadístico, los datos se muestran en las tablas XXVI a la XXXI donde para el caso de las tinturas de fronda de *P. pseudoaureum* se determinó que sí hay diferencia en el residuo seco para las tinturas hechas en relación 1:22 sin importar la concentración de etanol con que esté hecha y que también existe diferencia entre las tinturas de fronda en etanol al 70%, sin importar la relación droga vegetal - disolvente que se utilice. Para las tinturas 1:20 se determinó que no hay diferencia entre ellas, sin importar el tipo de relación droga vegetal – disolvente que se utilice para su realización así como sin importar la concentración del etanol en que estén hechas. Para las tinturas de rizoma de *P. pseudoaureum* se determinó que sí hay diferencia en el residuo seco, sin importar el tipo de relación que sea la tintura ni la concentración de etanol con que esté hecha.

El análisis entre el residuo seco de fronda y el residuo seco de rizoma de *P. pseudoaureum* no fue estadísticamente posible debido a que las relaciones droga vegetal – disolvente fueron diferentes ya que el volumen de disolvente necesario para realizar las tinturas de fronda no fue el mismo que el utilizado para realizar las tinturas de rizoma. Con respecto de los extractos se obtuvo que para los extractos fluidos y blandos hechos de fronda de *P. pseudoaureum* sí hay diferencia en el residuo seco entre sí y que también hay diferencia en el residuo seco entre el extracto fluido y blando hecho de rizoma de *P. pseudoaureum*; mientras que al comparar los extractos fluidos y blandos hechos de fronda y los extractos fluidos y blandos hechos de rizoma se determinó que también son diferentes entre sí al igual que los extractos secos.

5.8. Factores concluyentes

Después de todo lo expuesto anteriormente y basados en todos los datos obtenidos experimentalmente se obtiene como resultado que sí hay diferencia entre las propiedades físico-químicas de los extractos fluidos, blandos y secos así como de las tinturas hechas con fronda de *P. pseudoaureum* y las propiedades físico-químicas de los extractos fluidos, blandos y secos, así como de las tinturas hechas de rizoma de *P. pseudoaureum*. También basados en los datos experimentales se muestra que hay diferencia en las propiedades físico-químicas de las tinturas de fronda y raíz debido a la concentración del disolvente que se utilice. Tomando en cuenta los análisis realizados se llega a la caracterización de las propiedades del rizoma y la fronda de *P. pseudoaureum* como producto fitofarmacéutico y al conocer los resultados antes mencionados se muestra que la parte que presenta las mejores características para su aprovechamiento es la fronda debido a que presenta menor contenido de cenizas, menor contenido de materia extraña,

mayor contenido de flavonoides, contiene saponinas, pero en poca cantidad, mayor homogenidad estadística en cuanto a diferencias de pH y densidad se refiere así como más homogenidad en la cantidad de sólidos que puede proveer a una tintura o a un extracto.

CONCLUSIONES

1. Sí existe diferencia significativa entre las propiedades físico-químicas (pH, densidad y sólidos totales) de los extractos fluidos, blandos y secos de *phlebodium pseudoaureum*.
2. Sí existe diferencia significativa entre las propiedades físico químicas (densidad y sólidos totales) de las tinturas hechas de fronda y rizoma de *phlebodium pseudoaureum*.
3. No existe diferencia significativa en el pH de las tinturas hechas de fronda y rizoma de *phlebodium pseudoaureum*.
4. La concentración del disolvente utilizado para la realización de las tinturas de fronda o rizoma afecta algunas de las propiedades físico químicas como lo son el pH, densidad y sólidos totales.
5. El tipo de relación droga vegetal – disolvente que se utilizó para la realización de las tinturas de fronda o rizoma no influye en las propiedades físico-químicas como el pH, densidad y sólidos totales.
6. El tipo de extracto que se realice, sea fluido, blando o seco, afecta las propiedades físico-químicas tales como el pH, densidad y sólidos totales.

7. La fronda de *P. pseudoaureum*. contiene mayor presencia de flavonoides.
8. El rizoma de *P. pseudoaureum*. contiene mayor presencia de saponinas.
9. La parte de la planta que presenta las mejores características físicoquímicas para su aprovechamiento es la fronda de *P. pseudoaureum*.

RECOMENDACIONES

1. Realizar investigaciones conjuntas entre las facultades de Agronomía, Farmacia e Ingeniería para lograr la estandarización de qué parte de la planta es la mejor para el uso fitofarmacéutico con fines industriales, esto con el propósito de obtener datos desde la siembra, cosecha, estandarización botánica y fitofarmacéutica hasta la realización de los extractos y tinturas a nivel de planta piloto.
2. Implementar nuevas variables de proceso para la caracterización de extractos y tinturas de *Phlebodium pseudoaureum*, como el uso de materia prima con cultivo controlado en diferentes regiones del país, diferentes altitudes y así comparar sus propiedades.
3. Fomentar más estudios comparativos entre las propiedades de las plantas de uso medicinal como parte de la estandarización de las mismas para fines industriales.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Argí. **Extractos**
<<http://www.Argí.com.htm/extractos> > noviembre de 2004.
2. Cáceres, Armando. **Manual de caracterización y análisis de drogas vegetales y productos fitoterapéuticos**. Guatemala. 2005
3. Cáceres, Armando. **Plantas de uso medicinal en Guatemala**. Guatemala: Editorial Universitaria, 1996, pp. 319-321.
4. Calahuala. **Phlebodium pseudoaureum**
<<http://www.familia.cl.com.htm> > marzo de 2005.
5. Domínguez, Xorge Alejandro, **Métodos de investigación fitoquímica México/Buenos Aires/1973** Centro regional de ayuda técnica, pp. 51-52.
6. Extractos. **Extractos vegetales**.
<<http://www.Extractosvegetales.com.htm> > noviembre de 2004.
7. Extractos. **Extractos y tinturas**.
<<http://www.AlmeríaMedioAmbiente.com.htm> > noviembre de 2004.
8. Kirk, R., **Enciclopedia de tecnología química**. México: Unión Tipográfica Editorial Hispano Americana, 1961
9. Martínez, José Vicente. **Fundamentos de agrotecnología de cultivo de plantas medicinales iberoamericanas**. Colombia: Convenio Andres Bello, 2000, pp. 349 – 356.
10. Morrison y Boyd, **Química orgánica**. México, Editorial Addison Wesley Longman., pp. 211, 229.

11. Perry & Chilton, **Manual del ingeniero químico**, 3 edición, México: Editorial McGraw-Hill, 1990.

12. Preparación. **Preparación de extractos**
<[http://www. Preparación de extractos.com.htm](http://www.Preparación de extractos.com.htm) > noviembre de 2004.

13. Sharapin, Nikolai, **Fundamentos de tecnología de productos fitoterapéuticos**. Colombia, 2000, pp. 35-70

14. Saponinas. **Saponinas y flavonoides**
<[http://www. bilbo.edu.uy.com.htm](http://www.bilbo.edu.uy.com.htm) > marzo de 2005.

15. Walpole, Ronald. **Probabilidad y estadística**. 4^a ed. México: McGraw-Hill 1997, pp. 485-493.

BIBLIOGRAFÍA

1. Alcaraz, M. *et al.* **An extract of Polypodium leucotomos appears to minimize certain photoaging changes in a hairless albino mouse animal model. A pilot study** *Photodermatology, photoimmunology & photomedicine*, 1999,.15(3-4), 120-6.
2. Alonso, J. *et al.* **Photoprotective properties of a hydrophilic extract of the fern Polypodium leucotomos on human skin cell**, *Journal of Photochemistry and Photobiology B*,. 2003. (70) 31-37.
3. Andrade, C. **Búsqueda de sustratos alternativos para la producción bajo cultivo de calahuala de *phlebodium aureum* L.** Tesis. Ing. Agr. Universidad de San Carlos de Guatemala, facultad de Agronomía.2003. pp. 48.
4. Antón, A. *et al.* **Effects of anapsos on behaviour and brain cytokines in rats.**_Ann Psychiat, 1992. pp. 3:329-341.
5. Cáceres, A. **Plantas de uso medicinal en Guatemala.** Guatemala: Edit. Universitaria, 1996. pp. 287-289.
6. Fernández, D. *et al.* **Inmunosuppressive and pharmacologically active compounds from Polipodium leucotomos L.** Book of Abstracts, WOCMAP, Maastricht, 1992, pp. 35.
7. Gomes, A. *et al.* **The antioxidant actino of Polypodium leucotomos extract and kojic acid: reactions with reactive oxygen species.** *Brazilian Journal of Medical and Biological Research*, 1992, 34: 1487 – 1494.
8. Kuklinski, C. **Estudio de las drogas y sustancias medicamentosas de origen natural.** *Farmacognosia*, Barcelona: Edit. Omega. 2000, pp. 515.
9. Liu, B. *et al.* **Quantitative determination of antiinflammatory principles in some Polypodium species as a basis for standarization.** *Phytomedicine*, 1998. 5:187-194.

10. Martínez, A. **Estudio de caracterización in situ y manejo de poblaciones del complejo calahuala (*Polypodium* spp.) Informe final de Investigación.** Guatemala: Universidad de San Carlos de Guatemala, Dirección General de Investigación, Programa de Recursos Naturales y Ambiente, 2001. pp.150.
11. Moran, R. "**Polypodiaceae**". En: Davidse, G.; Sousa, M & Chater, A (Eds.) **Flora mesoamericana**. Vol. 5. Universidad Nacional Autónoma de México, Missouri Botanical Garden y The Natural History Museum, México, 1996, pp. 130-133.
12. Planter. **Obtención y aprovechamiento de extractos vegetales de la flora salvadoreña**, San Salvador: Universidad de El Salvador, 1989. pp. 468.
13. **Real farmacopea española**, 2^a Ed., Madrid: Ministerio de Sanidad y Consumo, 2002. pp. 2801.
14. Sempere-Ortells, J.M.*et al.* **Anapsos (*Polypodium leucotomos*) modulates lymphoid cells and the expression of adhesión molecules.** Pharmacological Research, 2002. 46: 185-190.
15. Tuominen, M. *et al.* **Enhancing effect of calaguala on the prevention of rejection on skin transplants in mice.** Phytother Res, 1991. 5:234-236.
16. Tuominen, M. *et al.* **Effects of Calaguala and Active Principle, Adenosine, on Platelet Activating Factor,** Planta Med., 1992. 58:307-310.
17. Vargas, J. *et al.* **Síntesis de ácidos nucleicos y niveles de AMP cíclico en tumores después del tratamiento in vitro con anapsos.** Madrid : Arch. Fac. Med, 1981. 40:39-46.

18. Vasange, M. *et al.* **The Flavonoid Constituents of Polypodium Species (Calaguala) and their Effect on the Elastase Release in Human Neutrophils.** *Planta Med.*, 1997. 63:511-517.
19. WHO. **Quality Control Methods for Medical Plant Materials,** Geneve, 1998. pp. 115.

APÉNDICE A: DATOS ORIGINALES

1. Calidad de la materia prima

Los datos originales son los siguientes:

1.1. Cenizas

Tabla XXXII. En la siguiente tabla se muestran los pesos en gramos de la cápsula con las cenizas de la materia prima (*phlebodium pseudoaureum*)

Fronda	24.803
Rizoma	21.723

1.2. Materia extraña

Tabla XXXIII. Peso en gramos del contenido de materia extraña en la materia prima (*phlebodium pseudoaureum*)

Fronda	0.295
Rizoma	0.36

1.3. Humedad

Tabla XXXIV. Porcentaje en peso del contenido de humedad de la materia prima (*phlebodium pseudoaureum*)

Fronda	9.76 %
Rizoma	7.97 %

1.4. Densidad

Tabla XXXV. Peso del picnómetro con la muestra en gramos para las tinturas hechas de fronda de *phlebodium pseudoaureum*

Peso del picnómetro con la muestra		Peso en gramos		
		Muestra 1	Muestra 2	Muestra 3
Tintura 1:22	30%	39.403	39.407	39.409
	50%	39.047	39.015	39.018
	70%	38.650	38.584	38.578
Tintura 1:20	30%	39.415	39.411	39.405
	50%	39.034	38.998	39.001
	70%	38.610	38.581	38.568

Tabla XXXVI. Peso del picnómetro con la muestra en gramos para las tinturas hechas de rizoma de *phlebodium pseudoaureum*

Peso del picnómetro con la muestra		Peso en gramos		
		Muestra 1	Muestra 2	Muestra 3
Tintura 1:10	30%	39.338	39.439	39.456
	50%	39.070	38.852	39.050
	70%	38.634	38.604	38.617
Tintura 1:5	30%	39.411	39.498	39.505
	50%	39.633	39.602	39.574
	70%	39.051	39.159	39.134

Tabla XXXVII. Peso del picnómetro con la muestra en gramos para los extractos hechos de fronda de *phlebodium pseudoaureum*

Peso del picnómetro	Peso en gramos		
	Muestra 1	Muestra 2	Muestra 3
Fluido	39.381	39.525	39.475
Blando	34.865	34.850	34.867
Seco	-	-	-

Tabla XXXVIII. Peso del picnómetro con la muestra en gramos para los extractos hechos de rizoma de *phlebodium pseudoaureum*

Peso del picnómetro	Peso en gramos		
	Muestra 1	Muestra 2	Muestra 3
Fluido	39.724	39.339	39.535
Blando	34.963	34.952	39.981
Seco	-	-	-

1.5. pH

Tabla XXXIX. Valores de pH para las tinturas hechas de fronda de *phlebodium pseudoaureum*

Valor de pH		pH		
		Muestra 1	Muestra 2	Muestra 3
Tintura 1:22	30%	6.28	6.28	6.33
	50%	6.32	6.30	6.43
	70%	6.35	6.33	6.35
Tintura 1:20	30%	6.33	6.27	6.25
	50%	6.30	6.28	6.27
	70%	6.24	6.36	6.33

Tabla XL. Valores de pH para las tinturas hechas de rizoma de *phlebodium pseudoaureum*

Valor de pH		pH		
		Muestra 1	Muestra 2	Muestra 3
Tintura 1:10	30%	6.00	6.10	6.04
	50%	6.00	6.00	6.00
	70%	6.01	6.06	6.02
Tintura 1:5	30%	6.00	5.95	5.95
	50%	5.95	5.95	5.93
	70%	5.95	5.93	5.9

Tabla XLI. Valores de pH para los extractos hechos de fronda de *phlebodium pseudoaureum*.

Valor de pH	pH		
	Muestra 1	Muestra 2	Muestra 3
Fluido	5.34	5.32	5.32
Blando	5.38	5.36	5.34
Seco	-	-	-

Tabla XLII. Valores de pH para los extractos hechos de rizoma de *phlebodium pseudoaureum*

Valor de pH	pH		
	Muestra 1	Muestra 2	Muestra 3
Fluido	5.52	5.54	5.59
Blando	5.50	5.59	5.56
Seco	-	-	-

1.6. Residuo seco (sólidos totales)

Tabla XLIII. Peso de la cápsula con la muestra en gramos para las tinturas hechas de fronda de *phlebodium pseudoaureum*

Peso de la cápsula con la muestra		Peso en gramos		
		Muestra 1	Muestra 2	Muestra 3
Tintura 1:22	30%	22.825	23.920	22.725
	50%	20.197	21.180	20.254
	70%	22.709	22.604	22.586
Tintura 1:20	30%	20.323	20.547	21.012
	50%	20.177	20.215	19.999
	70%	20.331	20.345	20.254

Tabla XLIV. Peso de la cápsula con la muestra para las tinturas hechas de rizoma de *phlebodium pseudoaureum*

Peso de la cápsula con la muestra		Peso en gramos		
		Muestra 1	Muestra 2	Muestra 3
Tintura 1:10	30%	22.711	24.568	23.159
	50%	20.191	21.236	20.485
	70%	20.328	20.317	21.254
Tintura 1:5	30%	25.699	22.365	20.489
	50%	27.790	25.689	22.789
	70%	22.813	21.493	22.587

Tabla XLV. Peso de la cápsula con la muestra para los extractos hechos de fronda de *phlebodium pseudoaureum*

Peso de la cápsula	Peso en gramos		
	Muestra 1	Muestra 2	Muestra 3
Fluido	22.806	20.578	24.236
Blando	22.905	23.547	22.156
Seco	25.335	21.568	24.578

Tabla XLVI. Peso de la cápsula con la muestra para los extractos hechos de rizoma de *phlebodium pseudoaureum*

Peso de la cápsula	Peso en gramos		
	Muestra 1	Muestra 2	Muestra 3
Fluido	22.782	22.158	24.568
Blando	22.013	23.145	22.178
Seco	19.988	20.453	20.897

APÉNDICE B: MUESTRA DE CÁLCULO

1. Ceniza

$$\text{Ceniza} = (m_c - m) * 100 / p \text{ (ecc. 4)}$$

Donde:

m_c = masa en gramos de la cápsula y las cenizas

m = masa en gramos de la cápsula

p = masa en gramos agregada a la cápsula

100 es el factor matemático

Entonces:

$$\text{Cenizas para la fronda de calahuala} = (24.803 - 24.578) * 100 / 2 = \mathbf{11.25 \%}$$

2. Materia extraña

$$\text{Materia extraña} = (m_i - m_f) * 100 / m_i \text{ (ecc. 5)}$$

Donde:

m_i = masa en gramos de materia prima sin limpiar

m_f = masa en gramos de materia prima limpia

100 es el factor matemático

Entonces:

$$\text{Materia extraña en la fronda de calahuala} = (50.000 - 49.705) * 100 / 50 = \mathbf{0.59\%}$$

3. Rf de la cromatografía en capa fina

$$R_f = \frac{\text{distancia recorrida por el soluto}}{\text{distancia recorrida por el solvente}} \quad (\text{ecc. 6})$$

Entonces:

Para el caso de saponinas en las muestras de tinturas se tiene que el solvente recorrió 7 cm y la mancha del soluto llegó a hasta 3 cm por lo que:

$$R_f = \frac{3}{7} = 0.4285$$

4. Densidad

$$\rho = \frac{m}{V} = \frac{m_{\text{total}} - m_{\text{picnómetro}}}{\text{Volumen}} \quad (\text{ecc. 7})$$

Donde:

m_{total} = masa en gramos del picnómetro más la muestra

$m_{\text{picnómetro}}$ = masa en gramos del picnómetro vacío

V = volumen con que se llenó el picnómetro

Entonces:

$$\text{Para la tintura 1:22 de fronda en etanol al 30\%} = \left(\frac{39.403 - 29.863}{9.953} \right) = \mathbf{0.9585}$$

g/mL

5. Residuo seco (sólidos totales)

$$St = (m_r - m_o) * 100 / V \text{ (ecc. 8)}$$

Donde:

m_r = masa en gramos de la cápsula más el residuo

m_o = masa en gramos de la cápsula vacía

V = es el volumen en mililitros agregados en la cápsula

100 es el factor matemático

Entonces:

Sólidos totales para la tintura 1:20 de fronda en etanol al 50% es

$$St = (20177 - 20157) * 100 / 2 = \mathbf{1 \text{ g/100mL}}$$

6. Análisis estadístico (ANDEVA)

Tabla II sección de resultados. Tabla de ANDEVA

Fuente de variación	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrados medios	f calculada
Tratamientos	SSA	K-1	$S_1^2 = \frac{SSA}{k-1}$	S_1^2 / S^2
Error	SSE	K (n-1)	$S^2 = \frac{SSE}{K (n-1)}$	
Total	SST	nk-1		

Donde:

$$SST = \sum Y^2 - Y_t / n \quad (\text{ecc. 1})$$

$$SSA = \sum Y^2 / K - Y_t / n \quad (\text{ecc. 2})$$

$$SSE = SST - SSA \quad (\text{ecc. 3})$$

Entonces:

Para los pH de las tinturas 1:22 de fronda se tiene que:

	Etanol al 30%	Etanol al 50%	Etanol al 70%	Total
Muestra 1	6.28	6.32	6.35	
Muestra 2	6.28	6.30	6.33	
Muestra 3	6.33	6.43	6.35	
Total	18.89	19.05	19.03	56.97

Tratamientos = 3

Repeticiones = 3

$$\sum Y^2 = 360.63$$

$$H_0 = \tau_1 = \tau_2 = \tau_3$$

$$H_i = \tau_1 \neq \tau_2 = \tau_3$$

Paso 1: factor de corrección (F)

$$F = \frac{56.97^2}{3 * 3} = 360.62$$

Paso 2: suma de cuadrados (Sc)

$$Sc \text{ tratamientos} = \frac{18.89^2 + 19.05^2 + 19.03^2}{3} - 360.62 = 0.005$$

Paso 3: suma de cuadrados total

$$S_c \text{ total} = 360.63 - 360.62 = 0.01$$

Paso 4: error

$$\text{Error} = 0.01 - 0.005 = 0.005$$

Paso 5: grados de libertad

$$\text{Tratamientos: } 3 - 1 = 2$$

$$\text{Total} = 3 * 3 - 1 = 8$$

$$\text{Error} = 8 - 2 = 6$$

Paso 6: cuadrados medios

$$\text{Tratamientos} = 0.005 / 2 = 0.0025$$

$$\text{Error} = 0.005 / 6 = 0.000833$$

Paso 7: F calculada

$$F_c = 0.0025 / 0.000833 = 3$$

Paso 8: F tabulada

La F tabulada se busca en la tabla para un nivel de confianza del 95%, es decir, con $\alpha = 0.05$, grados de libertad de tratamientos = 2 y grados de libertad del error = 6.

$$F_t = 5.14$$

Regla de decisión: $F_c > F_t$ si es sí se rechaza H_0 y si es no se acepta H_0 ; para este caso F_c no es mayor que F_t entonces se acepta H_0 que es la que dice que no hay diferencia entre los pH de las tinturas 1:22 de fronda al variar el grado de etanol de la tintura.

Fuente de variación	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrados medios	f calculada
Tratamientos	0.005	2	0.0025	3
Error	0.005	6	0.000833	
Total	0.01	8		

APÉNDICE C: DATOS CALCULADOS

1. Cenizas

Tabla XLVII. Porcentaje en peso de las cenizas de la materia prima (*phlebodium pseudoaureum*)

Fronda	11.25 %
Rizoma	14.95 %

2. Materia extraña

Tabla XLVIII. Porcentaje en peso del contenido de materia extraña en la materia prima (*phlebodium pseudoaureum*)

Fronda	0.59 %
Rizoma	0.72 %

3. Cromatografía en capa fina

Tabla XLIX. Valores de Rf para la determinación de saponinas en tinturas hechas de fronda de *phlebodium pseudoaureum*

	Porcentaje de etanol	Rf
Tintura 1:22	30%	0.4285
	50%	0.4285
	70%	0.4285
Tintura 1:20	30%	0.4285
	50%	0.4285
	70%	0.4285

Tabla L. Valores de Rf para la determinación de saponinas en tinturas hechas de rizoma de *phlebodium pseudoaureum*.

	Porcentaje de etanol	Rf			
Tintura 1:10	30%	0.2428	0.6428	0.7857	
	50%	0.2428	0.6428	0.7857	
	70%	0.2428	0.6428	0.7857	0.9714
Tintura 1:5	30%	0.2428	0.6428		
	50%	0.2428	0.6428		
	70%	0.2428	0.6428	0.7857	0.9714

Tabla LI. Valores de Rf para la determinación de flavonoides en tinturas hechas de fronda de *phlebodium pseudoaureum*

	Porcentaje de etanol	Rf								
			0.333			0.493	0.626	0.72	0.8	0.93
Tintura 1:22	30%		0.333			0.493	0.626	0.72	0.8	0.93
	50%	0.2	0.333		0.4	0.493	0.626	0.72	0.8	0.93
	70%		0.333			0.493	0.626	0.72	0.8	0.93
Tintura 1:20	30%		0.333			0.493	0.626	0.72	0.8	0.93
	50%					0.493	0.626	0.72	0.8	0.93
	70%	0.2		0.36		0.493	0.626	0.72	0.8	0.93

Tabla LII. Valores de Rf para la determinación de flavonoides en tinturas hechas de rizoma de *phlebodium pseudoaureum*

	Porcentaje de etanol	Rf		
		0.4	0.8	0.93
Tintura 1:10	30%	0.4	0.8	0.93
	50%	0.4	0.8	0.93
	70%	0.4	0.8	0.93
Tintura 1:5	30%	0.4	0.8	0.93
	50%	0.4	0.8	0.93
	70%	0.4	0.8	0.93

Tabla LIII. Valores de Rf para la determinación de saponinas en extractos hechos de fronda de *phlebodium pseudoaureum*

Extracto	Rf	
Fluido	-	0.91
Blando	0.4071	0.91
Seco	0.4071	0.91

Tabla LIV. Valores de Rf para la determinación de saponinas en extractos hechos de rizoma de *phlebodium pseudoaureum*.

Extracto	Rf	
Fluido	0.4571	0.9142
Blando	0.4571	0.9142
Seco	0.4571	0.9142

Tabla LV. Valores de Rf para la determinación de flavonoides en extractos hechos de fronda de *phlebodium pseudoaureum*.

Extracto	Rf				
Fluido	0.4133	0.5466	0.6533	0.8266	0.86
Blando	0.4133	0.5466	0.6533	0.8266	0.86
Seco	0.4133	0.5466	0.6533	0.8266	0.86

Tabla LVI. Valores de Rf para la determinación de flavonoides en extractos hechos de rizoma de *phlebodium pseudoaureum*

Extracto	Rf
Fluido	0.5466
Blando	-
Seco	-

4. Densidad

Tabla LVII. Valores de densidad en g/L para las tinturas hechas de fronda de *phlebodium pseudoaureum*

Valores de densidad		ρ		
		Muestra 1	Muestra 2	Muestra 3
Tintura 1:22	30%	0.958505	0.959108	0.959108
	50%	0.922737	0.919522	0.919823
	70%	0.882849	0.876218	0.875615
Tintura 1:20	30%	0.959711	0.959309	0.958706
	50%	0.921431	0.917814	0.917814
	70%	0.878831	0.975917	0.874611

Tabla LVIII. Valores de densidad en g/L para las tinturas hechas de rizoma de *phlebodium pseudoaureum*

Valores de densidad		ρ		
		Muestra 1	Muestra 2	Muestra 3
Tintura 1:10	30%	0.951974	0.962122	0.923830
	50%	0.925048	0.903145	0.923038
	70%	0.881242	0.878228	0.879534
Tintura 1:5	30%	0.959309	0.96805	0.9193
	50%	0.931977	0.928917	0.926153
	70%	0.874519	0.885181	0.882713

Tabla LIX. Valores de densidad en g/L para los extractos hechos de fronda de *phlebodium pseudoaureum*

Valores de densidad	ρ		
	Muestra 1	Muestra 2	Muestra 3
Fluido	0.9169	0.9111	0.9161
Blando	0.8112	0.8190	0.8167
Seco	-	-	-

Tabla LX. Valores de densidad en g/L para los extractos hechos de rizoma de *phlebodium pseudoaureum*

Valores de densidad	ρ		
	Muestra 1	Muestra 2	Muestra 3
Fluido	0.9207	0.9227	0.9221
Blando	0.9090	0.9084	0.9075
Seco	-	-	-

5. Residuo seco (sólidos totales)

Tabla LXI. Valores de sólidos totales en g/100mL para las tinturas hechas de fronda de *phlebodium pseudoaureum*

Valores de residuo seco		Residuo seco		
		Muestra 1	Muestra 2	Muestra 3
Tintura 1:20	30%	1.05	1.00	1.03
	50%	0.95	1.00	0.97
	70%	1.00	1.05	1.02
Tintura 1:22	30%	1.05	1.00	1.02
	50%	1.00	1.00	1.01
	70%	0.65	0.60	0.63

Tabla LXII. Valores de sólidos totales en g/100mL para las tinturas hechas de rizoma de *phlebodium pseudoaureum*

Valores de residuo seco		Residuo seco		
		Muestra 1	Muestra 2	Muestra 3
Tintura 1:5	30%	2.00	2.01	1.95
	50%	1.80	1.77	1.81
	70%	1.90	1.92	1.89
Tintura 1:10	30%	1.65	1.62	1.65
	50%	1.45	1.40	1.43
	70%	1.05	1.00	1.00

Tabla LXIII. Valores de sólidos totales en g/100mL para los extractos hechos de fronda de *phlebodium pseudoaureum*

Valores de Residuo seco	Residuo seco		
	Muestra 1	Muestra 2	Muestra 3
Fluido	1.95	1.97	1.90
Blando	2.1	2.00	2.09
Seco	92.25%*	90.0%*	93.1%*

* % en peso

Tabla LXIV. Valores de sólidos totales en g/100mL para los extractos hechos de rizoma de *phlebodium pseudoaureum*

Valores de residuo seco	Residuo seco		
	Muestra 1	Muestra 2	Muestra 3
Fluido	5.01	5.00	5.15
Blando	2.3	2.20	2.40
Seco	86.86%*	80.8%*	85.4%*

* % en peso

6. Análisis estadístico

Con un nivel de confianza del 95%

6.1. pH

Tabla LXV. ANDEVA para las tinturas 1:22 de fronda de *phlebodium pseudoaureum*

Fuente de variación	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrados medios	f calculada
Tratamientos	0.00507	2	0.00253	1.29545
Error	0.01173	6	0.00195	
Total	0.01680	8		

F tabulada = 5.14

Regla de decisión: F calculada > F tabulada = 1.29545 > 5.14

Como no es cierto se acepta la Ho.

Tabla LXVI. ANDEVA para las tinturas 1:20 de fronda de *phlebodium pseudoaureum*

Fuente de variación	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrados medios	f calculada
Tratamientos	0.00329	2	0.00164	0.54411
Error	0.02142	6	0.00302	
Total	0.01813	8		

F tabulada = 5.14

Regla de decisión: F calculada > F tabulada = 0.54411 > 5.14

Como no es cierto se acepta la Ho.

Tabla LXVII. ANDEVA para las tinturas 1:10 de rizoma de *phlebodium pseudoaureum*

Fuente de variación	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrados medios	f calculada
Tratamientos	0.003336	2	0.00167	1.5567
Error	0.00647	6	0.00107	
Total	0.00982	8		

F tabulada = 5.14

Regla de decisión: F calculada > F tabulada = 1.5567 > 5.14

Como no es cierto se acepta la Ho.

Tabla LXVIII. ANDEVA para las tinturas 1:5 de rizoma de *phlebodium pseudoaureum*

Fuente de variación	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrados medios	f calculada
Tratamientos	0.00242	2	0.00121	2.27
Error	0.00320	6	0.000533	
Total	0.00562	8		

F tabulada = 5.14

Regla de decisión: F calculada > F tabulada = 2.27 > 5.14

Como no es cierto se acepta la Ho.

Tabla LXIX. ANDEVA para las tinturas 1:22 y 1:20 de fronda de *phlebodium pseudoaureum* con etanol al 30%

Fuente de variación	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrados medios	f calculada
Tratamientos	0.001667	1	0.00166	0.5780
Error	0.01153	4	0.00288	
Total	0.01320	5		

F tabulada = 7.71

Regla de decisión: F calculada > F tabulada = 0.5780 > 7.71

Como no es cierto se acepta la Ho.

Tabla LXX. ANDEVA para las tinturas 1:22 y 1:20 de fronda de *phlebodium pseudoaureum* con etanol al 50%

Fuente de variación	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrados medios	f calculada
Tratamientos	0.00667	1	0.00666	2.5974
Error	0.01027	4	0.002566	
Total	0.01693	5		

F tabulada = 7.71

Regla de decisión: F calculada > F tabulada = 2.5974 > 7.71

Como no es cierto se acepta la Ho.

Tabla LXXI. ANDEVA para las tinturas 1:22 y 1:20 de fronda de *phlebodium pseudoaureum* con etanol al 70%

Fuente de variación	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrados medios	f calculada
Tratamientos	0.00167	1	0.001667	0.82644
Error	0.00807	4	0.002016	
Total	0.00973	5		

F tabulada = 7.71

Regla de decisión: F calculada > F tabulada = 0.82644 > 7.71

Como no es cierto se acepta la Ho.

Tabla LXXII. ANDEVA para las tinturas 1:10 y 1:5 de rizoma de *phlebodium pseudoaureum* con etanol al 30%

Fuente de variación	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrados medios	f calculada
Tratamientos	0.00960	1	0.0096	5.70
Error	0.00673	4	0.001683	
Total	0.01633	5		

F tabulada = 7.71

Regla de decisión: F calculada > F tabulada = 5.70 > 7.71

Como no es cierto se acepta la Ho.

Tabla LXXIII. ANDEVA para las tinturas 1:10 y 1:5 de rizoma de *phlebodium pseudoaureum* con etanol al 50%

Fuente de variación	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrados medios	f calculada
Tratamientos	0.00240	1	0.0024	3.69
Error	0.00260	4	0.00065	
Total	0.00500	5		

F tabulada = 7.71

Regla de decisión: F calculada > F tabulada = 3.69 > 7.71

Como no es cierto se acepta la Ho.

Tabla LXXIV. ANDEVA para las tinturas 1:10 y 1:5 de rizoma de *phlebodium pseudoaureum* con etanol al 70%

Fuente de variación	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrados medios	f calculada
Tratamientos	0.00735	1	0.00735	7.35
Error	0.01135	4	0.001	
Total	0.00400	5		

F tabulada = 7.71

Regla de decisión: F calculada > F tabulada = 7.35 > 7.71

Como no es cierto se acepta la Ho.

Tabla LXXV. ANDEVA para los extractos fluidos y blandos de fronda de *phlebodium pseudoaureum* con etanol al 70%

Fuente de variación	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrados medios	f calculada
Tratamientos	0.00167	1	0.001666	6.25
Error	0.00107	4	0.0002667	
Total	0.00273	5		

F tabulada = 7.71

Regla de decisión: F calculada > F tabulada = 6.25 > 7.71

Como no es cierto se acepta la Ho.

Tabla LXXVI. ANDEVA para los extractos fluidos y blandos de rizoma de *phlebodium pseudoaureum* con etanol al 70%

Fuente de variación	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrados medios	f calculada
Tratamientos	0.00000	1	0.0000	0
Error	0.00680	4	0.0017	
Total	0.00680	5		

F tabulada = 7.71

Regla de decisión: F calculada > F tabulada = 0 > 7.71

Como no es cierto se acepta la Ho.

Tabla LXXVII. ANDEVA para los extractos fluidos de fronda y rizoma de *phlebodium pseudoaureum* con etanol al 70%

Fuente de variación	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrados medios	f calculada
Tratamientos	0.07482	1	0.07981	104.39
Error	0.00287	4	0.0007166	
Total	0.07768	5		

F tabulada = 7.71

Regla de decisión: F calculada > F tabulada = 104.9 > 7.71

Como es cierto se rechaza la Ho y se acepta la Hi.

Tabla LXXVIII. ANDEVA para los extractos blandos de fronda y rizoma de *phlebodium pseudoaureum* con etanol al 70%

Fuente de variación	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrados medios	f calculada
Tratamientos	0.05415	1	0.05425	43.32
Error	0.00500	4	0.00125	
Total	0.05915	5		

F tabulada = 7.71

Regla de decisión: F calculada > F tabulada = 43.32 > 7.71

Como es cierto se rechaza la Ho y se acepta la Hi.

6.2. Densidad

Tabla LXXIX ANDEVA para las tinturas 1:22 de fronda de *phlebodium pseudoaureum*

Fuente de variación	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrados medios	f calculada
Tratamientos	0.00974	2	0.004868	743.78
Error	0.00004	6	6.54E ⁻⁶	
Total	0.00978	8		

F tabulada = 5.14

Regla de decisión: F calculada > F tabulada = 743.78 > 5.14

Como es cierto se rechaza la Ho y se acepta Hi.

Tabla LXXX. ANDEVA para las tinturas 1:20 de fronda de *phlebodium pseudoaureum*

Fuente de variación	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrados medios	f calculada
Tratamientos	0.001028	2	0.0015142	1723.30
Error	0.00002	6	2.98E ⁻⁶	
Total	0.01030	8		

F tabulada = 5.14

Regla de decisión: F calculada > F tabulada = 1723.30 > 5.14

Como es cierto se rechaza la Ho y se acepta Hi.

Tabla LXXXI. ANDEVA para las tinturas 1:10 de rizoma de *plebodium pseudoaureum*

Fuente de variación	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrados medios	f calculada
Tratamientos	0.00953	2	0.004762	75.22
Error	0.00038	6	6.331E ⁻⁵	
Total	0.00991	8		

F tabulada = 5.14

Regla de decisión: F calculada > F tabulada = 75.22 > 5.14

Como es cierto se rechaza la Ho y se acepta Hi.

Tabla LXXXII. ANDEVA para las tinturas 1:5 de rizoma de *plebodium pseudoaureum*

Fuente de variación	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrados medios	f calculada
Tratamientos	0.00735	2	0.003677	15.42
Error	0.00143	6	0.00023	
Total	0.00878	8		

F tabulada = 5.14

Regla de decisión: F calculada > F tabulada = 15.42 > 5.14

Como es cierto se rechaza la Ho y se acepta Hi.

Tabla LXXXIII. ANDEVA para las tinturas 1:22 y 1:20 de fronda de *phlebodium pseudoaureum* con etanol al 30%

Fuente de variación	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrados medios	f calculada
Tratamientos	0.0000	1	1.683E ⁻⁷	0.8928
Error	0.0000	4	1.88E ⁻⁷	
Total	0.0000	5		

F tabulada = 7.71

Regla de decisión: F calculada > F tabulada = 0.8928 > 7.71

Como no es cierto se acepta la Ho.

Tabla LXXXIV. ANDEVA para las tinturas 1:22 y 1:20 de fronda de *phlebodium pseudoaureum* con etanol al 50%

Fuente de variación	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrados medios	f calculada
Tratamientos	0.00000	1	3.7162E ⁻⁶	1.034
Error	0.00001	4	3.59E ⁻⁶	
Total	0.00002	5		

F tabulada = 7.71

Regla de decisión: F calculada > F tabulada = 1.034 > 7.71

Como no es cierto se acepta la Ho.

Tabla LXXXV. ANDEVA para las tinturas 1:22 y 1:20 de fronda de *phlebodium pseudoaureum* con etanol al 70%

Fuente de variación	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrados medios	f calculada
Tratamientos	0.00000	1	4.17E ⁻⁶	0.454549
Error	0.00004	4	1.038E ⁻⁵	
Total	0.00005	5		

F tabulada = 7.71

Regla de decisión: F calculada > F tabulada = 0.4545 > 7.71

Como no es cierto se acepta la Ho.

Tabla LXXXVI. ANDEVA para las tinturas 1:10 y 1:5 de rizoma de *phlebodium pseudoaureum* con etanol al 30%

Fuente de variación	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrados medios	f calculada
Tratamientos	0.00016	1	0.000162	0.4546
Error	0.00143	4	0.000358	
Total	0.00160	5		

F tabulada = 7.71

Regla de decisión: F calculada > F tabulada = 0.4546 > 7.71

Como no es cierto se acepta la Ho.

Tabla LXXXVII. ANDEVA para las tinturas 1:10 y 1:5 de rizoma de *phlebodium pseudoaureum* con etanol al 50%

Fuente de variación	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrados medios	f calculada
Tratamientos	0.000210	1	0.0002138	2.757
Error	0.00031	4	7.75E ⁻⁵	
Total	0.00052	5		

F tabulada = 7.71

Regla de decisión: F calculada > F tabulada = 2.757 > 7.71

Como no es cierto se acepta la Ho.

Tabla LXXXVIII. ANDEVA para las tinturas 1:10 y 1:5 de rizoma de *phlebodium pseudoaureum* con etanol al 70%

Fuente de variación	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrados medios	f calculada
Tratamientos	0.00000	1	1.9426E ⁻⁶	0.1161
Error	0.00007	4	1.6722E ⁻⁵	
Total	0.00007	5		

F tabulada = 7.71

Regla de decisión: F calculada > F tabulada = 0.1161 > 7.71

Como no es cierto se acepta la Ho.

Tabla LXXXIX. ANDEVA para los extractos fluidos y blandos de fronda de *phlebodium pseudoaureum* con etanol al 70%

Fuente de variación	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrados medios	f calculada
Tratamientos	0.01673	1	0.01672	287.87
Error	0.00023	4	5.81E ⁻⁵	
Total	0.01696	5		

F tabulada = 7.71

Regla de decisión: F calculada > F tabulada = 287.87 > 7.71

Como es cierto se rechaza la Ho y se acepta la Hi.

Tabla XC. ANDEVA para los extractos fluidos y blandos de rizoma de *phlebodium pseudoaureum* con etanol al 70%

Fuente de variación	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrados medios	f calculada
Tratamientos	0.00017	1	0.000165	0.5748
Error	0.00115	4	0.000287	
Total	0.00132	5		

F tabulada = 7.71

Regla de decisión: F calculada > F tabulada = 0.578 > 7.71

Como no es cierto se acepta la Ho.

Tabla XCI. ANDEVA para los extractos fluidos de fronda y rizoma de *phlebodium pseudoaureum* con etanol al 70%

Fuente de variación	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrados medios	f calculada
Tratamientos	0.00008	1	7.62E ⁻⁵	0.3696
Error	0.00083	4	0.00020647	
Total	0.00090	5		

F tabulada = 7.71

Regla de decisión: F calculada > F tabulada = 0.3696 > 7.71

Como no es cierto se acepta la Ho.

Tabla XCII. ANDEVA para los extractos blandos de fronda y rizoma de *phlebodium pseudoaureum* con etanol al 70%

Fuente de variación	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrados medios	f calculada
Tratamientos	0.01568	1	0.0156	112.51
Error	0.000506	4	0.00013	
Total	0.01623	5		

F tabulada = 7.71

Regla de decisión: F calculada > F tabulada = 112.51 > 7.71

Como es cierto se rechaza la Ho y se acepta la Hi.

6.3. Residuo seco (sólidos totales)

Tabla XCIII. ANDEVA para el residuo seco de las tinturas 1:22 de fronda de *phlebodium pseudoaureum*

Fuente de variación	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrados medios	f calculada
Tratamientos	0.29962	2	0.1498	345.71
Error	0.00260	6	0.0004333	
Total	0.30222	8		

F tabulada = 5.14

Regla de decisión: F calculada > F tabulada = 345.71 > 5.14

Como es cierto se rechaza la Ho y se acepta Hi.

Tabla XCIV. ANDEVA para el residuo seco de las tinturas 1:20 de fronda de *phlebodium pseudoaureum*.

Fuente de variación	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrados medios	f calculada
Tratamientos	0.00536	2	0.002673	4.22
Error	0.00380	6	0.0006333	
Total	0.00916	8		

F tabulada = 5.14

Regla de decisión: F calculada > F tabulada = 4.22 > 5.14

Como no es cierto se acepta la Ho.

Tabla XCV. ANDEVA para el residuo seco de las tinturas 1:10 de rizoma de *phlebodium pseudoaureum*

Fuente de variación	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrados medios	f calculada
Tratamientos	0.5792	2	0.2896	606.23
Error	0.00287	6	0.0004778	
Total	0.58216	8		

F tabulada = 5.14

Regla de decisión: F calculada > F tabulada = 606.23 > 5.14

Como es cierto se rechaza la Ho y se acepta Hi.

Tabla XCVI. ANDEVA para las tinturas 1:5 de rizoma de *phlebodium pseudoaureum*

Fuente de variación	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrados medios	f calculada
Tratamientos	0.05642	2	0.028211	49.78
Error	0.00340	6	0.0005666	
Total	0.05982	8		

F tabulada = 5.14

Regla de decisión: F calculada > F tabulada = 49.78 > 5.14

Como es cierto se rechaza la Ho y se acepta Hi.

Tabla XCVII. ANDEVA para el residuo seco de las tinturas 1:22 y 1:20 de fronda de *phlebodium pseudoaureum* con etanol al 30%

Fuente de variación	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrados medios	f calculada
Tratamientos	0.00002	1	1.66E ⁻⁵	0.02631
Error	0.00253	4	0.000633	
Total	0.00255	5		

F tabulada = 7.71

Regla de decisión: F calculada > F tabulada = 0.02631 > 7.71

Como no es cierto se acepta la Ho.

Tabla XCVIII. ANDEVA para el residuo seco de las tinturas 1:22 y 1:20 de fronda de *phlebodium pseudoaureum* con etanol al 50%

Fuente de variación	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrados medios	f calculada
Tratamientos	0.00135	1	0.00135	4.05
Error	0.00133	4	0.000333	
Total	0.00268	5		

F tabulada = 7.71

Regla de decisión: F calculada > F tabulada = 4.05 > 7.71

Como no es cierto se acepta la Ho.

Tabla XCIX. ANDEVA para el residuo seco de las tinturas 1:22 y 1:20 de fronda de *phlebodium pseudoaureum* con etanol al 70%

Fuente de variación	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrados medios	f calculada
Tratamientos	0.2360	1	0.2360	372.65
Error	0.00253	4	0.000633	
Total	0.23855	5		

F tabulada = 7.71

Regla de decisión: F calculada > F tabulada = 372.65 > 7.71

Como es cierto se rechaza la Ho y se acepta Hi.

Tabla C. ANDEVA para el residuo seco de las tinturas 1:10 y 1:5 de rizoma de *phlebodium pseudoaureum* con etanol al 30%

Fuente de variación	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrados medios	f calculada
Tratamientos	0.19082	1	0.1908	286.225
Error	0.00267	4	0.0006667	
Total	0.19348	5		

F tabulada = 7.71

Regla de decisión: F calculada > F tabulada = 0286.225 > 7.71

Como es cierto se rechaza la Ho y se acepta Hi.

Tabla CI. ANDEVA para el residuo seco de las tinturas 1:10 y 1:5 de rizoma de *phlebodium pseudoaureum* con etanol al 50%

Fuente de variación	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrados medios	f calculada
Tratamientos	0.20167	1	0.2016	378.125
Error	0.00213	4	0.000513	
Total	0.2038	5		

F tabulada = 7.71

Regla de decisión: F calculada > F tabulada = 378.125 > 7.71

Como es cierto se rechaza la Ho y se acepta Hi.

Tabla CII. ANDEVA para el residuo seco de las tinturas 1:10 y 1:5 de rizoma de *phlebodium pseudoaureum* con etanol al 70%

Fuente de variación	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrados medios	f calculada
Tratamientos	0.8512	1	0.8512	25.13
Error	0.1354	4	0.03386	
Total	0.9867	5		

F tabulada = 7.71

Regla de decisión: F calculada > F tabulada = 25.13 > 7.71

Como es cierto se rechaza la Ho y se acepta Hi.

Tabla CIII. ANDEVA para el residuo seco de los extractos fluidos y blandos de fronda de *phlebodium pseudoaureum* con etanol al 70%

Fuente de variación	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrados medios	f calculada
Tratamientos	0.02282	1	0.02281	10.53
Error	0.00867	4	0.002166	
Total	0.03148	5		

F tabulada = 7.71

Regla de decisión: F calculada > F tabulada = 10.53 > 7.71

Como es cierto se rechaza la Ho y se acepta la Hi.

Tabla CIV. ANDEVA para el residuo seco de los extractos fluidos y blandos de rizoma de *phlebodium pseudoaureum* con etanol al 70%

Fuente de variación	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrados medios	f calculada
Tratamientos	11.62	1	11.62	1467.84
Error	0.03	4	0.0079	
Total	11.65	5		

F tabulada = 7.71

Regla de decisión: F calculada > F tabulada = 1467.84 > 7.71

Como es cierto se rechaza la Ho y se acepta la Hi.

Tabla CV. ANDEVA para el residuo seco de los extractos fluidos de fronda y rizoma de *phlebodium pseudoaureum* con etanol al 70%

Fuente de variación	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrados medios	f calculada
Tratamientos	14.82	1	14.82	4155.36
Error	0.01427	4	0.003566	
Total	14.83	5		

F tabulada = 7.71

Regla de decisión: F calculada > F tabulada = 4155.36 > 7.71

Como es cierto se rechaza la Ho y se acepta la Hi.

Tabla CVI. ANDEVA para el residuo seco de los extractos blandos de fronda y rizoma de *phlebodium pseudoaureum* con etanol al 70%

Fuente de variación	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrados medios	f calculada
Tratamientos	0.084	1	0.08401	12.89
Error	0.02607	4	0.006516	
Total	0.1100	5		

F tabulada = 7.71

Regla de decisión: F calculada > F tabulada = 12.89 > 7.71

Como es cierto se rechaza la Ho y se acepta la Hi.

Tabla CVII. ANDEVA para el residuo seco de los extractos secos de fronda y rizoma de *phlebodium pseudoaureum* con etanol al 70%

Fuente de variación	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrados medios	f calculada
Tratamientos	82.14	1	82.14	13.29
Error	24.71	4	6.17	
Total	106.85	5		

F tabulada = 7.71

Regla de decisión: F calculada > F tabulada = 13.29 > 7.71

Como es cierto se rechaza la Ho y se acepta la Hi.

APÈNDICE D: FOTOGRAFÌAS DEL PROYECTO

Figura 1 Pícnometro y potenciometro



Figura 2 Rizoma de calahuala (*phlebodium pseudoaureum*)



Figura 3

Fronza de calahuala (*phlebodium pseudoureum*)



Figura 4

Cromatografía para la determinación de saponinas

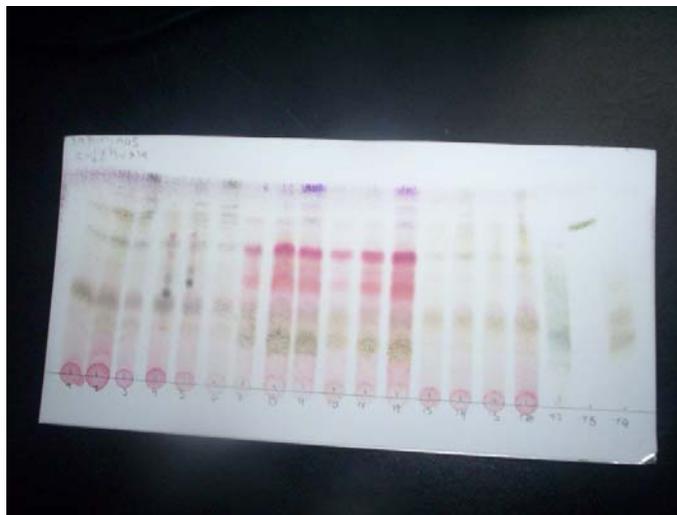


Figura 5

Cromatografía para la determinación de flavonoides

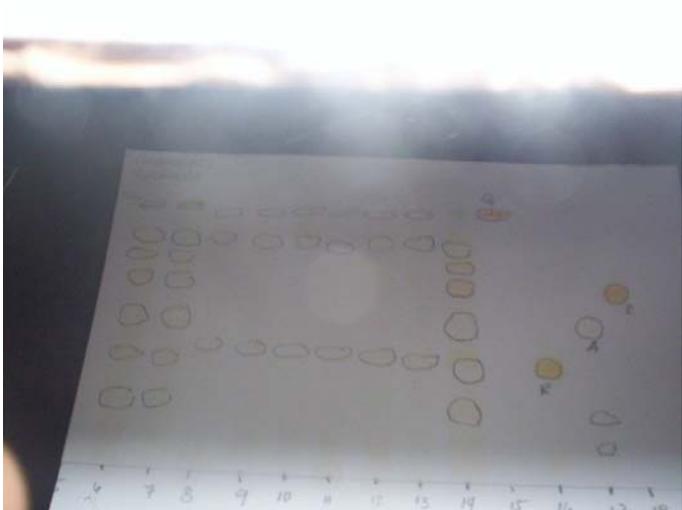


Figura 6

Percoladores de acero inoxidable



Figura 7

Rotavapor



Figura 8

Tinturas de rizoma de calahuala (*P. pseudoaureum*)



Figura 9

Tinturas de fronda de calahuala (*P. pseudoaureum*)



Figura 10

Recipientes en donde se hicieron las tinturas

