



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 Olympo 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 Olympo 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

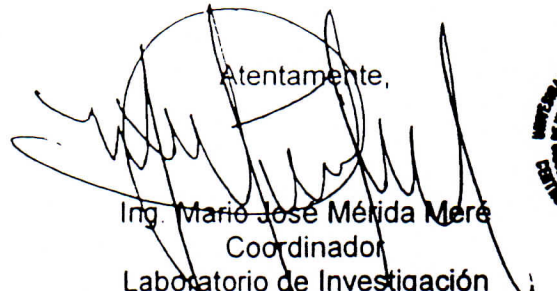
Ingeniero  
Victor Manuel Monzón Valdez  
Director Escuela de Ingeniería Química  
Facultad de Ingeniería  
Universidad de San Carlos de Guatemala  
Presente.

Ingeniero Monzón:

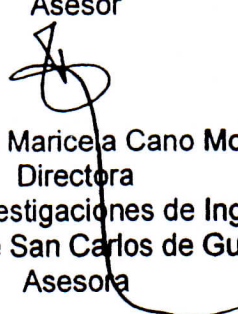
Por medio de la presente HACEMOS CONSTAR que hemos revisado y dado nuestra aprobación al informe final del trabajo de graduación **“OBTENCIÓN Y CARACTERIZACIÓN DE LOS EXTRACTOS DE LOS HONGOS OSTRA (*Pleurotus ostreatus* Jacq. Ex Fries), SHIITAKE (*Lentinula edodes* Berk. Pegler), Y REISHI (*Ganoderma 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"

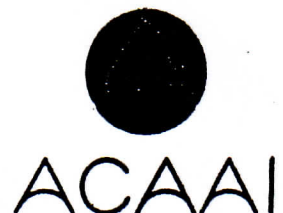
Inga. Hilda Piedad Palma de Martíni  
COORDINADORA DE TERNA

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 OSTR (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:**

|   |   |
|---|---|
| <b>La Universidad de San Carlos de Guatemala</b>                    | Por permitirme alcanzar mi sueño y formarme como profesional, por permitirme conocer excelentes personas. Mi alma máter.  |
| <b>Señor Decano</b>   | Ing. Murphy Paiz, por todo el apoyo durante mi carrera. Gracias por su confianza, aprecio y amistad.  |
| <b>Ongos S.A.</b>   | Por brindarme todo el apoyo y recursos. Gracias al cariño del personal, su alegría y entrega me motivan a esforzarme más.                                       |
| <b>Andrés Minondo</b>   | Por compartir sus conocimientos y admiración del extraordinario reino fungi. Por permitirme conocer las virtudes de los hongos medicinales.                     |
| <b>Laboratorio de Investigación de Extractos Vegetales (LIEXVE)</b> | Por todo el apoyo y permitirme desarrollar este trabajo de investigación.   |
| <b>Mis asesores</b>   | 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 |
| <br>   |       |
| 1. ANTECEDENTES .....  | 1     |
| <br>   |       |
| 2. MARCO TEÓRICO.....  | 3     |
| 2.1. Generalidades de los hongos .....                                 | 3     |
| 2.1.1. Factores que afectan el crecimiento y la<br>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<br>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<br>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<br>carbohidratos: método<br>de fenol-ácido<br>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<br>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

| <b>Símbolo</b>              | <b>Significado</b>              |
|-----------------------------|---------------------------------|
| <b>A</b>                    | Absorbancia                     |
| <b>A<sub>prom</sub></b>     | Absorbancia promedio            |
| <b>R<sup>2</sup></b>        | Coefficiente de correlación     |
| <b>C.C.</b>                 | Concentración de carbohidratos  |
| <b>X<sub>E</sub></b>        | Concentración de etanol         |
| <b>v/v</b>                  | Concentración volumétrica       |
| <b>ρ</b>                    | Densidad                        |
| <b>σ</b>                    | Desviación estándar             |
| <b>°C</b>                   | Grado centígrado                |
| <b>g</b>                    | Gramos                          |
| <b>H</b>                    | Humedad                         |
| <b>Mr</b>                   | Masa recuperada                 |
| <b>Mt</b>                   | Masa total                      |
| <b><math>\bar{X}</math></b> | Media aritmética                |
| <b>μL</b>                   | Microlitros                     |
| <b>mg</b>                   | Miligramos                      |
| <b>mL</b>                   | Mililitros                      |
| <b>min</b>                  | Minutos                         |
| <b>%</b>                    | Porcentaje                      |
| <b>PS</b>                   | Porcentaje de Sólidos           |
| <b>pH</b>                   | Potencial de Hidrógeno          |
| <b>RE</b>                   | Rendimiento Extractivo          |
| <b>SSE</b>                  | Suma de cuadrados para el error |

|            |                                       |
|------------|---------------------------------------|
| <b>SSA</b> | Suma de cuadrados para tratamientos A |
| <b>SSB</b> | Suma de cuadrados para tratamientos B |
| <b>SST</b> | Suma de cuadrados totales             |
| <b>Ta</b>  | Tara                                  |
| <b>T</b>   | Temperatura                           |
| <b>t</b>   | Tiempo                                |
| <b>V</b>   | Voltio                                |
| <b>Vo</b>  | Volumen                               |



## GLOSARIO

|                      |  |
|----------------------|--|
| <b>Basidio</b>       | Es una estructura microscópica productora de esporas, encontrado en los cuerpos fructíferos de los hongos basidiomicetos.  |
| <b>Basidiomiceto</b> | Son una división del reino Fungi, que incluye los hongos que producen basidios con basidiosporas.  |
| <b>Beta-glucano</b>  | 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. |
| <b>Carbohidratos</b> | Son moléculas compuestas por carbono, hidrógeno y oxígeno y cuyas principales funciones en los seres vivos, son el prestar energía inmediata y estructural.  |
| <b>Cromatografía</b> | 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                                    |

|                                   |  |
|-----------------------------------|--|
| <b>Cromatografía de capa fina</b> | 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.   |
| <b>Densidad</b>                   | Es una magnitud escalar referida a la cantidad de masa contenida en un determinado volumen de una sustancia.   |
| <b>Esporas</b>                    | 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.  |
| <b>Esterol</b>                    | Son esteroides con 27 a 29 átomos de carbono.  |
| <b>Etanol</b>                     | 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. |
| <b>Extracción</b>                 | 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.   |

|                            |  |
|----------------------------|--|
| <b>Maceración dinámica</b> | 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. |
| <b>Micelio</b>             | Es la masa de hifas que constituye el cuerpo vegetativo de un hongo.   |
| <b>Peso tara</b>           | Peso del recipiente donde se coloca la muestra obtenida.   |
| <b>pH</b>                  | Es una medida de acidez o alcalinidad de una disolución. El pH indica la concentración de iones hidronio presentes en determinadas sustancias.   |
| <b>Secado</b>              | Es la remoción o disminución en el contenido de humedad de un material, generalmente por medio de aire calentado.  |
| <b>Tamiz</b>               | 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  $\beta$ -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.



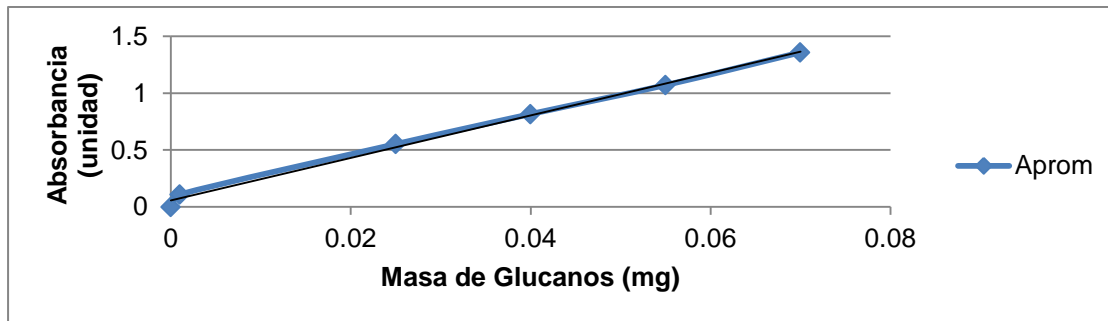
- Cuantificación de carbohidratos totales
  - Lavar la cristalería con etanol y agua.
  - Tomar 1 mililitro de extracto y aforar a 2 500 mililitro con agua destilada.
  - Tomar 1 mililitro del extracto ya diluido y colocarlo en un tubo de ensayo.
  - Añadir 1 mililitro de una solución acuosa de fenol 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**

| <b>Concentración<br/>(mg/mL)</b> | <b>Absorbancia<br/>promedio</b> |
|----------------------------------|---------------------------------|
| 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 <sup>2</sup> |
|-------|----------|----------------------------------|----------------|
|       | Aprrom   | $A = 18,69 \text{ M.C.} + 0,055$ | 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 <sub>1,1</sub> | Mt <sub>1,1</sub> | Mr <sub>1,1</sub>   |
| 2       | 0                           | Ta <sub>1,2</sub> | Mt <sub>1,2</sub> | Mr <sub>1,2</sub>   |
| 3       | 0                           | Ta <sub>1,3</sub> | Mt <sub>1,3</sub> | Mr <sub>1,3</sub>   |
| 1       | 25                          | Ta <sub>2,1</sub> | Mt <sub>2,1</sub> | Mr <sub>2,1</sub>   |
| 2       | 25                          | Ta <sub>2,2</sub> | Mt <sub>2,2</sub> | Mr <sub>2,2</sub>   |
| 3       | 25                          | Ta <sub>2,3</sub> | Mt <sub>2,3</sub> | Mr <sub>2,3</sub>   |
| 1       | 50                          | Ta <sub>3,1</sub> | Mt <sub>3,1</sub> | Mr <sub>3,1</sub>   |
| 2       | 50                          | Ta <sub>3,2</sub> | Mt <sub>3,2</sub> | Mr <sub>3,2</sub>   |
| 3       | 50                          | Ta <sub>3,3</sub> | Mt <sub>3,3</sub> | Mr <sub>3,3</sub>   |
| 1       | 75                          | Ta <sub>4,1</sub> | Mt <sub>4,1</sub> | Mr <sub>4,1</sub>   |
| 2       | 75                          | Ta <sub>4,2</sub> | Mt <sub>4,2</sub> | Mr <sub>4,2</sub>   |
| 3       | 75                          | Ta <sub>4,3</sub> | Mt <sub>4,3</sub> | Mr <sub>4,3</sub>   |

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 <sub>1,1</sub> | Vo <sub>1,1</sub> | H <sub>1,1</sub> | pH <sub>1,1</sub> |
| 2       | 0                           | Ma <sub>1,2</sub> | Vo <sub>1,2</sub> | H <sub>1,2</sub> | pH <sub>1,2</sub> |

Continuación de la tabla IV.

|   |    |                   |                   |                  |                   |
|---|----|-------------------|-------------------|------------------|-------------------|
| 1 | 25 | Ma <sub>2,1</sub> | Vo <sub>2,1</sub> | H <sub>2,1</sub> | pH <sub>2,1</sub> |
| 2 | 25 | Ma <sub>2,2</sub> | Vo <sub>2,2</sub> | H <sub>2,2</sub> | pH <sub>2,2</sub> |
| 3 | 25 | Ma <sub>2,3</sub> | Vo <sub>2,3</sub> | H <sub>2,3</sub> | pH <sub>2,3</sub> |
| 1 | 50 | Ma <sub>3,1</sub> | Vo <sub>3,1</sub> | H <sub>3,1</sub> | pH <sub>3,1</sub> |
| 2 | 50 | Ma <sub>3,2</sub> | Vo <sub>3,2</sub> | H <sub>3,2</sub> | pH <sub>3,2</sub> |
| 3 | 50 | Ma <sub>3,3</sub> | Vo <sub>3,3</sub> | H <sub>3,3</sub> | pH <sub>3,3</sub> |
| 1 | 75 | Ma <sub>4,1</sub> | Vo <sub>4,1</sub> | H <sub>4,1</sub> | pH <sub>4,1</sub> |
| 2 | 75 | Ma <sub>4,2</sub> | Vo <sub>4,2</sub> | H <sub>4,2</sub> | pH <sub>4,2</sub> |
| 3 | 75 | Ma <sub>4,3</sub> | Vo <sub>4,3</sub> | H <sub>4,3</sub> | pH <sub>4,3</sub> |

Fuente: elaboración propia.

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

| <b>Concentración<br/>De Etanol<br/>(%)</b> | <b>Ostra</b>     | <b>Reishi</b>    | <b>Shiitake</b>  |
|--|------------------|------------------|------------------|
| 0  | A <sub>1,1</sub> | A <sub>2,1</sub> | A <sub>3,1</sub> |
| 25   | A <sub>1,2</sub> | A <sub>2,2</sub> | A <sub>3,2</sub> |
| 50   | A <sub>1,3</sub> | A <sub>2,3</sub> | A <sub>3,3</sub> |
| 75   | A <sub>1,4</sub> | A <sub>2,4</sub> | A <sub>3,4</sub> |

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               | $a - 1$            | $S^2_1 = SSA / a \cdot 1$           | $f_1 = S^2_1 / S^2$ |
| B                              | SSB               | $b - 1$            | $S^2_2 = SSB / b \cdot 1$           | $f_2 = S^2_2 / S^2$ |
| 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**

| <b>Concentración de etanol (%)</b> | <b>Rendimiento extractivo (%)</b> | <b><math>\pm \sigma</math></b> |
|------------------------------------|-----------------------------------|--------------------------------|
| 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**

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

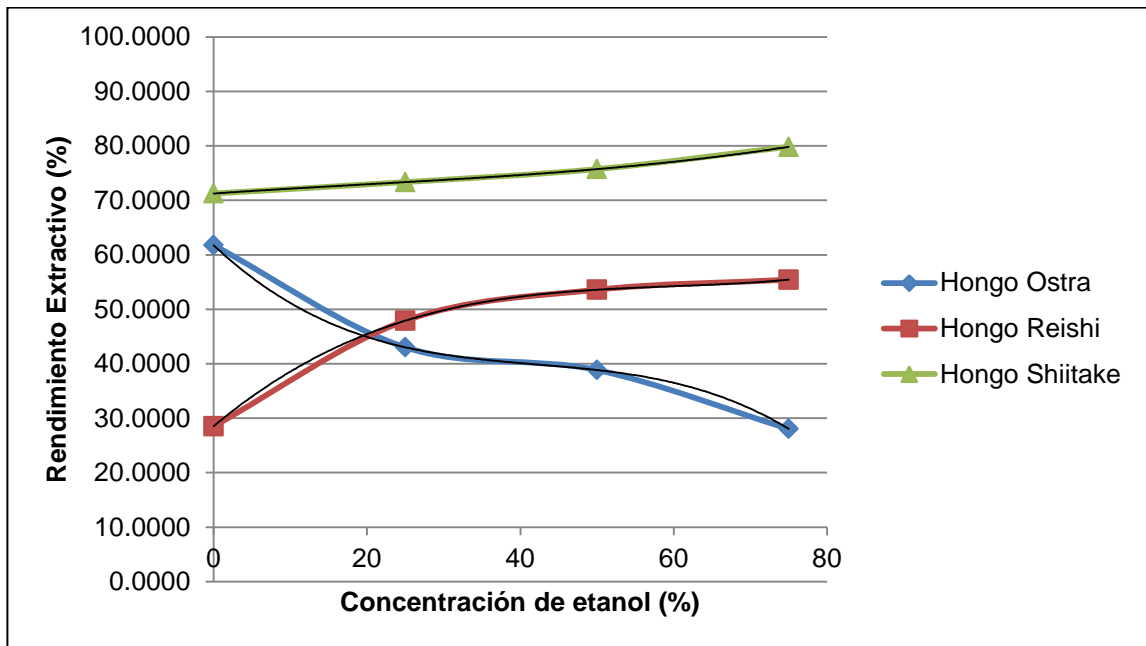
Fuente: elaboración propia, datos del apéndice 2.

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

| <b>Concentración de etanol (%)</b> | <b>Rendimiento extractivo (%)</b> | <b><math>\pm \sigma</math></b> |
|------------------------------------|-----------------------------------|--------------------------------|
| 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 <sup>2</sup> |
|-------|----------|--|----------------|
|       | 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   | ± σ    |
|-----------------------------|------|--------|
| 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**

| <b>Concentración de etanol (%)</b> | <b>pH</b> | <b><math>\pm \sigma</math></b> |
|------------------------------------|-----------|--------------------------------|
| 0                                  | 4,66      | 0,0321                         |
| 25                                 | 4,54      | 0,0058                         |
| 50                                 | 4,32      | 0,0252                         |
| 75                                 | 3,87      | 0,0265                         |

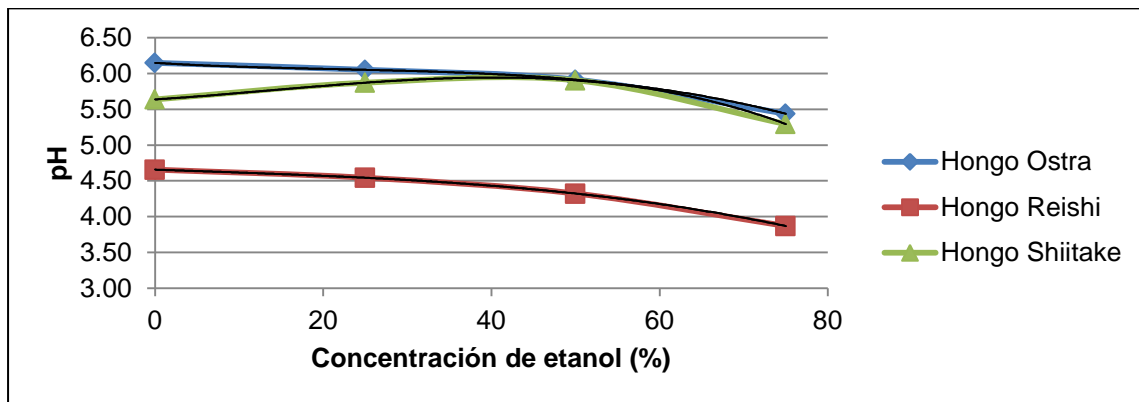
Fuente: elaboración propia, datos del apéndice 5.

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

| <b>Concentración de etanol (%)</b> | <b>pH</b> | <b><math>\pm \sigma</math></b> |
|------------------------------------|-----------|--------------------------------|
| 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 <sup>2</sup> |
|-------|----------|--|----------------|
|       | 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**

| <b>Concentración de etanol (%)</b> | <b>Densidad (g/mL)</b> | <b><math>\pm \sigma</math></b> |
|------------------------------------|------------------------|--------------------------------|
| 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**

| <b>Concentración de etanol (%)</b> | <b>Densidad (g/mL)</b> | <b><math>\pm \sigma</math></b> |
|------------------------------------|------------------------|--------------------------------|
| 0                                  | 1,20                   | 0,0200                         |
| 25                                 | 1,13                   | 0,0320                         |
| 50                                 | 1,07                   | 0,0082                         |
| 75                                 | 1,03                   | 0,0105                         |

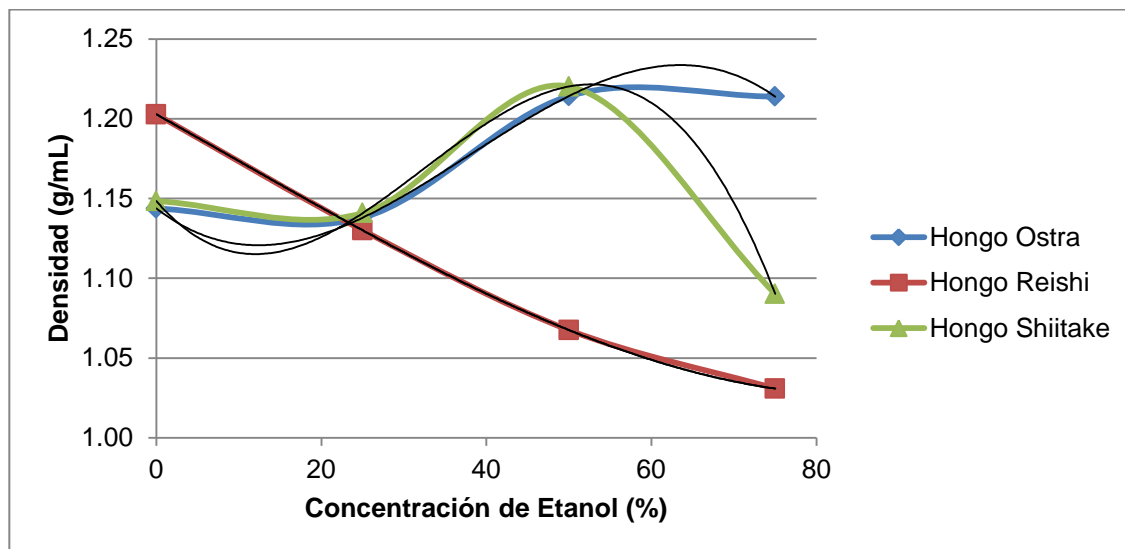
Fuente: elaboración propia, datos del apéndice 5.

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 <sup>2</sup> |
|-------|----------|---|----------------|
|       | 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**

| <b>Concentración de etanol (%)</b> | <b>Porcentaje de sólidos (%)</b> | <b><math>\pm \sigma</math></b> |
|------------------------------------|----------------------------------|--------------------------------|
| 0                                  | 52,3139                          | 4,2299                         |
| 25                                 | 36,1062                          | 7,7430                         |
| 50                                 | 22,8187                          | 3,4852                         |
| 75                                 | 15,2863                          | 4,3097                         |

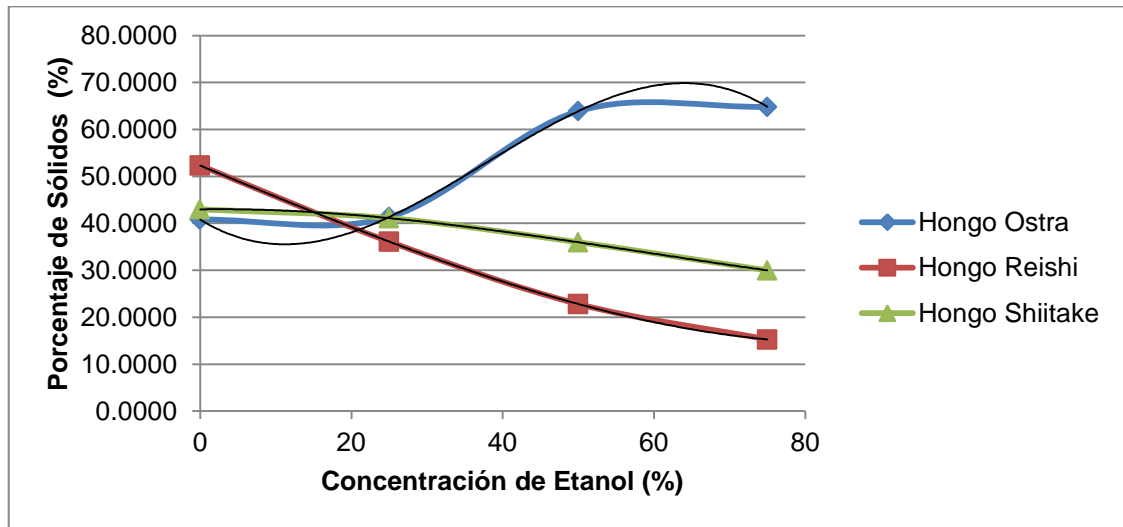
Fuente: elaboración propia, datos del apéndice 5.

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

| <b>Concentración de etanol (%)</b> | <b>Porcentaje de sólidos (%)</b> | <b><math>\pm \sigma</math></b> |
|------------------------------------|----------------------------------|--------------------------------|
| 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 <sup>2</sup> |
|-------|----------|--|----------------|
|       | Ostra    | P.S. = -0,000 X <sub>E</sub> <sup>3</sup> + 0,052 X <sub>E</sub> <sup>2</sup> - 0,999 X <sub>E</sub> + 40,80 | 1              |
|       | Reishi   | P.S. = 3E-05 X <sub>E</sub> <sup>3</sup> + 7E-05 X <sub>E</sub> <sup>2</sup> - 0,668 X <sub>E</sub> + 52,31  | 1              |
|       | Shiitake | P.S. = 3E-05 X <sub>E</sub> <sup>3</sup> - 0,004 X <sub>E</sub> <sup>2</sup> + 0,022 X <sub>E</sub> + 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**

| <b>Concentración de etanol (%)</b> | <b>Identificación de esteroides</b> | <b>Identificación de triterpenos</b> |
|------------------------------------|-------------------------------------|--------------------------------------|
| 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**

| <b>Concentración de etanol (%)</b> | <b>Identificación de esteroides</b> | <b>Identificación de triterpenos</b> |
|------------------------------------|-------------------------------------|--------------------------------------|
| 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**

| <b>Concentración de etanol (%)</b> | <b>Identificación de esteroides</b> | <b>Identificación de triterpenos</b> |
|------------------------------------|-------------------------------------|--------------------------------------|
| 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**

| <b>Concentración de etanol (%)</b> | <b>Concentración de carbohidratos (mg/mL)</b> |
|------------------------------------|---|
| 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**

| <b>Concentración de etanol (%)</b> | <b>Concentración de carbohidratos (mg/mL)</b> |
|------------------------------------|---|
| 0                                  | 0,0124  |
| 25                                 | 0,0108  |
| 50                                 | 0,0079  |
| 75                                 | 0,0068  |

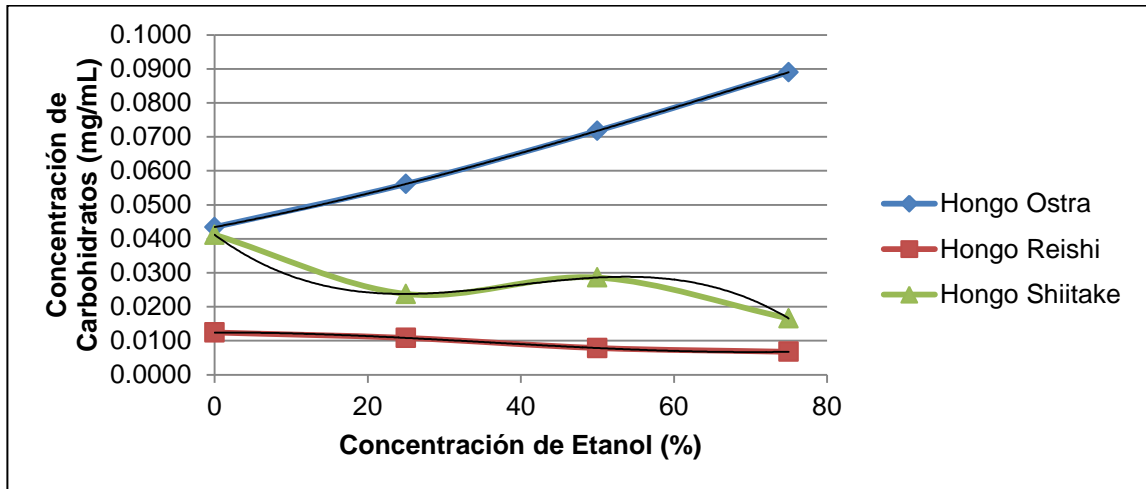
Fuente: elaboración propia, datos del apéndice 7.

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

| <b>Concentración de etanol (%)</b> | <b>Concentración de carbohidratos (mg/mL)</b> |
|------------------------------------|---|
| 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 <sup>2</sup> |
|-------|----------|---|----------------|
|       | 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  $\beta$  - 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. (Agaricomycetidae)*. 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**

| <b>Corrida</b> | <b>Concentración de etanol (%)</b> | <b>Tara (g)</b> | <b>Masa total (g)</b> | <b>Masa recuperada (g)</b> |
|----------------|------------------------------------|-----------------|-----------------------|----------------------------|
| 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**

| <b>Corrida</b> | <b>Concentración de etanol (%)</b> | <b>Tara (g)</b> | <b>Masa total (g)</b> | <b>Masa recuperada (g)</b> |
|----------------|------------------------------------|-----------------|-----------------------|----------------------------|
| 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**

| <b>Corrida</b> | <b>Concentración de etanol (%)</b> | <b>Tara (g)</b> | <b>Masa total (g)</b> | <b>Masa recuperada (g)</b> |
|----------------|------------------------------------|-----------------|-----------------------|----------------------------|
| 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)**

| <b>Corrida</b> | <b>Concentración de etanol (%)</b> | <b>Masa (g)</b> | <b>Volumen (mL)</b> | <b>Humedad (%)</b> | <b>pH</b> |
|----------------|------------------------------------|-----------------|---------------------|--------------------|-----------|
| 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)**

| <b>Concentración de etanol (%)</b> | <b>Presencia de triterpenos y esteroides</b> |
|------------------------------------|--|
| 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)**

| <b>Concentración de etanol (%)</b> | <b>Presencia de triterpenos y esteroides</b> |
|------------------------------------|--|
| 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)**

| <b>Fuente de variación</b> | <b>Suma de cuadrados</b> | <b>Grados de libertad</b> | <b>Promedio de los cuadrados</b> | <b>F calculada</b> | <b>F crítica</b> |
|----------------------------|--------------------------|---------------------------|----------------------------------|--------------------|------------------|
| 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)**

| <b>Fuente de variación</b> | <b>Suma de cuadrados</b> | <b>Grados de libertad</b> | <b>Promedio de los cuadrados</b> | <b>F calculada</b> | <b>F crítica</b> |
|----------------------------|--------------------------|---------------------------|----------------------------------|--------------------|------------------|
| 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)**

| <b>Fuente de variación</b> | <b>Suma de cuadrados</b> | <b>Grados de libertad</b> | <b>Promedio de los cuadrados</b> | <b>F calculada</b> | <b>F crítica</b> |
|----------------------------|--------------------------|---------------------------|----------------------------------|--------------------|------------------|
| 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)**

| <b>Fuente de variación</b> | <b>Suma de cuadrados</b> | <b>Grados de libertad</b> | <b>Promedio de los cuadrados</b> | <b>F Calculada</b> | <b>F crítica</b> |
|----------------------------|--------------------------|---------------------------|----------------------------------|--------------------|------------------|
| 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.

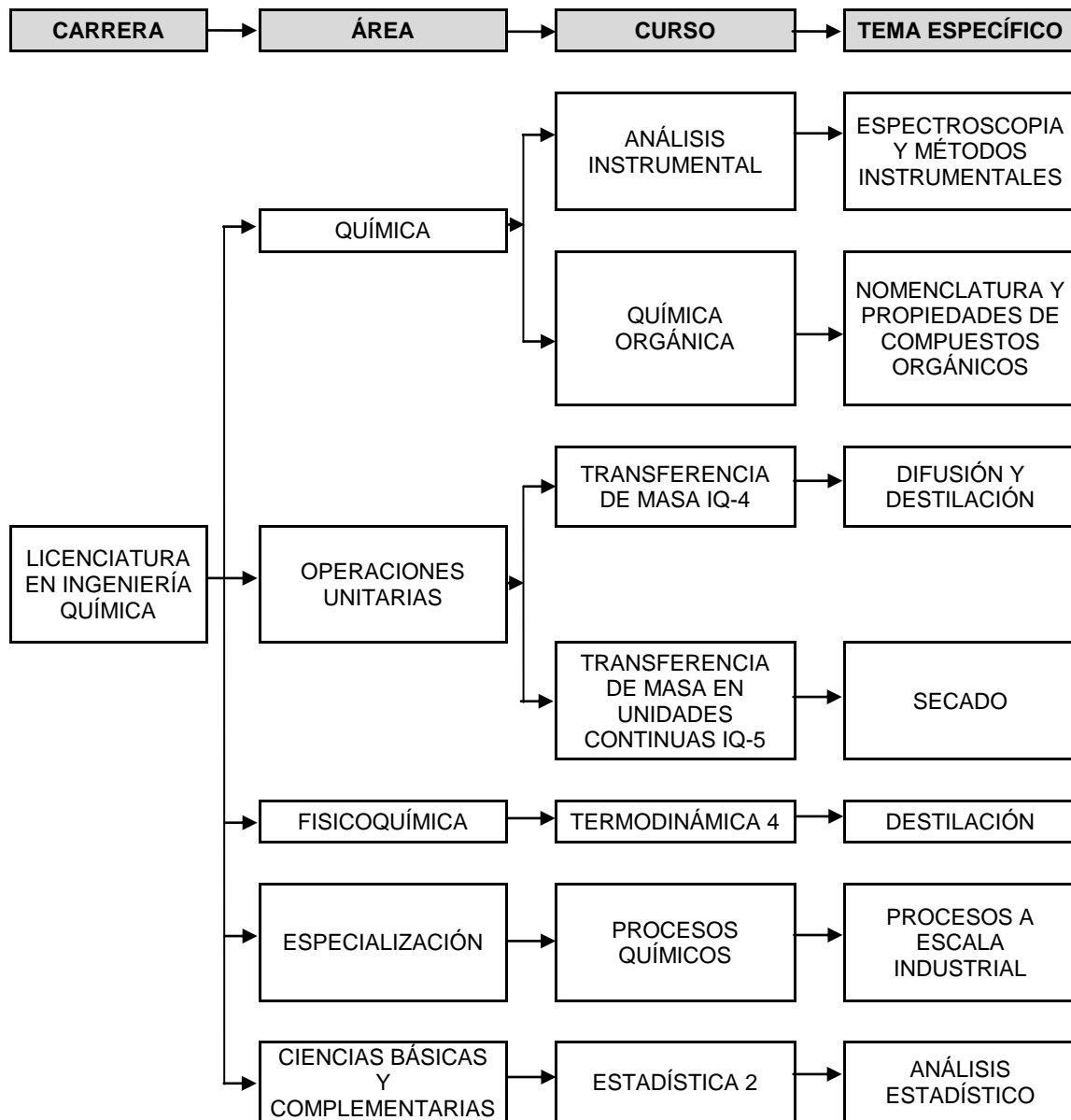
  
Marcella Orellana  
Auxiliar de Laboratorio



  
Licda. Sully Cruz  
Coordinadora de LIPRONAT

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

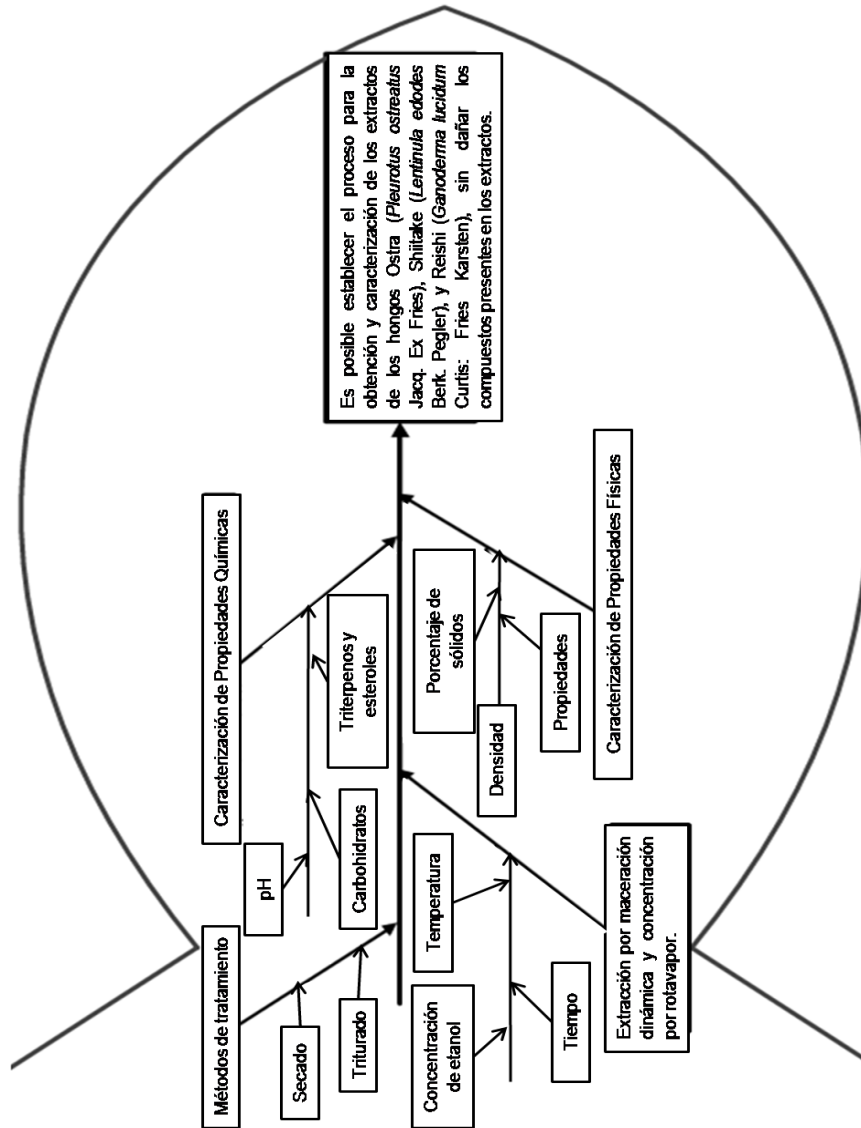
## 24. Requisitos académicos



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



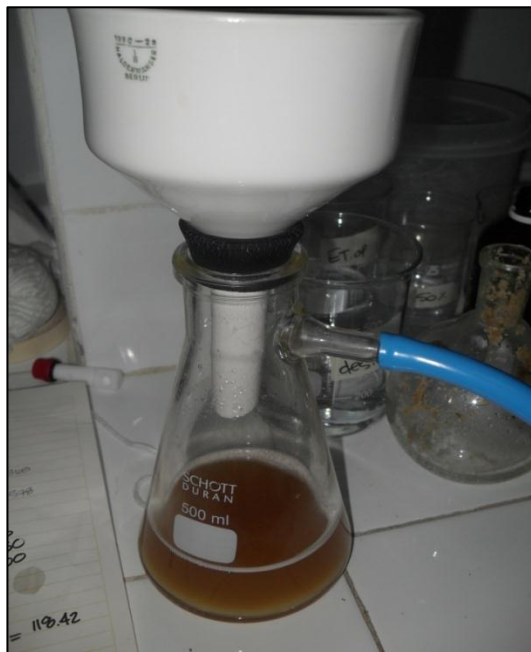
Fuente: Centro de Investigaciones de Ingeniería. USAC.

Continuación del anexo 2.



Fuente: Centro de Investigaciones de Ingeniería. USAC.

### 3. Extracción de la materia prima



Fuente: Centro de Investigaciones de Ingeniería. USAC.

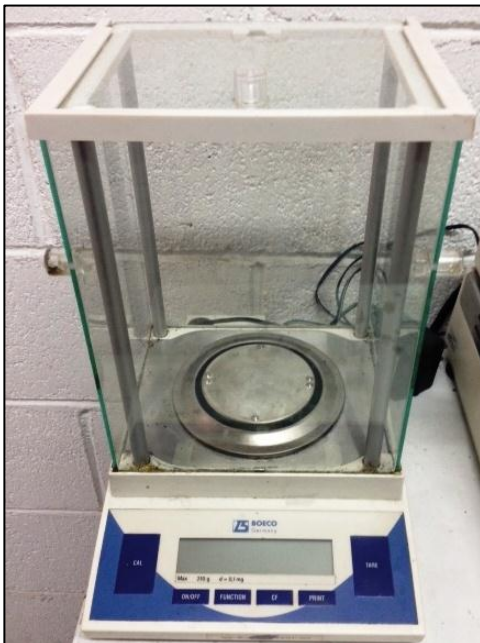
Continuación del anexo 3.



Fuente: Centro de Investigaciones de Ingeniería. USAC.

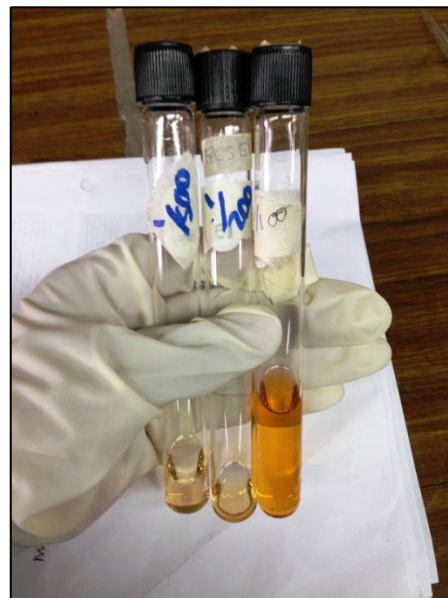


#### 4. Medición de propiedades fisicoquímicas



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.

