



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

**OBTENCIÓN Y CARACTERIZACIÓN DE LOS EXTRACTOS DE LOS HONGOS OSTRA
(*Pleurotus ostreatus* Jacq. Ex Fries), SHIITAKE (*Lentinula edodes* Berk. Pegler), Y REISHI
(*Ganoderma lucidum* Curtis: Fries Karsten)**

Gabriela María Morán Cruz

Asesorado por la Inga. Telma Maricela Cano Morales

Coasesorado por el Ing. Mario José Mérida Meré

Guatemala, septiembre de 2013

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**OBTENCIÓN Y CARACTERIZACIÓN DE LOS EXTRACTOS DE LOS HONGOS OSTRA
(*Pleurotus ostreatus* Jacq. Ex Fries), SHIITAKE (*Lentinula edodes* Berk. Pegler), Y REISHI
(*Ganoderma lucidum* Curtis: Fries Karsten)**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA
POR

GABRIELA MARÍA MORÁN CRUZ

ASESORADO POR LA INGA. TELMA MARICELA CANO MORALES
COASESORADO POR EL ING. MARIO JOSÉ MÉRIDA MERÉ

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

INGENIERA QUÍMICO

GUATEMALA, SEPTIEMBRE DE 2013

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA



NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA

DECANO	Ing. Murphy Olympto Paiz Recinos
VOCAL I	Ing. Alfredo Enrique Beber Aceituno
VOCAL II	Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco
VOCAL III	Inga. Elvia Miriam Ruballos Samayoa
VOCAL IV	Br. Walter Rafael Véliz Muñoz
VOCAL V	Br. Sergio Alejandro Donis Soto
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

DECANO	Ing. Murphy Olympto Paiz Recinos
EXAMINADOR	Dr. Adolfo Narciso Gramajo Antonio
EXAMINADOR	Ing. Jorge Rodolfo García Carrera
EXAMINADOR	Ing. Jaime Domingo Carranza González
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

En cumplimiento 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 Y CARACTERIZACIÓN DE LOS EXTRACTOS DE LOS HONGOS OSTRÁ
(*Pleurotus ostreatus* Jacq. Ex Fries), SHIITAKE (*Lentinula edodes* Berk. Pegler), Y REISHI
(*Ganoderma lucidum* Curtis: Fries Karsten)

Tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Química, con fecha de agosto de 2012



Gabriela María Morán Cruz



Guatemala, 20 de Agosto de 2013

Ingeniero
Victor Manuel Monzón Valdez
Director Escuela de Ingeniería Química
Facultad de Ingeniería
Universidad de San Carlos de Guatemala
Presente.

Ingeniero Monzón:

Por medio de la presente HACEMOS CONSTAR que hemos revisado y dado nuestra aprobación al informe final del trabajo de graduación **“OBTENCIÓN Y CARACTERIZACIÓN DE LOS EXTRACTOS DE LOS HONGOS OSTRA (*Pleurotus ostreatus* Jacq. Ex Fries), SHIITAKE (*Lentinula edodes* Berk. Pegler), Y REISHI (*Ganoderma lucidum* Curtis: Fries Karsten)”,** de la estudiante Gabriela María Morán Cruz quien se identifica con el carné número 2007-14742.

Sin otro particular me suscribo de usted.

Atentamente,


Ing. Mario José Mérida Meré
Coordinador
Laboratorio de Investigación
de Extractos Vegetales -LIEXVE-
Sección Química Industrial CII / USAC
Asesor




Inga. Telma Maricela Cano Morales
Directora
Centro de Investigaciones de Ingeniería
Universidad de San Carlos de Guatemala
Asesora





Guatemala, 30 de agosto de 2013
Ref. EI.Q.TG-IF.051.2013

Ingeniero
Víctor Manuel Monzón Valdez
DIRECTOR
Escuela Ingeniería Química
Facultad de Ingeniería

Estimado Ingeniero Monzón:

Como consta en el Acta TG-059-2012-IF le informo que reunidos los Miembros de la Tema nombrada por la Escuela de Ingeniería Química, se practicó la revisión del:

INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADUACIÓN

Solicitado por la estudiante universitaria: **Gabriela María Morán Cruz.**

Identificada con número de carné: **2007-14742.**

Previo a optar al título de **INGENIERA QUÍMICA.**

Siguiendo los procedimientos de revisión interna de la Escuela de Ingeniería Química, los Miembros de la Tema han procedido a **APROBARLO** con el siguiente título

OBTENCIÓN Y CARACTERIZACIÓN DE LOS EXTRACTOS DE LOS HONGOS OSTRÁ (PLEUROTUS OSTREATUS JACQ. EX FRIES), SHIITAKE (LENTINULA EDODES BERK. PEGLER), Y REISHI (GANODERMA LUCIDUM CURTIS: FRIES KARSTEN)

El Trabajo de Graduación ha sido asesorado por los Ingenieros Químicos: **Telma Maricela Cano Morales y Mario José Mérida Meré.**

Habiendo encontrado el referido informe final del trabajo de graduación **SATISFACTORIO**, se autoriza al estudiante, proceder con los trámites requeridos de acuerdo a las normas y procedimientos establecidos por la Facultad para su autorización e impresión.

"ID Y ENSEÑAD A TODOS"

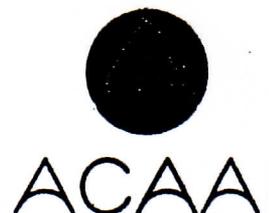
Inga. Hilda Piedad Palma de Martíni
COORDINADORA DE TERNA

Tribunal de Revisión
Trabajo de Graduación

C.c.: archivo



PROGRAMA DE INGENIERÍA QUÍMICA
ACREDITADO POR
Agencia Centroamericana de Acreditación de
Programas de Arquitectura y de Ingeniería
Periodo 2009 - 2015





UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA

Ref.EIQ.TG.253.2013

El Director de la Escuela de Ingeniería Química de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer el dictamen del Asesor y de los Miembros del Tribunal nombrado por la Escuela de Ingeniería Química para revisar el Informe del Trabajo de Graduación del estudiante, **GABRIELA MARÍA MORÁN CRUZ** titulado: "OBTENCIÓN Y CARACTERIZACIÓN DE LOS EXTRACTOS DE LOS HONGOS OSTRÁ (*PLEUROTUS OSTREATUS* JACQ. EX FRIES), SHIITAKE (*LENTINULA EDODES* BERK. PEGLER), Y REISHI (*GANODERMA LUCIDUM* CURTIS: FRIES KARSTEN)". Procede a la autorización del mismo, ya que reúne el rigor, la secuencia, la pertinencia y la coherencia metodológica requerida.


Ing. Víctor Manuel Monzón Valdez
DIRECTOR
Escuela de Ingeniería Química



Guatemala, septiembre 2013

Cc: Archivo
VMMV/ale

FORMANDO INGENIEROS QUÍMICOS EN GUATEMALA.

PROGRAMA DE INGENIERÍA
QUÍMICA ACREDITADO POR
Agencia Centroamericana de Acreditación de
Programas de Arquitectura y de Ingeniería
Período 2013 - 2015





DTG. 634.2013

El Decano de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer la aprobación por parte del Director de la Escuela de Ingeniería Química, al Trabajo de Graduación titulado: **OBTENCIÓN Y CARACTERIZACIÓN DE LOS EXTRACTOS DE LOS HONGOS OSTRAL (Pleurotus ostreatus Jacq. Ex Fries), SHIITAKE (Lentinula edodes Berk. Pegler), Y REISHI (Ganoderma lucidum Curtis: Fries Karsten),** presentado por la estudiante universitaria: **Gabriela María Morán Cruz,** autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE:

Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
Decano

Guatemala, 12 de septiembre de 2013

/gdech



Carlos González

Gracias por creer y ver siempre lo bueno en mí.
Gracias por siempre motivarme e impulsarme a
llegar más allá de lo que puedo pensar.

Vilma Masaya

Gracias por tu cariño, por aconsejarme y
motivarme a seguir adelante.

Mis primos

Gracias por compartir conmigo su alegría y su
cariño. Han sido hermanos para mí.

Mis mejores amigos

Gracias por su amistad, por tantos momentos
increíbles que compartí con ustedes, han
dejado su huella en mí. Gracias porque por
cada uno de ustedes fue posible culminar esta
meta. En especial a Vladimir Pérez, Adreana
Hernández, Edwin Saravia, Wagner
Monterroso, Karla Caal, Luis Ruiz, Gabriel
Cifuentes y Andrea Barrientos.

AGRADECIMIENTOS A:

La Universidad de San Carlos de Guatemala	Por permitirme alcanzar mi sueño y formarme como profesional, por permitirme conocer excelentes personas. Mi alma máter.
Señor Decano	Ing. Murphy Paiz, por todo el apoyo durante mi carrera. Gracias por su confianza, aprecio y amistad.
Ongos S.A.	Por brindarme todo el apoyo y recursos. Gracias al cariño del personal, su alegría y entrega me motivan a esforzarme más.
Andrés Minondo	Por compartir sus conocimientos y admiración del extraordinario reino fungi. Por permitirme conocer las virtudes de los hongos medicinales.
Laboratorio de Investigación de Extractos Vegetales (LIEXVE)	Por todo el apoyo y permitirme desarrollar este trabajo de investigación.
Mis asesores	Ing. Mario Mérida e Inga. Telma Cano, por su cariño, amistad sincera y por toda la paciencia. Gracias por compartir sus conocimientos a lo largo de mi carrera.

Mi revisora

Inga. Hilda Palma, por su dedicación y su esfuerzo. Gracias por su cariño y amistad.

**Laboratorio de
Investigación de
Productos Naturales**

Por permitirme realizar los análisis cromatográficos y poder concluir mi trabajo de investigación.

**Edwin Saravia y
Wagner Alonso**

Por su amistad y ayuda incondicional, por su motivación. Sin ustedes no habría logrado esta meta.

Andrés Bätten

Por su amistad y alegría. Gracias por ayudarme a concluir mi trabajo final de graduación.

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES.....	V
LISTA DE SÍMBOLOS	XI
GLOSARIO	XIII
RESUMEN.....	XVII
OBJETIVOS/HIPÓTESIS.....	XIX
INTRODUCCIÓN	XXIII
1. ANTECEDENTES	1
2. MARCO TEÓRICO.....	3
2.1. Generalidades de los hongos	3
2.1.1. Factores que afectan el crecimiento y la fructificación.....	4
2.1.1.1. La temperatura	4
2.1.1.2. El pH.....	4
2.1.1.3. El sustrato.....	5
2.1.1.4. La humedad del sustrato	5
2.1.1.5. La humedad del aire	6
2.1.1.6. El tamaño de la partícula	6
2.1.1.7. La aireación	6
2.1.1.8. La luz	7
2.2. <i>Pleurotus ostreatus</i>	7
2.3. <i>Lentinula edodes</i>	8
2.4. <i>Ganoderma lucidum</i>	9
2.5. Obtención de los extractos	11

2.5.1.	Clasificado.....	11
2.5.2.	Secado	12
2.5.2.1.	Objetivo del secado.....	12
2.5.2.2.	Secador de bandejas	12
2.5.3.	Extracción.....	13
2.5.3.1.	Extracción sólido líquido.....	13
2.5.3.1.1.	Maceración dinámica	14
2.5.3.1.2.	Percolación o lixiviación.....	14
2.5.4.	Variables del proceso extractivo.....	15
2.5.4.1.	Tamaño de partícula	15
2.5.4.2.	Agitación.....	15
2.5.4.3.	Temperatura.....	15
2.5.4.4.	pH.....	16
2.5.4.5.	Naturaleza del disolvente	16
2.5.4.6.	Tiempo de extracción	16
2.5.5.	Tipos de extracto.....	16
2.5.5.1.	Extracto fluido.....	17
2.5.5.2.	Extracto blando	17
2.5.5.3.	Extracto seco.....	17
2.5.6.	Características fisicoquímicas	17
2.5.6.1.	Potencial de hidrógeno.....	17
2.5.6.2.	Densidad	18
2.5.6.3.	Porcentaje de sólidos	18
2.5.7.	Identificación química.....	18
2.5.7.1.	Determinación cualitativa de metabolitos secundarios.....	19
2.5.7.1.1.	Triterpenos.....	19
2.5.7.2.	Carbohidratos.....	19

	2.5.7.2.1.	Beta-glucanos.....	20
	2.5.7.2.2.	Identificación de carbohidratos: método de fenol-ácido sulfúrico	21
	2.5.8.	Cromatografía en capa fina	21
3.	DISEÑO METODOLÓGICO		23
	3.1.	Localización.....	23
	3.2.	Variables.....	23
	3.3.	Delimitación del campo de estudio	24
	3.4.	Obtención de las muestras	24
	3.5.	Recursos humanos.....	25
	3.6.	Recursos materiales	25
	3.7.	Técnicas cuantitativas de la investigación	27
	3.8.	Recolección y ordenamiento de la información	30
	3.9.	Tabulación, ordenamiento y procesamiento de la información	33
	3.10.	Análisis estadístico	33
4.	RESULTADOS		37
5.	INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS.....		53
	CONCLUSIONES		61
	RECOMENDACIONES.....		65
	BIBLIOGRAFÍA.....		67
	APÉNDICES		69
	ANEXOS		87

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

1. Absorbancia promedio en función de la concentración de carbohidratos 30
2. Rendimiento extractivo para los extractos de los hongos Ostra (*Pleurotus ostreatus* Jacq. Ex Fries), Reishi (*Ganoderma lucidum* Curtis: Fries Karsten), Shiitake (*Lentinula edodes* Berk. Pegler) a diferentes concentraciones de etanol 39
3. Potencial de hidrógeno de los extractos de los hongos Ostra (*Pleurotus ostreatus* Jacq. Ex Fries), Reishi (*Ganoderma lucidum* Curtis: Fries Karsten), Shiitake (*Lentinula edodes* Berk. Pegler) a diferentes concentraciones de etanol 42
4. Densidades de los extractos de los hongos Ostra (*Pleurotus ostreatus* Jacq. Ex Fries), Reishi (*Ganoderma lucidum* Curtis: Fries Karsten), Shiitake (*Lentinula edodes* Berk. Pegler) a diferentes concentraciones de etanol 44
5. Porcentaje de sólidos de los extractos de los hongos Ostra (*Pleurotus ostreatus* Jacq. Ex Fries), Reishi (*Ganoderma lucidum* Curtis: Fries Karsten), Shiitake (*Lentinula edodes* Berk. Pegler) a diferentes concentraciones de etanol 47
6. Concentración de carbohidratos de los extractos de los hongos Ostra (*Pleurotus ostreatus* Jacq. Ex Fries), Reishi (*Ganoderma lucidum* Curtis: Fries Karsten), Shiitake (*Lentinula edodes* Berk. Pegler) a diferentes concentraciones de etanol 51

TABLAS

I.	Absorbancia promedio en función de la concentración de carbohidratos	29
II.	Modelo matemático y coeficiente de la absorbancia promedio en función de la concentración de carbohidratos.....	30
III.	Datos obtenidos de la extracción de los hongos Ostra, Shiitake y Reishi por el método de maceración dinámica.	31
IV.	Datos obtenidos para la determinación de las propiedades fisicoquímicas de los extractos de los hongos Ostra, Shiitake y Reishi.....	31
V.	Datos obtenidos de las absorbancias para los extractos de los hongos Ostra, Shiitake y Reishi.....	32
VI.	Experimento de dos factores	33
VII.	Varianza en un experimento de dos factores.....	35
VIII.	Rendimiento extractivo para los extractos del hongo Ostra (<i>Pleurotus ostreatus</i> Jacq. Ex Fries) a diferentes concentraciones de etanol.....	37
IX.	Rendimiento extractivo para los extractos del hongo Reishi (<i>Ganoderma lucidum</i> Curtis: Fries Karsten) a diferentes concentraciones de etanol.....	38
X.	Rendimiento extractivo para los extractos del hongo Shiitake (<i>Lentinula edodes</i> Berk. Pegler) a diferentes concentraciones de etanol.....	38
XI.	Modelo matemático y coeficiente de correlación del rendimiento extractivo para los extractos de los hongos Ostra (<i>Pleurotus ostreatus</i> Jacq. Ex Fries), Reishi (<i>Ganoderma lucidum</i> Curtis: Fries Karsten), Shiitake (<i>Lentinula edodes</i> Berk. Pegler) a diferentes concentraciones de etanol	40

XII.	Potencial de hidrógeno de los extractos del hongo Ostra (<i>Pleurotus ostreatus</i> Jacq. Ex Fries) a diferentes concentraciones de etanol	40
XIII.	Potencial de hidrógeno de los extractos del hongo Reishi (<i>Ganoderma lucidum</i> Curtis: Fries Karsten) a diferentes concentraciones de etanol	41
XIV.	Potencial de hidrógeno de los extractos del hongo Shiitake (<i>Lentinula edodes</i> Berk. Pegler) a diferentes concentraciones de etanol	41
XV.	Modelo matemático y coeficiente de correlación del potencial de hidrógeno de los extractos de los hongos Ostra (<i>Pleurotus ostreatus</i> Jacq. Ex Fries), Reishi (<i>Ganoderma lucidum</i> Curtis: Fries Karsten), Shiitake (<i>Lentinula edodes</i> Berk. Pegler) a diferentes concentraciones de etanol.....	42
XVI.	Densidades de los extractos del hongo Ostra (<i>Pleurotus ostreatus</i> Jacq. Ex Fries) a diferentes concentraciones de etanol ..	43
XVII.	Densidades de los extractos del hongo Reishi (<i>Ganoderma lucidum</i> Curtis: Fries Karsten) a diferentes concentraciones de etanol	43
XVIII.	Densidades de los extractos del hongo Shiitake (<i>Lentinula edodes</i> Berk. Pegler) a diferentes concentraciones de etanol	44
XIX.	Modelo matemático y coeficiente de correlación de las densidades de los extractos de los hongos Ostra (<i>Pleurotus ostreatus</i> Jacq. Ex Fries), Reishi (<i>Ganoderma lucidum</i> Curtis: Fries Karsten), Shiitake (<i>Lentinula edodes</i> Berk. Pegler) a diferentes concentraciones de etanol	45
XX.	Porcentaje de sólidos de los extractos del hongo Ostra (<i>Pleurotus ostreatus</i> Jacq. Ex Fries) a diferentes concentraciones de etanol	45

XXI.	Porcentaje de sólidos de los extractos del hongo Reishi (<i>Ganoderma lucidum</i> Curtis: Fries Karsten) a diferentes concentraciones de etanol.....	46
XXII.	Porcentaje de sólidos de los extractos del hongo Shiitake (<i>Lentinula edodes</i> Berk. Pegler) a diferentes concentraciones de etanol.....	46
XXIII.	Modelo matemático y coeficiente de correlación del porcentaje de sólidos de los hongos Ostra (<i>Pleurotus ostreatus</i> Jacq. Ex Fries), Reishi (<i>Ganoderma lucidum</i> Curtis: Fries Karsten), Shiitake (<i>Lentinula edodes</i> Berk. Pegler) a diferentes concentraciones de etanol.....	47
XXIV.	Presencia de triterpenos y esteroides en los extractos del hongo Ostra (<i>Pleurotus ostreatus</i> Jacq. Ex Fries) a diferentes concentraciones de etanol.....	48
XXV.	Presencia de triterpenos y esteroides en los extractos del hongo Reishi (<i>Ganoderma lucidum</i> Curtis: Fries Karsten) a diferentes concentraciones de etanol.....	48
XXVI.	Presencia de triterpenos y esteroides en los extractos del hongo Shiitake (<i>Lentinula edodes</i> Berk. Pegler) a diferentes concentraciones de etanol.....	49
XXVII.	Concentración de carbohidratos totales en los extractos del hongo Ostra (<i>Pleurotus ostreatus</i> Jacq. Ex Fries) a diferentes concentraciones de etanol	49
XXVIII.	Concentración de carbohidratos totales en los extractos del hongo Reishi (<i>Ganoderma lucidum</i> Curtis: Fries Karsten) a diferentes concentraciones de etanol.....	50
XXIX.	Concentración de carbohidratos totales en los extractos del hongo Shiitake (<i>Lentinula edodes</i> Berk. Pegler) a diferentes concentraciones de etanol	50

XXX. Modelo matemático y coeficiente de correlación de la concentración de carbohidratos de los hongos Ostra (*Pleurotus ostreatus* Jacq. Ex Fries), Reishi (*Ganoderma lucidum* Curtis: Fries Karsten), Shiitake (*Lentinula edodes* Berk. Pegler) a diferentes concentraciones de etanol 51

LISTA DE SÍMBOLOS

Símbolo	Significado
A	Absorbancia
A_{prom}	Absorbancia promedio
R²	Coeficiente de correlación
C.C.	Concentración de carbohidratos
X_E	Concentración de etanol
v/v	Concentración volumétrica
ρ	Densidad
σ	Desviación estándar
°C	Grado centígrado
g	Gramos
H	Humedad
Mr	Masa recuperada
Mt	Masa total
\bar{X}	Media aritmética
μL	Microlitros
mg	Miligramos
mL	Mililitros
min	Minutos
%	Porcentaje
PS	Porcentaje de Sólidos
pH	Potencial de Hidrógeno
RE	Rendimiento Extractivo
SSE	Suma de cuadrados para el error

SSA	Suma de cuadrados para tratamientos A
SSB	Suma de cuadrados para tratamientos B
SST	Suma de cuadrados totales
Ta	Tara
T	Temperatura
t	Tiempo
V	Voltio
Vo	Volumen

GLOSARIO

Basidio	Es una estructura microscópica productora de esporas, encontrado en los cuerpos fructíferos de los hongos basidiomicetos.
Basidiomiceto	Son una división del reino Fungi, que incluye los hongos que producen basidios con basidiosporas.
Beta-glucano	Son polisacáridos de monómeros D-glucosa, ligados con enlaces glucosídicos. Normalmente, se presentan como celulosa en las plantas, el salvado de los granos de cereales, la pared celular de la levadura del panadero, algunos hongos, setas y bacterias.
Carbohidratos	Son moléculas compuestas por carbono, hidrógeno y oxígeno y cuyas principales funciones en los seres vivos, son el prestar energía inmediata y estructural.
Cromatografía	Es un conjunto de técnicas basadas en el principio de retención selectiva, cuyo objetivo, es separar los distintos componentes de una mezcla, permitiendo identificar y determinar las cantidades de dichos componentes

Cromatografía de capa fina	Es una técnica cromatográfica. La fase estacionaria es una capa uniforme de un absorbente mantenido sobre una placa, la cual puede ser de vidrio, aluminio u otro soporte.
Densidad	Es una magnitud escalar referida a la cantidad de masa contenida en un determinado volumen de una sustancia.
Esporas	Son células reproductoras generalmente haploides y unicelulares. La reproducción por esporas permite al mismo tiempo la dispersión y la supervivencia por largo tiempo en condiciones adversas.
Esterol	Son esteroides con 27 a 29 átomos de carbono.
Etanol	Su fórmula química es $\text{CH}_3\text{-CH}_2\text{-OH}$. También se le llama alcohol etílico, es un alcohol que se presenta en condiciones normales de presión y temperatura como un líquido incoloro e inflamable con un punto de ebullición de 78,4 °C.
Extracción	Es un procedimiento de separación de una sustancia que puede disolverse en 2 disolventes no miscibles entre sí, con distinto grado de solubilidad y que están en contacto a través de una interfase.

Maceración dinámica	Es un proceso de extracción sólido líquido. El producto sólido posee una serie de compuestos solubles en el líquido extractivo, que son los que se pretende extraer. Este proceso es muy lento, por lo que para abreviar el tiempo de operación, el sólido y el disolvente deben de mantenerse en movimiento constante, siendo así dinámica.
Micelio	Es la masa de hifas que constituye el cuerpo vegetativo de un hongo.
Peso tara	Peso del recipiente donde se coloca la muestra obtenida.
pH	Es una medida de acidez o alcalinidad de una disolución. El pH indica la concentración de iones hidronio presentes en determinadas sustancias.
Secado	Es la remoción o disminución en el contenido de humedad de un material, generalmente por medio de aire calentado.
Tamiz	Equipo que consta de una malla de filamentos que se entrecruzan dejando unos espacios cuadrados, utilizado para realizar una granulometría.

Terpeno

Hidrocarburos complejos de forma general C_nH_{2n-4} , de la serie del isopreno, presentes en los aceites esenciales obtenidos de las plantas.

Triterpeno

Los triterpenos son los terpenos de 30 carbonos. Son por lo general generados por la unión cabeza-cabeza de dos cadenas de 15 carbonos, cada una de ellas formada por unidades de isopreno unidas cabeza-cola.

RESUMEN

En el presente estudio de investigación a nivel de trabajo de graduación, se realizó la evaluación del rendimiento extractivo, identificación de triterpenos y esteroides, propiedades fisicoquímicas y concentración de carbohidratos totales para los extractos de los hongos Ostra (*Pleurotus ostreatus* Jacq. Ex Fries), Shiitake (*Lentinula edodes* Berk. Pegler), y Reishi (*Ganoderma lucidum* Curtis: Fries Karsten), en función de la concentración de etanol como solvente extractivo, mediante el método de maceración dinámica.

Se utilizó materia prima de los hongos Ostra (*Pleurotus ostreatus* Jacq. Ex Fries), Shiitake (*Lentinula edodes* Berk. Pegler), y Reishi (*Ganoderma lucidum* Curtis: Fries Karsten), proveniente de la planta productora de hongos; Ongos S.A., ubicada en el municipio de San José Pinula, del departamento de Guatemala. Se preparó la materia prima para realizar la extracción, esta consistió en disminuir el contenido de humedad en los hongos a un valor inferior a 10 por ciento, posteriormente se procedió a disminuir el tamaño de los hongos mediante una licuadora industrial; seguidamente se tamizó en un juego de tamices de no. 10 al no. 60.

Los extractos de los hongos se obtuvieron por el método de maceración dinámica con un tiempo de extracción de 120 minutos. En la caracterización fisicoquímica de los extractos, se determinó su densidad, porcentaje de sólidos y pH. Se realizó la cromatografía de capa fina para identificar la presencia de triterpenos y esteroides. Además se determinó por medio del método fenol-ácido sulfúrico la concentración de carbohidratos.

El mayor valor de rendimiento extractivo de los extractos de los hongos Ostra (*Pleurotus ostreatus* Jacq. Ex Fries), fue de $61,7467 \pm 5,7200$ por ciento, correspondiente a la concentración de etanol como solvente extractivo del 0 por ciento del volumen. Para los extractos de los hongos Reishi (*Ganoderma lucidum* Curtis: Fries Karsten), fue de $55,4267 \pm 4,8014$ por ciento, correspondiente a la concentración de etanol como solvente extractivo del 75 por ciento del volumen, y para los extractos de los hongos Shiitake (*Lentinula edodes* Berk. Pegler), fue de $79,8267 \pm 2,2882$ por ciento, correspondiente a la concentración de etanol como solvente extractivo del 75 por ciento del volumen.

El mayor valor de la concentración de carbohidratos de los extractos de los hongos Ostra (*Pleurotus ostreatus* Jacq. Ex Fries), fue de 0,0890 miligramos por mililitro, correspondiente a la concentración de etanol como solvente extractivo del 75 por ciento del volumen. Para los extractos de los hongos Reishi (*Ganoderma lucidum* Curtis: Fries Karsten), fue de 0,0124 miligramos por mililitro, correspondiente a la concentración de etanol como solvente extractivo del 0 por ciento del volumen. Y para los extractos de los hongos Shiitake (*Lentinula edodes* Berk. Pegler), fue de 0,0412 miligramos por mililitro, correspondiente a la concentración de etanol como solvente extractivo del 0 por ciento del volumen.

Se identificó la presencia de triterpenos y la ausencia de esteroides para los extractos de los hongos Ostra (*Pleurotus ostreatus* Jacq. Ex Fries), Shiitake (*Lentinula edodes* Berk. Pegler), y Reishi (*Ganoderma lucidum* Curtis: Fries Karsten), siendo esta independientemente a la concentración de etanol como solvente extractivo.

OBJETIVOS

General

Establecer el proceso para la obtención y caracterización de los extractos de los hongos Ostra (*Pleurotus ostreatus* Jacq. Ex Fries), Shiitake (*Lentinula edodes* Berk. Pegler), y Reishi (*Ganoderma lucidum* Curtis: Fries Karsten), obtenidos mediante el método de maceración dinámica a nivel laboratorio.

Específicos

1. Evaluar el rendimiento extractivo para los extractos de los hongos Ostra (*Pleurotus ostreatus* Jacq. Ex Fries), Shiitake (*Lentinula edodes* Berk. Pegler), y Reishi (*Ganoderma lucidum* Curtis: Fries Karsten), en función de la concentración de etanol (0%, 25%, 50% y 75% v/v) como solvente extractivo, a nivel laboratorio.
2. Caracterizar fisicoquímicamente los extractos de los hongos Ostra (*Pleurotus ostreatus* Jacq. Ex Fries), Shiitake (*Lentinula edodes* Berk. Pegler), y Reishi (*Ganoderma lucidum* Curtis: Fries Karsten), en función de la concentración de etanol (0%, 25%, 50% y 75% v/v) como solvente extractivo, a nivel laboratorio.
3. Identificar la presencia de triterpenos y esteroides en los extractos de los hongos Ostra (*Pleurotus ostreatus* Jacq. Ex Fries), Shiitake (*Lentinula edodes* Berk. Pegler), y Reishi (*Ganoderma lucidum* Curtis: Fries Karsten), en función de la concentración de etanol (0%, 25%, 50% y

75% v/v) como solvente extractivo, por medio de cromatografía de capa fina a nivel laboratorio.

4. Determinar la concentración de carbohidratos totales por medio del método fenol – ácido sulfúrico para los extractos de los hongos Ostra (*Pleurotus ostreatus* Jacq. Ex Fries), Shiitake (*Lentinula edodes* Berk. Pegler), y Reishi (*Ganoderma lucidum* Curtis: Fries Karsten), en función de la concentración de etanol (0%, 25%, 50% y 75% v/v) como solvente extractivo, a nivel laboratorio.

HIPÓTESIS

Hipótesis de trabajo

Es factible establecer el proceso para la obtención y caracterización de los extractos de los hongos Ostra (*Pleurotus ostreatus* Jacq. Ex Fries), Shiitake (*Lentinula edodes* Berk. Pegler), y Reishi (*Ganoderma lucidum* Curtis: Fries Karsten), mediante el método de maceración dinámica a nivel laboratorio.

Hipótesis estadística

- Hipótesis nula
 - Ho1: existe diferencia significativa en el rendimiento extractivo de los extractos de los hongos Ostra (*Pleurotus ostreatus* Jacq. Ex Fries), Shiitake (*Lentinula edodes* Berk. Pegler), y Reishi (*Ganoderma lucidum* Curtis: Fries Karsten), obtenidos mediante el método de maceración dinámica en función de la concentración de

etanol (0%, 25%, 50% y 75% v/v) como solvente extractivo, a nivel laboratorio.

- Ho2: existe diferencia significativa en el potencial de Hidrógeno (pH), densidad y porcentaje de sólidos extraíbles de los extractos de los hongos Ostra (*Pleurotus ostreatus* Jacq. Ex Fries), Shiitake (*Lentinula edodes* Berk. Pegler), y Reishi (*Ganoderma lucidum* Curtis: Fries Karsten), obtenidos mediante el método de maceración dinámica en función de la concentración de etanol (0%, 25%, 50% y 75% v/v) como solvente extractivo, a nivel laboratorio.

- Hipótesis alternativa
 - Hi1: existe diferencia significativa en el rendimiento extractivo de los extractos de los hongos Ostra (*Pleurotus ostreatus* Jacq. Ex Fries), Shiitake (*Lentinula edodes* Berk. Pegler), y Reishi (*Ganoderma lucidum* Curtis: Fries Karsten), obtenidos mediante el método de maceración dinámica en función de la concentración de etanol (0%, 25%, 50% y 75% v/v) como solvente extractivo, a nivel laboratorio.

 - Hi2: existe diferencia significativa en el potencial de Hidrógeno (pH), densidad y porcentaje de sólidos extraíbles de los extractos de los hongos Ostra (*Pleurotus ostreatus* Jacq. Ex Fries), Shiitake (*Lentinula edodes* Berk. Pegler), y Reishi (*Ganoderma lucidum* Curtis: Fries Karsten), obtenidos mediante el método de maceración dinámica en función de la concentración de etanol

(0%, 25%, 50% y 75% v/v) como solvente extractivo, a nivel laboratorio.

INTRODUCCIÓN

Los hongos son organismos eucariotas, que son heterótrofos, ya sean saprófitos o parásitos. Muchos hongos descomponen la materia orgánica como la madera muerta, plantas y animales, ayudando en el proceso de reciclaje y contribuir de manera significativa para el ecosistema.

El estudio de los valores medicinales y nutricionales de las setas, se ha convertido en un asunto de gran interés. Entre las aproximadamente 10 000 especies de 550 géneros y 80 familias (Dudka y Wasser, 1987; Hawksworth, 1995), sólo 700 son comestibles y 200 se cree que tienen propiedades medicinales. Los hongos se han incorporado a tónicos para la salud, tinturas, tés, sopas y platos de alimentos saludables, así como las fórmulas a base de hierbas (Chang, 1996), siendo vendidos como productos nutracéuticos.

La medicina oriental ancestral, ha remarcado la importancia de diversas especies de hongos, principalmente de *Lentinula edodes* y de *Ganoderma lucidum*. En los últimos años, se ha incrementado el número de publicaciones que destacan sus propiedades anticancerígenas e inmunoestimulantes. Ya existen en el mercado productos derivados de estos hongos, los cuales son utilizados como medicinas para el tratamiento de tumores malignos y en pacientes con el Síndrome de Inmunodeficiencia Adquirida (sida).

En Guatemala las fincas productoras de hongos, destinan casi el total de su producción como producto alimenticio. Muchos de los hongos cosechados presentan imperfecciones o no llegan a un tamaño deseado, por lo cual deben ser vendidos a un menor precio, representando una menor ganancia para el

productor. Además, por estética, parte del tallo de los hongos es removido y desechado, representando una pérdida considerable.

Todos estos subproductos pueden ser utilizados para la obtención de extractos medicinales, por lo cual, es necesario realizar un procedimiento estandarizado para la producción de extractos obtenidos de hongos, que garantice el máximo rendimiento y reproducibilidad del método. Además de caracterizar y determinar la composición de los extractos.

La fabricación extractos de hongos, implica una integración a nivel socioeconómico y tecnológico. El proceso de obtención de los extractos de hongos, consiste básicamente en el secado del cuerpo fructífero fresco, la extracción por medio de maceración dinámica y su concentración por medio de rotaevaporación.

Es por ello que en la presente investigación, se establecerá el proceso para la obtención y caracterización fisicoquímica de los extractos de los hongos Ostra (*Pleurotus ostreatus* Jacq. Ex Fries), Shiitake (*Lentinula edodes* Berk. Pegler), y Reishi (*Ganoderma lucidum* Curtis: Fries Karsten), mediante el método de maceración dinámica a nivel laboratorio.

1. ANTECEDENTES

Dentro de la ingeniería química y otras ramas afines a esta, se han realizado estudios de obtención y caracterización de los extractos de los hongos Ostra (*Pleurotus ostreatus* Jacq. Ex Fries), Shiitake (*Lentinula edodes* Berk. Pegler), y Reishi (*Ganoderma lucidum* Curtis: Fries Karsten), mediante distintos métodos extractivos, entre ellos el método de maceración dinámica.

En la Unidad de Bioensayos de la Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia, de la Universidad de San Carlos, se han realizado ensayos *in vitro* que han sido aplicados para la investigación del papel inmunomodulador de diversos extractos de hongos, además de diversos estudios enfocados en el ciclo productivo y en la caracterización taxonómica de los hongos.

A mediados del 2011, por parte de un grupo de investigadores de la Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia de la Universidad de San Carlos de Guatemala, se presentó ante el Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONCYT), el Informe Final del proyecto del Fondo para el Desarrollo Científico y Tecnológico (FODECYT), 30-2007, en el cual se evaluó la composición química y la actividad inmunomoduladora y biocida de basidiomicetos comestibles de Guatemala. En dicho proyecto se realizaron extractos etanólicos y acuosos de los hongos comestibles *Armillariella polymyces*, *Boletus edulis*, *Cantharellus lateritius*, *Neolentinus ponderosus*, *Lactarius deliciosus* y *Amanita garabitoana*.

En el 2010, en la Universidad Nacional de Colombia, se realizó el estudio; Efecto de la adición del estípite del Shiitake (*Lentinula edodes* Berk. Pegler) y

de un extracto rico en sus polisacáridos sobre las cualidades nutricionales del antipasto. El estudio determinó la presencia de carbohidratos totales de los extractos de polisacáridos, por medio del método de fenol – ácido sulfúrico.

En el 2003, Yap Ann Teck presentó como tesis doctoral, del Departamento de Microbiología en la Universidad Nacional de Singapur, el estudio; *To determine the immunological responses stimulated by β -d-glucan, lentinan and the effects on cancer cells*, en el cual se evalúan distintos métodos de extracción, concentración y purificación de los polisacáridos obtenidos, procedentes de hongo Shiitake. Los métodos empleados en dicha investigación, han sido utilizados como guías para muchas otras investigaciones debido al grado de concentración obtenido del extracto.

2. MARCO TEÓRICO

2.1. Generalidades de los hongos

Los hongos constituyen un grupo muy variable y polimórfico difícil de caracterizar, sin embargo, cuando se hace referencia a ellos, se habla de organismos que nacen de esporas, carecen de clorofila, se reproducen sexual o asexualmente y tienen un cuerpo generalmente formado por filamentos muy ramificados llamados hifas, los cuales en conjunto forman el micelio.

Existen 2 grupos de hongos, Myxomycota y Eumycota, los últimos son conocidos como hongos verdaderos. Los hongos verdaderos comprenden plantas como levaduras, ciertos mohos, royas y setas. Algunos hongos verdaderos son unicelulares, pero la mayoría son pluricelulares formados por filamentos ramificados llamados hifas.

La pared externa del cuerpo de los hongos, puede estar compuesta de celulosa, quitina o una combinación de ambas. La presencia de micelio es una característica de Eumycophyta. El sombrero del hongo que se come, es el cuerpo esporífero, una estructura reproductora especializada que se desarrolla del micelio.

Se distinguen de las plantas porque no almacenan su energía en forma de almidón, polisacárido insoluble que forma las reservas alimenticias de las plantas. En su lugar, almacenan otros polisacáridos como la *trehalosa* y el glucógeno, polímero de la glucosa que los animales utilizan para almacenar energía por corto tiempo.

Las clases de Eumycota, se distinguen por sus medios de reproducción sexual. Los hongos a ser utilizados, pertenecen a la clase de Basidiomicotas. Las 25 000 o más especies de basidiomicetos comprenden las setas, amanitas, royas, tizones y champiñones. Este grupo se caracteriza porque produce esporas sexuales en cuerpos fructíferos llamados basidiocarpos, también conocidos como basidiomatas o basidiomas (del griego basidion, que significa base pequeña, y karpos, que significa fruto).

2.1.1. Factores que afectan el crecimiento y la fructificación

Los hongos requieren de ciertas condiciones ambientales y en el medio de cultivo, para poder crecer y fructificar. La alteración de estos factores puede llegar a impedir su fructificación, entre estos factores se encuentran:

2.1.1.1. La temperatura

Afecta el metabolismo de las células, influye tanto en la capacidad enzimática del organismo, como en la fluidez de los lípidos de la membrana celular. La sensibilidad a la temperatura no solo varía entre cepas, sino también para una misma cepa según su etapa de desarrollo. Así, es posible y aún frecuente que un hongo tenga una temperatura óptima de germinación y que esta sea diferente de su temperatura óptima de crecimiento micelial o de su temperatura óptima de fructificación.

2.1.1.2. El pH

El pH del medio de cultivo donde crece un hongo, tiene una influencia directa sobre este, porque incide sobre el carácter iónico del medio e influye directamente sobre las proteínas de la membrana y sobre la actividad de las

enzimas ligadas a la pared celular; es decir, afecta directamente su metabolismo.

Además, el pH del sustrato es alterado por el crecimiento del hongo, por ejemplo, si un hongo ostra crece en un medio ácido puede tornarse básico a causa de la degradación de los componentes y viceversa. Para el crecimiento de las cepas utilizadas, se han citado rangos de crecimiento entre 4 y 7,5 de potencial de hidrógeno.

2.1.1.3. El sustrato

Un sustrato es conveniente para el crecimiento de un hongo, si contiene todos los requerimientos nutritivos en cantidad suficiente para que este sintetice sus metabolitos y tome de él la energía que requiere. Dado que no existen estudios que definan los requerimientos mínimos para el crecimiento en medio sólido y la fructificación de las especies, se utilizan sustratos sólidos de composición compleja.

Entre los requerimientos del sustrato se encuentra el carbón, polímeros como la madera, azúcares, lípidos, nitrógeno, vitaminas y minerales.

2.1.1.4. La humedad del sustrato

El contenido de humedad, influye directamente sobre el desarrollo de los hongos, porque afecta la disponibilidad de nutrientes. Así, los contenidos de humedad inferiores al 50 por ciento no serán propicios y una humedad superior al 80 por ciento, tendrá un efecto negativo en el crecimiento de los hongos. Además el contenido de humedad afecta la disponibilidad de oxígeno. En

efecto, el agua ocupa espacios que pueden ser ocupados por el aire, limitando la respiración del hongo cuando se encuentra agua en exceso.

2.1.1.5. La humedad del aire

Es un factor de suma importancia para la adecuada fructificación de las especies. Dado que los cuerpos fructíferos están formados por un alto contenido de agua y su estructura hifal no les permite retener la humedad en condiciones adversas, un balance adecuado entre la humedad ambiental y el contenido de humedad del hongo, es necesario. Debido a esto, la humedad relativa del ambiente donde crece el hongo, debe ser suficiente para evitar que tanto el sustrato como los cuerpos fructíferos se deshidraten.

2.1.1.6. El tamaño de la partícula

Afecta el crecimiento y la fructificación porque se relaciona con la accesibilidad a los nutrientes, al agua y al aire por parte de las hifas del hongo. Los tamaños de partícula muy pequeños, dificultan la aireación necesaria para la respiración y los tamaños muy grandes son inadecuados, porque dificultan la compactación del sustrato y el acceso del hongo a los nutrientes.

2.1.1.7. La aireación

El oxígeno es un elemento de gran importancia para el crecimiento de los basidiomicetos, porque son organismos aerobios. Estos organismos presentan requerimientos de oxígeno diferentes, según el estado fisiológico en que se encuentren. Para el caso de *Pleurotus ostreatus*, una alta concentración de dióxido de carbono estimula la germinación de las esporas y el crecimiento micelial, pero inhibe la fructificación.

2.1.1.8. La luz

Algunos basidiomicetos necesitan oscuridad continua, aunque gran parte de estos necesitan una luz tenue para poder fructificar, por ello es común ver los cultivos de hongos dentro de cuevas o recintos casi en total oscuridad.

2.2. *Pleurotus ostreatus*

Este hongo ha sido durante mucho tiempo uno de los favoritos de los cultivadores de hongos, debido a su rapidez de crecimiento, y a su facilidad de cultivo. Desde el punto de vista evolutivo, este hongo ha sido exitoso, ya que ha desarrollado la capacidad de descomponer una gran variedad de especies de árboles, y materiales de desecho de algunas actividades agroindustriales, como lo son la paja y la pulpa de café.

Se clasifica científicamente de la siguiente manera:

Reino: Fungi

Filo: Basidiomycota

Clase: Agaricomycetes

Orden: Agaricales

Familia: Pleurotaceae

Género: *Pleurotus*

Especie: *P. ostreatus*

En el mercado, se le puede encontrar tanto fresco como seco. Investigaciones respecto a su contenido nutricional refieren de un 10-30 por ciento de proteína cruda, 30-144 miligramos por 100 gramos de vitamina C. 109 miligramos por 100 gramos de niacina, 65 miligramos por 100 gramos de ácido fólico. (Miles & Chang, 1986).

Estudios han mostrado que la especie *Pleurotus ostreatus*, produce naturalmente la medicina aprobada por la *Food and Drug Administration* (FDA), Lovastatin®, la cual se utiliza en el tratamiento para la reducción del colesterol en sangre. (Gunde-Cimerman et al., 1995). Ying, (1987), realizó un estudio en ratones con Sarcoma, en los cuales los tumores fueron inhibidos en más de un 60 por ciento después de un mes de tratamiento, en el cual los hongos Ostra constituyeron el 20 por ciento de la dieta diaria en ratones.

Por el contrario se han reportado reacciones alérgicas a las esporas del hongo Ostra por parte de trabajadores que los cultivan y cosechan. Algunas personas pueden resultar alérgicas al consumo de estos hongos.

Thorn y Barron, (1984), notaron que el *Pleurotus ostreatus* exuda un metabolito tóxico para los nematodos, y si los nematodos reposan, el micelio del hongo Ostra rápidamente lo invade y consume sus órganos internos, pudiendo esto generar expectativas de su aplicación contra estos organismos patógenos, que generan grandes pérdidas en cultivos de otros hongos como lo son los hongos de botón (*Agaricus brunnescens*).

2.3. *Lentinula edodes*

Hongo nativo de Japón, Corea y China. Este hongo crece naturalmente sobre materia muerta, consumiendo solamente el tejido necrótico, como saprófito. Al principio, el micelio es blanco, pero cuando envejece se torna café oscuro.

Se clasifica científicamente de la siguiente manera:

Reino: Fungi

Filo: Basidiomycota

Clase: Agaricomycetes

Orden: Agaricales

Familia: Marasmiaceae

Género: Lentinula

Especie: L. edodes

En el mercado se pueden encontrar Shiitakes secos, frescos, y extractos de Shiitake. En Japón existe mayor diversidad de productos a partir de Shiitake, como vino, galletas e inclusive dulces de Shiitake. Su contenido nutricional puede variar de un 13-18 por ciento de proteínas, 55 miligramos por 100 gramos de niacina, 7,8 miligramos por 100 gramos de tiamina, 5 miligramos por 100 gramos de riboflavina, 3,5-6,5 por ciento de cenizas, 6-15 por ciento de fibra, y 2-5 por ciento de grasa.

Se ha comprobado la propiedad anticancerígena del polisacárido soluble en agua encontrado en los Shiitakes, Lentinan (Chihara, 1978). Además se han aislado otros polisacáridos de alto peso molecular, que también han resultado efectivos en tratamientos anti-tumorales. (Fujii et al., 1978).

Cientos de investigaciones han sido publicadas sobre los constituyentes químicos del Shiitake, y de sus propiedades medicinales, no todas con resultados exitosos. Se le atribuye también propiedades antivirales, y al igual que el hongo Ostra, la reducción del nivel de colesterol en sangre.

2.4. *Ganoderma lucidum*

Ha sido utilizado desde hace cientos de años, como un hongo medicinal. Los chinos y coreanos lo conocen como Ling Chi, o Ling Zhi, que se refiere a hongo, o hierba de la inmortalidad. Tradicionalmente relacionado con la realeza,

salud y recuperación, longevidad, potencia sexual, sabiduría y felicidad. Los chinos incluso creían que el colocar tintura de este hongo en el centro del pecho de un muerto, podía traerlo de vuelta a la vida.

Se clasifica científicamente de la siguiente manera:

Reino: Fungi

Filo: Basidiomycota

Clase: Agaricomycetes

Orden: Polyporales

Familia: Ganodermataceae

Género: Ganoderma

Especie: *G. lucidum*

Este hongo crece principalmente en robles y en otras maderas duras. Su cuerpo fructífero puede variar según las condiciones de cultivo. Su contenido nutricional no ha sido muy estudiado, por lo que se desconoce de alguna fuente confiable. En el mercado se le puede encontrar seco, en pastillas, té, tinturas y extractos. En China y Japón, es utilizado como saborizante de cervezas y vinos, aportando un sabor medicinal.

Por siglos se le han atribuido propiedades medicinales, como anticancerígeno e incrementando la longevidad. En los últimos años se ha vuelto muy popular dentro de grupos de personas inmunocomprometidas. Se ha aislado un complejo grupo de polisacáridos de este hongo, que han demostrado ser estimuladores del sistema inmunológico. Ácidos han sido extraídos del *Ganoderma lucidum*, los cuales han sido utilizados como anticoagulantes y reductores de los niveles de colesterol en sangre. (Morigawa et al., 1986).

Estudios más recientes han mostrado que regula la presión arterial, los niveles de lípidos (Kabir et al., 1989), e influye en los niveles de glucosa en la sangre (Kimura et al., 1989), y la presencia de proteínas inmunomoduladoras (Kino et al., 1984). Además se le atribuyen propiedades antiinflamatorias. En el Congreso Internacional de Micología, 1994, Dr. B.K. Kim et al., reportaron que polisacáridos de bajo peso molecular aislados de *Ganoderma lucidum*, prolongaron la vida de linfocitos expuestos al VIH, en comparación con linfocitos no tratados.

Según Willard (1990), quien recopiló distintas investigaciones de las propiedades del hongo Reishi, este hongo puede curar el cáncer, el síndrome de fatiga crónica, la degeneración del hígado, desórdenes sanguíneos, y prácticamente cualquier enfermedad moderna que pueda afectar a la especie humana, sin embargo hasta la fecha no se han reportado estudios a largo plazo en humanos.

2.5. Obtención de los extractos

Para maximizar el rendimiento extractivo, se requiere la preparación de la materia prima. A continuación se describen los procesos involucrados en la extracción por maceración dinámica.

2.5.1. Clasificado

Los hongos utilizados, serán previamente clasificados por la empresa proveedora, desechando cualquier hongo que pueda tener alguna decoloración por bacterias o insectos. Es importante tomar en cuenta, que el tiempo de lavado deberá ser lo más breve posible, para evitar la humidificación excesiva de los cuerpos fructíferos.

2.5.2. Secado

Es una operación de transferencia de calor y masa de contacto gas sólido, donde la humedad contenida en el sólido se transfiere por evaporación hacia la fase gaseosa, debido a la diferencia entre la presión de vapor ejercida por el sólido húmedo y la presión parcial de vapor de la corriente gaseosa,

2.5.2.1. Objetivo del secado

En general, el objetivo principal del secado, es la remoción de agua por medio de aire calentado. La eliminación de agua puede realizarse por medios mecánicos como el prensado, centrifugado y otros medios.

Otro objetivo, es la preservación de alimentos sujetos a la descomposición por microorganismos, debido a que su crecimiento y multiplicación se ve reducido drásticamente en ausencia de agua.

2.5.2.2. Secador de bandejas

El sólido se esparce uniformemente sobre la bandeja de metal de 10 a 100 milímetros de profundidad. El secador de bandejas típico tiene bandejas para su carga y descarga de un gabinete. Un ventilador recircula aire calentado en un intercambiador de calor de vapor-aire previamente, sobre la superficie de las bandejas. También se usa calor eléctrico, en especial cuando el calentamiento es bajo.

Una vez secado el producto, se podrá almacenar en frascos estériles, debidamente sellados para evitar el ingreso de humedad y contaminantes. Es

importante tomar en cuenta que el tiempo de lavado deberá ser lo más breve posible, para evitar la humidificación excesiva de los cuerpos fructíferos.

2.5.3. Extracción

Es la separación de una mezcla de sustancias por disolución de 1 o más componentes, utilizando 1 o varios disolventes. En los extractos, siempre se obtienen al menos 2 fases: la solución extraída en su disolvente (extracto) y el residuo. Al agregar el disolvente se disuelven primero las sustancias que se encuentran más accesibles.

Al reducir el tamaño del sólido al cual se le quiere extraer alguna fracción, se logra una mayor área de contacto sólido líquido, acelerando e incrementando la extracción. La extracción termina cuando se produce un equilibrio de concentraciones y se agota el disolvente utilizado.

La calidad del extracto vegetal, dependerá de la calidad de la materia prima. El contenido de la sustancia que se desea extraer, dependerá de muchos factores, como lo son la madurez del hongo, condiciones de crecimiento, sustrato utilizado, así como en las condiciones de proceso, y posible degradación que puedan ocurrir durante el secado y almacenamiento de los hongos.

2.5.3.1. Extracción sólido líquido

Operación unitaria cuya finalidad es la separación de uno o más componentes contenidos en una fase sólida, mediante la utilización de uno o más componentes contenidos en una fase líquida, mediante la utilización de una fase líquida o disolvente. El componente que se transfiere de la fase sólida a la

líquida recibe el nombre de soluto, mientras que el sólido insoluble se denomina inerte.

2.5.3.2. Maceración dinámica

El proceso de maceración, consiste en poner en contacto el sólido de un tamaño moderadamente grueso o semifino con el disolvente establecido, durante varios días. Se trata de un proceso que da como resultado un equilibrio de concentración entre la droga y el disolvente, el rendimiento del extracto disminuye cuando la relación sólido/disolvente aumente.

El hinchamiento del sólido, es un factor de gran importancia, porque aumenta la permeabilidad de la pared celular y la difusión del disolvente, a la vez la velocidad con que se obtiene el equilibrio esta en función del tamaño de partícula de la droga molida, del hinchamiento de las células y las propiedades del disolvente.

Este proceso es un proceso muy lento, por lo que para abreviar el tiempo de operación, el sólido y el disolvente deben de mantenerse en movimiento constante, este procedimiento es conocido como maceración dinámica.

Concluido el tiempo de maceración, 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.

2.5.3.2.1. Percolación o lixiviación

La percolación consiste en hacer pasar el disolvente a través del sólido, hasta su extracción. En pequeña escala, la percolación se realiza en aparatos

denominados percoladores, de cuerpo cilíndrico o cónico, provisto de un grifo en la parte inferior, para regular el flujo del disolvente.

2.5.4. Variables del proceso extractivo

El proceso extractivo se puede ver afectado con cambios en alguna de sus variables, por lo cual es necesario definir las condiciones de trabajo previamente. Las principales variables que interfieren en el proceso extractivo, independientemente de la escala de producción o del tipo de producto final son:

2.5.4.1. Tamaño de partícula

La eficiencia del proceso extractivo será mayor cuanto menor sea el tamaño de las partículas, ya que así se obtiene una mayor área de contacto con el disolvente.

2.5.4.2. Agitación

La eficiencia del proceso extractivo, es función del equilibrio de saturación del disolvente. La agitación hace que nuevas cantidades de disolvente, pobre en las sustancias extraíbles, entre en contacto con el sólido y un nuevo punto de equilibrio de saturación sea alcanzado.

2.5.4.3. Temperatura

Contribuye al desplazamiento de la constante de equilibrio de saturación y aumenta la eficiencia del proceso. Sin embargo muchos principios activos son termolábiles y pueden ser destruidos, totales o parcialmente a temperaturas elevadas.

2.5.4.4. pH

El pH influye en la solubilidad de diversos compuestos, ya que permite la posibilidad de formación de sales. El pH deberá ser diferente para cada especie de hongo utilizada.

2.5.4.5. Naturaleza del disolvente

Dependiendo de la finalidad deseada, el disolvente utilizado extrae selectivamente o no, cierta clase de compuestos. El alcohol etílico y sus mezclas con agua, es el disolvente por excelencia para la obtención de extractos y tinturas vegetales.

2.5.4.6. Tiempo de extracción

El tiempo de extracción debe ser suficiente para permitir la separación de los compuestos de interés, aunque se debe tener cuidado para que no sea excesivo.

2.5.5. Tipos de extracto

Según la naturaleza de los componentes a extraer y el método de extracción, se podrá obtener diferentes tipos de extractos. Los extractos pueden ser clasificados de tres formas:

2.5.5.1. Extracto fluido

Los extractos fluidos, son preparaciones líquidas en las que en general, una parte por masa o volumen, es equivalente a una parte por masa del sólido original deseado.

2.5.5.2. Extracto blando

Son preparaciones de consistencia intermedia entre los extractos fluido y seco. Se obtienen mediante evaporación parcial del disolvente utilizado para su evaporación, esto se realiza al vacío, hasta una consistencia espesa, su concentración es igual o superior al 2:1.

2.5.5.3. Extracto seco

Son preparaciones de consistencia sólida, obtenidos por evaporación del disolvente que ha utilizado para su elaboración, los extractos secos tienen un residuo seco no inferior al 95 por ciento en masa.

2.5.6. Características fisicoquímicas

Dentro de los procesos de identificación de los extractos están las propiedades fisicoquímicas, es de importancia el registro de estas para prevenir posibles contaminaciones o agentes extraños.

2.5.6.1. Potencial de Hidrógeno

El pH es una medida de acidez o alcalinidad de una disolución. El pH indica la concentración de iones hidronio $[H_3O^+]$ presentes en determinadas

sustancias. La escala de pH, típicamente va de 0 a 14 en disolución acuosa, siendo ácidas las disoluciones con pH menores a 7 (el valor del exponente de la concentración es mayor, porque hay más iones en la disolución) y alcalinas las que tienen pH mayores a 7. El $\text{pH} = 7$ indica la neutralidad de la disolución (cuando el disolvente es agua).

2.5.6.2. Densidad

Es una magnitud escalar referida a la cantidad de masa contenida en un determinado volumen de una sustancia. La densidad media, es la razón entre la masa de un cuerpo y el volumen que ocupa.

2.5.6.3. Porcentaje de sólidos

El porcentaje de sólidos representa la cantidad de sólidos disueltos en una solución. Es la relación del peso del constituyente sólido respecto al peso total de la solución, multiplicando por 100.

2.5.7. Identificación química

Para la identificación química de los hongos, se preparan extractos, los cuales son mezclas complejas de varios constituyentes químicos. Generalmente, se cree que varios constituyentes actúan sinérgicamente para proveer el efecto farmacológico, aún así existen muchos estudios sobre diferentes hongos, en los cuales se ha evaluado específicamente un compuesto, teniendo éxito en los resultados. Actualmente, los siguientes tipos de marcadores, pueden ser identificados en la materia prima.

2.5.7.1. 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 evaluado.

2.5.7.1.1. Triterpenos

Son los terpenos de 30 carbonos, son por lo general generados por la unión de 2 cadenas de 15 carbonos, cada una de ellas formada por unidades de isopreno unidas cabeza-cola.

Estudios han demostrado que la presencia de triterpenos en algunos hongos, es la responsable de algunas propiedades medicinales. Para el hongo *Resihi* se han identificado al menos 7 triterpenos con propiedades medicinales, entre las cuales está la inhibición de la síntesis de colesterol, antihipertensivos e inhibidores de la liberación de histaminas.

2.5.7.2. Carbohidratos

Los carbohidratos o hidratos de carbono o también llamados azúcares, son los compuestos orgánicos más abundantes y a su vez los más diversos, están integrados por carbono, hidrógeno y oxígeno, de ahí su nombre. La

principal función de los carbohidratos, es suministrarle energía al cuerpo, especialmente al cerebro y al sistema nervioso.

2.5.7.2.1. Beta-glucanos

Los beta-glucanos son polisacáridos de monómeros D-glucosa, ligados con enlaces glucosídicos. Los beta-glucanos son un grupo muy diverso de moléculas que pueden variar en relación a su masa molecular, solubilidad, viscosidad, y configuración tridimensional.

Normalmente, se presentan como celulosa en las plantas, el salvado de los granos de cereales, la pared celular de la levadura del panadero, algunos hongos, setas y bacterias. Algunas formas de beta-glucanos, son útiles en la nutrición humana como agentes de textura y como suplementos de fibra soluble, pero pueden ser problemáticos en el proceso de elaboración de la cerveza.

Levaduras, hongos medicinales son derivados de beta-glucanos, notables por su capacidad para modular el sistema inmunitario. Investigaciones han demostrado que beta-glucanos insolubles, tienen mayor actividad biológica que sus homólogos beta-glucanos solubles. Las diferencias entre los enlaces de beta-glucano y su estructura química, en relación a la solubilidad, el modo de acción, y la actividad biológica en general son muy importantes.

2.5.7.2.2. Identificación de carbohidratos: método de fenol-ácido sulfúrico

Este método propuesto por Dubois et al., (1956), se fundamenta en que los carbohidratos son particularmente sensible a ácidos fuertes y altas temperaturas. Bajo estas condiciones una serie de reacciones complejas toman lugar empezando con una deshidratación simple, si se continúa el calentamiento y la catálisis ácida, se producen varios derivados del furano que condensan consigo mismos y con otros subproductos para producir compuestos coloridos producto de la condensación de compuestos fenólicos y con heterociclos con el nitrógeno como heteroátomo. La condensación más común, es con fenol. Este método es fácil, eficaz y rápido.

Todos los azúcares como oligosacáridos y polisacáridos pueden ser determinados, recordando que éstos bajo hidrólisis ácida, producen monosacáridos. La forma en que procede la reacción no es estequiométrica y depende de la estructura del azúcar, por lo tanto se realiza una curva patrón. (Nielsen, 1998)

2.5.8. Cromatografía en 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.

3. DISEÑO METODOLÓGICO

3.1. Localización

La parte experimental de la investigación, se realizó en la Universidad de San Carlos de Guatemala, específicamente en los siguientes laboratorios:

- Laboratorio de Investigación de Extractos Vegetales (LIEXVE), Sección de Química Industrial, Centro de Investigaciones de Ingeniería, Facultad de Ingeniería.
- Laboratorio de Investigaciones de Productos Naturales (LIPRONAT), Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia.

3.2. Variables

Los factores involucrados en el proceso, reciben el nombre de variables, en la medida en que su modificación provoca una alteración en el proceso o en los resultados obtenidos.

- Variables independientes
 - Tipo de hongo: Ostra (*Pleurotus ostreatus* Jacq. Ex Fries), Shiitake (*Lentinula edodes* Berk. Pegler), y Reishi (*Ganoderma lucidum* Curtis: Fries Karsten).

- Concentración de etanol como solvente extractivo (0%, 25%, 50% y 75% v/v).
- Variables dependientes
 - Rendimiento extractivo.
 - Propiedades fisicoquímicas de los extractos.
 - Presencia de triterpenos y esteroides en los extractos.
 - Concentración de carbohidratos totales en los extractos.

3.3. Delimitación del campo de estudio

La investigación es de carácter cuantitativo-experimental-comparativo. En donde se evaluó a nivel laboratorio, mediante el método de maceración dinámica el rendimiento extractivo, propiedades fisicoquímicas (pH, densidad, sólidos extraíbles), presencia de triterpenos y esteroides, y concentración de carbohidratos totales para cada extracto de los hongos Ostra (*Pleurotus ostreatus* Jacq. Ex Fries), Shiitake (*Lentinula edodes* Berk. Pegler), y Reishi (*Ganoderma lucidum* Curtis: Fries Karsten), en función de la concentración de etanol (0%, 25%, 50% y 75% v/v) como solvente extractivo. Los cuerpos fructíferos de los hongos, se trabajaron deshidratados.

3.4. Obtención de las muestras

La materia se obtuvo de la planta productora de hongos Ongos S.A., ubicada en el municipio de San José Pinula, del departamento de Guatemala. Esta finca se encuentra ubicada a una altura de 1 752 metros sobre el nivel del mar; el clima de esta región es húmedo y frío.

Los hongos se deshidrataron y molieron. Se realizó la extracción a diferentes concentraciones de etanol como solvente extractivo mediante el método de maceración dinámica a nivel laboratorio, posteriormente se caracterizó los extractos obtenidos.

3.5. Recursos humanos

Los recursos humanos son todas aquellas personas involucradas en el desarrollo adecuado de la investigación, en donde aportan su trabajo, esfuerzo y conocimientos. El recurso humano en la presente investigación es:

Investigador:	Br. Gabriela Maria Morán Cruz
Asesora:	Inga. Qca. Telma Maricela Cano Morales
Coasesor:	Ing. Qco. Mario José Mérida Meré

3.6. Recursos materiales

Es la materia prima, materiales auxiliares, cristalería, reactivos y equipos utilizados en el desarrollo adecuado de la parte experimental del proyecto de investigación. Estos se enlistan a continuación:

- Materia prima
 - Hongos Ostra (*Pleurotus ostreatus* Jacq. Ex Fries)
 - Hongos Shiitake (*Lentinula edodes* Berk. Pegler)
 - Hongos Reishi (*Ganoderma lucidum* Curtis: Fries Karsten)

- Materiales auxiliares
 - Papel parafilm
 - Termómetros de mercurio
 - Mangueras de plástico
 - Agitadores magnéticos

- Cristalería
 - *Beacker* de 600 mL
 - Balón de fondo plano de 50 mL
 - Probeta de 250 mL
 - Kitasato de 1 000 mL
 - Viales de color ámbar de 10 mL
 - Condensador de bolas

- Reactivos
 - Agua desmineralizada
 - Etanol al 95%

- Equipo
 - Balanza analítica digital BOECO de 120V.
 - Plancha de calentamiento con agitación.
 - Espectrofotómetro GENESYS 10S UV-VIS
 - Secador eléctrico de bandejas de contacto directo con flujo transversal, marca PREMLAB
 - Balanza de humedad BOECO de 120V.

- Juego de tamices en un rango de no. 10 y no. 60.
- Licuadora Industrial CROYDON
- Rotavapor BÜCHI modelo R-200/205, incluye condensador vertical de vidrio, con balón concentrador de 1 000 mililitros y balón receptor de vidrio de plástico de 2 000 mililitros con juntas 24/40, sistema de vacío con bomba de vacío marca BÜCHI modelo R-5000, sistema de enfriamiento con bomba de agua, sistema de baño calefactor que va de 0 a 180 grados Celsius y el sistema de rotación se puede ajustar de 20 a 280 revoluciones por minuto.
- Potenciómetro HANNA pH 211.

3.7. Técnicas cuantitativas de la investigación

Para la evaluación del rendimiento extractivo, propiedades fisicoquímicas (pH, densidad, sólidos extraíbles), y concentración de carbohidratos totales para cada extracto de los hongos Ostra (*Pleurotus ostreatus* Jacq. Ex Fries), Shiitake (*Lentinula edodes* Berk. Pegler), y Reishi (*Ganoderma lucidum* Curtis: Fries Karsten), en función de la concentración de etanol (0%, 25%, 50% y 75% v/v) como solvente extractivo, se utilizaron las siguientes técnicas cuantitativas de la investigación:

- Extracción a escala laboratorio por el método de maceración dinámica
 - Lavar la cristalería con etanol y agua.
 - Colocar 25 gramos del hongo a extraer en un balón de fondo plano de 500 mililitros.
 - En cada extracción, se agregar 300 mililitros de agua destilada, humedeciendo todo el material, la relación materia prima/solvente es 1:12.

- Acoplar el balón que contiene el material vegetal con el condensador de bolas para evitar pérdidas de solvente por evaporación.
 - Recircular el agua del condensador, manteniendo el agua de recirculación a una temperatura de 10 grados centígrados
 - Transferir calor al balón de 500 mililitros por medio de una plancha de calentamiento y agitación, durante el tiempo de extracción.
 - Iniciada la ebullición, tomar el tiempo de extracción para 120 minutos.
 - Al finalizar la extracción filtrar al vacío, separando los residuos sólidos del extracto.
 - Concentrar el extracto obtenido por medio de un rotaevaporador.
- Determinación de la densidad
 - Lavar la cristalería con etanol y agua.
 - Tarar un picnómetro de 1 mililitro.
 - Colocar el extracto en el picnómetro y anotar el peso.
- Determinación del potencial de hidrógeno
 - Lavar la cristalería con etanol y agua.
 - Colocar una muestra del extracto en un *beacker*.
 - Tomar lecturas del pH con un potenciómetro.

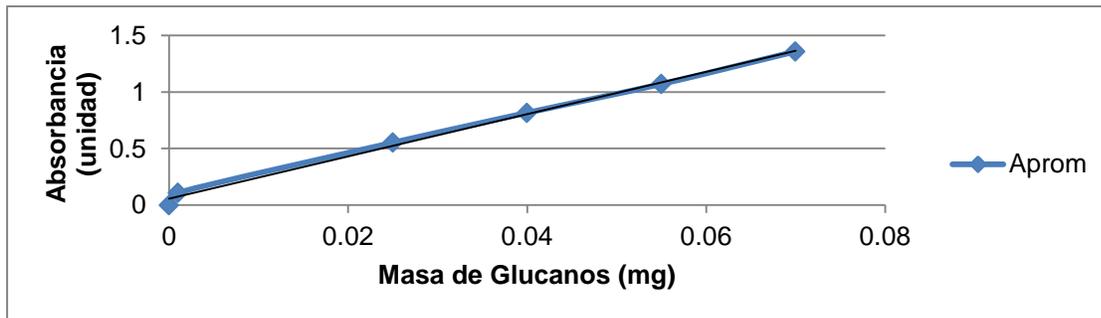
- Cuantificación de carbohidratos totales
 - Lavar la cristalería con etanol y agua.
 - Tomar 1 mililitro de extracto y aforar a 2 500 mililitro con agua destilada.
 - Tomar 1 mililitro del extracto ya diluido y colocarlo en un tubo de ensayo.
 - Añadir 1 mililitro de una solución acuosa de fenol al 5 por ciento.
 - Añadir 5 mililitros de ácido sulfúrico concentrado, y se agitar.
 - Esperar 10 minutos y proceder a tomar la lectura en el espectrofotómetro a 480 nanómetros.
 - Ingresar la absorbancia obtenida en el modelo matemático para determinar la concentración de carbohidratos.

Tabla I. **Absorbancia promedio en función de la concentración de carbohidratos**

Concentración (mg/mL)	Absorbancia promedio
0,000	0,000
0,001	0,110
0,025	0,552
0,040	0,816
0,055	1,070
0,070	1,357

Fuente: YAP, A. An improved method ofr the isolation of lentinan from edible and medicinal Shiitake mushroom, *Lentinus edodes* (Berk) Sing (Agaricomycetideae). 2001. p.67.

Figura 1. **Absorbancia promedio en función de la concentración de carbohidratos**



Fuente: YAP, A. An improved method of the isolation of lentinan from edible and medicinal Shiitake mushroom, *Lentinus edodes* (Berk) Sing (Agaricomycetideae). 2001. p.67.

Tabla II. **Modelo matemático y coeficiente de la absorbancia promedio en función de la concentración de carbohidratos**

Color	Variable	Modelo matemático	R ²
	Aprom	A = 18,69 M.C. + 0,055	0,996

Fuente: elaboración propia, con base en los resultados, figura 1.

3.8. Recolección y ordenamiento de la información

En el presente estudio de investigación, se recolectaron y ordenaron los datos obtenidos en la medición de rendimiento extractivo, propiedades fisicoquímicas, identificación de presencia de triterpenos y esteroides, concentración de carbohidratos para los extractos de los hongos Ostra (*Pleurotus ostreatus* Jacq. Ex Fries), Shiitake (*Lentinula edodes* Berk. Pegler), y Reishi (*Ganoderma lucidum* Curtis: Fries Karsten), en función de la concentración de etanol; se utilizaron los siguientes modelos de recolección.

Tabla III. **Datos obtenidos de la extracción de los hongos Ostra, Shiitake y Reishi por el método de maceración dinámica**

Corrida	Concentración de Etanol (%)	Tara (g)	Masa total (g)	Masa Recuperada (g)
1	0	Ta _{1,1}	Mt _{1,1}	Mr _{1,1}
2	0	Ta _{1,2}	Mt _{1,2}	Mr _{1,2}
3	0	Ta _{1,3}	Mt _{1,3}	Mr _{1,3}
1	25	Ta _{2,1}	Mt _{2,1}	Mr _{2,1}
2	25	Ta _{2,2}	Mt _{2,2}	Mr _{2,2}
3	25	Ta _{2,3}	Mt _{2,3}	Mr _{2,3}
1	50	Ta _{3,1}	Mt _{3,1}	Mr _{3,1}
2	50	Ta _{3,2}	Mt _{3,2}	Mr _{3,2}
3	50	Ta _{3,3}	Mt _{3,3}	Mr _{3,3}
1	75	Ta _{4,1}	Mt _{4,1}	Mr _{4,1}
2	75	Ta _{4,2}	Mt _{4,2}	Mr _{4,2}
3	75	Ta _{4,3}	Mt _{4,3}	Mr _{4,3}

Fuente: elaboración propia.

Tabla IV. **Datos obtenidos para la determinación de las propiedades fisicoquímicas de los extractos de los hongos Ostra, Shiitake y Reishi**

Corrida	Concentración de Etanol (%)	Masa (g)	Volumen (mL)	Humedad (%)	pH
1	0	Ma _{1,1}	Vo _{1,1}	H _{1,1}	pH _{1,1}
2	0	Ma _{1,2}	Vo _{1,2}	H _{1,2}	pH _{1,2}

Continuación de la tabla IV.

1	25	Ma _{2,1}	Vo _{2,1}	H _{2,1}	pH _{2,1}
2	25	Ma _{2,2}	Vo _{2,2}	H _{2,2}	pH _{2,2}
3	25	Ma _{2,3}	Vo _{2,3}	H _{2,3}	pH _{2,3}
1	50	Ma _{3,1}	Vo _{3,1}	H _{3,1}	pH _{3,1}
2	50	Ma _{3,2}	Vo _{3,2}	H _{3,2}	pH _{3,2}
3	50	Ma _{3,3}	Vo _{3,3}	H _{3,3}	pH _{3,3}
1	75	Ma _{4,1}	Vo _{4,1}	H _{4,1}	pH _{4,1}
2	75	Ma _{4,2}	Vo _{4,2}	H _{4,2}	pH _{4,2}
3	75	Ma _{4,3}	Vo _{4,3}	H _{4,3}	pH _{4,3}

Fuente: elaboración propia.

Tabla V. **Datos obtenidos de las absorbancias para los extractos de los hongos Ostra, Shiitake y Reishi**

Concentración De Etanol (%)	Ostra	Reishi	Shiitake
0	A _{1,1}	A _{2,1}	A _{3,1}
25	A _{1,2}	A _{2,2}	A _{3,2}
50	A _{1,3}	A _{2,3}	A _{3,3}
75	A _{1,4}	A _{2,4}	A _{3,4}

Fuente: elaboración propia.

3.9. Tabulación, ordenamiento y procesamiento de la información

En base a los datos recolectados en las diversas tablas, se obtuvo los resultados en cuanto a la medición de rendimiento extractivo y propiedades fisicoquímicas para los extractos de los hongos Ostra (*Pleurotus ostreatus* Jacq. Ex Fries), Shiitake (*Lentinula edodes* Berk. Pegler), y Reishi (*Ganoderma lucidum* Curtis: Fries Karsten), en función de la concentración de etanol.

3.10. Análisis estadístico

Se analizó mediante un experimento de 2 factores y un análisis de varianza, el efecto que tiene la concentración de etanol como solvente extractivo en el rendimiento y propiedades fisicoquímicas para los extractos de los hongos Ostra (*Pleurotus ostreatus* Jacq. Ex Fries), Shiitake (*Lentinula edodes* Berk. Pegler), y Reishi (*Ganoderma lucidum* Curtis: Fries Karsten).

- Análisis factorial

Tabla VI. Experimento de dos factores

A	B				Total	Media
	1	2	3	4		
Hongo	Y_{111}	Y_{121}	Y_{131}	Y_{141}	$T_{1..}$	$X_{1..}$
	Y_{112}	Y_{122}	Y_{132}	Y_{142}		
	Y_{113}	Y_{123}	Y_{133}	Y_{143}		
Media	$X_{.1}$	$X_{.2}$	$X_{.3}$	$X_{.4}$		$X_{..}$

Fuente: Raymond, Walpole. Probabilidad y estadística. p.145.

Donde:

$T_{i..}$ = suma de las observaciones para el i-ésimo nivel del factor A

$T_{.j.}$ = suma de las observaciones para el j-ésimo nivel del factor B

$T_{...}$ = suma de todas las abn observaciones

$X_{i..}$ = media de las observaciones para el i-ésimo nivel del factor A

$X_{.j.}$ = media de las observaciones para el j-ésimo nivel del factor B

$X_{...}$ = media de todas las abn observaciones.

A = Parte del árbol utilizado

B = Tiempo de extracción

- Análisis de varianza (ANOVA)

Según los resultados del análisis de varianza, para evaluar el rechazo de cada una de las hipótesis estadísticas planteadas, se seguirá una distribución de Fisher con un nivel de confianza del 95 por ciento para encontrar la F crítica, y compararla con la F calculada, siguiendo con el criterio:

- Si la F calculada es mayor a la F crítica se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alternativa.
- Si la F calculada es menor que la F crítica se acepta la hipótesis nula y se rechaza la hipótesis alternativa. .

Tabla VII. Varianza en un experimento de dos factores

Fuente de variación	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrado medio	f calculada
Efecto Principal				
A	SSA	$a - 1$	$S^2_1 = SSA / a - 1$	$f_1 = S^2_1 / S^2$
B	SSB	$b - 1$	$S^2_2 = SSB / b - 1$	$f_2 = S^2_2 / S^2$
Interacción de dos factores AB	SS(AB)	$(a-1)(b-1)$	$S^2_3 = \frac{SS(AB)}{(a-1)(b-1)}$	$f_3 = S^2_3 / S^2$
Error	SSE	$ab(n-1)$	$S^2 = SSE / ab(n-1)$	
Total	SST	$abn - 1$		

Fuente: Raymond, Walpole. Probabilidad y estadística. p. 146.

Determinación de la suma de cuadrados

$$SST = \sum_{i=1}^a \sum_{j=1}^b \sum_{k=1}^n X^2_{ijk} - \frac{T^2 \dots}{abn} \quad SSA = \frac{\sum_{i=1}^a T^2_{i \dots}}{bn} - \frac{T^2 \dots}{abn}$$

$$SSB = \frac{\sum_{j=1}^b T^2_{\cdot j}}{an} - \frac{T^2 \dots}{abn} \quad SSE = SST - SSA - SSB - SS(AB)$$

$$SS(AB) = \frac{\sum_{i=1}^a \sum_{j=1}^b T^2_{ij}}{n} - \frac{\sum_{i=1}^a T^2_{i \dots}}{bn} - \frac{\sum_{j=1}^b T^2_{\cdot j}}{an} + \frac{T^2 \dots}{abn}$$

4. RESULTADOS

A continuación se presentan en tablas y gráficas los resultados de rendimiento extractivo, propiedades fisicoquímicas, identificación de presencia de triterpenos y esteroides, concentración de carbohidratos para los extractos de los hongos Ostra (*Pleurotus ostreatus* Jacq. Ex Fries), Shiitake (*Lentinula edodes* Berk. Pegler), y Reishi (*Ganoderma lucidum* Curtis: Fries Karsten), en función de la concentración de etanol (0%, 25%, 50% y 75% v/v), como solvente extractivo, a nivel laboratorio.

Tabla VIII. **Rendimiento extractivo para los extractos del hongo Ostra (*Pleurotus ostreatus* Jacq. Ex Fries), a diferentes concentraciones de etanol**

Concentración de etanol (%)	Rendimiento extractivo (%)	$\pm \sigma$
0	61,7467	5,7200
25	43,0133	6,9837
50	38,8400	12,1466
75	28,0400	4,7972

Fuente: elaboración propia, datos del apéndice 1.

Tabla IX. **Rendimiento extractivo para los extractos del hongo Reishi (*Ganoderma lucidum* Curtis: Fries Karsten), a diferentes concentraciones de etanol**

Concentración de etanol (%)	Rendimiento extractivo (%)	$\pm \sigma$
0	28,5333	3,4130
25	47,9067	2,8804
50	53,5867	5,3493
75	55,4267	4,8014

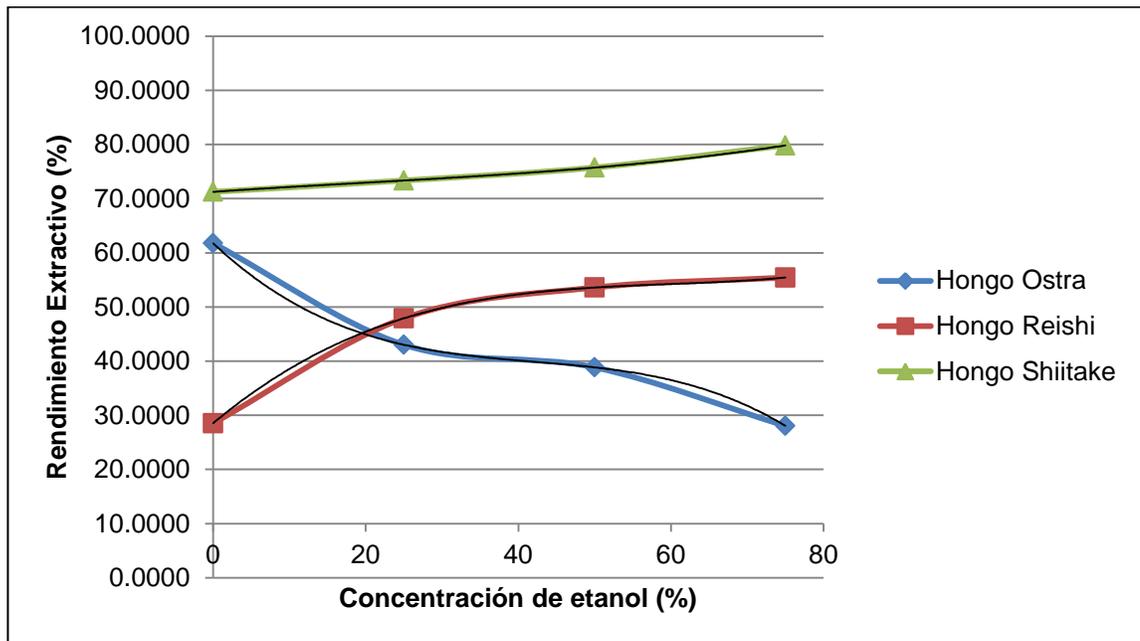
Fuente: elaboración propia, datos del apéndice 2.

Tabla X. **Rendimiento extractivo para los extractos del hongo Shiitake (*Lentinula edodes* Berk. Pegler), a diferentes concentraciones de etanol**

Concentración de etanol (%)	Rendimiento extractivo (%)	$\pm \sigma$
0	71,2533	2,1638
25	73,3467	0,5372
50	75,7333	1,0616
75	79,8267	2,2882

Fuente: elaboración propia, datos del apéndice 3.

Figura 2. Rendimiento extractivo para los extractos de los hongos Ostra (*Pleurotus ostreatus* Jacq. Ex Fries), Reishi (*Ganoderma lucidum* Curtis: Fries Karsten), Shiitake (*Lentinula edodes* Berk. Pegler), a diferentes concentraciones de etanol



Fuente: elaboración propia, con base en los resultados, tabla VIII, XIX y X.

Tabla XI. **Modelo matemático y coeficiente de correlación del rendimiento extractivo para los extractos de los hongos Ostra (*Pleurotus ostreatus* Jacq. Ex Fries), Reishi (*Ganoderma lucidum* Curtis: Fries Karsten), Shiitake (*Lentinula edodes* Berk. Pegler), a diferentes concentraciones de etanol**

Color	Hongo	Modelo matemático	R ²
	Ostra	R.E. = $-0,0002X_E^3 + 0,0286 X_E^2 - 1,323 X_E + 61,747$	1
	Reishi	R.E. = $0,0001 X_E^3 - 0,0188 X_E^2 + 1,1802 X_E + 28,533$	1
	Shiitake	R.E. = $2E-05 X_E^3 - 0,0009 X_E^2 + 0,0967 X_E + 71,253$	1

Fuente: elaboración propia, con base en los resultados, figura 2.

Tabla XII. **Potencial de hidrógeno de los extractos del hongo Ostra (*Pleurotus ostreatus* Jacq. Ex Fries), a diferentes concentraciones de etanol**

Concentración de etanol (%)	pH	$\pm \sigma$
0	6,15	0,0493
25	6,05	0,0173
50	5,91	0,0551
75	5,44	0,0473

Fuente: elaboración propia, datos del apéndice 4.

Tabla XIII. **Potencial de hidrógeno de los extractos del hongo Reishi (*Ganoderma lucidum* Curtis: Fries Karsten), a diferentes concentraciones de etanol**

Concentración de etanol (%)	pH	$\pm \sigma$
0	4,66	0,0321
25	4,54	0,0058
50	4,32	0,0252
75	3,87	0,0265

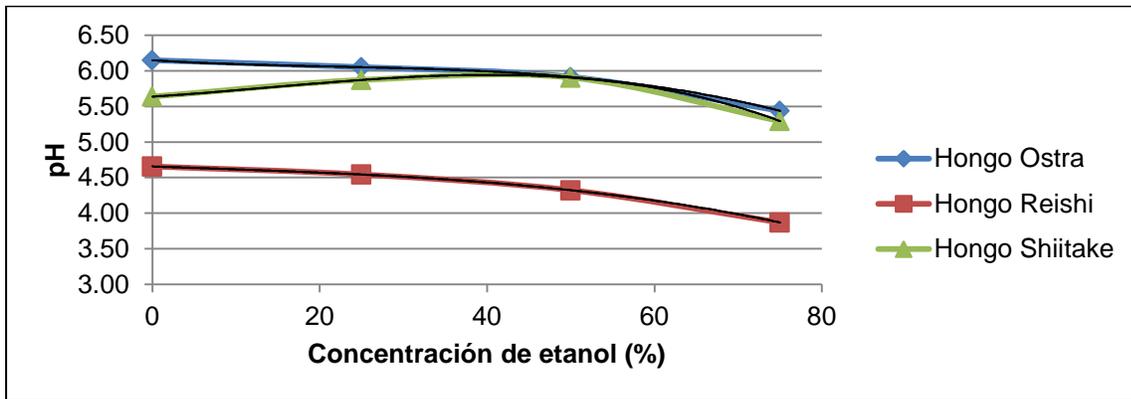
Fuente: elaboración propia, datos del apéndice 5.

Tabla XIV. **Potencial de hidrógeno de los extractos del hongo Shiitake (*Lentinula edodes* Berk. Pegler), a diferentes concentraciones de etanol**

Concentración de etanol (%)	pH	$\pm \sigma$
0	5,64	0,0321
25	5,87	0,0265
50	5,90	0,0808
75	5,29	0,1692

Fuente: elaboración propia, datos del apéndice 6.

Figura 3. **Potencial de hidrógeno de los extractos de los hongos Ostra (*Pleurotus ostreatus* Jacq. Ex Fries), Reishi (*Ganoderma lucidum* Curtis: Fries Karsten), Shiitake (*Lentinula edodes* Berk. Pegler), a diferentes concentraciones de etanol**



Fuente: elaboración propia, con base en los resultados, tabla XII, XIII y XIV.

Tabla XV. **Modelo matemático y coeficiente de correlación del potencial de hidrógeno de los extractos de los hongos Ostra (*Pleurotus ostreatus* Jacq. Ex Fries), Reishi (*Ganoderma lucidum* Curtis: Fries Karsten), Shiitake (*Lentinula edodes* Berk. Pegler), a diferentes concentraciones de etanol**

Color	Hongo	Modelo matemático	R ²
	Ostra	$\text{pH} = -3\text{E}-06 X_E^3 + 0,000 X_E^2 - 0,007 X_E + 6,146$	1
	Reishi	$\text{pH} = -1\text{E}-06 X_E^3 + 2\text{E}-05 X_E^2 - 0,004 X_E + 4,656$	1
	Shiitake	$\text{pH} = -5\text{E}-06 X_E^3 + 0,000 X_E^2 + 0,007 X_E + 5,636$	1

Fuente: elaboración propia, con base en los resultados, figura 3.

Tabla XVI. **Densidades de los extractos del hongo Ostra (*Pleurotus ostreatus* Jacq. Ex Fries), a diferentes concentraciones de etanol**

Concentración de etanol (%)	Densidad (g/mL)	$\pm \sigma$
0	1,14	0,0155
25	1,14	0,0287
50	1,21	0,0372
75	1,21	0,0391

Fuente: elaboración propia, datos del apéndice 4.

Tabla XVII. **Densidades de los extractos del hongo Reishi (*Ganoderma lucidum* Curtis: Fries Karsten), a diferentes concentraciones de etanol**

Concentración de etanol (%)	Densidad (g/mL)	$\pm \sigma$
0	1,20	0,0200
25	1,13	0,0320
50	1,07	0,0082
75	1,03	0,0105

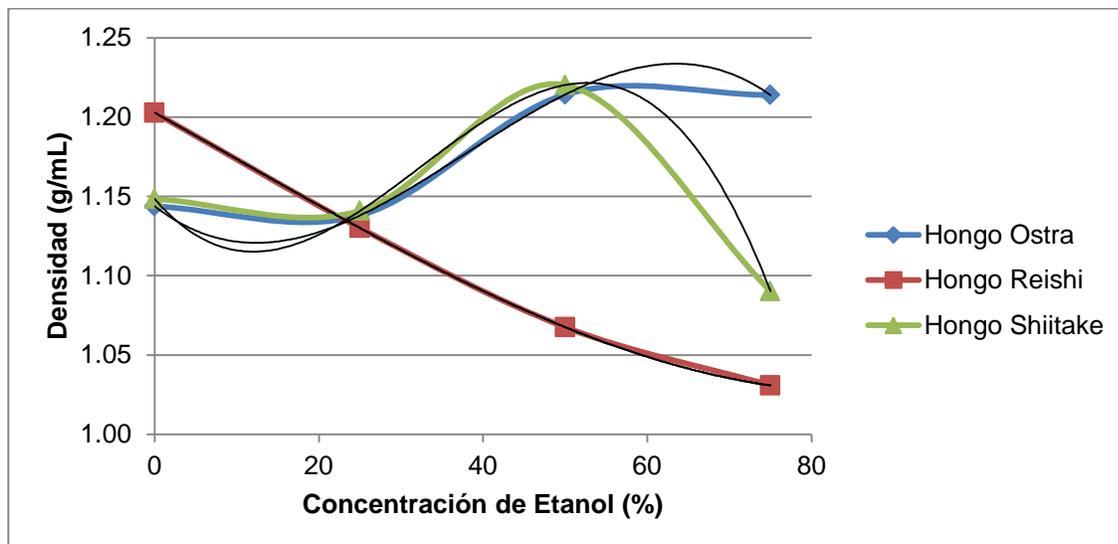
Fuente: elaboración propia, datos del apéndice 5.

Tabla XVIII. Densidades de los extractos del hongo Shiitake (*Lentinula edodes* Berk. Pegler), a diferentes concentraciones de etanol

Concentración de etanol (%)	Densidad (g/mL)	$\pm \sigma$
0	1,15	2,9713
25	1,14	6,2560
50	1,22	0,2787
75	1,09	0,6447

Fuente: elaboración propia, datos del apéndice 6.

Figura 4. Densidades de los extractos de los hongos Ostra (*Pleurotus ostreatus* Jacq. Ex Fries), Reishi (*Ganoderma lucidum* Curtis: Fries Karsten), Shiitake (*Lentinula edodes* Berk. Pegler), a diferentes concentraciones de etanol



Fuente: elaboración propia, con base en los resultados, tabla XVI, XVII y XVIII.

Tabla XIX. **Modelo matemático y coeficiente de correlación de las densidades de los extractos de los hongos Ostra (*Pleurotus ostreatus* Jacq. Ex Fries), Reishi (*Ganoderma lucidum* Curtis: Fries Karsten), Shiitake (*Lentinula edodes* Berk. Pegler), a diferentes concentraciones de etanol**

Color	Hongo	Modelo matemático	R ²
	Ostra	$\rho = -2E-06 X_E^3 + 0,000 X_E^2 - 0,004 X_E + 1,143$	1
	Reishi	$\rho = 2E-07 X_E^3 - 5E-06 X_E^2 - 0,002 X_E + 1,202$	1
	Shiitake	$\rho = -3E-06 X_E^3 + 0,000 X_E^2 - 0,006 X_E + 1,148$	1

Fuente: elaboración propia, con base en los resultados, figura .4

Tabla XX. **Porcentaje de sólidos de los extractos del hongo Ostra (*Pleurotus ostreatus* Jacq. Ex Fries), a diferentes concentraciones de etanol**

Concentración de etanol (%)	Porcentaje de sólidos (%)	$\pm \sigma$
0	40,8078	4,6706
25	41,3528	9,6032
50	63,8939	10,4599
75	64,8267	12,4296

Fuente: elaboración propia, datos del apéndice 4.

Tabla XXI. **Porcentaje de sólidos de los extractos del hongo Reishi (*Ganoderma lucidum* Curtis: Fries Karsten), a diferentes concentraciones de etanol**

Concentración de etanol (%)	Porcentaje de sólidos (%)	$\pm \sigma$
0	52,3139	4,2299
25	36,1062	7,7430
50	22,8187	3,4852
75	15,2863	4,3097

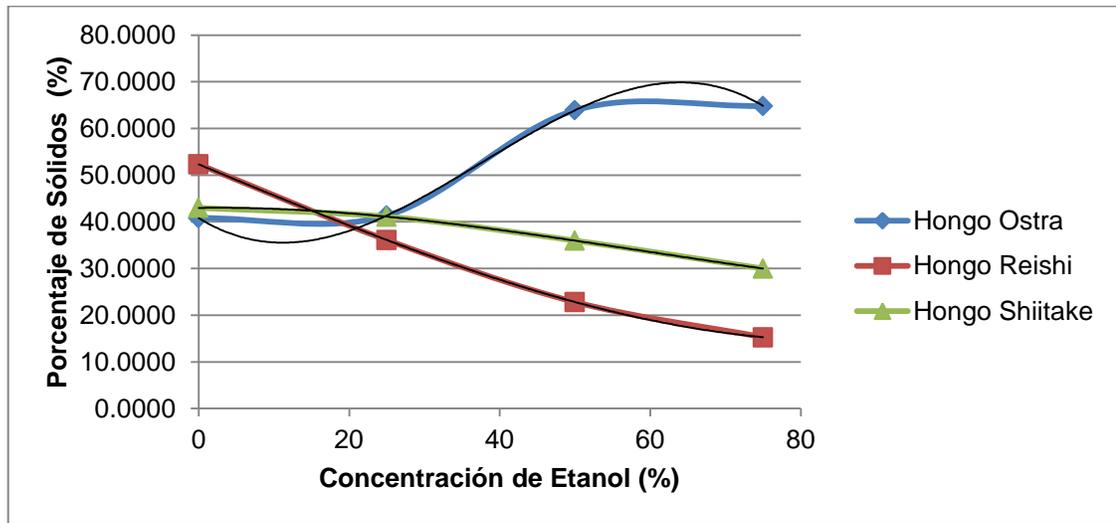
Fuente: elaboración propia, datos del apéndice 5.

Tabla XXII. **Porcentaje de sólidos de los extractos del hongo Shiitake (*Lentinula edodes* Berk. Pegler), a diferentes concentraciones de etanol**

Concentración de etanol (%)	Porcentaje de sólidos (%)	$\pm \sigma$
0	42,9834	2,9713
25	41,1094	6,2560
50	35,9698	0,2787
75	29,9850	0,6447

Fuente: elaboración propia, datos del apéndice 6.

Figura 5. **Porcentaje de sólidos de los extractos de los hongos Ostra (*Pleurotus ostreatus* Jacq. Ex Fries), Reishi (*Ganoderma lucidum* Curtis: Fries Karsten), Shiitake (*Lentinula edodes* Berk. Pegler), a diferentes concentraciones de etanol**



Fuente: elaboración propia, con base en los resultados, tabla XX, XXI y XXII.

Tabla XXIII. **Modelo matemático y coeficiente de correlación del porcentaje de sólidos de los hongos Ostra (*Pleurotus ostreatus* Jacq. Ex Fries), Reishi (*Ganoderma lucidum* Curtis: Fries Karsten), Shiitake (*Lentinula edodes* Berk. Pegler), a diferentes concentraciones de etanol**

Color	Hongo	Modelo matemático	R ²
	Ostra	P.S. = -0,000 X _E ³ + 0,052 X _E ² - 0,999 X _E + 40,80	1
	Reishi	P.S. = 3E-05 X _E ³ + 7E-05 X _E ² - 0,668 X _E + 52,31	1
	Shiitake	P.S. = 3E-05 X _E ³ - 0,004 X _E ² + 0,022 X _E + 42,98	1

Fuente: elaboración propia, con base en los resultados, figura 5.

Tabla XXIV. **Presencia de triterpenos y esteroides en los extractos del hongo Ostra (*Pleurotus ostreatus* Jacq. Ex Fries), a diferentes concentraciones de etanol**

Concentración de etanol (%)	Identificación de esteroides	Identificación de triterpenos
0	Negativo	Positivo
25	Negativo	Positivo
50	Negativo	Positivo
75	Negativo	Positivo

Fuente: elaboración propia, datos del apéndice 8.

Tabla XXV. **Presencia de triterpenos y esteroides en los extractos del hongo Reishi (*Ganoderma lucidum* Curtis: Fries Karsten), a diferentes concentraciones de etanol**

Concentración de etanol (%)	Identificación de esteroides	Identificación de triterpenos
0	Negativo	Positivo
25	Negativo	Positivo
50	Negativo	Positivo
75	Negativo	Positivo

Fuente: elaboración propia, datos del apéndice 9.

Tabla XXVI. **Presencia de triterpenos y esteroides en los extractos del hongo Shiitake (*Lentinula edodes* Berk. Pegler), a diferentes concentraciones de etanol**

Concentración de etanol (%)	Identificación de esteroides	Identificación de triterpenos
0	Negativo	Positivo
25	Negativo	Positivo
50	Negativo	Positivo
75	Negativo	Positivo

Fuente: elaboración propia, datos del apéndice 10.

Tabla XXVII. **Concentración de carbohidratos totales en los extractos del hongo Ostra (*Pleurotus ostreatus* Jacq. Ex Fries), a diferentes concentraciones de etanol**

Concentración de etanol (%)	Concentración de carbohidratos (mg/mL)
0	0,0435
25	0,0561
50	0,0718
75	0,0890

Fuente: elaboración propia, datos del apéndice 7.

Tabla XXVIII. **Concentración de carbohidratos totales en los extractos del hongo Reishi (*Ganoderma lucidum* Curtis: Fries Karsten), a diferentes concentraciones de etanol**

Concentración de etanol (%)	Concentración de carbohidratos (mg/mL)
0	0,0124
25	0,0108
50	0,0079
75	0,0068

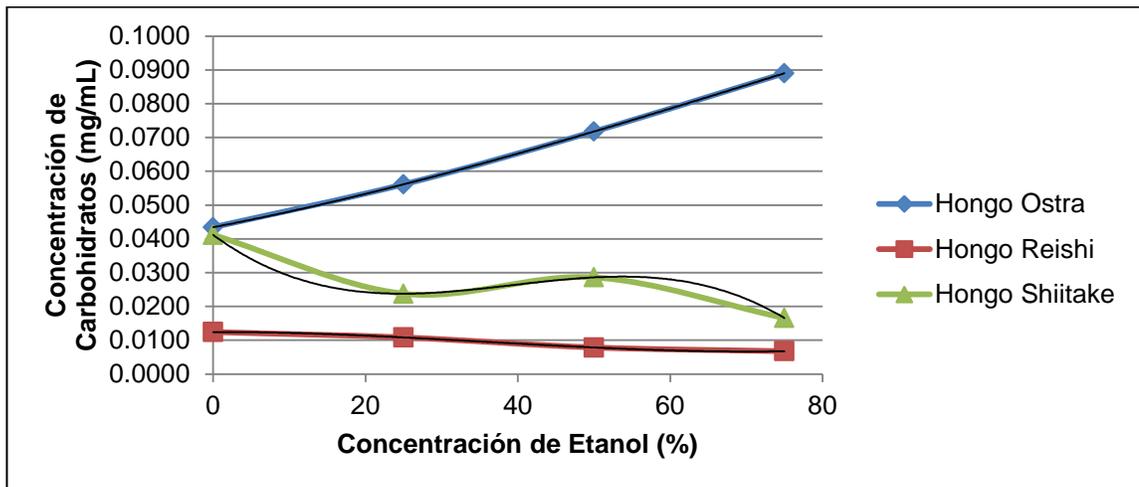
Fuente: elaboración propia, datos del apéndice 7.

Tabla XXIX. **Concentración de carbohidratos totales en los extractos del hongo Shiitake (*Lentinula edodes* Berk. Pegler), a diferentes concentraciones de etanol**

Concentración de etanol (%)	Concentración de carbohidratos (mg/mL)
0	0,0412
25	0,0238
50	0,0286
75	0,0166

Fuente: elaboración propia, datos del apéndice 7.

Figura 6. **Concentración de carbohidratos de los extractos de los hongos Ostra (*Pleurotus ostreatus* Jacq. Ex Fries), Reishi (*Ganoderma lucidum* Curtis: Fries Karsten), Shiitake (*Lentinula edodes* Berk. Pegler), a diferentes concentraciones de etanol**



Fuente: elaboración propia, con base en los resultados, tabla XXVII, XVIII y XIX.

Tabla XXX. **Modelo matemático y coeficiente de correlación de la concentración de carbohidratos de los hongos Ostra (*Pleurotus ostreatus* Jacq. Ex Fries), Reishi (*Ganoderma lucidum* Curtis: Fries Karsten), Shiitake (*Lentinula edodes* Berk. Pegler), a diferentes concentraciones de etanol**

Color	Hongo	Modelo matemático	R ²
	Ostra	C.C. = $-1E-08 X_E^3 + 3E-06 X_E^2 + 0.0004 X_E + 0,0435$	1
	Reishi	C.C. = $3E-08 X_E^3 - 4E-06 X_E^2 + 7E-06 X_E + 0,0124$	1
	Shiitake	C.C. = $-4E-07 X_E^3 + 5E-05 X_E^2 - 0.0017 X_E + 0,0412$	1

Fuente: elaboración propia, con base en los resultados, figura 6.

5. INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

En el presente trabajo a nivel de tesis, se evaluó el rendimiento extractivo, presencia de triterpenos y esteroides, concentración de carbohidratos y caracterización fisicoquímica de los extractos de los hongos Ostra (*Pleurotus ostreatus* Jacq. Ex Fries), Shiitake (*Lentinula edodes* Berk. Pegler), y Reishi (*Ganoderma lucidum* Curtis: Fries Karsten), obtenidos mediante el método de maceración dinámica a nivel laboratorio.

La materia se obtuvo de la planta productora de hongos Ongos S.A., ubicada en el municipio de San José Pinula, del departamento de Guatemala. Esta finca se encuentra ubicada a una altura de 1 752 metros sobre el nivel del mar; el clima de esta región es húmedo y frío. La materia prima se preparó para realizar la extracción, esta preparación consistió en disminuir el contenido de humedad en los hongos a un valor inferior a 10 por ciento.

Posteriormente se procedió a disminuir el tamaño de los hongos mediante una licuadora industrial, ubicada en el Laboratorio de Investigación de Extractos Vegetales (LIECVE). Seguidamente se tamizó, el tándem de tamices se encuentra entre el no.12 y el no.60.

En las tablas VIII, IX y X, se puede observar el rendimiento extractivo para los extractos de los hongos Ostra, Reishi y Shiitake. Estas 3 tablas se encuentran representadas gráficamente en la figura 2, en ella se observa que para los extractos de los hongos Reishi, se obtiene un aumento en el rendimiento extractivo a medida que incrementa la concentración de etanol como solvente extractivo.

Para los extractos de los hongos Ostra, se obtiene una disminución en el rendimiento extractivo, a medida que incrementa la concentración de etanol como solvente extractivo. El rendimiento extractivo para los extractos de los hongos Shiitake, es poco variable a medida que incrementa la concentración de etanol como solvente extractivo. Mediante los modelos matemáticos, se obtuvo una correlación matemática de grado 3 para los extractos de los 3 tipos de hongos.

El mayor valor de rendimiento extractivo para los extractos de los hongos Ostra, fue de $61,7467 \pm 5,7200$ por ciento y corresponde a una concentración de etanol como solvente extractivo de 0 por ciento del volumen. Con respecto a los extractos de los hongos Reishi, el mayor valor obtenido fue de $55,4267 \pm 4,8014$ por ciento, correspondiente a una concentración de etanol como solvente extractivo de 75 por ciento del volumen.

Para los extractos de los hongos Shiitake, el valor mayor obtenido fue de $79,8267 \pm 2,2882$ por ciento correspondiente a una concentración de etanol como solvente extractivo de 75 por ciento del volumen. Al momento de analizar y comparar estos valores matemáticamente, así como gráficamente, se observa una diferencia significativa entre el rendimiento extractivo obtenido en relación a la concentración de etanol como solvente extractivo.

En los apéndices 11, 12 y 13, se encuentra el análisis estadístico realizado para la variable del rendimiento extractivo, en donde se evaluó si existe diferencia significativa entre el rendimiento extractivo en función a la concentración de etanol como solvente extractivo.

Al comparar el valor de la F calculada con el valor de la F crítica, se determinó con un nivel de confianza del 95 por ciento que existe diferencia

significativa del rendimiento extractivo en función de la concentración de etanol como solvente extractivo. Es decir, el valor del rendimiento extractivo depende de la concentración de etanol como solvente extractivo que se utilice en la metodología.

En las tablas XII, XIII y XIV, se puede observar el potencial de Hidrógeno para los extractos de los hongos Ostra, Reishi y Shiitake. Estas 3 tablas se encuentran representadas gráficamente en la figura 3, en ella se observa que para los extractos de los hongos Ostra y Reishi, se tiene una disminución en el potencial de Hidrógeno a medida que incrementa la concentración de etanol como solvente extractivo.

Para los extractos de los hongos Shiitake, inicialmente se tiene un aumento en el potencial de hidrógeno, seguido de una disminución en el potencial de hidrógeno a medida que incrementa la concentración de etanol como solvente extractivo. Mediante los modelos matemáticos, se obtuvo una correlación matemática de grado 3 para los extractos de los 3 tipos de hongos.

Para los extractos de los hongos Ostra, el mayor valor de potencial de Hidrógeno fue de $6,15 \pm 0,0493$ y corresponde a una concentración de etanol como solvente extractivo de 0 por ciento del volumen, el menor valor de potencial de Hidrógeno fue de $5,44 \pm 0,0473$ y corresponde a una concentración de etanol como solvente extractivo de 75 por ciento del volumen.

Con respecto a los extractos de los hongos Reishi, el mayor valor obtenido fue de $4,66 \pm 0,0321$, correspondiente a una concentración de etanol como solvente extractivo de 0 por ciento del volumen, y el menor valor obtenido fue de $3,87 \pm 0,0265$ correspondiente a una concentración de etanol como solvente extractivo de 75 por ciento del volumen.

Para los extractos de los hongos Shiitake, el valor mayor obtenido fue de $5,90 \pm 0,0808$ por ciento, correspondiente a una concentración de etanol como solvente extractivo de 50 por ciento del volumen y el menor valor obtenido fue de $5,29 \pm 0,1692$, correspondiente a una concentración de etanol como solvente extractivo de 75 por ciento del volumen. Al momento de analizar y comparar estos valores matemáticamente, así como gráficamente, se observa una diferencia significativa entre el potencial de hidrógeno obtenido en relación a la concentración de etanol, como solvente extractivo.

En los apéndices 14, 15 y 16, se encuentra el análisis estadístico realizado para la variable del potencial de hidrógeno, en donde se evaluó si existe diferencia significativa entre el potencial de hidrógeno en función a la concentración de etanol como solvente extractivo.

Al comparar el valor de la F, calculada con el valor de la F crítica, se determinó con un nivel de confianza del 95 por ciento, que existe diferencia significativa del potencial de hidrógeno en función de la concentración de etanol como solvente extractivo. Es decir, el valor del potencial de hidrógeno depende de la concentración de etanol como solvente extractivo que se utilice en la metodología.

En las tablas XVI, XVII y XVIII, se puede observar las densidades para los extractos de los hongos Ostra, Reishi y Shiitake. Estas 3 tablas se encuentran representadas gráficamente en la figura 4, en ella se observa que para los extractos de los hongos Ostra, se tiene un aumento en la densidad a medida que incrementa la concentración de etanol como solvente extractivo. Para los extractos de los hongos Reishi, se tiene una disminución en la densidad a medida que incrementa la concentración de etanol como solvente extractivo.

Para los extractos de los hongos Shiitake, inicialmente se tiene una leve disminución, seguido de un incremento y finalmente una disminución en la densidad, a medida que incrementa la concentración de etanol como solvente extractivo. Mediante los modelos matemáticos se obtuvo una correlación matemática de grado 3 para los extractos de los 3 tipos de hongos.

Para los extractos de los hongos Ostra, el mayor valor para la densidad fue de $1,14 \pm 0,0287$ y corresponde a una concentración de etanol como solvente extractivo de 0 por ciento y 25 por ciento del volumen. Con respecto a los extractos de los hongos Reishi, el mayor valor obtenido fue de $1,20 \pm 0,0200$, correspondiente a una concentración de etanol como solvente extractivo de 0 por ciento del volumen.

Para los extractos de los hongos Shiitake, el valor mayor obtenido fue de $1,22 \pm 0,2787$ por ciento, correspondiente a una concentración de etanol como solvente extractivo de 50 por ciento del volumen. Al momento de analizar y comparar estos valores matemáticamente, así como gráficamente, se observa una diferencia significativa entre la densidad obtenida en relación a la concentración de etanol como solvente extractivo.

En los apéndices 17, 18 y 19, se encuentra el análisis estadístico realizado para la variable de la densidad, en donde se evaluó si existe diferencia significativa entre la densidad en función a la concentración de etanol como solvente extractivo.

Al comparar el valor de la F, calculada con el valor de la F crítica, se determinó con un nivel de confianza del 95 por ciento que existe diferencia significativa de la densidad en función de la concentración de etanol como solvente extractivo. Es decir, el valor de la densidad depende de la

concentración de etanol como solvente extractivo que se utilice en la metodología.

En las tablas XX, XXI y XXII, se puede observar el porcentaje de sólidos para los extractos de los hongos Ostra, Reishi y Shiitake. Estas 3 tablas se encuentran representadas gráficamente en la figura 5, en ella se observa que para los extractos de los hongos Ostra, se tiene un aumento en el porcentaje de sólidos a medida que incrementa la concentración de etanol como solvente extractivo.

Para los extractos de los hongos Reishi y Shiitake, se tiene una disminución en el porcentaje de sólidos a medida que incrementa la concentración de etanol como solvente extractivo. Mediante los modelos matemáticos se obtuvo una correlación matemática de grado 3 para los extractos de los 3 tipos de hongos.

El mayor valor de porcentaje de sólidos para los extractos de los hongos Ostra fue de $64,8267 \pm 12,4296$ por ciento y corresponde a una concentración de etanol como solvente extractivo de 75 por ciento del volumen. Con respecto a los extractos de los hongos Reishi, el mayor valor obtenido fue de $52,3139 \pm 4,2299$ por ciento, correspondiente a una concentración de etanol como solvente extractivo de 0 por ciento del volumen.

Para los extractos de los hongos Shiitake, el valor mayor obtenido fue de $42,9834 \pm 2,9713$ por ciento, correspondiente a una concentración de etanol como solvente extractivo de 0 por ciento del volumen. Al momento de analizar y comparar estos valores matemáticamente, así como gráficamente, se observa una diferencia significativa entre el porcentaje de sólidos obtenido en relación a la concentración de etanol como solvente extractivo.

En los apéndices 20, 21 y 22, se encuentra el análisis estadístico realizado para la variable del porcentaje de sólidos, en donde se evaluó si existe diferencia significativa entre el porcentaje de sólidos en función a la concentración de etanol, como solvente extractivo.

Al comparar el valor de la F, calculada con el valor de la F crítica, se determinó con un nivel de confianza del 95 por ciento que existe diferencia significativa del porcentaje de sólidos, en función de la concentración de etanol como solvente extractivo. Es decir, el valor del porcentaje de sólidos depende de la concentración de etanol como solvente extractivo que se utilice en la metodología.

En las tablas XXVII, XXVIII y XXIX, se puede observar la concentración de carbohidratos para los extractos de los hongos Ostra, Reishi y Shiitake. Estas 3 tablas se encuentran representadas gráficamente en la figura 6, en ella se observa que para los extractos de los hongos Ostra, se tiene un aumento en la concentración de carbohidratos a medida que incrementa la concentración de etanol como solvente extractivo.

Para los extractos de los hongos Reishi y Shiitake, se tiene una disminución en la concentración de carbohidratos a medida que incrementa la concentración de etanol como solvente extractivo. Mediante los modelos matemáticos se obtuvo una correlación matemática de grado 3 para los extractos de los 3 tipos de hongos.

La mayor concentración de carbohidratos para los extractos de los hongos Ostra, fue de 0,0890 miligramos por mililitro, correspondiente a una concentración de etanol como solvente extractivo de 75 por ciento del volumen. Con respecto a los extractos de los hongos Reishi, el mayor valor obtenido fue

de 0,0124 miligramos por mililitro, correspondiente a una concentración de etanol como solvente extractivo de 0 por ciento del volumen.

Para los extractos de los hongos Shiitake, el valor mayor obtenido fue de 0,0412 miligramos por mililitro, correspondiente a una concentración de etanol como solvente extractivo de 0 por ciento del volumen. Al momento de analizar y comparar estos valores matemáticamente, así como gráficamente, se observa una diferencia significativa entre la concentración de carbohidratos obtenida en relación a la concentración de etanol como solvente extractivo.

Cabe destacar que se ha determinado en otras investigaciones que la concentración de carbohidratos en extractos de hongos, es proporcional a la concentración de β - d - glucanos (Yap, 2001).

En las tablas XXIV, XXV y XVI, se presentan los resultados obtenidos del análisis cromatográfico para la identificación de triterpenos y esteroides para los extractos de los hongos Ostra, Reishi y Shiitake. Se observa que para todos los extractos, la presencia de triterpenos es positiva, siendo negativo para la presencia de esteroides. Es decir, la presencia de esteroides y triterpenos es independiente de la concentración de etanol como solvente extractivo que se utilice en la metodología.

CONCLUSIONES

1. Existe diferencia significativa en el rendimiento extractivo de los extractos de los hongos Ostra (*Pleurotus ostreatus* Jacq. Ex Fries), Shiitake (*Lentinula edodes* Berk. Pegler), y Reishi (*Ganoderma lucidum* Curtis: Fries Karsten), en función a la concentración de etanol como solvente extractivo.
2. El mayor valor de rendimiento extractivo de los extractos de los hongos Ostra (*Pleurotus ostreatus* Jacq. Ex Fries), fue de $61,7467 \pm 5,7200$ por ciento, correspondiente a la concentración de etanol como solvente extractivo del 0% v/v.
3. El mayor valor de rendimiento extractivo de los extractos de los hongos Reishi (*Ganoderma lucidum* Curtis: Fries Karsten), fue de $55,4267 \pm 4,8014$ por ciento, correspondiente a la concentración de etanol como solvente extractivo del 75% v/v.
4. El mayor valor de rendimiento extractivo de los extractos de los hongos Shiitake (*Lentinula edodes* Berk. Pegler), fue de $79,8267 \pm 2,2882$ por ciento, correspondiente a la concentración de etanol como solvente extractivo del 75% v/v.

5. Existe diferencia significativa en el potencial de hidrógeno de los extractos de los hongos Ostra (*Pleurotus ostreatus* Jacq. Ex Fries), Shiitake (*Lentinula edodes* Berk. Pegler), y Reishi (*Ganoderma lucidum* Curtis: Fries Karsten), en función a la concentración de etanol como solvente extractivo.
6. Existe diferencia significativa en las densidades de los extractos de los hongos Ostra (*Pleurotus ostreatus* Jacq. Ex Fries), Shiitake (*Lentinula edodes* Berk. Pegler), y Reishi (*Ganoderma lucidum* Curtis: Fries Karsten), en función a la concentración de etanol como solvente extractivo.
7. Existe diferencia significativa en el porcentaje de sólidos de los extractos de los hongos Ostra (*Pleurotus ostreatus* Jacq. Ex Fries), Shiitake (*Lentinula edodes* Berk. Pegler), y Reishi (*Ganoderma lucidum* Curtis: Fries Karsten), en función a la concentración de etanol como solvente extractivo.
8. Existe diferencia significativa en la concentración de carbohidratos de los extractos de los hongos Ostra (*Pleurotus ostreatus* Jacq. Ex Fries), Shiitake (*Lentinula edodes* Berk. Pegler), y Reishi (*Ganoderma lucidum* Curtis: Fries Karsten), en función a la concentración de etanol como solvente extractivo.
9. El mayor valor de la concentración de carbohidratos de los extractos de los hongos Ostra (*Pleurotus ostreatus* Jacq. Ex Fries), fue de 0,0890 mg/mL, correspondiente a la concentración de etanol como solvente extractivo del 75% v/v.

10. El mayor valor de la concentración de carbohidratos de los extractos de los hongos Reishi (*Ganoderma lucidum* Curtis: Fries Karsten), fue de 0,0124 mg/mL, correspondiente a la concentración de etanol como solvente extractivo del 0% v/v.
11. El mayor valor de la concentración de carbohidratos de los extractos de los hongos Shiitake (*Lentinula edodes* Berk. Pegler), fue de 0,0412 mg/mL, correspondiente a la concentración de etanol como solvente extractivo del 0% v/v.
12. Se identificó la presencia de triterpenos y la ausencia de esteroides para los extractos de los hongos Ostra (*Pleurotus ostreatus* Jacq. Ex Fries), Shiitake (*Lentinula edodes* Berk. Pegler), y Reishi (*Ganoderma lucidum* Curtis: Fries Karsten), siendo esta independientemente a la concentración de etanol como solvente extractivo.

RECOMENDACIONES

1. Realizar extracciones de los hongos Ostra (*Pleurotus ostreatus* Jacq. Ex Fries), Shiitake (*Lentinula edodes* Berk. Pegler), y Reishi (*Ganoderma lucidum* Curtis: Fries Karsten), seleccionando otras variables independientes para comparar los resultados con este estudio.
2. Realizar extracciones de los hongos Ostra (*Pleurotus ostreatus* Jacq. Ex Fries), Shiitake (*Lentinula edodes* Berk. Pegler), y Reishi (*Ganoderma lucidum* Curtis: Fries Karsten), realizando análisis más especializados sobre los carbohidratos presentes.
3. Realizar el escalamiento hacia un nivel piloto de las extracciones de los hongos Ostra (*Pleurotus ostreatus* Jacq. Ex Fries), Shiitake (*Lentinula edodes* Berk. Pegler), y Reishi (*Ganoderma lucidum* Curtis: Fries Karsten), para comparar los resultados de este estudio.
4. Realizar investigaciones en Guatemala en la temática de extracciones de diversas especies de hongos medicinales, dado que esta temática ha presentado un crecimiento significativo en los últimos años a nivel internacional

BIBLIOGRAFÍA

1. GEANKOPLIS, Christie. *Procesos de transporte y operaciones unitarias*. 3a ed. México: Compañía Editorial Continental, 1998. 261 p.
2. HOBBS, Christopher. *Medicinal Mushrooms, an exploration of tradition, healing, & culture*. 2a ed. Canadá: Botanica Press, 1995. 252 p.
3. LAM, Andrés. *Análisis de alimentos, fundamentos y técnicas*. México: Universidad Nacional Autónoma de México. 89 p.
4. McCABE, Warren L. *Operaciones unitarias en ingeniería química*. 6a ed. México: McGraw Hill Interamericana, 2004. 534 p.
5. MONDOA, Emil. *Sugars that heal, The New healing science of glyconutrients*. Estados Unidos: Ballantine Publishing Group, 2001. 262 p.
6. PAZ DE RAMIREZ, Margarita. *Composición química y actividad inmunomoduladora y biocida de basidiomicetos comestibles en Guatemala*. Informe Final 30-2007. Guatemala: FODECYT 2010. 115 p.

7. RIVERA, Omar. *Estudio del efecto de la adición del estípite de Shiitake (Lentinula edodes Berk. Pegler) y de un extracto rico en sus polisacáridos sobre las cualidades nutricionales del antipasto*. Colombia: Universidad Nacional de Colombia, 2010. 98 p.
8. STAMETS, Paul. *Growing gourmet and medicinal mushrooms*. Canadá: McGraw Hill Interamericana, 2000. 535 p.
9. YAP, A. *An improved method for the isolation of lentinan from edible and medicinal Shiitake mushroom, Lentinus edodes (Berk) Sing. (Agaricomycetidaeae)*. International Journal of Medicinal Mushrooms, 2001. 246 p.

APÉNDICES

1. Extracción de los hongos Ostra (*Pleurotus ostreatus* Jacq. Ex Fries) por el método de maceración dinámica

Corrida	Concentración de etanol (%)	Tara (g)	Masa total (g)	Masa recuperada (g)
1	0	172,00	188,87	16,87
2	0	172,00	186,01	14,01
3	0	172,00	187,43	15,43
1	25	172,00	182,27	10,27
2	25	172,00	181,30	9,30
3	25	172,00	222,76	12,69
1	50	172,00	182,75	10,75
2	50	172,00	178,29	6,29
3	50	172,00	184,09	12,09
1	75	172,00	179,80	7,80
2	75	172,00	177,63	5,63
3	75	172,00	179,60	7,60

Fuente: elaboración propia, con base en las técnicas cuantitativas de la investigación.

2. **Extracción de los hongos Reishi (*Ganoderma lucidum* Curtis: Fries Karsten) por el método de maceración dinámica**

Corrida	Concentración de etanol (%)	Tara (g)	Masa total (g)	Masa recuperada (g)
1	0	171,83	178,05	6,22
2	0	171,83	179,10	7,27
3	0	171,83	179,74	7,91
1	25	171,83	183,82	11,99
2	25	171,83	179,00	11,25
3	25	171,83	179,23	12,69
1	50	171,83	186,77	14,94
2	50	171,83	185,09	12,67
3	50	171,83	184,41	12,58
1	75	171,83	184,32	12,49
2	75	171,83	186,57	14,74
3	75	171,83	186,17	14,34

Fuente: elaboración propia, con base en las técnicas cuantitativas de la investigación.

3. **Extracción de los hongos Shiitake (*Lentinula edodes* Berk. Pegler) por el método de maceración dinámica**

Corrida	Concentración de etanol (%)	Tara (g)	Masa total (g)	Masa recuperada (g)
1	0	171,83	189,02	17,19
2	0	171,83	189,99	18,16

Continuación del apéndice 3.

3	0	171,83	189,92	18,09
1	25	171,83	190,11	18,28
2	25	171,83	190,32	18,49
3	25	171,83	190,07	18,24
1	50	171,83	191,02	19,19
2	50	171,83	190,78	18,95
3	50	171,83	190,49	18,66
1	75	171,83	192,30	20,47
2	75	171,83	191,89	20,06
3	75	171,83	191,17	19,34

Fuente: elaboración propia, con base en las técnicas cuantitativas de la investigación.

4. **Propiedades fisicoquímicas de los extractos de los hongos Ostra (*Pleurotus ostreatus* Jacq. Ex Fries)**

Corrida	Concentración de etanol (%)	Masa (g)	Volumen (mL)	Humedad (%)	pH
1	0	1,23	1,09	67,05	6,17
2	0	1,26	1,09	60,27	6,18
3	0	1,24	1,09	65,74	6,09
1	25	1,27	1,09	55,27	6,03
2	25	1,23	1,09	66,83	6,06
3	25	1,21	1,09	69,25	6,06
1	50	1,30	1,09	53,23	5,97
2	50	1,37	1,09	39,76	5,86

Continuación del apéndice 4.

3	50	1,30	1,09	49,55	5,91
1	75	1,29	1,09	51,05	5,49
2	75	1,37	1,09	37,11	5,40
3	75	1,30	1,09	52,16	5,42

Fuente: elaboración propia, con base en las técnicas cuantitativas de la investigación.

5. **Propiedades fisicoquímicas de los extractos de los hongos Reishi (*Ganoderma lucidum* Curtis: Fries Karsten)**

Corrida	Concentración de etanol (%)	Masa (g)	Volumen (mL)	Humedad (%)	pH
1	0	1,29	1,09	59,84	4,62
2	0	1,31	1,09	55,16	4,68
3	0	1,33	1,09	54,60	4,67
1	25	1,19	1,09	73,41	4,54
2	25	1,26	1,09	61,72	4,54
3	25	1,23	1,09	69,35	4,55
1	50	1,16	1,09	79,62	4,35
2	50	1,15	1,09	81,13	4,30
3	50	1,17	1,09	75,17	4,32
1	75	1,11	1,09	86,55	3,84
2	75	1,12	1,09	88,36	3,89
3	75	1,13	1,09	80,68	3,88

Fuente: elaboración propia, con base en las técnicas cuantitativas de la investigación.

6. **Propiedades fisicoquímicas de los extractos de los hongos Shiitake (*Lentinula edodes* Berk. Pegler)**

Corrida	Concentración de etanol (%)	Masa (g)	Volumen (mL)	Humedad (%)	pH
1	0	1,2050	1,0540	64,91	5,66
2	0	1,2135	1,0540	62,84	5,60
3	0	1,2128	1,0540	59,98	5,65
1	25	1,1934	1,0540	69,68	5,84
2	25	1,2100	1,0540	63,12	5,88
3	25	1,2039	1,0540	59,15	5,89
1	50	1,2901	1,0540	70,56	5,95
2	50	1,2667	1,0540	69,87	5,95
3	50	1,3016	1,0540	71,12	5,81
1	75	1,1494	1,0540	72,78	5,25
2	75	1,1378	1,0540	72,63	5,48
3	75	1,1599	1,0540	72,08	5,15

Fuente: elaboración propia, con base en las técnicas cuantitativas de la investigación.

7. **Absorbancia y concentración de carbohidratos obtenidas para los extractos de los hongos Ostra (*Pleurotus ostreatus* Jacq. Ex Fries), Shiitake (*Lentinula edodes* Berk. Pegler), y Reishi (*Ganoderma lucidum* Curtis: Fries Karsten)**

Concentración de etanol (%)	Ostra		Reishi		Shiitake	
	A	Concentración (mg/mL)	A	Concentración (mg/mL)	A	Concentración (mg/mL)
0	0,869	0,043	0,284	0,012	0,826	0,041
25	1,108	0,056	0,254	0,011	0,498	0,024
50	1,403	0,072	0,198	0,008	0,589	0,029
75	1,728	0,089	0,177	0,007	0,362	0,017

Fuente: elaboración propia, con base en las técnicas cuantitativas de la investigación.

8. **Identificación de triterpenos y esteroides para los extractos de los hongos Ostra (*Pleurotus ostreatus* Jacq. Ex Fries)**

Concentración de etanol (%)	Presencia de triterpenos y esteroides
0	Positivo
25	Positivo
50	Positivo
75	Positivo

Fuente: elaboración propia, con base en las técnicas cuantitativas de la investigación.

9. **Identificación de triterpenos y esteroides para los extractos de los hongos Shiitake (*Lentinula edodes* Berk. Pegler)**

Concentración de etanol (%)	Presencia de triterpenos y esteroides
0	Positivo
25	Positivo
50	Positivo
75	Positivo

Fuente: elaboración propia, con base en las técnicas cuantitativas de la investigación.

10. **Identificación de triterpenos y esteroides para los extractos de los hongos Reishi (*Ganoderma lucidum* Curtis: Fries Karsten)**

Concentración de etanol (%)	Presencia de triterpenos y esteroides
0	Positivo
25	Positivo
50	Positivo
75	Positivo

Fuente: elaboración propia, con base en las técnicas cuantitativas de la investigación.

11. Experimento de 2 factores para el rendimiento extractivo de los extractos del hongo Ostra (*Pleurotus ostreatus* Jacq. Ex Fries)

Fuente de variación	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedio de los cuadrados	F calculada	F crítica
Concentración de etanol	1 777 5375	3	592,5125	9,4034	4,0662
Error	504,0853	8	63,0107		
Total	2 281 6228	11			

Fuente: elaboración propia, con base en las técnicas cuantitativas de la investigación.

12. Experimento de 2 factores para el rendimiento extractivo de los extractos del hongo Reishi (*Ganoderma lucidum* Curtis: Fries Karsten)

Fuente de variación	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedio de los cuadrados	F calculada	F crítica
Concentración de etanol	1.363,8340	3	454,6113	25,3926	4,0662
Error	143,2267	8	17,9033		
Total	1.507,0607	11			

Fuente: elaboración propia, con base en las técnicas cuantitativas de la investigación.

13. **Experimento de 2 factores para el rendimiento extractivo de los extractos del hongo Shiitake (*Lentinula edodes* Berk. Pegler)**

Fuente de variación	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedio de los cuadrados	F calculada	F crítica
Concentración de etanol	121,7973	3	40,5991	14,3291	4,0662
Error	22,6667	8	2,8333		
Total	144,4640	11			

Fuente: elaboración propia, con base en las técnicas cuantitativas de la investigación.

14. **Experimento de 2 factores para el potencial de Hidrógeno de los extractos del hongo Ostra (*Pleurotus ostreatus* Jacq. Ex Fries)**

Fuente de variación	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedio de los cuadrados	F calculada	F crítica
Concentración de etanol	0,8925	3	0,2975	148,7444	4,0662
Error	0,0160	8	0,0020		
Total	0,9085	11			

Fuente: elaboración propia, con base en las técnicas cuantitativas de la investigación.

15. Experimento de 2 factores para el potencial de Hidrógeno de los extractos del hongo Reishi (*Ganoderma lucidum* Curtis: Fries Karsten)

Fuente de variación	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedio de los cuadrados	F calculada	F crítica
Concentración de etanol	1,0876	3	0,3625	604,2037	4,0662
Error	0,0048	8	0,0006		
Total	1,0924	11			

Fuente: elaboración propia, con base en las técnicas cuantitativas de la investigación.

16. Experimento de 2 factores para el potencial de Hidrógeno de los extractos del hongo Shiitake (*Lentinula edodes* Berk. Pegler)

Fuente de variación	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedio de los cuadrados	F calculada	F crítica
Concentración de etanol	0,7119	3	0,2373	25,7233	4,0662
Error	0,0738	8	0,0092		
Total	0,7857	11			

Fuente: elaboración propia, con base en las técnicas cuantitativas de la investigación.

17. Experimento de 2 factores para las densidades de los extractos del hongo Ostra (*Pleurotus ostreatus* Jacq. Ex Fries)

Fuente de variación	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedio de los cuadrados	F calculada	F crítica
Concentración de etanol	0,0161	3	0,0054	5,4101	4,0662
Error	0,0079	8	0,0010		
Total	0,0240	11			

Fuente: elaboración propia, con base en las técnicas cuantitativas de la investigación.

18. Experimento de 2 factores para las densidades de los extractos del hongo Reishi (*Ganoderma lucidum* Curtis: Fries Karsten)

Fuente de variación	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedio de los cuadrados	F calculada	F crítica
Concentración de etanol	0,0512	3	0,0171	42,5729	4,0662
Error	0,0032	8	0,0004		
Total	0,0544	11			

Fuente: elaboración propia, con base en las técnicas cuantitativas de la investigación.

19. **Experimento de 2 factores para las densidades de los extractos del hongo Shiitake (*Lentinula edodes* Berk. Pegler)**

Fuente de variación	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedio de los cuadrados	F calculada	F crítica
Concentración de etanol	0,0258	3	0,0086	71,9368	4,0662
Error	0,0010	8	0,0001		
Total	0,0268	11			

Fuente: elaboración propia, con base en las técnicas cuantitativas de la investigación.

20. **Experimento de 2 factores para el porcentaje de sólidos de los extractos del hongo Ostra (*Pleurotus ostreatus* Jacq. Ex Fries)**

Fuente de variación	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedio de los cuadrados	F calculada	F crítica
Concentración de etanol	1.627,6203	3	542,5401	5,7420	4,0662
Error	755,8845	8	94,4856		
Total	2.383,5048	11			

Fuente: elaboración propia, con base en las técnicas cuantitativas de la investigación.

21. **Experimento de 2 factores para el porcentaje de sólidos de los extractos del hongo Reishi (*Ganoderma lucidum* Curtis: Fries Karsten)**

Fuente de variación	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedio de los cuadrados	F calculada	F crítica
Concentración de etanol	2.377,8482	3	792,6161	29,2029	4,0662
Error	217,1338	8	27,1417		
Total	2.594,9819	11			

Fuente: elaboración propia, con base en las técnicas cuantitativas de la investigación.

22. **Experimento de 2 factores para el porcentaje de sólidos de los extractos del hongo Shiitake (*Lentinula edodes* Berk. Pegler)**

Fuente de variación	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedio de los cuadrados	F Calculada	F crítica
Concentración de etanol	305,7328	3	101,9109	8,4120	4,0662
Error	96,9196	8	12,1149		
Total	402,6524	11			

Fuente: elaboración propia, con base en las técnicas cuantitativas de la investigación.

23. **Análisis de identificación de triterpenos y esteroides en muestras de los extractos de los hongos Ostra (*Pleurotus ostreatus* Jacq. Ex Fries), Shiitake (*Lentinula edodes* Berk. Pegler), y Reishi (*Ganoderma lucidum* Curtis: Fries Karsten, por medio de cromatografía de capa fina a nivel laboratorio**

Laboratorio de Investigación de
Productos Naturales (LIPRONAT)



Análisis: Identificación de triterpenos y esteroides en muestras de hongos.
Solicitante: Gabriela María Moran Cruz
Fecha: 31 de Mayo de 2013 **No. L-20130502**

1. Técnica:

Prueba de tubos.

2. Resultados:

2.1. Prueba de tubos para determinación de esteroides y triterpenoides.

Mx	Liebermann Burchard	Resultado	Ácido tricloroacético	Resultado
1. Shiitake 0%	Café claro	Negativo (-)	Naranja	Positivo (+)
2. Shiitake 25%	Café claro	Negativo (-)	Naranja	Positivo (+)
3. Shiitake 50%	Rojo oscuro	Negativo (-)	Rojo oscuro	Positivo (+)
4. Shiitake 75%	Naranja	Negativo (-)	Naranja	Positivo (+)
5. Ostra 0%	Naranja	Negativo (-)	Naranja	Positivo (+)
6. Ostra 25%	Naranja	Negativo (-)	Naranja	Positivo (+)
7. Ostra 50%	Naranja	Negativo (-)	Naranja	Positivo (+)
8. Ostra 75%	Naranja oscuro	Negativo (-)	Naranja	Positivo (+)
9. Reishi 0%	Rojo oscuro	Negativo (-)	Rojo oscuro	Positivo (+)
10. Reishi 25%	Rojo oscuro	Negativo (-)	Rojo oscuro	Positivo (+)
11. Reishi 50%	Rojo oscuro	Negativo (-)	Rojo oscuro	Positivo (+)
12. Reishi 75%	Rojo oscuro	Negativo (-)	Rojo oscuro	Positivo (+)

Fuente: Datos Experimentales

Diversos estudios demuestran la presencia de una amplia variedad de moléculas bioactivas en el Shiitake, tales como polisacáridos de alto peso molecular, glicoproteínas, terpenoides, proteínas fúngicas inmunomoduladoras, esteroides, fenoles, nucleótidos y sus derivados. (Morales, 2004).

La información referente al hongo Ostra demuestran el contenido de terpenos y un alto grado en proteínas, hierro, fibra, minerales y vitaminas; contiene además los 9 aminoácidos esenciales. (Calonge.2011).

En el hongo Reishi se encuentra según los estudios principios activos como son los terpenoides entre otros. (Ácidos ganodéricos A, B, C, D, F, H, K, M, R, S e Y, ganodermadiol, derivados del ácidolanostaico) (Calonge.2011).

En base a los resultados obtenido la prueba de Liebermann Burchard es para la identificación de esteroides que contienen 2 enlaces C=C conjugados, al ser la misma negativa indica la ausencia de esteroides en las muestras. La prueba de ácido tricloroacético es para la identificación de triterpenos tetracíclicos, la misma es positiva para todas las muestras lo que indica la presencia de dicho compuesto en la muestra.

Continuación del apéndice 23.

3. Referencias Bibliográficas:

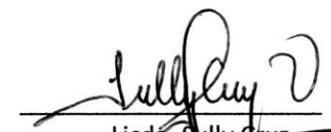
3.1 LIPRONAT (2005). *PROCESO ESTANDAR DE OPERACIÓN Manual de Tamizaje Fitoquímico*. Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia. Universidad San Carlos de Guatemala. Guatemala.

3.2 Morales, P., D. Martínez-Carrera & W. Martínez (2004). Los hongos comestibles: propiedades nutricionales, medicinales y su contribución a la alimentación mexicana: el shiitake. Colegio de postgraduados, México. Páginas consultadas: 17-18.

3.3 Calonge. F. (2011). *Hongos Medicinales*. Madrid. España. Editorial Panamericana.

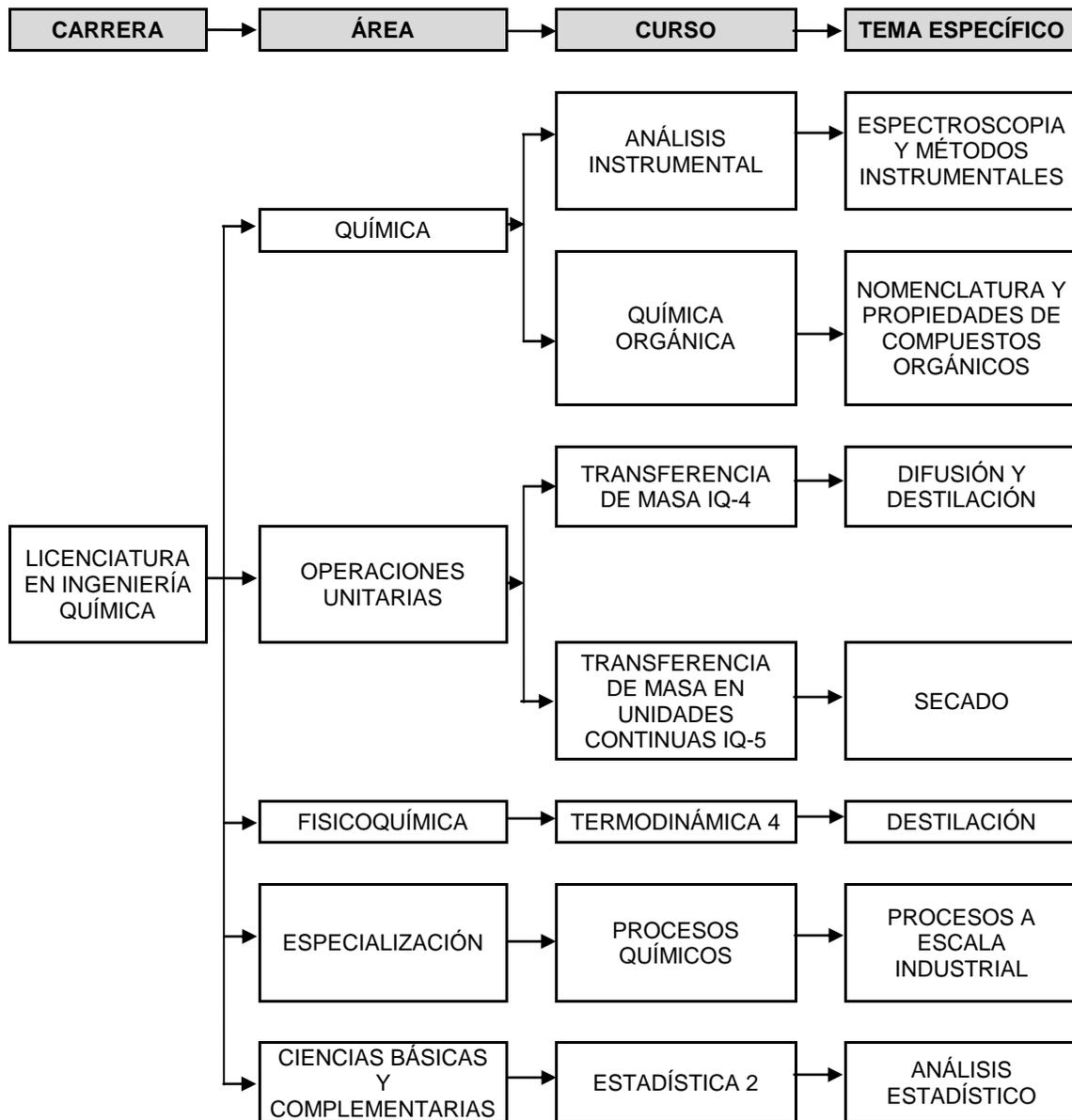

Marcella Orellana
Auxiliar de Laboratorio




Licda. Sully Cruz
Coordinadora de LIPRONAT

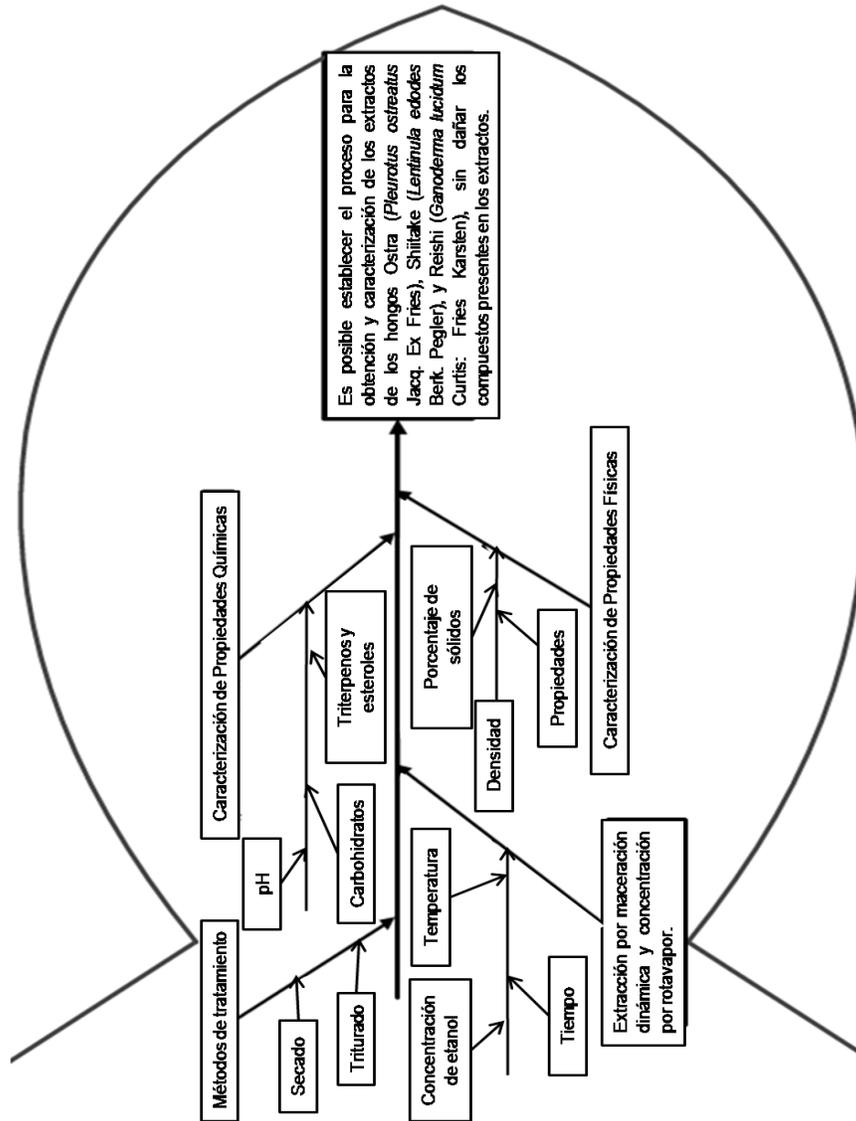
Fuente: Informe de Resultados de Análisis Cromatográfico, Laboratorio de Investigación de Productos Naturales, LIPRONAT

24. Requisitos académicos



Fuente: elaboración propia.

25. Diagrama Ishikawa



Fuente: elaboración propia.

ANEXOS

1. Cultivo y cosecha de la materia prima



Fuente: Ongos S.A.

Continuación del anexo 1.



Fuente: Ongos S.A.

2. Preparación de la materia prima



Fuente: Centro de Investigaciones de Ingeniería. USAC.

Continuación del anexo 2.



Fuente: Centro de Investigaciones de Ingeniería. USAC.

3. Extracción de la materia prima



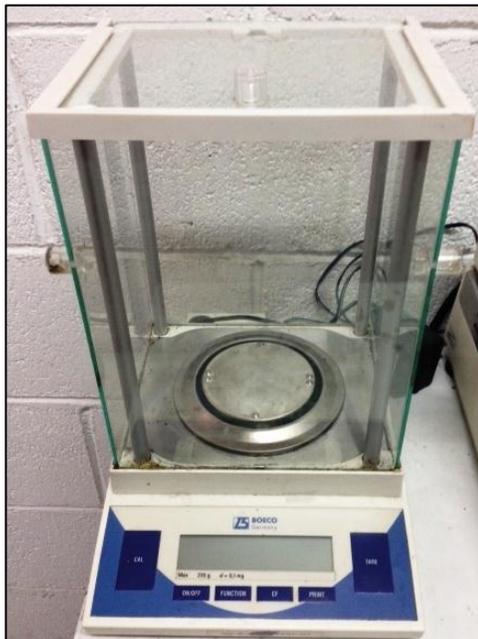
Fuente: Centro de Investigaciones de Ingeniería. USAC.

Continuación del anexo 3.



Fuente: Centro de Investigaciones de Ingeniería. USAC.

4. Medición de propiedades fisicoquímicas



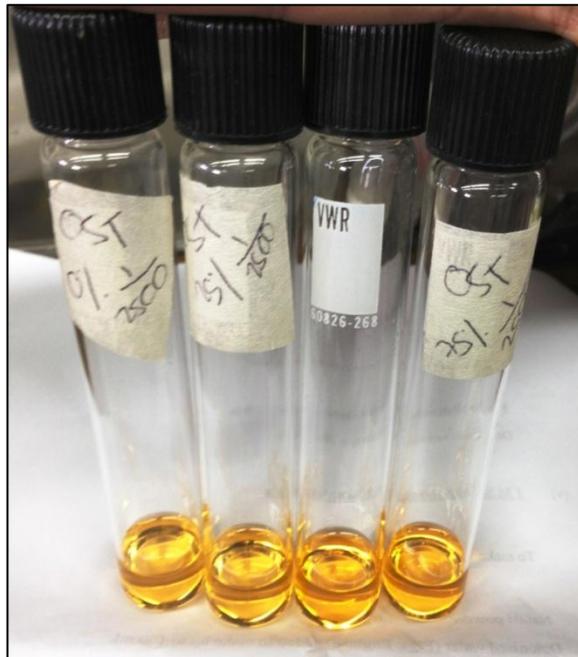
Fuente: Centro de Investigaciones de Ingeniería. USAC.

5. Medición de carbohidratos



Fuente: Laboratorio de Tecnología de Alimentos. UVG.

Continuación del anexo 5.



Fuente: Laboratorio de Tecnología de Alimentos. UVG.

