



UNIVERSIDAD DE GUAYAQUIL
FACULTAD DE CIENCIAS QUÍMICA
CARRERA QUÍMICA Y FARMACIA



**TRABAJO DE TITULACIÓN PRESENTADO COMO REQUISITO PREVIO PARA
OPTAR AL GRADO DE QUÍMICO Y FARMACÉUTICO**

TEMA

“Estudio comparativo de los métodos de extracción de polisacáridos del hongo
Reishi (*Ganoderma lucidum*) y Shiitake (*Lentinula edodes*)”

AUTORES

Ana Patricia Molina Vásquez

Sharon Nicole Sánchez Alvarado

TUTORA

Q.F MSc. María Fernanda Carrillo Rodríguez

GUAYAQUIL- ECUADOR

2021-2022

REPOSITORIO NACIONAL EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA

ANEXO X.- FICHA DE REGISTRO DE TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR

TÍTULO Y SUBTÍTULO:	“ESTUDIO COMPARATIVO DE LOS METODOS DE EXTRACCION DE POLISACARIDOS DEL HONGO REISHI (<i>Ganoderma lucidum</i>) Y SHIITAKE (<i>Lentinula edodes</i>)”		
AUTOR(ES) (apellidos/nombres):	MOLINA VASQUEZ ANA PATRICIA SÁNCHEZ ALVARADO SHARON NICOLE		
REVISOR(ES)/TUTOR(ES) (apellidos/nombres):	Q.F. MARI FERNANDA CARRILLO, MSC Q.F. YAIME DELGADO, Mgs.		
INSTITUCIÓN:	UNIVERSIDAD DE GUAYAQUIL		
UNIDAD/FACULTAD:	FACULTAD DE CIENCIAS QUÍMICAS		
MAESTRÍA/ESPECIALIDAD:	N/A		
GRADO OBTENIDO:	TERCER NIVEL – QUÍMICO Y FARMACÉUTICO		
FECHA DE PUBLICACIÓN:		No. DE PÁGINAS:	79
ÁREAS TEMÁTICAS:	INVESTIGACIÓN BIBLIOGRÁFICA		
PALABRAS CLAVES/ KEYWORDS:	<i>Lentinula edodes</i> , <i>Ganoderma lucidum</i> , comparación, extracción, polisacáridos, métodos		
RESUMEN/ABSTRACT (150-250 palabras):	<p>Los hongos medicinales <i>Lentinula edodes</i> y <i>Ganoderma lucidum</i> son algunos de los más destacados en el reino fungi por sus propiedades alimenticias, antioxidantes, antivirales e inmunopotenciadoras, las cuales son atribuidas a sus polisacáridos. Se han desarrollado diversos estudios empleando diferentes métodos para una óptima extracción de estos compuestos bioactivos empleados tanto en la industria farmacéutica como alimenticia. Es importante conocer la técnica empleada por los métodos tanto tradicionales como modernos. El propósito del siguiente trabajo bibliográfico ha sido el de realizar una comparación entre los métodos de extracción por medio de agua caliente, agua subcrítica y método asistido por ultrasonido para determinar cual resulta más eficaz al momento de extraer los polisacáridos de estas dos especies de hongos.</p> <p>El método de agua caliente presentó un bajo rendimiento de polisacáridos debido sus tiempos y temperaturas prolongados. En el método de agua subcrítica se obtuvo un buen rendimiento de estos compuestos bioactivos, sin embargo, emplea temperaturas muy altas al igual que el tiempo, lo cual puede traer consigo la degradación de los polisacáridos que se desean extraer. Se determinó que el método asistido por ultrasonido es más eficiente puesto que es un proceso que utiliza condiciones de temperatura y tiempo moderados, además de equipos más accesibles, en comparación con los dos métodos anteriores.</p>		
ADJUNTO PDF:	SI	NO	
CONTACTO CON AUTOR/ES:	Teléfono: 0989783824 0961052558	E-mail: ana.molnav@ug.edu.ec sharon.sancheza@ug.edu.ec	
CONTACTO CON LA INSTITUCIÓN:	Nombre: FACULTAD DE CIENCIAS QUÍMICAS		
	Teléfono: (04) 2293680		
	E-mail: www.fcq.ug.edu.ec		

ANEXO V. - CERTIFICADO DEL DOCENTE-TUTOR DEL TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR

Guayaquil, 14 septiembre 2021

Sr. /Sra.

**MARIA AUXILIADORA ALARCON PERASO, Mgs
VICEDECANA FACULTAD CIENCIAS QUÍMICAS
UNIVERSIDAD DE GUAYAQUIL
Ciudad. -**

De mis consideraciones:

Envío a Ud. el Informe correspondiente a la tutoría realizada al Trabajo de Titulación **ESTUDIO COMPARATIVO DE LOS METODOS DE EXTRACCION DE POLISACARIDOS DEL HONGO REISHI (*Ganoderma lucidum*) Y SHIITAKE (*Lentinula edodes*)** de las estudiantes, **MOLINA VASQUEZ ANA PATRICIA** con C.I. 0932051824 y **SANCHEZ ALVARADO SHARON NICOLE** con C.I. 0950438614 indicando que han cumplido con todos los parámetros establecidos en la normativa vigente:

- El trabajo es el resultado de una investigación.
- El estudiante demuestra conocimiento profesional integral.
- El trabajo presenta una propuesta en el área de conocimiento.
- El nivel de argumentación es coherente con el campo de conocimiento.

Adicionalmente, se adjunta el certificado de porcentaje de similitud y la valoración del trabajo de titulación con la respectiva calificación.

Dando por concluida esta tutoría de trabajo de titulación, **CERTIFICO**, para los fines pertinentes, que los estudiantes **MOLINA VASQUEZ ANA PATRICIA Y SANCHEZ ALVARADO SHARON NICOLE** están aptos para continuar con el proceso de revisión final.

Atentamente,

MARIA FERNANDA
CARRILLO
RODRIGUEZ

Firmado digitalmente por
MARIA FERNANDA CARRILLO
RODRIGUEZ
Fecha: 2021.09.14 17:24:12
-05'00'

**Q.F Msc. Ma. Fernanda Carrillo
Rodríguez DOCENTE TUTORA
REVISORA**

C.I.: 0918869918

FECHA: 14 de septiembre de 2021

ANEXO VII.- INFORME DEL DOCENTE REVISOR

Guayaquil, 28 de Octubre del 2021

Sr. /Sra.

Q.F. María Auxiliadora Alarcón

DIRECTOR(A) DE LA CARRERA DE QUÍMICA Y FARMACIA DE LA FACULTAD DE CIENCIAS QUÍMICAS

UNIVERSIDAD DE GUAYAQUIL

Ciudad. -GUAYAQUIL

De mis consideraciones:

Envío a Ud. el Informe correspondiente a la REVISIÓN FINAL del trabajo de integración curricular: **Estudio comparativo de los métodos de extracción de polisacáridos del hongo Reishi (*Ganoderma lucidum*) y Shiitake (*Lentinula edodes*)** de los estudiantes **ANA PATRICIA MOLINA VASQUEZ** y **SHARON NICOLE SÁNCHEZ ALVARADO**. Las gestiones realizadas me permiten indicar que el trabajo fue revisado considerando todos los parámetros establecidos en las normativas vigentes, en cumplimiento de los siguientes aspectos:

Cumplimiento de requisitos de forma:

El título tiene un máximo de 18 palabras.

La memoria escrita se ajusta a la estructura establecida.

El documento se ajusta a las normas de escritura científica seleccionadas por la Facultad. La investigación es pertinente con la línea y sublíneas de investigación de la carrera.

Los soportes teóricos son de máximo de 6 años. La propuesta presentada es pertinente.

Cumplimiento con el Reglamento de Régimen Académico:

El trabajo es el resultado de una investigación.

El estudiante demuestra conocimiento profesional integral.

El trabajo presenta una propuesta en el área de conocimiento.

El nivel de argumentación es coherente con el campo de conocimiento.

Adicionalmente, se indica que fue revisado el certificado de porcentaje de similitud, la valoración del tutor, así como de las páginas preliminares solicitadas, lo cual indica que el trabajo de investigación cumple con los requisitos exigidos.

Una vez concluida esta revisión, considero que el estudiante está apto para continuar el proceso de integración curricular.

Particular que comunicamos a usted para los fines pertinentes.



Yaime Delgado Arcaño
**YAIME
DELGADO**

ING. YAIME DELGADO ARCAÑO PhD.
DOCENTE TUTOR REVISOR C.I. 0957373855
FECHA: 29 de septiembre de 2021

ANEXO VI.- CERTIFICADO PORCENTAJE DE SIMILITUD

Habiendo sido nombrado **MARIA FERNANDA CARRILLO RODRIGUEZ**, tutor del trabajo de titulación certifico que el presente trabajo de titulación ha sido elaborado por **MOLINA VASQUEZ ANA PATRICIA** y **SANCHEZ ALVARADO SHARON NICOLE**, con mi respectiva supervisión como requerimiento parcial para la obtención del título de **QUÍMICA Y FARMACIA**.

Se informa que el trabajo de titulación: **ESTUDIO COMPARATIVO DE LOS METODOS DE EXTRACCION DE POLISACARIDOS DEL HONGO REISHI (*Ganoderma lucidum*) Y SHIITAKE (*Lentinula edodes*)** ha sido orientado durante todo el periodo de ejecución en el programa antiplagio URKUND quedando el 6% de coincidencia.



Urkund Analysis Result

Analysed Document: TESIS FINAL CORRECCIÓN FINAL.docx (D112408345)
Submitted: 9/11/2021 11:22:00 PM
Submitted By: maria.carrillor@ug.edu.ec
Significance: 6 %

Sources included in the report:

TESIS TOTAlmente corregida.docx (D65022201)
submission.pdf (D87469710)
TEXTO TESIS JORDANI 3 de mayo .pdf (D38273840)
<http://riaa.uaem.mx/xmlui/bitstream/handle/20.500.12055/1810/HESURU01T%20%25281%2529.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
https://www.cochrane.org/es/CD007259/VASC_hongo-ganoderma-lucidum-para-el-tratamiento-de-los-factores-de-riesgo-cardiovasculares
<http://repositorios.orizaba.tecnm.mx:8080/xmlui/bitstream/handle/123456789/334/Tesis%20Luisa%20Fernanda%20-repositorio.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
<http://www.hongoscomestiblesymedicinales.com/P/2%20ganoderma-s.pdf>
<http://147.96.70.122/Web/TFG/TFG/Memoria/RUBEN%20SANCHEZ%20CASTILLA.pdf>
<http://www.biomicel.com/Interes/Tecnologia/48.pdf>
<http://repositorio.ug.edu.ec/bitstream/redug/49194/1/BCIEQ-T-0487%20Campuzano%20Campuzano%20Lisbeth%20Carolina%3B%20Carpio%20Santill%3%A1n%20Raisa%20Alejandra.pdf>
<https://www.ctich.com/images/pdf/INFORMES-SALUD/>
<http://repositorio.ug.edu.ec/bitstream/redug/49326/1/BCIEQ-T-0528%20Reyes%20Rom%3%A1n%20Ronald%20Arturo%3B%20Zambrano%20Salazar%20Edison%20Harold.pdf>
<https://libros.uam.es/tfm/catalog/download/1024/1856/1950%3Finline%3D1>
<https://core.ac.uk/download/pdf/11053032.pdf>
https://www.researchgate.net/profile/Jose_Sanchez20/publication/321686533_La_Biologia_el_cultivo_y_las_propiedades_nutricionales_y_medicinales_de_las_setas_Pleurotus_spp/links/5a2af33c45851552ae7a84bf/La-Biologia-el-cultivo-y-las-propiedades-nutricionales-y-medicinales-de-las-setas-Pleurotus-spp.pdf
<http://bc2.uns.edu.ar/bitstream/123456789/3786/1/Tesis%20Maximiliano%20Bidegain%20-%20corregida%20final.pdf>
<https://core.ac.uk/download/pdf/11057725.pdf>
<https://docplayer.es/60718561-Universidad-de-guayaquil-facultad-de-ingenieria-quimica-tema.html>

Link:

<https://secure.arkund.com/old/view/107105549-457835-603105#FY1LDgIxDEPvOrWF6jafdq6CWKARoC6YzSwRd8dleVLsOMmnvM+yXckK0sUAWwO76o8sk3SNnUKey/MQCYZ0Sif6VCaVSRPyUqdygqOidfRAH7CKQBDaU3Rg8oZyrtexnmu/H/ujbPVSfeqxNY/R2Cdp3x8=>

MARIA
FERNANDA
CARRILLO
RODRIGUEZ

Firmado digitalmente
por MARIA FERNANDA
CARRILLO RODRIGUEZ
Fecha: 2021.09.11
17:19:18 -05'00'

**Q.F Msc. Ma. Fernanda Carrillo
Rodríguez DOCENTE TUTORA
C.I.: 0918869918
FECHA: 10 de septiembre de 2021**

URKUND

Urkund Analysis Result

Analysed Document: TESIS FINAL CORRECCIÓN FINAL.docx (D112408345)
Submitted: 9/11/2021 11:22:00 PM
Submitted By: maria.carrillor@ug.edu.ec
Significance: 6 %

Sources included in the report:

TESIS TOTAlmente corregida.docx (D65022201)
submission.pdf (D87469710)
TEXTO TESIS JORDANI 3 de mayo .pdf (D38273840)
<http://riiaa.uaem.mx/xmlui/bitstream/handle/20.500.12055/1810/HESURU01T%20%25281%2529.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
https://www.cochrane.org/es/CD007259/VASC_hongo-ganoderma-lucidum-para-el-tratamiento-de-los-factores-de-riesgo-cardiovasculares
<http://repositorios.orizaba.tecnm.mx:8080/xmlui/bitstream/handle/123456789/334/Tesis%20Luisa%20Fernanda%20-repositorio.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
https://www.hostelvending.com/img/bdd_productos/178_dossier.pdf
<http://www.hongoscomestiblesymedicinales.com/P/2%20ganoderma-s.pdf>
<http://147.96.70.122/Web/TFG/TFG/Memoria/RUBEN%20SANCHEZ%20CASTILLA.pdf>
<http://www.biomicel.com/Interes/Tecnologia/48.pdf>
<http://repositorio.ug.edu.ec/bitstream/redug/49194/1/BCIEQ-T-0487%20Campuzano%20Campuzano%20Lisbeth%20Carolina%3B%20Carpio%20Santill%3%A1n%20Raisa%20Alejandra.pdf>
<https://www.ctich.com/images/pdf/INFORMES-SALUD/Informe propiedades nutricionales hongos-1-ilovepdf-compressed.pdf>
<http://repositorio.ug.edu.ec/bitstream/redug/49326/1/BCIEQ-T-0528%20Reyes%20Rom%3%A1n%20Ronald%20Arturo%3B%20Zambrano%20Salazar%20Edison%20Harold.pdf>
<https://libros.uam.es/tfm/catalog/download/1024/1856/1950%3Finline%3D1>
<https://core.ac.uk/download/pdf/11053032.pdf>
https://www.researchgate.net/profile/Jose_Sanchez20/publication/321686533_La_Biologia_el_cultivo_y_las_propiedades_nutricionales_y_medicinales_de_las_setas_Pleurotus_spp/links/5a2af33c45851552ae7a84bf/La-Biologia-el-cultivo-y-las-propiedades-nutricionales-y-medicinales-de-las-setas-Pleurotus-spp.pdf
<http://bc2.uns.edu.ar/bitstream/123456789/3786/1/Tesis%20Maximiliano%20Bidegain%20-%20corregida%20final.pdf>
<https://core.ac.uk/download/pdf/11057725.pdf>
<https://docplayer.es/60718561-Universidad-de-guayaquil-facultad-de-ingenieria-quimica-tema.html>

Instances where selected sources appear:

34

MARIA
FERNANDA
CARRILLO
RODRIGUEZ

Firmado digitalmente
por MARIA FERNANDA
CARRILLO RODRIGUEZ
Fecha: 2021.09.11
17:19:18 -05'00'

**Q.F Msc. Ma. Fernanda Carrillo
Rodríguez DOCENTE TUTORA
C.I.: 0918869918
FECHA: 14 de septiembre de 2021**

FECHA: 15 de septiembre de 2021

APROBACIÓN DEL TUTOR

En calidad de tutora del Trabajo de Titulación, Certifico: Que he asesorado, guiado y revisado el trabajo de titulación en la modalidad de investigación, cuyo título es: “**ESTUDIO COMPARATIVO DE LOS METODOS DE EXTRACCION DE POLISACARIDOS DEL HONGO REISHI (*Ganoderma lucidum*) Y SHIITAKE (*Lentinula edodes*)**”, presentado **MOLINA VASQUEZ ANA PATRICIA** con **C.I. 0932051824** y **SANCHEZ ALVARADO SHARON NICOLE** con **C.I. 0950438614** previo a la obtención del título de Químicos y Farmacéuticos.

Este trabajo ha sido aprobado en su totalidad y se adjunta el informe de Antiplagio del programa URKUND, quedando el 6% de coincidencia. Lo Certifico:

MARIA
FERNANDA
CARRILLO
RODRIGUEZ

Firmado digitalmente
por MARIA FERNANDA
CARRILLO RODRIGUEZ
Fecha: 2021.09.15
23:56:38 -05'00'

**Q.F Msc. Ma. Fernanda Carrillo
Rodríguez DOCENTE TUTORA
C.I.: 0918869918
FECHA:** 14 de septiembre de 2021

Guayaquil, 29 de Septiembre del 2021

CERTIFICADO DEL TUTOR REVISOR

Habiendo sido nombrada **Ing. Yaime Delgado Arcaño, PhD.**, tutora revisora del trabajo cuyo título es "**ESTUDIO COMPARATIVO DE LOS MÉTODOS DE EXTRACCIÓN DE POLISACÁRIDOS DEL HONGO REISHI (*Ganoderma lucidum*) Y SHIITAKE (*Lentinula edodes*)**", certifico que el presente trabajo de titulación, elaborado por los estudiantes **ANA PATRICIA MOLINA VASQUEZ** con **C.I. No. 0932051824** y **SHARON NICOLE SÁNCHEZ ALVARADO** con **C.I. No. 0950438614**; con mi respectiva supervisión como requerimiento parcial para la obtención del título de Químicos y Farmacéuticos, en la Facultad de Ciencias Químicas, ha sido **REVISADO Y APROBADO** en todassuspartes, encontrándose aptoparasusustentación.



Firmado electrónicamente por:

**YAIME
DELGADO**

ING. YAIME DELGADO ARCAÑO PhD
DOCENTE REVISOR

C.I. 0957373855

FECHA: 29 de septiembre de 2021

CERTIFICADO DEL TRIBUNAL

ACTA DE REGISTRO DE LA SUSTENTACIÓN FINAL

El tribunal de sustentación del trabajo de titulación de la **Srta. Ana Patricia Molina Vásquez** con la **C.I. 0932051824** y de la **Srta. Sharon Nicole Sánchez** con la **C.I. 0950438614**, después de ser examinado en su presentación, memoria científica, y defensa oral, da por aprobado el trabajo de Titulación.



Firmado electrónicamente por:
**YAIME
DELGADO**

Ing. Yaime Delgado Arcaño PhD

PRESIDENTA DEL TRIBUNAL



Firmado electrónicamente por:
**MARIA DEL CARMEN
VILLACRES
CEVALLOS**

Q.F. María del Carmen Villacrés C, PhD

DOCENTE MIEMBRO 2 DEL TRIBUNAL



Firmado electrónicamente por:
**GIOMARA
MARGARITA
QUIZHPE MONAR**

Q.F. Giomara Quizhpe Monar, Mgs.

DOCENTE MIEMBRO 1 DEL TRIBUNAL



Firmado electrónicamente por:
**FRANCISCO XAVIER
PALOMEQUE ROMERO**

Ab. Francisco Palomeque Romero, Mgs

SECRETARIO GENERAL

ANEXOS XI.- DECLARACIÓN DE AUTORÍA Y DE AUTORIZACIÓN DE LICENCIA GRATUITA INTRANSFERIBLE Y NO EXCLUSIVA PARA EL USO NOCOMERCIAL DE LA OBRA CON FINES NO ACADÉMICOS

Nosotros, **Ana Patricia Molina Vásquez**, con C.I. No. **0932051824** y **Sharon Nicole Sánchez Alvarado**, con C.I. No. **0950438614**, certifico/amos que los contenidos desarrollados en este trabajo de titulación, cuyo título es “**Estudio comparativo de los métodos de extracción de polisacáridos del hongo Reishi (*Ganoderma lucidum*) y Shiitake (*Lentinula edodes*)**” son de nuestra absoluta propiedad y responsabilidad, en conformidad al Artículo 114 del **CÓDIGO ORGÁNICO DE LA ECONOMÍA SOCIAL DE LOS CONOCIMIENTOS, CREATIVIDAD E INNOVACIÓN**, autorizamos la utilización de una licencia gratuita intransferible, para el uso no comercial de la presente obra a favor de la Universidad de Guayaquil.



ANA PATRICIA MOLINA VASQUEZ
C.I. No. 0932051824



SHARON NICOLE SANCHEZ ALVARADO
C.I. No. 0950438614

*CÓDIGO ORGÁNICO DE LA ECONOMÍA SOCIAL DE LOS CONOCIMIENTOS, CREATIVIDAD E INNOVACIÓN (Registro

Oficial n 899-Dic./2016) Artículo 114.- De los titulares de derechos de obras creadas en las instituciones de educación superior y centros educativos.- En el caso de las obras creadas en centros educativos, universidades, escuelas politécnicas, institutos superiores técnicos, tecnológicos, pedagógicos, de artes y los conservatorios superiores e institutos públicos de investigación como resultado de su actividad académica o de investigación tales como trabajos de titulación, proyectos de investigación o innovación, artículos académicos u otros análogos, sin perjuicio de que pueda existir relación de dependencia, la titularidad de los derechos patrimoniales corresponderá a los autores. Sin embargo, el establecimiento tendrá una licencia gratuita, intransferible y no exclusiva

DEDICATORIA

Este presente trabajo va dedicado a mis padres, que con su esfuerzo diario han forjado la persona que soy en la actualidad, muchos de mis logros se los debo a ellos. A mis abuelos y tíos que con sus sabios consejos me han ayudado hacer una mujer persistente pese a las adversidades que se presenten, no solo en la realización del trabajo si no a lo largo de toda la vida.

Sharon Sánchez Alvarado

Dedico este trabajo al Rey de Reyes, a Dios Todopoderoso, por iluminar mi caminar y guiarme a lo largo de esta etapa de mi vida. A mis padres, Patricia del Carmen Vásquez Sanjinez y Javier Francisco Molina Morán, por darme su apoyo, paciencia y amor, y enseñarme a nunca rendirme ante los obstáculos que se presentaron a lo largo de mi carrera profesional.

A mis tías, Rosa Amarilis Vásquez Sanginez y Rosario Vásquez Sanginez, por siempre darme su cariño y apoyo incondicional. A mi familia en general porque siempre creyeron en mí.

Ana Patricia Molina Vásquez

AGRADECIMIENTOS

Ante todo, doy Gracias a Dios por que ha sido mi guía en mis estudios, me ha brindado su fortaleza y sabiduría para no darme por vencida ante las adversidades, a mis padres porque gracias a su esfuerzo he logrado culminar una de mis metas principales en la vida, agradeciéndoles siempre por estar pendiente de mí y ser mi empuje para no rendirme ante lo propuesto. Gracias a la Facultad Ciencias Químicas que me dio una hermosa bienvenida para la realización de mis estudios de tercer nivel y amar tanto esta profesión. Gracias a cada uno de mis Docentes quienes me enseñaron a amar cada materia y ser persistentes. A mi Tutora de tesis Q.F. María Fernanda Carrillo MSc. por ayudarme a lo largo de este trabajo de investigación.

Sharon Sánchez Alvarado

Mi agradecimiento sincero a Dios, porque en cada momento de mi vida está junto a mí. A mis padres, por ser mi fortaleza y ayudarme a cumplir esta meta.

A mis primas, Rommy Zamora Vásquez y Diana Carolina Vásquez, que siempre aguardaron y creyeron en mí, apoyándome con su alegría y compañía en las largas jornadas de estudio.

A mi tutora, Q.F. María Fernanda Carrillo MSc., por su paciencia y dirección que con mucha sabiduría nos guio para la culminación de este trabajo de tesis.

Ana Patricia Molina Vásquez

INDICE GENERAL

RESUMEN.....	XVI
ABSTRACT.....	XVII
INTRODUCCIÓN.....	1
CAPÍTULO I PROBLEMA	3
I.1 Planteamiento y formulación del problema	3
I.2 Justificación e importancia.....	4
I.3 Hipótesis	5
I.4 Objetivos	5
I.4.1 Objetivo general.....	5
I.4.2 Objetivos específicos	5
I.5 Operacionalización de variables	6
CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO	7
II.1 Definición de Hongos	7
II.2 Antecedentes	8
II.3 Producción de hongos en Ecuador	9
II.4 Shiitake (<i>Lentinula edodes</i>)	10
II.4.1 Antecedentes de <i>Lentinula edodes</i>	12
II.4.2 Hábitat	13
II.4.3 Componentes activos de <i>Lentinula edodes</i>	13
II.4.4 Estudios de investigación sobre el Shiitake.....	15
II.4.5 Características morfológicas de <i>Lentinula edodes</i>	15
II.4.6 Contenido nutricional y composición del shiitake.....	16
II.4.7 Taxonomía.....	17
II.5 <i>Ganoderma lucidum</i>	18
II.5.1 Antecedentes de <i>Ganoderma lucidum</i>	19
II.5.2 Hábitat	20
II.5.3 Componentes bioactivos.....	20
II.5.4 Estudios de investigación sobre el Reishi	22
II.5.5 Características morfológicas del <i>Ganoderma lucidum</i>	22
II.5.6 Composición química y nutricional de <i>Ganoderma lucidum</i>	23
II.5.7 Taxonomía.....	24
II.6 Polisacáridos.....	24
	XIII

II.7 β -D-glucanos	26
II.8 Extracción de polisacáridos	28
CAPÍTULO III. MATERIALES Y MÉTODOS.....	31
III.1 Tipo y enfoque de investigación.....	31
III.2 Diseño de la investigación	31
III.3 Métodos de extracción de polisacáridos	32
III.3.1 Extracción con agua caliente.....	32
III.3.2 Extracción asistida por ultrasonido	33
III.3.3 Extracción de agua supercrítica	35
CAPÍTULO IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	40
IV.1 Temperatura y Tiempo	43
IV.2 Costo de equipos	45
IV.3 Discusión	46
CONCLUSIONES.....	48
RECOMENDACIONES.....	49
GLOSARIO	50
REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS.....	53

INDICE DE TABLAS

Tabla I: Operacionalización de variables	6
Tabla II. Componentes activos del hongo <i>Lentinula edodes</i>	14
Tabla III. Taxonomía de <i>Lentinula edodes</i>	17
Tabla IV. Compuestos bioactivos de <i>Ganoderma lucidum</i>	21
Tabla V. Taxonomía de <i>Ganoderma lucidum</i>	24
Tabla VI. Fuente de polisacáridos, tipo y bioactividad encontrados en las especies <i>Ganoderma lucidum</i> y <i>Lentinula edodes</i>	26
Tabla VII. β -glucanos (estructura y tipo) encontrados en las especies <i>Ganoderma lucidum</i> y <i>Lentinula edodes</i>	27
Tabla VIII. Cuadro comparativo del método de extracción tradicional (agua caliente) y métodos modernos (extracción asistida por ultrasonido y extracción de agua supercrítica) de <i>Lentinula edodes</i>	41
Tabla IX. Cuadro comparativo del método de extracción tradicional (agua caliente) y métodos modernos (extracción asistida por ultrasonido y extracción de agua subcrítica) de <i>Ganoderma lucidum</i>	42

INDICE DE FIGURAS

Figura 1. Ave Fénix sosteniendo un hongo reishi: ambos símbolos chinos antiguos de longevidad	9
Figura 2. Producción de Shiitake a nivel mundial periodo 2004-2014.....	10
Figura 3. <i>Lentinula edodes</i>	11
Figura 4. Estructura de un basidioma del hongo shiitake.....	12
Figura 5. Estructura de lentinano.....	14
Figura 6. Morfología de un Basidiomiceto.....	16
Figura 7. <i>Ganoderma lucidum</i>	18
Figura 8. Estructura básica de un polisacárido típico de un hongo	27
Figura 9. Pared celular de hongos.....	28
Figura 10. Métodos de extracción de hongos más comunes	29
Figura 11. Gráfico esquemático de extracción y purificación de hongos.....	30
Figura 12. Extracción mediante agua caliente	32
Figura 13. Extracción asistida de ultrasonido mediante sondas ultrasónicas.....	34
Figura 14. Baño ultrasónico	34
Figura 15. Método de extracción de agua supercrítica	36
Figura 16. Proceso de extracción de agua caliente	37
Figura 17. Proceso de extracción asistida por ultrasonido.....	38
Figura 18. Proceso de extracción con agua subcrítica	39

“ESTUDIO COMPARATIVO DE LOS MÉTODOS DE EXTRACCIÓN DE POLISACÁRIDOS DEL HONGO REISHI (*Ganoderma lucidum*) Y SHIITAKE (*Lentinula edodes*)”

AUTORES: Ana Patricia Molina Vásquez y Sharon Nicole Sánchez Alvarado

TUTOR: Q.F María Fernanda Carrillo, MSc.

RESUMEN

Los hongos medicinales *Lentinula edodes* y *Ganoderma lucidum* son algunos de los más destacados en el reino fungi por sus propiedades alimenticias, antioxidantes, antivirales e inmunopotenciadoras, las cuales son atribuidas a sus polisacáridos. Se han desarrollado diversos estudios empleando diferentes métodos para una óptima extracción de estos compuestos bioactivos empleados tanto en la industria farmacéutica como alimenticia. Es importante conocer la técnica empleada por los métodos tanto tradicionales como modernos. El propósito del siguiente trabajo bibliográfico ha sido el de realizar una comparación entre los métodos de extracción por medio de agua caliente, agua subcrítica y método asistido por ultrasonido para determinar cual resulta más eficaz al momento de extraer los polisacáridos de estas dos especies de hongos.

El método de agua caliente presentó un bajo rendimiento de polisacáridos debido sus tiempos y temperaturas prolongados. En el método de agua subcrítica se obtuvo un buen rendimiento de estos compuestos bioactivos, sin embargo, emplea temperaturas muy altas al igual que el tiempo, lo cual puede traer consigo la degradación de los polisacáridos que se desean extraer.

Se determinó que el método asistido por ultrasonido es más eficiente puesto que es un proceso que utiliza condiciones de temperatura y tiempo moderados, además de equipos más accesibles, en comparación con los dos métodos anteriores.

Palabras claves: *Lentinula edodes*, *Ganoderma lucidum*, comparación, extracción, polisacáridos, método

ABSTRACT

The medicinal mushrooms *Lentinula edodes* and *Ganoderma lucidum* are some of the most prominent in the fungi kingdom for their nutritional, antioxidant, antiviral and immune potentiating properties, which are related to the presence of polysaccharides. Several studies have been developed using different methods for optimal extraction of these bioactive compounds used in both, the pharmaceutical and food industries. It is important to recognize the techniques that have been used by both traditional and modern methods. The purpose of the following bibliographic research was to perform a comparison between the hot water, subcritical water and ultrasound-assisted extraction methods to determine which is more efficient when extracting polysaccharides from these two species of fungi.

The hot water method showed a low yield of polysaccharides due to its long times and temperature ranges. In the subcritical water method, a good performance of these bioactive compounds was obtained, however, it uses very high temperatures as well as time, which can lead to the degradation of the polysaccharides to be extracted.

It was determined that the ultrasound-assisted method is more efficient since it is a process that uses moderate temperature and time conditions, as well as more accessible equipment, compared to the two previous methods.

Keywords: *Lentinula edodes*, *Ganoderma lucidum*, comparison, extraction, polysaccharides, methods

INTRODUCCIÓN

El reino de los hongos incluye un grupo de criaturas muy versátiles en morfología, fisiología, ciclo de vida y ecología, por lo que se estima que existen más de 1.500.000 especies de hongos en total. Sin embargo, solo se describen alrededor de 69,000 especies, de las cuales aproximadamente el 13% se consideran especies macroscópicas, de las cuales se estima que el 7% son comestibles, el 4% para fines medicinales y el 2% para tóxicos.

Los hongos son criaturas fascinantes puesto que no pertenecen ni a la flora ni a la fauna y sin embargo han desarrollado sus propios medios para sobrevivir en la naturaleza lo cual asegura su existencia en casi todo el planeta.

Como menciona la Sociedad de Hongos Medicinales (2013), los hongos han sido reconocidos desde hace siglos en Asia además de algunos monasterios debido a sus propiedades antitumorales, antivirales, inmunopotenciadores, entre otras. A pesar de que en la antigüedad se usaba la micoterapia como método tradicional chino en el que se empleaban los hongos medicinales para el tratamiento y prevención de ciertas enfermedades, esta no era probada científicamente en el resto del mundo, pero debido a las investigaciones que se les está atribuyendo a los hongos medicinales esta técnica se está abriendo paso en el mundo natural para ser usada como alternativa medicinal.

Se considera un alimento completamente saludable ya que posee una gran cantidad de proteínas, fibra y aminoácidos esenciales para el ser humano; su composición de fibra cruda consiste en polisacáridos y quitinas parcialmente digeribles. Debido a su valor nutricional y los compuestos beneficiosos que contiene, es un alimento adecuado para todas las edades, dice Manikandan (2011). Muchas de las propiedades medicinales que poseen los hongos son gracias a los compuestos más abundantes presentes además de los triterpenoides, los polisacáridos.

Además de ser usado gastronómicamente, los hongos se extraen para crear suplementos que ayuden en la prevención antivirales, anticancerígenas y en el

aumento del sistema inmunológico del ser humano. Estas extracciones pueden ser realizadas de diferentes maneras siendo estas muy importantes en la composición química final y los componentes de un suplemento como está estipulado en el estudio realizado por Lucius (2020).

El hongo shiitake (*Lentinula edodes*) es uno de los hongos gourmet más populares en el ámbito culinario lo cual hace de este hongo el segundo más cultivado a nivel mundial; además de ser usado en platos como ensaladas, levadura para pan y como alimento deshidratado, es reconocido también por su uso medicinal atribuido por sus polisacáridos principales: lentinano, Ac2P, LAPI, LEM y KS-2. Este hongo atribuye aplicaciones terapéuticas como la reducción del colesterol, potenciador del sistema inmunológico, tratamiento de infecciones en el hígado y en el control de niveles de azúcar en la sangre. Hidestroza (2018)

Ganoderma lucidum (reishi) ha sido usada por más de 2000 años en la medicina tradicional china para promover tanto la salud como la longevidad. Se trata de un hongo cuyos componentes principales son polisacáridos como el heteroglucano PL-1 y PL-2 y homoglucono PL-3 además de ergosteroles y triterpenoides. Se ingiere de diferentes maneras siendo la más común la infusión del carpóforo como indica Cañavate (2008).

Los polisacáridos presentes en los hongos pueden ser obtenidos mediante varias técnicas de extracción siendo algunas de las más comunes la extracción de agua caliente, por ultrasonido, enzimática y fluido supercrítico. La extracción de polisacáridos es un proceso importante para la identificación, investigación y desarrollo de estos compuestos que proveen a distintos hongos sus propiedades nutricionales y sobre todo medicinales. El propósito de este trabajo es determinar el método de extracción más efectivo para la obtención de polisacáridos en las especies *Ganoderma lucidum* y *Lentinula edodes*.

CAPÍTULO I

I.1 Planteamiento y formulación del problema

Los polisacáridos en especies orgánicas como los hongos han sido de gran interés para varios científicos a nivel mundial. Comercialmente, sus estudios se han centrado más en componentes como el almidón y celulosa, ya que son muy utilizados en la industria alimenticia por su contenido nutricional, sin embargo, esto no ha impedido que se realicen estudios complementarios para conocer más sobre su utilidad o beneficio en diferentes áreas específicamente el área de la salud.

Ecuador, desde épocas ancestrales, ha sido reconocido por ser un país rico en agricultura, pero la producción de ciertos organismos eucariotas como los hongos medicinales *Ganoderma lucidum* y *Lentinula edodes*, se ha visto limitada debido a que su demanda en el mercado es muy reducida y pequeña.

Los hongos *Ganoderma lucidum* y *Lentinula edodes* poseen aspectos medicinales derivados del contenido de los polisacáridos resultando que estos son muy útiles en la inmunología. El aislamiento, fraccionamiento y extracción de polisacáridos en estas especies es muy compleja por su estructura covalente.

A pesar de que se cuenta con la tecnología necesaria, no existen investigaciones suficientes que aporten en el desarrollo de los métodos de extracción en hongos dentro del país, ignorando las propiedades de los polisacáridos que presentan e impidiendo la atribución de su uso como una alternativa económica para la prevención de enfermedades virales, ya que, los tratamientos existentes son muy costosos. Actualmente existen métodos de extracción de polisacáridos implementados en América del Norte y Asia según indica Soto (2015). En países como Sudamérica, específicamente en Ecuador, las faltas de desarrollo de estos métodos han provocado un desaprovechamiento de las investigaciones en dichos hongos que podrían utilizarse a futuro para tratar diferentes tópicos además de incrementar su producción y demanda de los mismos en el mercado.

Formulación del problema

¿Qué método de extracción es el más conveniente para la extracción de polisacáridos en los hongos *Lentinula edodes* y *Ganoderma Lucidum*?

I.2 Justificación e importancia

Los hongos medicinales, como lo son los hongos *Ganoderma lucidum* y *Lentinula edodes* se caracterizan por ser grandes potenciadores de propiedades antivirales y antitumorales (Sánchez, 2016; Rivera, 2017). En su mayoría, estos se encuentran cultivados en la sierra ecuatoriana y son pocos comercializados, sin embargo, los mismos son efecto de estudios debido a los beneficios y aportes que se confiere a la salud. Según indica Smith (2002), farmacológicamente, el hongo *Ganoderma lucidum*, contiene polisacáridos que han demostrado tener propiedades antitumorales e inmunoestimulantes, los cuales son empleados como potenciador de nuestras defensas al mejorar nuestro sistema inmune, ayudando a nuestro cuerpo a combatir las innumerables amenazas a las que se encuentra sometido diariamente, debido a los diversos agentes ambientales “nocivos” que nos rodean. Dichas amenazas pueden ser los virus y las bacterias capaces de provocar infecciones en nuestro organismo.

Luna (2012) menciona que en la medicina oriental se ha empleado el hongo *Lentinula edodes* durante milenios principalmente en el tratamiento de la hipertensión y en la disminución del colesterol en sangre, así como para la prevención y el tratamiento de muchas afecciones al punto de ser conocido como el “elixir de la vida”. Eman (2015) plantea que los valores medicinales dependen de la variedad de compuestos que son extraídos de los hongos por lo tanto es necesario la implementación de estudios comparativos.

Actualmente existen investigaciones acerca de los diferentes procesos de extracción que se les puede realizar a los hongos *Ganoderma lucidum* y *Lentinula edodes* con diversos fines sean estos gastronómicos, farmacológicos, alimentarios, etc. El proceso de extracción es de importancia crítica, por lo que la finalidad de

este trabajo es realizar una comparación de un método de extracción tradicional con dos métodos modernos para determinar cuál de estos resulta más efectivo para la obtención de polisacáridos de las dos especies de hongos.

I.3 Hipótesis

Los métodos de extracción de los hongos *Ganoderma lucidum* y *Lentinula edodes* son analizados para evaluar mediante cuadros comparativos y determinar cuál de los métodos presentados presenta mejor rendimiento de polisacáridos.

I.4 Objetivos

I.4.1 Objetivo general

Comparar los métodos de extracción de polisacáridos de las especies *Ganoderma lucidum* y *Lentinula edodes* para la mejor obtención de los mismos.

I.4.2 Objetivos específicos

1. Buscar los métodos de extracción más empleados para obtener los polisacáridos de las especies *Ganoderma lucidum* y *Lentinula edodes* mediante un estudio bibliográfico.
2. Identificar mediante artículos científicos los polisacáridos más abundantes en las especies *Ganoderma lucidum* y *Lentinula edodes*
3. Analizar la efectividad de los métodos de extracción empleados para la determinación de polisacáridos.

I.5 Operacionalización de variables

TIPO	VARIABLES	CONCEPTUALIZACIÓN	INDICADOR
Independiente	Fuentes bibliográficas	Descriptivo e interpretativo	Cuadro comparativo
Dependiente	Cantidad total de polisacáridos obtenidos	Rendimiento de métodos investigados	Porcentaje
	Temperatura Tiempo Costo de equipo	Condiciones de trabajo empleadas en diferentes metodologías	Grados centígrados Minutos Alto, moderado o bajo

Tabla I: Operacionalización de variables

Fuente: Autoras

CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO

II.1 Definición de Hongos

De acuerdo con la publicación de Sánchez (2015) se establece que los hongos son organismos pluricelulares y eucariotas compuestos de largos filamentos denominados hifas que conforman una más entretejida designación micelio, compuesto por esporas a lo largo de la reproducción.

Desde tiempos antiguos los hongos han sido parte de la ingesta de alimentos en los seres humanos parte de ellos se tiene como ejemplo el hallazgo de la levadura, las cuales aportaron a la creación de masas leudadas las cuales brindaron origen a una extensa variedad de productos que pueden ser consumidos. Existen numerosos registros de los antiguos emperadores japoneses bebiendo infusiones de variedades de hongos, como el shiitake (*Lentinula edodes*) aprovechando a partir de esas épocas sus diversos beneficios.

El cultivo de shiitake (*Lentinula edodes*) tiene sus inicios en las zonas montañosas de China 1000 años atrás, en las provincias en la actualidad conocidas como Llung-Chyan, Ching-Yuan y Jung-Ning, para luego realizarse en Japón 500 años después. Este primigenio semi-cultivo, dependía de la suerte ya que prácticamente el procedimiento consistía en hacer pequeñas ranuras en los troncos derribados y aguardar a que el viento transportara consigo las esporas de *L. edodes* para colonizar la madera. (García, 2011)

El hongo *Ganoderma lucidum* (Familia *Ganodermataceae*) ha sido utilizado en Japón, China y otros países desde hace cientos de años como alimento y como materia prima para el desarrollo de productos nutracéuticos que preservan la vitalidad y promueven la longevidad.

II.2 Antecedentes

Desde tiempos antiguos, los hongos han sido valorados por su gran sabor y valor nutricional puesto que en su mayoría estos poseen una gran fuente de proteínas y carbohidratos sin mencionar que contienen todos los aminoácidos esenciales para el ser humano, según indica Sullivan (2002).

Un antiguo proverbio chino establece que “la comida y la medicina tienen un origen en común”, por lo cual es fácil encontrar registros que redactan el uso de diferentes clases de hongos entre las cuales se incluyen tanto a *Ganoderma lucidum* como a *Lentinula Edodes* como, por ejemplo, el Compendio de Materia Médica escrito por Li Shizhen (1518-1593 d. C.) durante la dinastía Ming como indican Niksic, Klaus, y Argyropoulos (2016).

Abulude (2013) indica que los hongos eran usados en la antigua Roma en ceremonias religiosas por tribus antiguas ya que se creía que otorgaban “poderes”, ayudaban a encontrar objetos perdidos y guiar a las almas en el mundo de los muertos. Debido a estas y varias razones se consideraba a los hongos como una “comida de los Dioses”.

En el antiguo Egipto los hongos eran considerados “plantas de la inmortalidad” que fueron otorgadas a la humanidad por el dios Osiris por lo cual este era un alimento exclusivo para la realeza sin ninguna posibilidad de ser probado por el pueblo como menciona Kotowski (2019) en su estudio.

Además de su uso en gastronomía, tiempo después la población empezó a demostrar interés en las propiedades medicinales de los hongos; gente del Lejano Este apreciaban tanto al hongo *Ganoderma lucidum* como a *Lentinula Edodes* ya que atribuían propiedades muy importantes para la vida de las personas.



Figura 1. Ave Fénix sosteniendo un hongo Reishi: ambos símbolos chinos antiguos de longevidad

Fuente: Pohleven (2016)

El origen de las técnicas de extracción de polisacáridos radica en el aislamiento de lentinano, polisacárido presente en *Lentinula edodes*, realizado por Chihara et al. (1969), citados en el estudio de Zhang, Li, Wang, Zhang, & Cheung (2001), en el cual aisló y purificó este compuesto bioactivo usando agua caliente en un período de 8 a 16 horas para luego precipitarlo usando etanol.

Estudios donde se reportan extracciones de polisacáridos mediante el método tradicional de agua caliente son los mencionados en los estudios realizados por Dong et al. (2012) y Tada et al. (2008), en los cuales se reportaron rendimientos de 2,1% y 9% respectivamente, autores mencionados en el trabajo de maestría realizado por Cáceres (2018).

II.3 Producción de hongos en Ecuador

Caiza (2019) indica que se han identificado aproximadamente 3,8 millones de hongos a través del mundo, de los cuales 2000 han sido identificados como medicinales y/o comestibles. Se pueden encontrar registros de alrededor de 7300 especímenes de hongos de acuerdo con Fungi Ecuador, portal web ecuatoriano encargado de la publicación de la diversidad de hongos del país, los cuales en su mayoría están siendo usados en la gastronomía ecuatoriana debido a su color, sabor y textura, entre este grupo se incluye al hongo *Lentinula edodes*.

A diferencia del hongo shiitake, el hongo *Ganoderma lucidum* no es muy reconocido pese a su popularidad en países asiáticos y europeos. No obstante, actualmente está aumentando su reconocimiento debido a sus propiedades medicinales y como elemento textil amigable en el ambiente, como, por ejemplo, en la Zona Andina un pequeño número de productores de la Productora de Hongos Intiwasi se dedica a la cosecha y venta tanto de *Ganoderma lucidum* como de *Lentinula edodes* menciona López (2020).

A nivel mundial (Figura 2) sólo existen datos de la producción de esta especie hasta el 2014 siendo el continente con mayor producción Asia, posteriormente Europa, Américas y por último África y Oceanía.

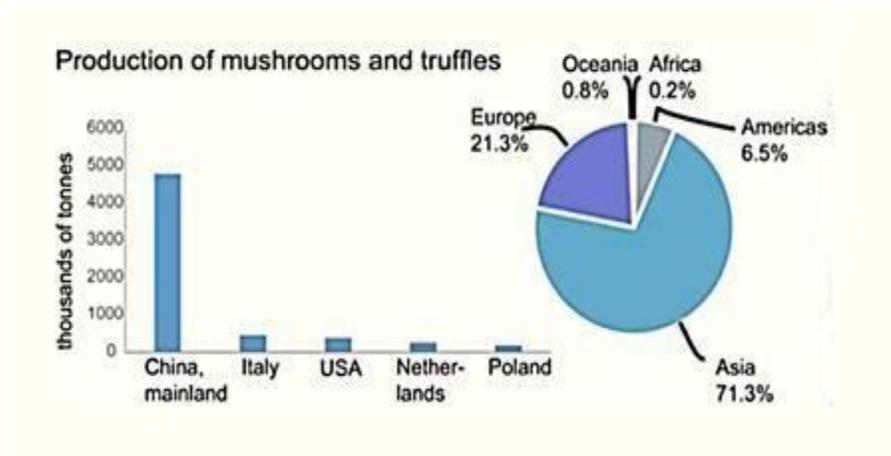


Figura 2. Producción de Shiitake a nivel mundial periodo 2004-2014

Fuente: Friendman (2016)

II.4 Shiitake (*Lentinula edodes*)

Lentinula edodes, conocido comúnmente con el nombre “Shiitake”, es un hongo que pertenece a una variedad regional de Asia oriental. Hoy en día, es cultivado como una seta y considerada una delicadeza tradicional en todo el mundo, debido a su exquisito sabor y por sus beneficios para la salud como indica Fung (2002).

El nombre del Shiitake proviene de "Shii" madera y "take" significa hongo. También se le conoce como "hongo negro del bosque" o "Shiang-gu", es un hongo de pudrición blanca que se cultiva alrededor del mundo en subproductos agrícolas y forestales; es una especie nativa de Japón, China, Corea y otros países asiáticos. Actualmente se encuentra ampliamente cultivada en todo el mundo como menciona Stamets (2000).



Figura 3. *Lentinula edodes*

Fuente: Gómez (2020)

El shiitake es una planta saprófita (cultivada sobre materia orgánica muerta) que puede degradar la madera de diferentes árboles que se consideran madera dura, como el roble (*Quercus*) y algunos otros árboles de la familia de las solanáceas. Son bien conocidos por su capacidad para atacar los componentes de la madera que son más difíciles de degradar, tal es el caso de la lignina.

Como todos los demás hongos de alto nivel, los hongos shiitake están compuestos por un grupo de filamentos llamados hifas, que constituyen el verdadero cuerpo del hongo, llamado micelio, y su parte comestible (generalmente llamada hongo) es en realidad donde se encuentran las esporas.

El hongo resultante se propaga y se multiplica. Los hongos shiitake tienen una forma típica de hongo con pie (estípite) y un sombrero (píleo) como estipulan Mata, Gaitán y Salmones (2020).



Figura 4. Estructura de un basidioma del hongo shiitake

Fuente: Mata, Gaitán y Salmones (2020)

II.4.1 Antecedentes de *Lentinula edodes*

El hongo shiitake se deriva del hongo asociado con el árbol shii (*Catanopsis cuspidate Schottky*). Debido a que Japón es el líder mundial en la producción de este tipo de hongo, ahora es ampliamente conocido como “shiitake”.

El cultivo de este hongo se ha practicado durante mil años, y su cultivo se originó en China durante la dinastía Sung (960-1127). Tanto la historia como la leyenda le dan crédito a Wu San Kwung como el creador del cultivo de shiitake. Casi todos los pueblos de China donde se cultivan hongos tienen un templo en su honor. Estos hongos son reconocidos en los países del Lejano Oriente (por ejemplo, Japón, China, Corea) como alimento y medicina durante miles de años. En el año 199 d.C., Kyusuyu, una tribu nativa de Japón, le ofreció al emperador japonés Chuai un hongo shiitake. Incluso documentos más antiguos registran su uso en la antigua China, donde se lo llamaba "ko-ko" o "hoang-mo" de acuerdo con Wasser (2005).

II.4.2 Hábitat

Lentinula edodes crece en árboles de madera dura muertos o moribundos como el castaño, haya, roble, aliso japonés, morera, etc. durante el invierno y la primavera. Son nativos de China, Japón, península de Corea y otras áreas de Asia como menciona Halpern (2006, p.48).

II.4.3 Componentes activos de *Lentinula edodes*

Los componentes activos de *Lentinula edodes* incluyen 1-3 betaglucanos, polisacárido KS-2, lentinan, glicoproteínas (LEM, LAP); eritadenina; hierro, niacina, vitaminas B1 y B2 como menciona Halpern (2006, p.48).

La presencia de compuestos como polisacáridos, triterpenos, flavonoides, esteroides y ácidos grasos son también característicos en este hongo. En el Shiitake se han aislado varios metabolitos secundarios que han mostrado actividades biológicas, como: antiinflamatoria, antitumoral, antiviral, antibacterial, antiparasitaria, regulador de la presión sanguínea y de los niveles de colesterol, antidiabético, inmunomodulador, tónico renal, hepatoprotector y potenciador sexual. En la tabla I se pueden observar algunos de los principales compuestos aislados de Shiitake, el grupo funcional al que pertenecen y su uso bioacción.

COMPUESTO	GRUPO FUNCIONAL	BIOACCION
Eritadenina	Derivado acíclico de la adenosina	Hipolipidémico, reduce los niveles de colesterol en la sangre por excreción
Lentinan	Polisacárido	Antibacterial, antiviral, inmunoactivo
Emitanina	Polisacárido	Inmunoactivo
Quitina	Ácido nucleico	Antiviral
Ergosterol	Triterpeno	Provitamina D-2

Tabla II. Componentes activos del hongo *Lentinula edodes*

Fuente: Rivera (2017)

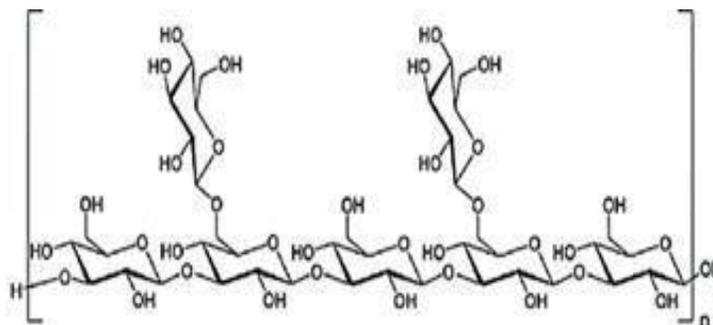


Figura 5. Estructura de lentinano

Fuente: Sheikh, Sarker, Kamarudin, & Ismail (2017)

II.4.4 Estudios de investigación sobre el Shiitake

El hongo shiitake es usado en la medicina tradicional china para tratar el colesterol alto, arteriosclerosis, resfriados y gripe. El shiitake contiene un polisacárido, llamado lentinano, que estimula los linfocitos T y los macrófagos, fortaleciendo al sistema inmunitario ayudando así a combatir virus y bacterias.

En vista de la gran importancia que se concede a los hongos shiitake, es solo cuestión de tiempo que los científicos prueben sus propiedades medicinales. De acuerdo a este mismo tratado, el shiitake se ha usado en la medicina china y otros países para tratar enfermedades de mayor gravedad como la hepatitis y el SIDA, además se usa como hepatoprotector y en la prevención de cáncer siendo el Lentinan, polisacárido presente en *Lentinula edodes*, encargado de esta función.

En 1976 se produjo una versión farmacéutica del Lentinan, sin embargo, este no provoca una acción directa en las células cancerígenas; al ser inyectado en el cuerpo humano, estimula la producción de células T y Natural Killers, por esta razón, el Lentinan es el tercer fármaco anticancerígeno más prescrito en el mundo como estipula Halpern (2006, p.51).

El Lentinan y la Eritadenina han sido también utilizados como agentes biológicamente activos en la prevención de determinados tipos de cáncer y por tener un efecto antioxidante y en bajar el colesterol con posible efecto en la prevención de enfermedades cardiovasculares de acuerdo con Rivera (2017)

II.4.5 Características morfológicas de *Lentinula edodes*

De acuerdo con Hernández, Salmones, Merlo y Mata (2006), la morfología del shiitake corresponde a la morfología típica de los hongos Basidiomicetos como se muestra en la figura 7. El hongo está formado por hifas, una serie de finos filamentos que en conjunto forman lo que se denomina micelio. Si existen condiciones favorables, más un sustrato adecuado, este micelio se transforma en pequeños grumos que aumentan de tamaño. El hongo formado con su píleo

(sombbrero) y su estípite (pie) tiene la función de producir esporas cuya misión es perpetuar la especie. Estas esporas se forman en la cara inferior del sombrero, en laminillas verticales que se extienden desde la parte superior del pie hasta el borde del sombrero.

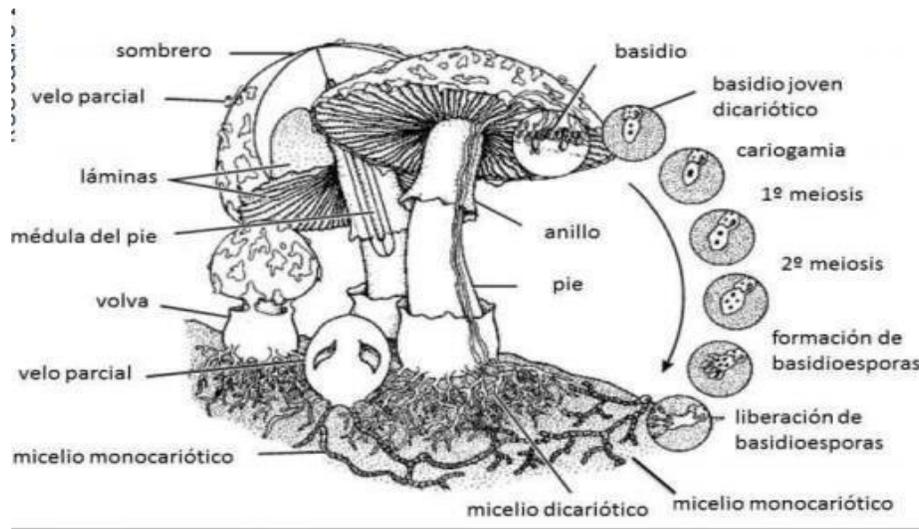


Figura 6. Morfología de un Basidiomiceto

Fuente: Kuhar, Castiglia y Papinutti (2007)

II.4.6 Contenido nutricional y composición del shiitake

El valor nutricional que se encuentra contenido en 100 gramos de acuerdo con Stamets (2000) es:

- ❖ 2-5% calorías.
- ❖ 13-18% de proteínas.
- ❖ Menos de 1 g. de colesterol.
- ❖ 7.3 g. de carbohidratos.
- ❖ 6-15% (8 g.) de fibra
- ❖ 7.8 mg. de tiamina (53% mdr).
- ❖ 5.0 mg. de riboflavina (29% mdr).
- ❖ 5.5 mg. de niacina (27.5%).
- ❖ Alto contenido en vitamina D2 (200 UI – 50%), B2 y B12.

El contenido de humedad en los hongos es del 85% al 90% y el contenido de aminoácidos esenciales es relativamente alto. En comparación con el contenido de grasa, la proporción de ácidos grasos insaturados es mayor, lo que se debe principalmente a la presencia de ácido linoleico. Es una fuente de vitaminas y minerales, y su contenido depende de la edad de la muestra fresca. (Fung, 2002)

II.4.7 Taxonomía

De acuerdo con la bibliografía, la taxonomía del hongo shiitake (*Lentinula edodes*) es la que se presenta a continuación:

Reino	Fungi
División	Eumycotina
Subdivision	Basidiomycotina
Fyllum	Basidiomycota
Clase	Basidiomycetes
Orden	Agaricales
Familia	Tricholomataceae
Género	<i>Lentinula</i>
Especie	<i>edodes</i>

Tabla III. Taxonomía de *Lentinula edodes*

Fuente: Zavaleta (2015)

Ganoderma lucidum

Ganoderma lucidum es la especie más estudiada del género *Ganoderma spp.* y cuyo uso se remonta hace cientos de años en China y Japón tanto como alimento y materia prima para la elaboración de productos nutracéuticos que preservan la salud humana y la longevidad; es un hongo frágil cuyo color varía del blanco al negro, pasando por tonalidades amarillas, doradas, azules y violáceas, y crece en todas las latitudes cálidas, en el tronco de los árboles dañados o muertos, como mencionan Moreno, Martínez y Fujimoto (2011).



Figura 7. *Ganoderma lucidum*

Fuente: López (2020)

Es el único que se consume más por sus valores medicinales que por sus valores nutritivos. Su empleo lleva más de 2000 años, siendo más utilizado en la prevención y/o tratamiento de hepatitis, bronquitis crónica, gastritis, crecimientos tumorales y trastornos inmunológicos. Hoy en día su uso es atribuido en algunos ensayos clínicos para incrementar las defensas inmunológicas de pacientes con cáncer, especialmente en combinación con los tratamientos quimioterápicos y/o radioterápicos como estipula Ríos (2015).

Su uso radica más en el área medicinal que alimenticia debido a que el hongo reishi presenta un sabor amargo y duro como el corcho. Es por esta razón que su

venta se da en el sector de hierbas y complementos alimenticios (productos nutraceuticos). Los fabricantes de medicamentos a base de hierbas y complementos alimenticios pueden procesarlos, envasarlos y comercializarlos en diversas formas: cápsulas, tabletas o extractos líquidos. Dai (2013).

Según indica Postemsky, Debalis y Peryra (2014), el hongo reishi es conocido como el hongo de la inmortalidad o longevidad, también llamado Reishi y Lingzhi (hierba celestial). Este hongo posee un gran número de compuestos activos como lo son proteínas, vitaminas, fenoles, polisacáridos, oligoelementos, adenosina y triterpenoides siendo los polisacáridos y triterpenoides sus fracciones más estudiadas ya que poseen propiedades antioxidantes, inmunoestimulantes, antitumorales, hepatoprotectoras, entre otras.

Valencia y López (2005) afirman que los polisacáridos presentes en este hongo poseen efectos estimulantes sobre las células sanguíneas lo cual conlleva a la liberación de compuestos llamados citoquinas y linfocinas, los cuales son responsables de atribuir las propiedades antitumorales, hipoglucémicas e inmunopotenciadoras a la salud. A pesar de su sabor amargo, el hongo reishi es usado en ciertas ocasiones para la preparación de sopas o infusiones de té; su sabor se debe a la cantidad de terpenoides que estos presentan.

II.5.1 Antecedentes de *Ganoderma lucidum*

Gracias a su rareza en la naturaleza, *Ganoderma lucidum* solo era consumido por la nobleza y las clases socioeconómicas más altas, para mejorar la paz y la salud general como mencionan Bishop *et al.* (2015).

Ganoderma lucidum está documentado en diversos textos chinos antiguos. La primera mención de este hongo ha sido a lo largo de la época del primer jefe supremo de China, Shinghuang de la Dinastía Ch'in (221-207 AC) de acuerdo con Wasser (2005). Posteriormente, ha sido dicho en el Shen Nong Ben Cao Jing escrito a lo largo de la dinastía Han Oriental (25-250 DC).

De consenso al antiguo diccionario Yupian (Diccionario de las Páginas Jade), compilado en 534 D.C., este hongo tiene relación con la especie de *Ganoderma* (especialmente *G. lucidum*), la cual se considera que simboliza a la buena fortuna (Lee y Chang, 2016). Después, un identificado académico de la dinastía Ming, Li Shi Zhen, entregó una especificación más descriptiva de los usos de ling zhi en el compendio Ben Cao Gang Mu del siglo XVI. En la actualidad está listado en la Farmacopea Famosa China (Parte I). (Lee y Chang, 2016).

//.5.2 Hábitat

Se encuentra en las provincias costeras densas y húmedas de China; crece en los tocones en descomposición de castaños, robles y otros árboles de hoja ancha según menciona Halpern (2006, p.56). En Ecuador, su producción se desarrolla en la zona andina ecuatoriana por parte de pequeñas empresas como la productora de hongos Intiwasi de acuerdo con Salazar (2014).

//.5.3 Componentes bioactivos

Los compuestos bioactivos de *Ganoderma lucidum* incluyen hetero beta glucanos, ganoderanos, proteína ling zhi-8 y ácidos ganodérmicos (triterpenos) como menciona Halpern (2006, p.56).

De acuerdo con Martínez (2016), los componentes activos presentes en *Ganoderma lucidum* presentan componentes con propiedades reguladores y estimuladores del sistema inmune, antitumorales y reguladores de azúcar en la sangre como se muestra en la tabla III:

Compuesto activo	Clase de Compuesto	Acción	Especie	Forma fúngica
Adenosina	Nucleótidos	Inhibidor de la agregación de plaquetas, relajante muscular, analgésico	<i>Ganoderma lucidum</i>	Cuerpo fructífero
Ganoderanos A, B y C	Polisacárido	Hipoglicémico	<i>Ganoderma lucidum</i>	Cuerpo fructífero
Beta-D-glucano	Polisacárido	Inmunoestimulante	<i>Ganoderma lucidum</i>	Cuerpo fructífero
D-6	Polisacárido	Potenciador de síntesis de proteínas y del metabolismo de ácido nucleico	<i>Ganoderma lucidum</i>	Cuerpo fructífero
Ganodermadiol	Triterpeno	Anti-hipertensivo, inhibidor de ACE	<i>Ganoderma lucidum</i>	Cuerpo fructífero
Ácido Ganoderico B	Triterpeno	Inhibidor de la síntesis de colesterol	<i>Ganoderma lucidum</i>	Cuerpo fructífero
Beta-D-glucano	Polisacárido	Inmunoestimulante, Antitumor	<i>Ganoderma lucidum</i>	Micelio

Tabla IV. Compuestos bioactivos de *Ganoderma lucidum*

Fuente: Martínez (2016)

II.5.4 Estudios de investigación sobre el Reishi

Figlas y Cuervetto (2007) realizaron un estudio acerca de las propiedades medicinales del hongo *Ganoderma lucidum* en el cual se reporta a este hongo como antitumoral, anticancerígeno, inhibidor de la agregación plaquetaria en vasos sanguíneos, antibacteriano, antiviral, antihipertensivo, etc.

Estos estudios coinciden con las propiedades del hongo reishi descritas en el “Vademécum de prescripción”, libro escrito en Barcelona en el cual se encuentra información acerca de productos fitoterapéuticos, así como de información de más de 254 plantas y hongos desarrollados por profesionales.

También se ha comprobado que *G. lucidum* es un auxiliar importante gracias a su eficacia en el tratamiento de alergias, inhibiendo la producción de histaminas, por lo cual se reduce la respuesta alérgica. Aumenta la capacidad intelectual y mejora la memoria en aquellas personas que padecen de la enfermedad de Alzheimer como señalan Watchel, Yuen, Buswell y Benzie (2011).

II.5.5 Características morfológicas del *Ganoderma lucidum*

El cuerpo fructífero del hongo está constituido primordialmente por: sombrero (pileo), pie (estipide) y láminas (himeno).

Macroscópicamente muestra basidiocarpos anuales, de grandes magnitudes (de 40-50 cm de ancho, incluso hasta 1 m de diámetro) que tienen la posibilidad de conseguir diversos kilos de peso (hasta 18-20 kg) y que se desarrollan en la base y tocones de los árboles. Los basidiocarpos permanecen ramificados y formados por un enorme número de pequeños sombreros de unos 8 cm de diámetro, presentes en forma de abanico, que se hallan imbricados. Los pequeños sombreros son de color gris a pardo por la parte superior y en la inferior poseen pequeños poros de un color blanquecino. (Roa, 2018)

II.5.6 Composición química y nutricional de *Ganoderma lucidum*

G. lucidum es un hongo bajo en calorías y rico en proteínas vegetales, quitina, vitaminas y minerales. El contenido de humedad del hongo varía con la madurez, de un 70% hasta un 14-15% cuando se encuentra maduro. Contiene un 7.3% de proteína y un 11.1% de glucosa en base peso seco. Asimismo, contiene un 10.2% de metales, en peso seco, siendo K, Mg y Ca los mayores componentes, con Ge como quinto metal más abundante, con una concentración de 489 µg/g según indica Chiu et al. (2000).

Tanto el carpóforo, como el micelio y las esporas, tienen dentro de ellas triterpenoides que le brindan al hongo su característico sabor amargo. Se han reconocido bastante más de 140 triterpenoides en *Ganoderma lucidum*, divididos en 10 grupos diferentes según su estructura química. Los triterpenoides que predominan son los ácidos ganodéricos. De igual manera tiene polisacáridos de elevado peso molecular que comprenden β-d-glucanos, heteropolisacáridos y glicoproteínas. (Wasser, 2005)

II.5.7 Taxonomía

De acuerdo con la bibliografía, la taxonomía del hongo reishi (*Ganoderma lucidum*) es la que se presenta a continuación:

Reino	Fungi
Filo	Basidiomycota
Clase	Agaricomycetes
Orden	Polyporales
Familia	Ganodermaceae
Género	<i>Ganoderma</i>
Especie	<i>lucidum</i>

Tabla V. Taxonomía de *Ganoderma lucidum*

Fuente: Parepalli (2020)

La incertidumbre en la identificación taxonómica de las especies de *Ganoderma* se debería en su mayoría a la gran variabilidad de las propiedades macroscópicas y microscópicas del basidiocarpio. Según Miles y Chang (2004), a monumentales aspectos, el género *Ganoderma* puede separarse en 2 equipos: el complejo *G. lucidum* (del latín, *lucidus*, brillante, en alusión al aspecto del área del carpóforo) con píleo laqueado y el complejo *G. applanatum*, no-laqueado.

II.6 Polisacáridos

Los hongos han sido utilizados desde la antigüedad tanto por sus propiedades culinarias como medicinales, pero a pesar de esto sus propiedades permanecieron desconocidas por mucho tiempo. Zhua, Du y Xu (2014) afirman que los polisacáridos son aquellos componentes estructurales que se encuentran en los tres dominios de la vida: Archaea, Bacteria, y Eukarya. Estos polisacáridos poseen actividades inmunitarias, anticancerígenas, antioxidantes y antivirales.

Leon, Yang y Chang (2021) definen a los polisacáridos como cadenas largas y complejas de carbohidratos formadas por azúcares neutros y / o monómeros de ácido urónico unidos por enlaces glicosídicos que están involucrados en procesos biológicos, como el desarrollo embrionario y la inmunidad celular frente a infecciones por virus y bacterias.

Los hongos con cuerpos fructíferos que tienen gran impacto en la prevención del cáncer pertenecen a la clase Basidiomycetes y, a veces, a las clases Ascomycetes. Los principales taxones típicos son *Ganoderma lucidum*, *Lentinus edodes*, *Tremella fuciformis* y *Pleurotus ostreatus*.

La mayoría de las propiedades biológicas de los hongos son atribuidas a estos polisacáridos puesto que son reconocidos por los receptores de membranas de leucocitos y macrófagos, como CR3 y dectina-1, lo que conduce a la proliferación y diferenciación de células inmunes. Estas actividades son las responsables de mejorar las respuestas inmunes mediadas por células, con la expresión de genes proinflamatorios y, en consecuencia, para la inducción de efectos antitumorales y bactericidas como estipula Smiderle et al. (2017).

Halpern (2006, p.24) menciona en su libro que los polisacáridos presentan una mayor capacidad para transportar información biológica ya que tienen mayor potencial de variabilidad estructural. Los aminoácidos en las proteínas y los nucleótidos en los ácidos nucleicos pueden interconectarse de una sola manera, mientras que las unidades de monosacáridos en los polisacáridos pueden interconectarse en varios. apunta a formar una amplia variedad de estructuras. Como consecuencia, se permite la flexibilidad necesaria para que los mecanismos reguladores afecten las interacciones de las células en el cuerpo.

Hongos	Fuentes de polisacáridos	Tipo	Bioactividad
<i>Ganoderma lucidum</i>	Cuerpos fructíferos	Heteroglicano Glucopéptido	Antitumoral Antioxidante Inmunomodulador
<i>Lentinula edodes</i>	Cuerpos fructíferos	Glucanos	Antitumoral Antioxidante

Tabla VI. Fuente de polisacáridos, tipo y bioactividad encontrados en las especies *Ganoderma lucidum* y *Lentinula edodes*

Fuente: Uddin *et al.* (2020)

II.7 β -D-glucanos

Estudios realizados a lo largo del tiempo han determinado que las propiedades medicinales de los hongos se deben a compuestos polisacáridos, la comunidad científica determinó que exclusivamente estas propiedades son gracias a los β -glucanos. Bulam, Sule y Peksen (2018) indican que los β -glucanos son polisacáridos monómeros de D-glucosa unidos mediante enlaces β -glicosídicos que exhiben un gran número de actividades biológicas que incluyen propiedades antitumorales, inmunomoduladoras, antienvjecimiento, antimicrobianas, antioxidantes y antiinflamatorias.

Estos compuestos presentan diferentes funciones dependiendo de su peso molecular, pureza y fuente de obtención de acuerdo con estudios realizados por Zhua, Du y Xu (2014); además se menciona que la presencia de los β -glucanos está relacionado con la producción y activación de macrófagos, células NK, células T, células B del sistema de defensa natural del cuerpo según Lindequist, Niedermeyer y Julich (2005).

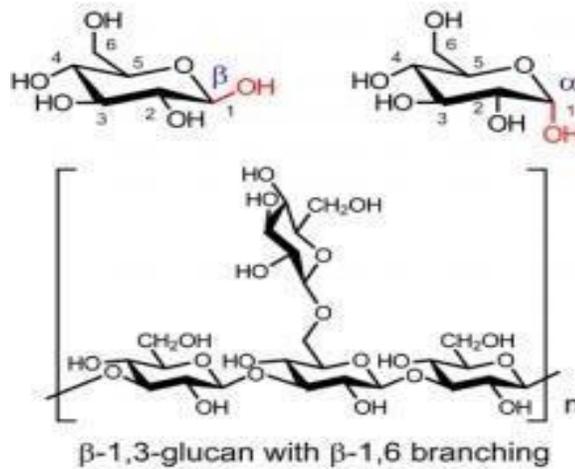


Figura 8. Estructura básica de un polisacárido típico de un hongo

Fuente: Friedman (2016)

Los β-glucanos de los hongos son polímeros de carbohidratos derivados de su pared celular; como indica Jurikova (2009) estos se encuentran en las paredes celulares de las plantas superiores y también en las semillas de algunos cereales (por ejemplo, cebada y avena). Los polímeros relacionados, que también se denominan β -glucanos y / o β-1,3-D-glucanos y β-1,6-D-glucanos, son sintetizados por hongos, mohos y levaduras.

Especie de hongo	Nombre común	Estructura de β-glucano	Tipo de β-glucano
<i>Ganoderma lucidum</i>	Linzhi Reishi	β-1,3;1,6-glucano	Polisacáridos de Ganoderma, Ganopoly
<i>Lentinula edodes</i>	Shiitake	β-1,3;1,6-glucano	Lentinan

Tabla VII. β-glucanos (estructura y tipo) encontrados en las especies *Ganoderma lucidum* y *Lentinula edodes*

Fuente: Chan, Chan y Zhe (2009)

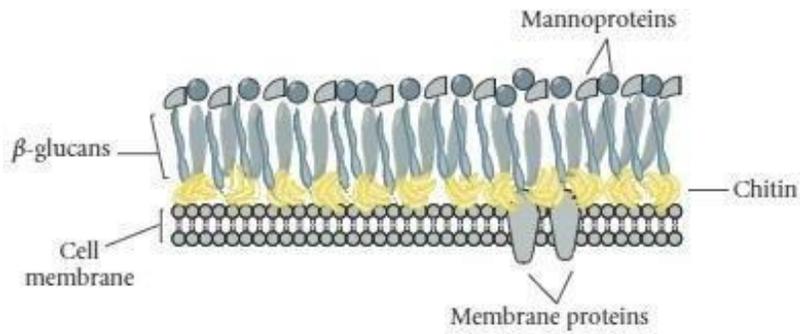


Figura 9. Pared celular de hongos

Fuente: Vega y Kalkum (2012)

Los β -glucanos de hongos como Schizophyllan, Ganoderan, Lentinan, y Pleuran son los componentes de la pared celular. Consisten en moléculas de glucopiranosas unidas a través de enlaces β (1 \rightarrow 3), β (1 \rightarrow 4) o β (1 \rightarrow 6). En términos de actividad biológica, los β -1,3-D-glucanos y los β -1,6-D-glucanos contenidos en los hongos ganoderma, shiitake, y otros basidiomicetos se consideran los más eficaces como lo indica Jurikova (2009) en su estudio.

Valverde, Pérez, y Paredes (2015) establecen que existen varios estudios científicos en los que se estipula que los β -glucanos no son sintetizados por los seres humanos, por lo tanto, el sistema inmunológico no los reconoce como auto moléculas; como resultado, inducen respuestas inmunitarias adaptativas e innatas.

II.8 Extracción de polisacáridos

Ramos (2019) indica que la extracción de compuestos bioactivos como los polisacáridos, además de su aislamiento consisten en procesos directos los cuales incluyen extracciones exhaustivas como la maceración, hidrodestilación, Soxhlet, etc. La extracción con disolventes orgánicos, como etanol, metanol o cloroformo, es habitual ya que la mayoría de compuestos bioactivos no son solubles en agua. A pesar de esto, indica que muchos de estos métodos consumen demasiado tiempo mientras que la gran cantidad de disolventes necesarios para una extracción

eficiente, así como las altas temperaturas, pueden provocar la degradación de las moléculas objetivo con pérdida parcial de volátiles.

Los métodos de extracción pueden variar de acuerdo a la estructura y solubilidad en agua de los polisacáridos. Éstos se encuentran en abundancia en la pared celular de los hongos los cuales a su vez contienen dos polímeros importantes: quitina y β -glucano; por lo tanto, es regla básica romper la pared celular de la capa externa a la capa interna con condiciones de extracción de suaves a fuertes. Los polisacáridos extraídos se pueden purificar aún más con una serie de técnicas combinadas como la precipitación con etanol, ácido acético o bromuro de cetiltrimetilamonio como mencionan Xu *et. al* (2013).

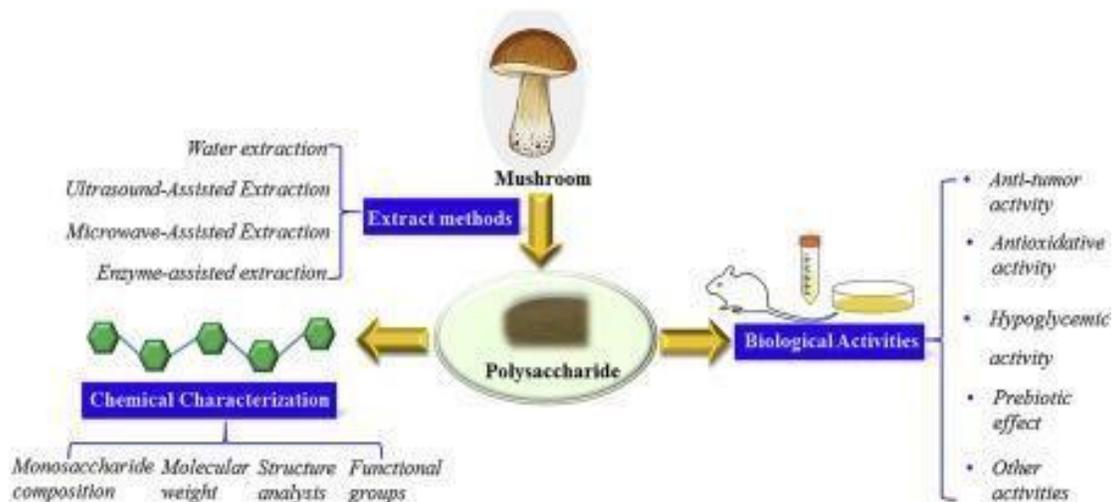


Figura 10. Métodos de extracción de hongos más comunes

Fuente: Gong et al. (2020)

Para una extracción eficaz de los polisacáridos, los cuerpos fructíferos o los micelios cultivados de los hongos suelen pasar por una serie de pasos de aislamiento y purificación, que normalmente comienzan con los pasos de pretratamiento antes de la extracción, como el desgrasado con disolventes orgánicos y el pretratamiento con alcohol para eliminar impurezas de bajo peso molecular como estipulan Leon, Yang y Chan (2021).

Adicionalmente, los polisacáridos obtenidos pueden ser purificados usando técnicas tales como precipitación con etanol, precipitación fraccionada, precipitación con ácido acético, cromatografía de intercambio iónico, filtración en gel, y cromatografía de afinidad, siendo la precipitación con etanol la más preferida por los científicos ya que esta se encarga de eliminar las impurezas existentes en los polisacáridos obtenidos como estipulan Zhang, Cui, Wang y Cheung (2007).

En la figura 11 se observa un gráfico del pretratamiento de hongos, la extracción y purificación de polisacáridos:



Figura 11. Gráfico esquemático de extracción y purificación de hongos

Fuente: Leon, Yang y Chan (2021)

CAPÍTULO III. MATERIALES Y MÉTODOS

III.1 Tipo y enfoque de investigación

Tipo de investigación

El método a emplear para la presente investigación fue la revisión bibliográfica, documental y descriptiva. Las fuentes bibliográficas primarias utilizadas fueron los artículos de investigación y las fuentes secundarias fueron la recolección de información de base de datos científicos como ScienceDirect, Scielo, Google Académico, Redalyc, PubMed, ResearchGate y Dialnet, todos estos encaminados a dar cumplimiento a los objetivos propuestos.

Enfoque de investigación

Se trata de un enfoque cualitativo debido a que se realizará un análisis de las condiciones de trabajo (temperatura y tiempo de extracción) además del costo de equipos requeridos para cada método y el rendimiento obtenido de cada uno.

III.2 Diseño de la investigación

Con el propósito de relacionar y asociar la información documentada, se emplea la siguiente técnica:

- Cuadros comparativos

El cuadro comparativo es una técnica usada para organizar información y al realizar un trabajo de relación y asociación entre diferentes aspectos que contrastan entre sí, lo cual permitirá comparar las condiciones de trabajo de cada método junto con el valor de cada equipo usado y el rendimiento de polisacáridos obtenidos, determinando así, qué método de extracción es el más adecuado.

III.3 Métodos de extracción de polisacáridos

III.3.1 Extracción con agua caliente

La extracción de polisacáridos con agua caliente es el método tradicional más empleado debido a que presenta ventajas como fácil operación y requiere de equipos económicos y sencillos. Este método consiste en utilizar altas temperaturas para acelerar la disolución de los polisacáridos de sus paredes celulares como mencionan Nie, Zhang, Li, y Xie (2013)

Este método de extracción consiste en secar la materia prima (cuerpo fructífero de hongo), triturarlo, aforar con agua destilada, extraer en baño de agua caliente a temperaturas que van desde 50 a 100 °C durante tiempos prolongados que duran desde 1 a 5 horas. Lo que se obtiene son polisacáridos solubles en agua como lo son los beta glucanos que son identificados mediante métodos fluorométricos o colorimétricos como estipulan Nie, Zhang, Li, y Xie (2013).

A pesar de que es uno de los métodos más empleados, presenta varias desventajas como tiempo de tratamiento prolongado, porcentaje de pureza bajo, exceso de energía y temperaturas demasiado altas según indica Parniakov, Lebovka, Hecke, y Vorobiev (2013).

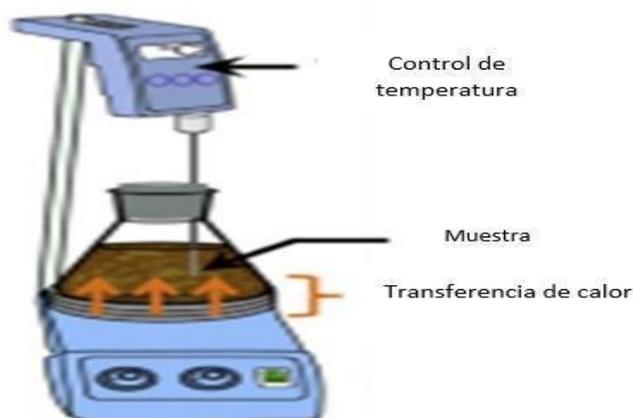


Figura 12. Extracción mediante agua caliente

Fuente: Roohinejad *et. al* (2017)

III.3.2 Extracción asistida por ultrasonido

La extracción asistida por ultrasonido se basa en el principio de cavitación acústica que es capaz de destruir las paredes celulares de la matriz vegetal y favorecer así la liberación de compuestos bioactivos. Mohan, Karambelkar, Jain, y Kumari (2014) estipulan que este método de extracción es la remoción y recuperación de analitos orgánicos de una matriz sólida permeable por medio de un solvente que es energizado por energía sonora a frecuencias superiores a las audibles para el oído humano.

Se destaca como una alternativa sostenible ya que es de fácil manejo, seguro, y reproducible debido a que esta tecnología permite su desarrollo en condiciones de presión atmosférica y a temperatura ambiente como menciona Medina, Ayora, Espinosa, Sánchez y Pacheco (2017).

También es conocida como extracción ultrasónica y se puede realizar de dos maneras: puede introducirse energía en la muestra por medio de una sonda ultrasónica que se inserta en la muestra o un baño ultrasónico en el que se sumerge la muestra más el disolvente. Sukor, Jusoh, Rahmin, y Kamarudin (2018) mencionan que a pesar de que el baño ultrasónico es una alternativa más económica en la que se puede trabajar con diversas muestras al mismo tiempo posee poca reproducibilidad en comparación con el sistema de sondas.

El uso de ultrasonidos hace posible que las extracciones de polisacáridos se realicen de tal manera que no afecten al medio ambiente en una gran magnitud, usa una cantidad moderada de solvente y se obtiene un porcentaje alto de pureza; sin embargo, es una técnica que requiere de equipos costosos. El tiempo de extracción, la composición del solvente y la potencia de entrada son los tres factores principales que afectan la eficiencia de extracción mediante ultrasonido según mencionan Louie *et al.* (2020).

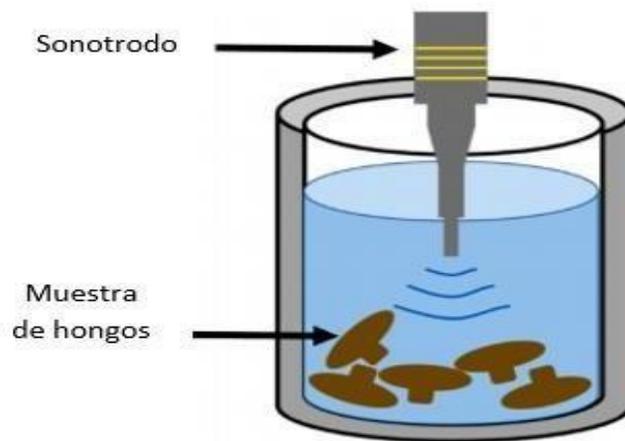


Figura 13. Extracción asistida de ultrasonido mediante sondas ultrasónicas

Fuente: Leong, Yang y Chang (2021)

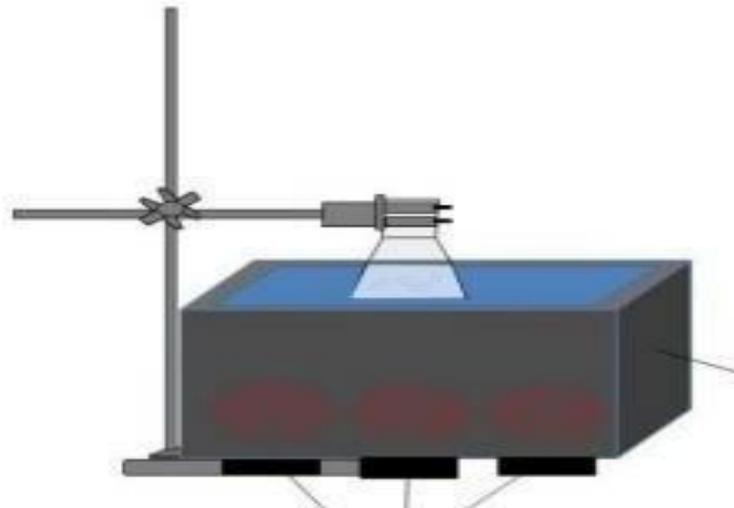


Figura 14. Baño ultrasónico

Fuente: Marhamati, Kakhaki y Rezaie (2020)

III.3.3 Extracción de agua supercrítica

También conocida como extracción hidrotermal o extracción de agua comprimida en caliente. Tuvo sus orígenes en los primeros trabajos de Hawthorne y sus colaboradores para la extracción de compuestos polares y no polares de muestras de suelo en 1994 indica Mohan, Karambelkar, Jain, y Kumari (2014).

Es una técnica de extracción en la que el agua es usada como solvente a temperaturas superiores del punto de ebullición del agua (100 ° C), pero por debajo del punto crítico del agua (374 ° C) bajo presiones altas (1 - 22.1 MPa) como estipulan Plaza y Turner (2015).

Louie et al. (2020) indican que el agua usada como extractante se mantiene en estado subcrítico y se usan temperaturas elevadas debido a que en estas condiciones se puede aumentar en gran proporción la solubilidad y la difusión de los analitos, lo que da como resultado un menor tiempo de extracción y un menor consumo de disolvente. Este método se está volviendo cada vez más popular en la extracción de productos naturales debido a estas ventajas.

La temperatura juega un papel vital en la extracción de agua supercrítica. Por lo general, una temperatura más baja (por debajo de 100 ° C) puede aumentar el peso molecular de las sustancias solubles en agua, y una temperatura más alta (por encima de 100 °C) puede aumentar la tasa de extracción como mencionan autores en sus estudios experimentales con diferentes especies de hongos. (Palanisamy et al., 2014; Smiderle, 2017)

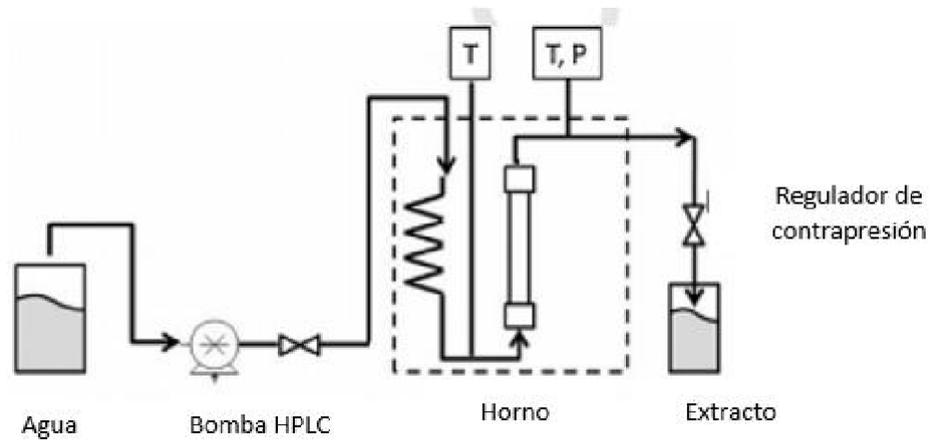


Figura 15. Método de extracción de agua supercrítica

Fuente: Teo, Tan, Jean, Sin, y Shi (2010)

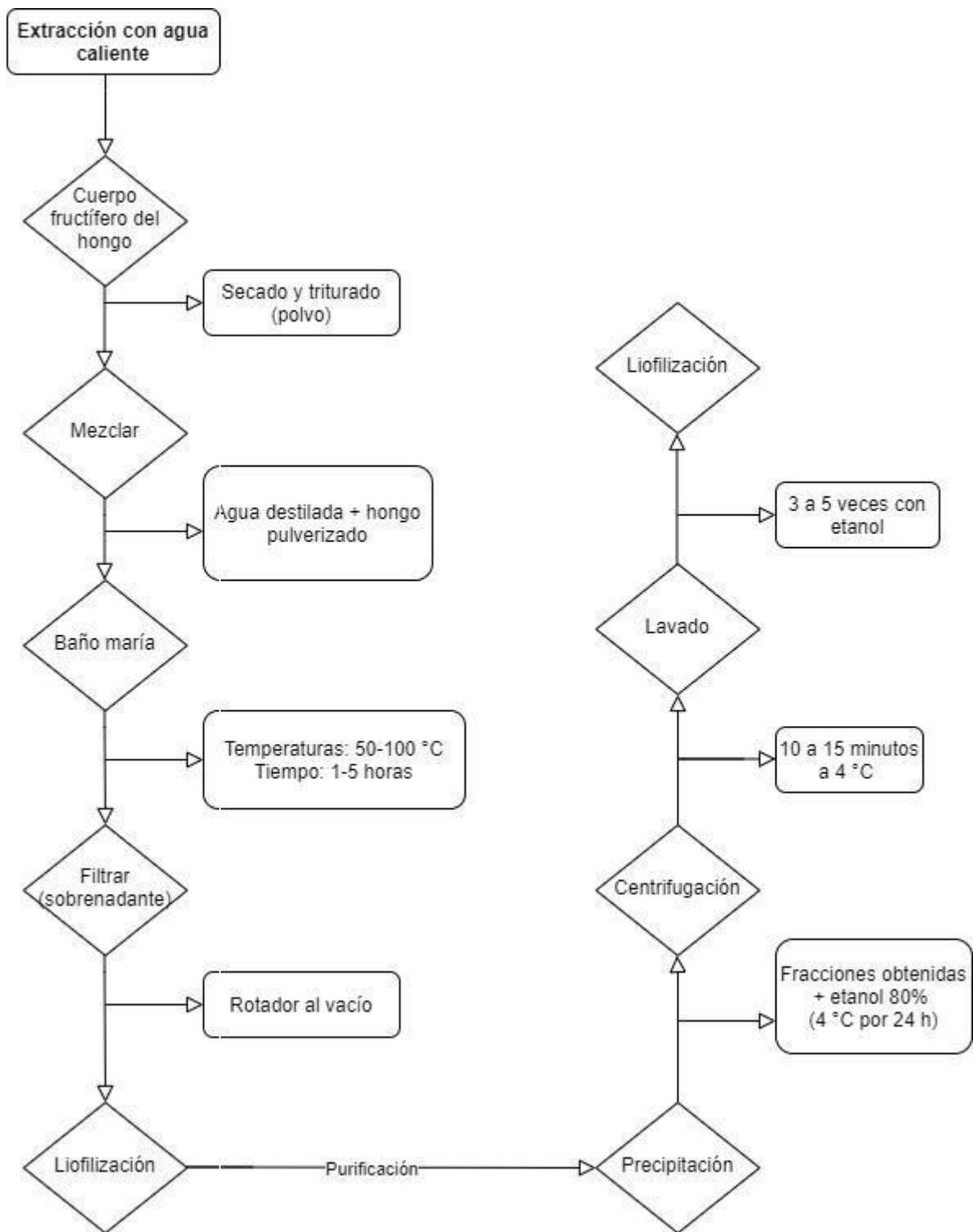


Figura 16. Proceso de extracción de agua caliente

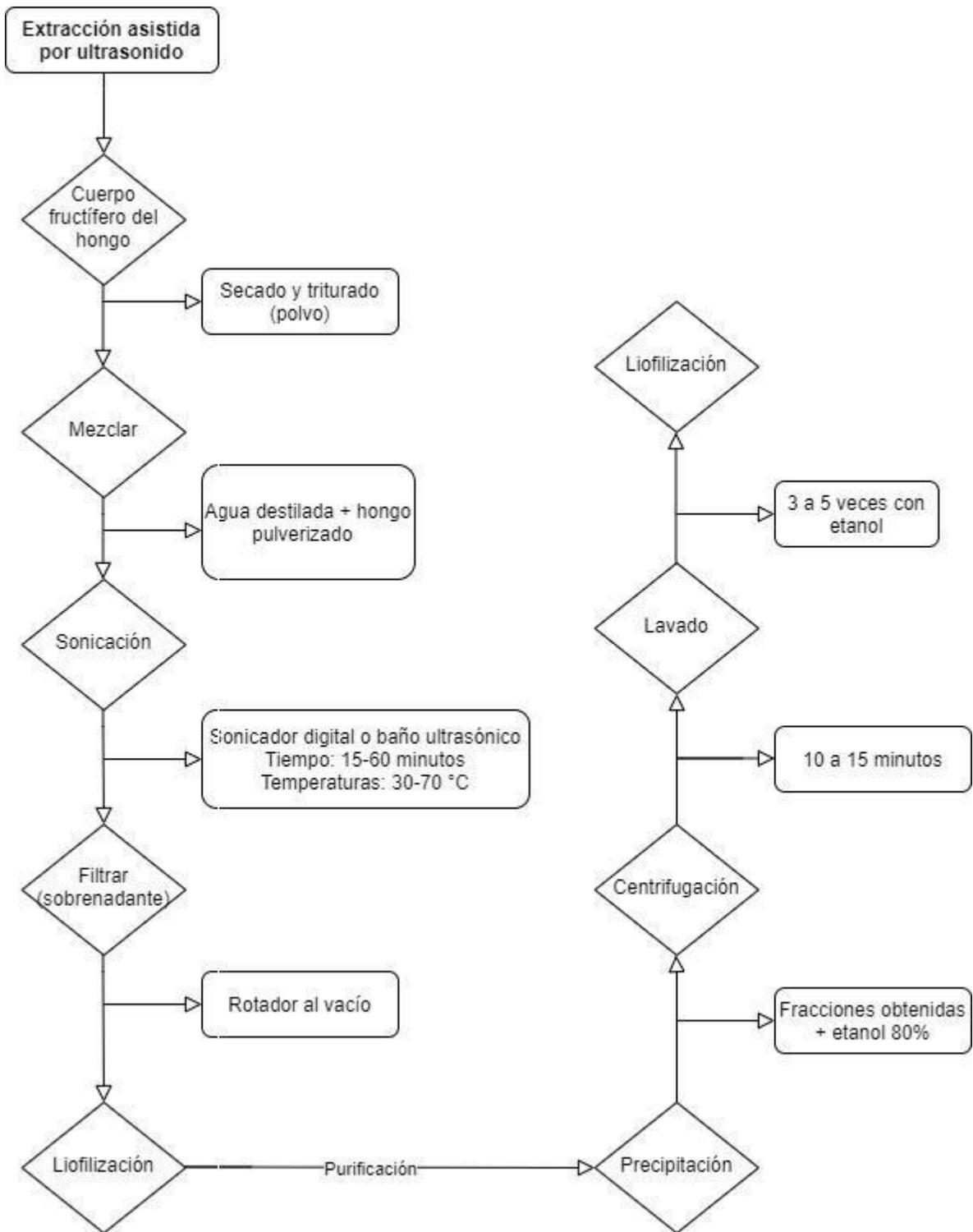


Figura 17. Proceso de extracción asistida por ultrasonido

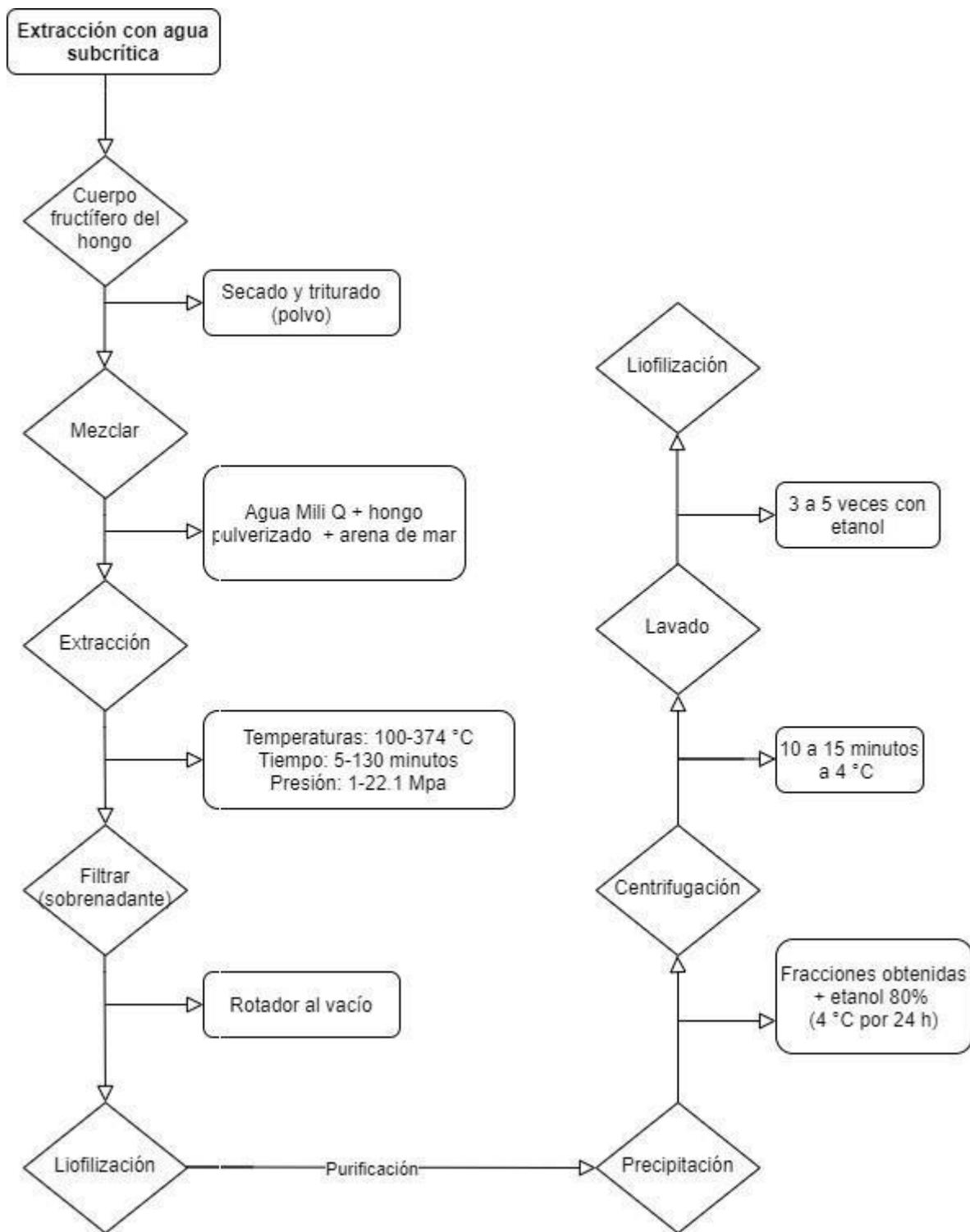


Figura 18. Proceso de extracción con agua subcrítica

CAPÍTULO IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Para alcanzar los objetivos planteados en esta investigación, se realizó una exploración a través de distintas fuentes bibliográficas, comparando el rendimiento de polisacáridos obtenidos de acuerdo a las condiciones de tiempo y temperatura, además del costo de equipos empleados de acuerdo a cada técnica utilizada por los autores, las cuales incluyen el método tradicional (Extracción de agua caliente) y dos métodos modernos (Extracción mediante Agua Subcrítica y Extracción asistida por Ultrasonido).

La materia prima que los autores consideraron en cada uno de los métodos de extracción fue el cuerpo fructífero tanto de *Ganoderma lucidum* como *Lentinula edodes* debido a que, en esta parte se encuentra una mayor cantidad de polisacáridos a diferencia del micelio y las esporas de los hongos respectivos.

A continuación, se presentan en las tablas VIII y IX las diferencias entre los métodos seleccionados y posteriormente el análisis de cada uno respectivamente considerando variables como temperatura, tiempo, rendimiento y costo.

Método	Materia prima	Temperatura	Tiempo de extracción (min)	Rendimiento (%)	Costo de equipo	Autor
Extracción con agua caliente	Cuerpo fructífero	100 °C	15	7.71±1.09**	Bajo Baño María (\$450-\$900)	Morales (2019)
			30	6.83±0.41**		
			45	8.46±0.12**		
			60	5.18±0.16**		
Extracción de agua subcrítica	Cuerpo fructífero	200 °C	15	38.71±1.55**	Alto Dionex ASE 350 (\$14,000-\$18,000)	Morales (2019)
			30	17.44±0.42**		
			45	19.03±0.70**		
			60	12.93±0.85**		
	Cuerpo fructífero	115 °C	240	8.2***	*NR	Li et al. (2018)
	Cuerpo fructífero	100 °C	25	44.6	Alto Dionex ASE 350 (\$14,000-\$18,000)	Palanisamy et al. (2014)
		150 °C	25	54.9		
200 °C		25	74.2			
Extracción asistida de ultrasonido	Cuerpo fructífero	50 °C	15	12.47±0.27**	Moderado Branson SFX550 Digital Sonifier 550 (\$5,000-\$7,000)	Morales (2019)
			30	17.36±0.43**		
			45	18.09±1.14**		
			60	20.86±1.91**		
	Cuerpo fructífero	Menor a 50 °C	*NR	12.4±0.70	*NR	Wu (2017)
	Cuerpo fructífero	49 °C	21	9.75±0.26	Alto KQ-400KDE (\$22,000-\$23,000)	Zhao et al. (2018)

Tabla VIII. Cuadro comparativo del método de extracción tradicional (agua caliente) y métodos modernos (extracción asistida por ultrasonido y extracción de agua supercrítica) de *Lentinula edodes*.

*NR: No Reportado. **Valores reportados correspondientes a la media de 2 repeticiones + SD.

Método	Materia prima	Temperatura	Tiempo de extracción (min)	Rendimiento (%)	Costo de equipo	Autor
Extracción con agua caliente	Cuerpo fructífero	99.6 °C	60	3,77	Bajo Memmert Baño María (\$450-\$900)	Alzorqui et al. (2016)
			240	6,34		
Extracción de agua subcrítica	Cuerpo fructífero	180 °C	22	10.5±1.12	Alto Dionex ASE 350 (\$14,000-\$18,000)	Smiderle et al. (2017)
	Cuerpo fructífero	199,85 °C	130	57.4***	Alto Equipo diseñado por autores (\$20,000-\$25,000)	Askin, Sasaki y Goto (2010)
	Cuerpo fructífero	158 °C	92	64.9±0.8	*NR	Benito, Alonso, Cocero y Goto (2016)
Extracción asistida de ultrasonido	Cuerpo fructífero	40 °C	60	8.1	Moderado Sonoplus HD-3400 (\$4,000-\$8,000)	Alzorqui et al. (2016)
	Cuerpo fructífero	50 °C	17	2.2	Moderado Aparato de ruptura de células JY98 (\$5,000-\$7,000)	Zhao, Dong, Chen y Hu (2010)

Tabla VIII. Cuadro comparativo del método de extracción tradicional (agua caliente) y métodos modernos (extracción asistida por ultrasonido y extracción de agua subcrítica) de *Ganoderma lucidum*

***NR: No Reportado. ***Valores reportados correspondientes a la media de 3 repeticiones.**

IV.1 Temperatura y Tiempo

El primer método que muestra el cuadro de información (tabla VIII) con respecto al hongo *Lentinula edodes* fue el método de extracción con agua caliente, en el cual el cuerpo fructífero fue sometido a 100 °C en cuatro tiempos diferentes: en 15 minutos se obtuvo un 7,71% de polisacáridos; en 30 minutos se consiguió un 6,83%; posteriormente, también se probó con 45 minutos obteniendo así un 8,46%, y finalmente en 60 minutos se logró extraer 5,18% de polisacáridos.

Al evaluar los resultados, en la experimentación de Morales (2019) se puede determinar que las condiciones óptimas para alcanzar un mayor porcentaje de polisacáridos fueron en 45 minutos, alcanzando un 8,46% de rendimiento.

En el método de extracción de agua subcrítica, el cuerpo fructífero fue expuesto a 5 temperaturas y 6 tiempos diferentes, las mismas que fueron experimentadas por los siguientes autores:

Morales (2019), realizó su estudio probando con 200 °C en tiempos de 15, 30, 45 y 60 minutos, donde se observó que al someter la muestra a 15 minutos se obtenía un 38,71% de polisacáridos, siendo este el mayor porcentaje en comparación a los demás tiempos. A diferencia de este, Li et al. (2018), experimentaron con 115 °C en 240 minutos obteniendo un 8,2% de rendimiento, siendo estas las únicas condiciones con las que se trabajó. Finalmente, Palanisamy et al. (2014), desarrollaron este método con temperaturas de 100, 150 y 200 °C en 25 minutos respectivamente, dando como resultado que al someter la muestra a 200 °C en ese tiempo, se obtuvo un mayor rendimiento, el cual fue 74,2% de polisacáridos.

Como tercer método, se empleó el método de extracción asistida de ultrasonido. Este estudio fue realizado por los siguientes autores:

Morales (2019), experimentó con 50 °C en tiempos de 15, 30, 45 y 60 minutos, donde se observó que al someter la muestra a 60 minutos se obtenía un 20,86% de polisacáridos, siendo este el mayor porcentaje en comparación a los demás

tiempos. Por otro lado, Wu (2017) trabajó con una temperatura menor a 50 °C obteniendo así un 12,4% de rendimiento, siendo estas las únicas condiciones empleadas en el estudio; por último, Zhao et al. (2018) sometieron la muestra a 49 °C durante 21 minutos consiguiendo un 9,75% de rendimiento.

En el segundo cuadro de información (tabla IX) con respecto al hongo *Ganoderma lucidum* se emplearon los 3 métodos de extracción antes mencionados, pero en esta ocasión por diferentes autores y con diferentes condiciones.

En el método de extracción con agua caliente, Alzorqui et al. (2016) sometieron el cuerpo fructífero a una temperatura de 99,6 °C durante 60 y 240 minutos, dando como resultado que al exponer la muestra a 240 minutos se obtuvo un mayor porcentaje de polisacáridos, el cual fue 6,34% a diferencia del 3,77% en 60 minutos.

En el método de extracción de agua subcrítica, el cuerpo fructífero fue expuesto a 3 temperaturas y 3 tiempos diferentes, las mismas que fueron experimentadas por: Smiderle y otros (2017), Askin, Sasaki y Goto (2010) y Benito, Alonso, Cocero y Goto (2016), los cuales obtuvieron los siguientes resultados:

Smiderle *et. al* (2017) probaron con una temperatura de 180 °C durante 22 minutos con un rendimiento obtenido de 10,5% de polisacáridos. Mientras que, Askin, Sasaki y Goto (2010) experimentaron con una temperatura de 199,85 °C durante 130 minutos logrando un rendimiento de 57,4%, y finalmente, Benito, Alonso, Cocero y Goto (2016) desarrollaron el mismo estudio con una temperatura de 158 °C durante 92 minutos alcanzando un mayor rendimiento de polisacáridos representando un 64,9%.

Finalmente, en el método de extracción asistida de ultrasonido, los autores que participaron en este estudio fueron Alzorqui *et al.* (2016), quienes experimentaron con una temperatura de 40 °C durante 60 minutos obteniendo como resultado un 8,1% de polisacáridos. Por otro lado, Zhao, Dong, Chen y Hu (2010) aplicaron una temperatura de 50 °C durante 17 minutos alcanzando un rendimiento inferior de 2,2% en comparación al estudio de Alzorqui et al. (2016).

IV.2 Costo de equipos

Una vez analizadas las condiciones de temperatura y tiempo de los tres métodos de extracción, es importante conocer los equipos que se requieren para el desarrollo de estas técnicas y el costo de los mismos. Luego de investigar las marcas de los equipos empleados por los autores antes mencionados, se presenta a continuación los valores aproximados de estos equipos:

En cuanto al método de extracción con agua caliente, el equipo que se requiere es un Baño de María, el cual tiene un costo aproximado entre \$450 a \$900 siendo esta la técnica tradicional con el equipo más económico. A continuación, en el método de extracción de agua subcrítica, se puede desarrollar con dos tipos de equipo: el primero es el Dionex ASE 350 con un costo aproximado de \$14,000 a \$18,000, y el segundo, es un equipo que se puede fabricar por el mismo usuario si se tienen los implementos necesarios, sin embargo, este tendría un costo mayor entre \$20,000 a \$25,000 siendo mayor en comparación al adquirir uno ya fabricado en su totalidad.

Finalmente, en el método de extracción asistida por ultrasonido, existen en el mercado algunos equipos con diferentes características y por lo tanto, su costo varía según su tamaño y el número de muestras que se puedan obtener. A continuación, se detalla los costos de los equipos empleados tanto en los métodos de extracción en *Lentinula edodes* como *Ganoderma lucidum*:

- Branson SFX550 Digital Sonifier 550 (\$5000 a \$7000)
- KQ-400 KDE (\$22,000 a \$23,000)
- Sonoplus HD-3400 (\$4000 a \$8000)
- Aparato de ruptura de células JY98 (\$5000 a \$7000)

IV.3 Discusión

Observando los resultados presentados por los autores de los diferentes métodos de extracción de polisacáridos de los hongos *Lentinula edodes* y *Ganoderma lucidum* se puede indicar que todo método de extracción empleado tiene sus respectivas ventajas y desventajas.

Como expresaron Morales (2019) y Alzorqui et al. (2016) en sus estudios utilizando el método de extracción de agua caliente en *Lentinula edodes* y *Ganoderma lucidum* respectivamente, este método es el más económico y fácil de emplear ya que requiere el uso de equipos de buen precio y fácil manejo, sin embargo, éste consume demasiado tiempo, además de que emplea temperaturas altas por lo que si se somete a temperaturas mayores a 100 °C se corre el riesgo de dañar la pared celular, provocando así la desintegración de los compuestos bioactivos y por lo tanto, se obtiene un porcentaje muy pequeño de polisacáridos en ambos hongos.

Estudios realizados en diferentes especies de hongos utilizando el método de extracción de agua caliente han reportado resultados similares, como es el caso de una investigación en el hongo *Agaricus bisporus* realizado por Xue y Farid (2014) en el cual reportan haber usado una temperatura de 95 °C por una hora, obteniendo así sólo una pequeña cantidad de polisacáridos.

A diferencia de este método, la extracción de agua subcrítica ofrece un rendimiento mucho mejor ya que en condiciones subcríticas (temperaturas y presiones altas) la constante dieléctrica del agua disminuye y el enlace de hidrógeno junto con otras fuerzas intermoleculares del agua se debilitan, lo cual mejora en gran medida la extracción de compuestos bioactivos como mencionan Ramírez, González, Falqué, & Domínguez (2018) en un estudio de extracción de polisacáridos del hongo *Cantharellus tubaeformis* aplicando este método a una temperatura óptima de 210 °C obteniendo así un 65% de beta glucanos.

No obstante, el uso prolongado de temperaturas y tiempo demasiado altos puede desintegrar la estructura de los polisacáridos afectando así su actividad biológica puesto que estos compuestos bioactivos son sensibles cuando se emplean dichas condiciones; sin olvidar el hecho de que es una técnica que requiere operarios de gran experticia y equipos muy costosos. Como se puede observar en las tablas VIII y IX, autores como Palanisamy et al. (2014) y Morales (2019) en sus investigaciones usando el hongo *Lentinula edodes* así como Smiderle et al. (2017) y Benito, Alonso, Cocero y Goto (2016) demuestran que en tiempos largos a temperaturas que van más allá de la temperatura de ebullición del agua se obtiene un buen rendimiento de polisacáridos empleando equipos de costos muy elevados.

Como último método de extracción, se puede observar que el método asistido de ultrasonido emplea ondas ultrasónicas para romper la pared celular, usando temperaturas moderadas al igual que tiempos moderados, lo cual ayuda a obtener una cantidad aceptable de polisacáridos, recalcando que sus equipos son de fácil manejo y se los puede adquirir a un precio razonable como se pudo observar en las investigaciones realizadas por Morales (2019) y Wu (2017) empleando este método en *Lentinula edodes* y autores como Alzorqui et al. (2016) y Zhao, Dong, Chen y Hu (2010) en sus investigaciones con respecto a *Ganoderma lucidum*.

Un estudio realizado por Chiu et al. en el hongo *Volvariella volvacea* reporta resultados similares empleando el método de extracción asistido por ultra sonido: se realizó a una temperatura de 57 °C por un tiempo de 33 minutos obteniendo así un rendimiento de 8,28 % de polisacáridos.

Cabe mencionar, que todos estos métodos son efectivos para la extracción de polisacáridos en *Lentinula edodes* y *Ganoderma lucidum*, por lo tanto, es importante tener en cuenta la accesibilidad y el manejo de cada uno de estos.

CONCLUSIONES

- Mediante el presente estudio se logró hacer una comparación de los métodos de extracción de polisacáridos de las especies *Ganoderma lucidum* y *Lentinula edodes* mediante un cuadro comparativo para verificar la obtención de un buen rendimiento de estos. Se investigó y comparó tres métodos de extracción: el método tradicional (Extracción de agua caliente) y dos métodos modernos (Extracción mediante Agua Subcrítica y Extracción asistida por Ultrasonido).
- Se determinó que los polisacáridos más abundantes en el proceso de extracción son los betaglucanos, compuestos bioactivos que atribuyen las propiedades medicinales tanto de *Ganoderma lucidum* como *Lentinula edodes*, los cuales se encuentran en mayor abundancia en la pared celular del cuerpo fructífero de estas dos especies.
- Con base en las comparaciones propuestas, se concluye que el método más propicio para la extracción de polisacáridos es la que es asistida por ultrasonido, debido a que, a diferencia de la extracción con agua caliente, utiliza temperaturas moderadas junto con tiempos cortos para la extracción de una cantidad aceptable de polisacáridos. Adicionalmente, esta técnica requiere el uso de equipos que pueden ser adquiridos a un precio accesible, a diferencia de la extracción de agua subcrítica, la cual, si bien es cierto que permite la extracción de una cantidad elevada de polisacáridos, requiere el uso de equipos de precios muy altos y de complicado manejo.

RECOMENDACIONES

A continuación, se enumeran las siguientes recomendaciones que pueden ser aprovechadas para futuros estudios relacionados con el tema que se ha propuesto en esta investigación:

- Determinar los mejores parámetros de extracción para los polisacáridos de las diferentes clases de hongos medicinales para futuras revisiones bibliográficas que sirvan de aporte en la industria alimenticia y farmacéutica.
- Investigar métodos de extracción que no alteren en un alto grado la estructura de los polisacáridos de hongos, como, por ejemplo, la técnica enzimática, la cual es un método ecológico que utiliza enzimas para catalizar la pared celular del hongo sin riesgo a dañar la misma y exponer a los polisacáridos a una posible desintegración.
- Con base en los resultados obtenidos en el presente trabajo investigativo, el investigador podrá decidir qué métodos de análisis, materiales y equipos serán los más adecuados para estudios posteriores .

GLOSARIO

Aminoácidos esenciales: Son aquellos que el propio organismo no puede sintetizar por sí mismo. Esto implica que la única fuente de estos aminoácidos en esos organismos es la ingesta directa a través de la dieta.

Antitumorales: Ejercen su acción al cambiar el ADN dentro de las células cancerosas para impedir que crezcan y se multipliquen.

Anticancerígenas: Relacionado con la prevención o el retraso de la aparición del cáncer.

Antivirales: Los antivirales son un tipo de fármaco usado para el tratamiento de infecciones producidas por virus. Tal como los antibióticos.

Carpóforo: Prolongación columnar del receptáculo que soporta al gineceo. En los hongos, equivalente al cuerpo fructífero, esporocarpo o seta.

Eucariotas: Son aquellas cuyo material hereditario (ADN) se encuentra envuelto por una membrana, la envoltura nuclear, que forma un núcleo celular.

Ergosteroles: Componente lipídico de la membrana sobre el cual actúa la mayoría de los fármacos antimicóticos

Extracción: Cosa extraída.

Fibras: Son aquellos hidratos de carbono que nuestros cuerpos no pueden digerir. Se encuentra en los alimentos de origen vegetal que ingerimos.

Fluido supercrítico: Cualquier sustancia a una temperatura y presión por encima de su punto crítico termodinámico.

***Ganoderma lucidum*:** (también conocido como lingzhi o reishi) es un hongo que se ha consumido por su gran cantidad de propiedades medicinales en Asia durante

más de 2000 años. Es un basidiomiceto de la familia Ganodermataceae, llamado en español pipa, por la forma que suele presentar su carpóforo o seta. Se encuentra distribuido por las zonas de clima templado en todo el mundo.

Heteroglucano: Son polímeros de alto peso molecular, conformados por más de un tipo de monosacárido.

Hifas: Filamento formado por la unión de células en los hongos, cuya asociación forma el micelio.

Hongos comestibles: Los hongos o setas comestibles se definen como macrohongos que pueden crecer por encima o por debajo del suelo y cuyo cuerpo fructífero visible y distintivo suele ser el material recogido y consumido como alimento.

Hongos medicinales: Son hongos que se usan como medicamentos. Los hongos se han utilizado por cientos de años, sobre todo en los países asiáticos, para tratar infecciones. Hoy en día, también se emplean para tratar enfermedades pulmonares y el cáncer.

Homoglucano: Polisacáridos que están formados por un solo tipo de monosacáridos y los heteroglucanos que contienen dos o más tipos de monosacáridos.

Inmunomoduladores: Sustancia que estimula o deprime el sistema inmunitario, y puede ayudar al cuerpo a combatir el cáncer, las infecciones u otras enfermedades.

Lentinano: Beta-glucano (tipo de polisacárido) del hongo *Lentinus edodes* (hongo shiitake). Se ha estudiado en Japón como tratamiento contra el cáncer de estómago y el cáncer colorrectal.

***Lentinula edodes*:** La seta china o shiitake (*Lentinula edodes*) es una seta comestible de color marrón y aroma intenso originaria de Asia Oriental.

Longevidad: Duración de vida de un ser humano o de un organismo biológico, se utiliza con más frecuencia en referencia a la ancianidad o la edad de un ser vivo.

Micoterapia: La micoterapia es el tratamiento mediante hongos medicinales. Su uso depende de recursos micológicos en el cultivo de la salud, nutrición humana y terapéutica en el proceso salud- enfermedad.

Micelio: Aparato vegetativo de los hongos que le sirve para nutrirse y está constituido por hifas.

Polisacáridos: Es un polímero que está compuesto por una extensa sucesión de monosacáridos, unidos entre sí a través de enlaces glucosídicos. Los polisacáridos pueden incluirse dentro del grupo de los hidratos de carbono, que también son conocidos como carbohidratos o glúcidos.

Proteínas: Sustancia química que forma parte de la estructura de las membranas celulares y es el constituyente esencial de las células vivas; sus funciones biológicas principales son la de actuar como catalizador del metabolismo y la de actuar como anticuerpo.

Pluricelulares: Que está formado por más de una célula.

Quitinas: Sustancia orgánica de aspecto córneo que se encuentra en la pared celular de los hongos, levaduras y artrópodos, a la cual deben éstos su dureza.

Triterpenoides: Son triterpenos que pertenecen al grupo de saponinas compuesta.

Ultrasonido: Sonido cuya frecuencia de vibraciones es superior al límite perceptible por el oído humano.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

Abulude, F. O. (2013). *Current trends in advancement of scientific research and opinion in applied microbiology and biotechnology*. Nigeria: Science and Education Development Institute.

Alzorqi, I., Sudheer, S., Lu, T. J., & Manickam, S. (2016). Ultrasonically extracted b-D-glucan from artificially cultivated mushroom, characteristic properties and antioxidant activity. *Ultrasonics Sonochemistry*, 1-10.

Askin, R., Sasaki, M., & Goto, M. (2010). Recovery of water-soluble compounds from *Ganoderma lucidum* by hydrothermal treatment. *Food and Bioproducts Processing*, 291-297.

Benito, O., Alonso, E., Cocero, M. J., & Goto, M. (2016). Beta-glucan Recovery From *Ganoderma lucidum* By Means Of Pressurized Hot Water And Supercritical CO₂. *Food and Bioproducts Processing*, 21-28.

Bishop, K., Kao, C., Xu, Y., Glucina, M., Paterson, R., & Ferguson, L. (2015). From 2000 years of *Ganoderma lucidum* to recent developments in nutraceuticals. *Phytochemistry*, 56-65.

Bulam, S., Sule, N., & Pekşen, A. (2018). The Use of Mushrooms and Their Extracts and Compounds in Functional Foods and Nutraceuticals. *International Technological Sciences and Design Symposium*, 1205-1222.

Cáceres, C. (2018). Metodología empleada para la obtención de nanocápsulas de betaglucanos provenientes del Hongo *Ganoderma lucidum*: una revisión sistemática de la literatura (Tesis de Maestría). Universidad de La Sabana, Colombia. Recuperado de: <https://intellectum.unisabana.edu.co/handle/10818/33445>

Caiza, E. (2 de julio de 2019). Los hongos se abren paso en la gastronomía ecuatoriana. *El Comercio*.

Cavañete, J. L. (2008). *Ganoderma lucidum*, un hongo con propiedades inmunoestimulantes. *Revista de Fitoterapia*, 8(2), 135-146.

Chan, G. C., Chan, W. K., & Sze, D. M. (2009). The effects of β -glucan on human immune and cancer cells. *Journal of Hematology & Oncology*, 1-11.

Chiu, S., Wang, Z., Leung, T., & Moore, D. (2000). Nutritional value of *Ganoderma* extract and assessment of its genotoxicity and anti-genotoxicity using comet assays of mouse lymphocytes. *Food and Chemical Toxicology*, 173-178.

Cui, F. J., Qian, L. S., Sun, W. J., Zhang, J. S., Yang, Y., Li, N., . . . Wu, D. (2018). Ultrasound-Assisted Extraction of Polysaccharides from *Volvariella volvacea*: Process Optimization and Structural Characterization. *Molecules*, 23(7), 1-15.

Dai, R. (2013). *Cultivation of Reishi Mushroom (Ganoderma Lucidum)*. Solan.

Eman, E. (2015). Los extractos de hongos medicinales poseen una actividad antioxidante diferencial y citotoxicidad para las células cancerosas. *ResearchGate*, 471-479.

Figlas, D., & Cuervetto, N. (2007). *Monografía sobre las propiedades medicinales del hongo Reishi (Ganoderma lucidum)*. Bahía Blanca.

Friedman, M. (2016). Mushroom Polysaccharides: Chemistry and Antiobesity, Antidiabetes, Anticancer, and Antibiotic Properties in Cells, Rodents, and Humans. *Foods*, 1-40.

Fung, Y. (2002). *Evaluación del crecimiento y producción de Lentinula edodes. Berk. Pegler (SHIITAKE) sobre diferentes sustratos a base de residuos agroindustriales colombianos. Microbiólogo Industrial. Pontificia Universidad Javeriana. Facultad de Ciencias. Departamento de Microbiología. Bogotá D. C*

Garcia, L., Merchan C., C. G. (2011). *Evaluación, Caracterización y Aprovechamiento Del Hongo Lentinula edodes (Shiitake) para la disposición final*

del residual de la industria maderera en la provincia de Chimborazo. Ambato: Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

Gong, P., Wang, S., Liu, M., Chen, F., Yang, W., Chang, X., . . . Chen, X. (2020). *Carbohydrate Research*. China: Elsevier.

Gómez, J. (2020). *Shiitake propiedades y beneficios más importantes*. Casa pia.

Halpern, G. (2006). *Healing Mushrooms*. Nueva York: SquareOne Publishers.

Hernández, R. G., Salmones, D., Merlo, R. P., & Mata, G. (2006). *Manual práctico de cultivo de setas*. Veracruz: Instituto de Ecología.

Hidestroza, L. (2008). Aspectos relacionados con la producción de *Lentinula Edodes* (shiitake): una seta con alto potencial alimenticio y medicinal. *Temas selectos de Ingeniería de Alimentos 2*, 16-21.

Jurikova, T. (2009). Beta-glucans in higher fungi and their health effects. *Nutrition Reviews*, 67(11), 624-631.

Kotowski, M. (2019). History of mushroom consumption and its impact on traditional view on mycobiota – an example from Poland. *Microbial Biosystems Journal*, 4(3), 1-13.

Kuhar, F., Castiglia, V., & Papinutti, L. (2007). Reino Fungi: morfología y estructura de los hongos. *Revista Boletín Biológica*, 11-18.

Lee, S., & Chang, Y. (2016). Ganoderma: Jekyll and Hyde Mushroom. *Agriculture Science Journal*, 1-11.

Leong, Y. K., Yang, F.-C., & Chang, J.-S. (2021). *Extraction of polysaccharides from edible mushrooms: Emerging*. Taiwan: Elsevier.

Li, W., Wang, J., Chen, Z., Gao, X., Chen, Y., Xue, Z., & Guo, Q. (2018). Physicochemical properties of polysaccharides from *Lentinus edodes* under high

pressure cooking treatment and its enhanced anticancer effects. *International Journal of Biological Macromolecules*, 994-1001.

Lindequist, U., Niedermeyer, T., & Jülich, W. D. (2005). The Pharmacological Potential of Mushrooms. *Evid Based Complement Alternat Med*, 2(3), 285-299.

López, A. Á. (2020). *Evaluación de la eficiencia del crecimiento del micelio de Ganoderma lucidum (Ganodermataceae), un hongo con alto potencial de uso textil en Ecuador, en tres sustratos orgánicos*. Ecuador: Ciencia Digital.

Louie, K., Kosina, S., Hu, Y., Otani, H., Raad, M. d., Kufin, A., . . . P, B. (2020). *Reference Module in Chemistry, Molecular Sciences and Chemical Engineering*. Barkeley: ElSevier.

Lucius, K. (2020). Medicinal Mushrooms: Current Use in Clinical Practice. *Alternative and Complementary Therapies*, 26(3), 119-126.

Luna, J. R. (2012). *Estudio químico y potencial antimicrobiano del estípite de shiitake (Lentinula edodes) y su factibilidad de empleo como ingrediente nutracéutico en la preparación de alimentos aviar*. Colombia.

Marhamati, M., Kakhaki, Z. K., & Rezaie, M. (2020). Advance in Ultrasound-Assisted Extraction of Edible Oils: A Review. *Journal of Nutrition Fasting and Health*, 220-230.

Manikandan, K. (2011). *Nutritional and Medicinal values of Mushrooms*. Tamil: Directorate of Mushroom Research.

Martínez, P. (2016). *Hongo Reishi*. Barcelona: La Senda Natural.

Mata, G., Gaitán, R., & Salmones, D. (2020). *El cultivo del shiitake: Tecnología e Innovación en la producción de un alimento y medicina ancestral*. Xalapa: Inecol

Medina, N., Ayora, T., Espinosa, H., Sánchez, A., Pacheco, N. (2017). Ultrasound Assisted Extraction for the Recovery of Phenolic Compounds from Vegetable Sources. *Agronomy*, 1-19.

Miles, P., & Chang, S. (2004). *Mushrooms: Cultivation, Nutritional Value, Medicinal Effect, and Environmental Impact*. Florida: CRC Press.

Mohan, N., Karambelkar, R., Jain, A., & Kumari, A. (2014). Pressurized Hot Water Extraction. *International Journal of Latest Trends in Engineering and Technology*, 4(4), 25-30.

Morales, D., Smiderle, F. R., Villalva, M., Abreu, H., Rico, C., Santoyo, S., . . . Soler, C. (2019). Testing the effect of combining innovative extraction technologies on the biological activities of obtained β -D-glucan-enriched fractions from *Lentinula edodes*. *Journal of Functional Foods*, 103446.

Moreno, H., Martínez, A., Fujimoto, Y. (2011). Aislamiento e identificación de dos esteroides y un triterpenoide del cuerpo fructífero de *Ganoderma lucidum* cultivado en Colombia. *Revista de la Facultad de Química Farmacéutica*, 18(1), 11-15.

Moreno, M. F. (2010). Aislamiento e identificación de dos esteroides y un triterpenoide del cuerpo fructífero de *Ganoderma Lucidum* cultivado en Colombia. *Vitae*, 11-15.

Nie, S., Zhang, H., Li, W., & Xie, M. (2013). Current development of polysaccharides from *Ganoderma*: Isolation, structure and bioactivities. *Bioactive Carbohydrates and Dietary Fibre*, 10-20.

Nikšić, M., Klaus, A., & Argyropoulos, D. (2016). *Regulating Safety of Traditional and Ethnic Foods*. New Jersey: Academic Press.

Palanisamy, M., Aldars, L., Ramirez, A., Ruiz, A., Marin, F., Reglero, G., & Soler, C. (2014). Pressurized Water Extraction of β -glucan Enriched Fractions with Bile Acids-Binding Capacities Obtained from Edible Mushrooms. *Biotechnology Progress*, 30(2), 391-400.

Parepalli, Y. (2020). *Ganoderma lucidum* Polysaccharides Extraction, yields and its Biological Applications. *Electronic Journal of Biology*, 16(4), 108-120.

Parniakov, O., Lebovka, I., Hecke, E. V., & Vorobiev, E. (2013). Pulsed Electric Field Assisted Pressure Extraction and Solvent Extraction from Mushroom (*Agaricus Bisporus*). *Food Bioprocess Technol*, 7(1), 174-83.

Plaza, M., & Turner, C. (2015). Trends in Analytical Chemistry. Pressurized hot water extraction of bioactives, 39-54.

Pohleven, J. (2016). *Medicinal Mushrooms*. Slovenia: Mycomedica.

Postemsky, B., Debalis, F., & Peryra, D. (2014). *Optimización de la producción del hongo medicinal Reishi (Ganoderma lucidum) para el desarrollo de nutraceuticos y fitoterápicos*. Bahía Blanca.

Ramírez, P., González, M. J., Falqué, E., & Domínguez, H. (2018). Pressurized hot water extraction of beta-glucans from *Cantharellus tubaeformis*. *Electrophoresis*, 39(15), 1892-1898.

Ramos, M. (2019). *Agaricus bisporus and its by-products as a source of valuable extracts and bioactive compounds*. San Vicente: Elsevier.

Ríos, J. L. (2015). *Ganoderma lucidum, un hongo con propiedades inmunoestimulantes*. Valencia.

Roa, A., Camacho, H., Ardilla, J., & Nieves, K. (2018). *Viabilidad para la creación de una empresa que fabrique y comercialice el extracto de Ganoderma lucidum*. Bogotá.

Roohinejad, S., Nikmaram, N., Brahim, M., Koubaa, M., Khelfa, A., & Greiner, R. (2017). Potential of Novel Technologies for Aqueous Extraction of Plant Bioactives. Water Extraction of Bioactive Compounds. En H. D. González, & M. J. Muñoz, *Water Extraction of Bioactive Compounds* (págs. 399-419). Elsevier.

- Rivera, O. A. (2017). Componentes Bioactivos del Shiitake (*Lentinula edodes* Berk. Pegler) y su impacto en la salud. *Archivos Venezolanos de Farmacología y Terapéutica*, 36(3), 67-71.
- Salazar, W. (2014). Diversidad de los hongos Ganoderma y Amauroderma en el Ecuador. Quito: Pontificia Universidad Católica del Ecuador. Trabajo de Titulación.
- Sánchez, N. A. (2016). Los hongos como fuente de recursos farmacológicos: *Ganoderma lucidum*; *Grifola frondosa*; y *Pleurotus ostreatus*. *Temas de Ciencia y Tecnología*, 20(58), 25-36.
- Sheikh, B., Sarker, M. R., Kamarudin, M. N., & Ismail, A. (2017). Prophetic medicine as potential functional food elements in the intervention of cancer: A review. *Biomedicine and Pharmacology*, 614-648.
- Smiderle, F. R., Morales, D., Gil-Ramírez, A., Liana Inara de Jesús, B. L., Iacomini, M., & Rivas, C. (2017). Evaluation of microwave-assisted and pressurized liquid extractions. *Carbohydrate Polymers*, 165-174.
- Smith, R. y. (2002). *Medicinal Mushrooms: Their therapeutic properties and current medical usage with special emphasis on cancer treatments*. London: Cancer Research UK.
- Sociedad de Hongos Medicinales. (2013). *Hongos Medicinales: Virtud Natural con Nutrición*. Alemania: GFV.
- Soto, E. R. (2015). Application of Non-conventional Extraction Methods: Toward a Sustainable and Green Production of Valuable Compounds from Mushrooms. *Food Engineering Reviews*, 8(2), 1-22.
- Stamets, P. (2000). *Growing gourmet and medicinal mushrooms*. Third Edition. Ten Speed Press. Berkeley, Toronto.

Sukor, N., Jusoh, R., Rahmin, S., & Kamarudin, N. (2018). Ultrasound Assisted Methods for Enhanced Extraction of Phenolic Acids from *Quercus Infectoria* Galls. *Materials Today: Proceedings*, 1-14.

Sullivan, R. (2002). *Medicinal Mushrooms: Their therapeutic properties and current medical usage with special emphasis on cancer treatments*. Gran Bretaña: Cancer Research UK.

Teo, C., Tan, S., J. W., Sin, C., & Shi, E. (2010). Pressurized hot water extraction (PHWE). *Journal of Chromatography A*, 2484–2494.

Uddin, M., Pervin, R., Jahan, J., Talukder, R. I., & Ahmed, S. (2020). *Mushroom Polysaccharides: Chemistry and Anticancer Potentials*. IntechOpen.

Valencia, N. R., & López, G. J. (2005). *Cultivo de hongos medicinales en residuos orgánicos de la zona cafetera*. Colombia: Cenicafé.

Valverde, M. E., Pérez, T. H., & Paredes, O. (2015). Edible Mushrooms: Improving Human Health and Promoting Quality Life. *International Journal of Microbiology*, 1-14.

Vega, K., & Kalkum, M. (2012). Chitin, Chitinase Responses, and Invasive Fungal Infections. *International Journal of Microbiology*, 1-11.

Wasser, S. P. (2005). Reishi or Ling Zhi (*Ganoderma lucidum*). *Encyclopedia of Dietary Supplements* 603–622.

Watchel, S., Yuen, J., Buswell, J., & Benzie, I. (2011). *Herbal Medicine: Biomolecular and Clinical Aspects*. Florida: CRC Press.

Wu, J. W. (2017). Ultrasound-assisted extraction of polysaccharides from edible and medicinal fungi: major factors and process kinetics. *MOJ Food Processing & Technology*, 4(2), 48-52.

Xu, X., Yan, H., Tang, J., Chen, J., & Zhang, X. (2013). Polysaccharides in *Lentinus edodes*: Isolation, Structure, Immunomodulating Activity and Future Prospective. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 54(4), 474-487.

Xue, D., & Farid, M. (2015). Pulsed Electric Field Extraction of Valuable Compounds from White Button Mushroom (*Agaricus Bisporus*). *Innovate Food Science & Emerging Technologies*, 178-186.

Zavaleta, M. A. (2015). *Efecto de diferentes sustratos y cepas sobre las características físico-químicas y compuestos con actividad antioxidante en carpóforos de shiitake (Lentinula edodes)*. Xalapa.

Zhang, M., Cui, S., Wang, Q., & Cheung, P. (2007). Antitumor polysaccharides from mushrooms: a review on their isolation process, structural characteristics and antitumor activity. *Trends in Food Science & Technology*, 4-19.

Zhang, Y., Li, S., Wang, X., Zhang, L., & Cheung, P. C. (2011). Advances in lentinan: Isolation, structure, chain conformation and bioactivities. *Food Hydrocolloids*, 25(2), 196-206.

Zhao, L., Dong, Y., Chen, G., & Hu, Q. (2010). Extraction, purification, characterization and antitumor activity of polysaccharides. *Carbohydrate Polymers*, 783-789.

Zhao, Y. M., Yang, J. M., Liu, Y. H., Zhao, M., & Wang, J. (2018). Ultrasound assisted extraction of polysaccharides from *Lentinus edodes* and its anti-hepatitis B activity in vitro. *International Journal of Biological Macromolecules*, 2217-2223.

Zhua, F., Du, B., & Xu, B. (2014). Preparation and Characterization of Polysaccharides from Mushrooms. *Springer International Publishing Switzerland*, 1-16. doi:10.1007/978-3-319-03751-6_10-1