



**UNIVERSIDAD DE GUAYAQUIL**  
**FACULTAD DE CIENCIAS QUÍMICAS**  
**MODALIDAD: INVESTIGACIÓN**



**TEMA:**

EVALUACIÓN DEL CONTENIDO DE PROTEÍNAS, AMINOÁCIDOS Y  
MINERALES DE LA *LENTINULA EDODES* QUE SE CULTIVA EN ECUADOR

**TRABAJO DE TITULACIÓN PRESENTADO COMO REQUISITO PREVIO  
PARA OPTAR POR EL GRADO DE QUÍMICOS Y FARMACÉUTICOS**

**AUTORES:**

REYES ROMÁN RONALD ARTURO  
ZAMBRANO SALAZAR EDISON HAROLD

**LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:**

CIENCIAS BÁSICAS, BIOCONOCIMIENTO Y DESARROLLO INDUSTRIAL

**SUBLÍNEA DE INVESTIGACIÓN:**

CIENCIA Y TECNOLOGÍA DE ALIMENTOS

**TUTOR:**

Q. F MARÍA PÍA FONDEVILA M.SC.

**GUAYAQUIL – ECUADOR**

**2020**



FACULTAD DE CIENCIAS QUÍMICAS  
CARRERA QUÍMICA Y FARMACIA  
UNIDAD DE TITULACIÓN



FICHA DE REGISTRO DE TESIS/TRABAJO DE GRADUACIÓN

|   |   |  |    |
|---|---|--|----|
| <b>TÍTULO Y SUBTÍTULO:</b>  | <b>EVALUACION DEL CONTENIDO DE PROTEINAS, AMINOACIDOS Y MINERALES DE LA LENTINULA EDODES QUE SE CULTIVA EN ECUADOR</b>              |  |    |
| <b>AUTOR (ES) (Apellidos/Nombres):</b>  | Reyes Roman Ronald Arturo<br>Zambrano Salazar Edison Harold   |  |    |
| <b>DOCENTE TUTOR Y DOCENTE REVISOR (Apellidos/Nombres):</b>   | Q.F Maria Pia Fondevila Beltrame M.Sc. (Tutora)   |  |    |
| <b>INSTITUCIÓN:</b>   | Universidad de Guayaquil  |  |    |
| <b>UNIDAD/FACULTAD:</b>   | Ciencias Químicas   |  |    |
| <b>MAESTRÍA/ESPECIALIDAD:</b>   |   |  |    |
| <b>GRADO OBTENIDO:</b>  | Tercer Nivel / Químicos y Farmacéuticos   |  |    |
| <b>FECHA DE PUBLICACIÓN:</b>  | 2020  | <b>No. DE PÁGINAS:</b>   | 60 |
| <b>ÁREAS TEMÁTICAS:</b>   | Ciencia y Tecnología de los alimentos   |  |    |
| <b>PALABRAS CLAVES/ KEYWORDS:</b>   | Shiitake, Proteínas, Aminoácidos, minerales.  |  |    |
| <b>RESUMEN/ABSTRACT (150-250 palabras):</b>   |   |  |    |
| <p><i>Lentinula edodes</i> pertenece a la división basidiomycota correspondiente al Reino Fungi conocido en Ecuador como Hongo Shiitake, Es un alimento natural consumido por décadas en muchos países desarrollados. En Japón es parte de la dieta de sus habitantes por miles de años. En los últimos años se ha visto un incremento en el consumo de hongos de diversas especies incluyendo el hongo Shiitake. En los años 80 y 90 la producción mundial de setas se aceleró dramáticamente. En Ecuador el cultivo de <i>Lentinula edodes</i> se desarrolla en la región Interandina, debido a las bajas temperaturas que este hongo comestible requiere para su cultivo y asimismo los habitantes de las zonas aledañas son consumidores del hongo Shiitake. Debido a las condiciones en las que se cultiva en Ecuador se decidió investigar su contenido de proteínas, aminoácidos y minerales y compararlas con otros cultivos que se desarrollan en otras partes del mundo, China, Corea, Italia, India, Finlandia, fueron los países elegidos para dicha comparación, dando como resultado algunas diferencias entre las demás investigaciones, suponiendo que el mayor causante de dichas diferencias es la composición del sustrato en donde crece el hongo shiitake.</p> |   |  |    |
| <b>ADJUNTO PDF:</b>   | <input checked="" type="checkbox"/> SI  | <input type="checkbox"/> NO  |    |
| <b>CONTACTO CON AUTOR/ES:</b>   | Teléfono: 0988608188<br>Teléfono: 0998505182  | E-mail: <a href="mailto:edison.zambranos@ug.edu.ec">edison.zambranos@ug.edu.ec</a><br>E-mail: <a href="mailto:ronald.reyesr@ug.edu.ec">ronald.reyesr@ug.edu.ec</a> |    |
| <b>CONTACTO CON LA INSTITUCIÓN:</b>   | Nombre: FACULTAD DE CIENCIAS QUÍMICAS<br>Teléfono: (04) 2293680<br>E-mail: <a href="http://www.fcq.ug.edu.ec">www.fcq.ug.edu.ec</a> |  |    |



FACULTAD DE CIENCIAS QUÍMICAS  
CARRERA QUÍMICA Y FARMACIA  
UNIDAD DE TITULACIÓN



Guayaquil, 5 de marzo del 2020

**DRA. MARIANITA DE JESÚS RENDÓN MARISCAL M.Sc.**  
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 **“EVALUACIÓN DEL CONTENIDO DE PROTEÍNAS, AMINOÁCIDOS Y MINERALES DE LA LENTINULA EDODES QUE SE CULTIVA EN ECUADOR”** de los estudiantes **EDISON HAROLD ZAMBRANO SALAZAR**, C.I. 0923591853 y **RONALD ARTURO REYES ROMÁN**, C.I. 0705384956, indicando 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 están aptos para continuar con el proceso de revisión final.

Atentamente,

**María Pía Fondevila Beltrame, M.S**  
C.I. 0901855635



**FACULTAD: CIENCIAS QUÍMICAS  
CARRERA: QUÍMICA Y FARMACIA  
UNIDAD DE TITULACIÓN**




---

**INFORME DEL DOCENTE REVISOR**

Sra. Dra.  
ZOILA LUNA ESTRELLA  
VICEDECANA  
FACULTAD DE CIENCIAS QUIMICAS  
UNIVERSIDAD DE GUAYAQUIL  
Ciudad.-

De mis consideraciones:

Envío a Ud. el informe correspondiente a la REVISIÓN FINAL del Trabajo de Titulación "EVALUACIÓN DEL CONTENIDO DE PROTEÍNAS, AMINOÁCIDOS Y MINERALES DE LA *LENTINULA EDODES* QUE SE CULTIVA EN ECUADOR" de los estudiantes, REYES ROMÁN RONALD ARTURO y ZAMBRANO SALAZAR EDISON HAROLD.

Las gestiones realizadas me permiten indicar que el trabajo fue revisado considerando todos los parámetros establecidos en las normativas vigentes, en el cumplimiento de los siguientes aspectos:

Cumplimiento de requisitos de forma:

- El título tiene un máximo de 17 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 del 75 % de 5 años.
- La propuesta presentada es pertinente.

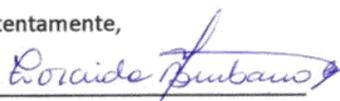
Cumplimiento con el Reglamento de Régimen Académico:

- 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 el que el trabajo de investigación cumple con los requisitos exigidos.

Una vez concluida esta revisión, considero que los estudiantes están aptos para continuar el proceso de titulación. Particular que comunico a usted para los fines pertinentes.

Atentamente,

  
DRA. ZORAIDA BURBANO M.Sc

C.I. 0909393274

TUTOR DE TRABAJO DE TITULACIÓN

FECHA: Junio 10 del 2020



FACULTAD DE CIENCIAS QUÍMICAS  
CARRERA QUÍMICA Y FARMACIA  
UNIDAD DE TITULACIÓN



## CERTIFICADO PORCENTAJE DE SIMILITUD

Habiendo sido nombrado **MARÍA PÍA FONDEVILA BELTRÁN MSc**, tutora del trabajo de titulación certifico que el presente trabajo de titulación ha sido elaborado por **EDISON HAROLD ZAMBRANO SALAZAR**, C.I. 0923591853 y **RONALD ARTURO REYES ROMÁN**, C.I. 0705384956, y con mi respectiva supervisión como requerimiento parcial para la obtención del título de Químicos y Farmacéuticos.

Se informa que el trabajo de titulación: **"EVALUACIÓN DEL CONTENIDO DE PROTEÍNAS, AMINOÁCIDOS Y MINERALES DE LA LENTINULA EDODES QUE SE CULTIVA EN ECUADOR"**, ha sido orientado durante todo el periodo de ejecución en el programa antiplagio (Urkund) quedando el 2% de coincidencia.

Microsoft Office Home | Career: MARIA PIA FONDEVILA | 094859083 - TESIS Edison y Ron... | Urkund Report - TESIS Edison y...

secure.arkund.com/old/view/62883048-822215-871341#q1bKLVayjibQMdQxitVRKs5Mz8tMv0xOzE1OVbly0DMwNDU3szQytiQzAjY2t7Q0cANA

URKUND

Documento: Trabajo final.docx [62883048-822215-871341#q1bKLVayjibQMdQxitVRKs5Mz8tMv0xOzE1OVbly0DMwNDU3szQytiQzAjY2t7Q0cANA]

Presentado: 2020-03-04 16:15:09 (UTC)

Presentado por: maria.fondevila@ug.edu.ec

Recibido: campoverdewg@analisis.arkund.com

Mensaje: Revisión tesis Edison Zambrano y Ronald Reyes. [Verificar su presencia en Google](#)

2% de estas 12 páginas, se componen de texto presente en 1 fuentes

Lista de fuentes: Bloquear

| Categoría            | Enlace/nombre de archivo |
|----------------------|--------------------------|
| Fuentes alternativas | Trabajo final.docx       |
| Fuentes no usadas    |                          |

Con URKUND siempre han aumentado las cantidades añadiendo un gran número de especies. Los cultivos en los años 2011 y 2012 corresponden a la dramática aceleración en la producción mundial total de setas. El uso de energía y nutrientes se ha "sido Granjas setas": Agaricus, Pleurotus, Lentinula, Auricularia, Volvariella y Flammulina (Lalio & Barreda, 2019).

El "Shitake" es un hongo tradicional de Japón, Corea y China, es apreciado tanto por su sabor como

100% #1 Activo

No solo cultivado en las regiones montañosas de Asia por más de mil años mediante técnicas tradicionales y solo en los últimos treinta años, se comenzó el estudio de técnicas superiores de cultivo para lograr rendimientos adecuados para su comercialización al mundo occidental.

Archivo de registro Urkund: UNIVERSIDAD DE GUAYAQUIL - Trabajo final.docx 100%

Capítulo:  
PROBLEMA  
1.1. Planteamiento y formulación del problema  
1.1.1. Planteamiento del problema

<https://secure.arkund.com/old/view/62883048-822215-871341#q1bKLVayjibQMdQxitVRKs5Mz8tMv0xOzE1OVbly0DMwNDU3szQytiQzAjY2t7Q0cANA>

*María Pía Fondevila*

MARÍA PÍA FONDEVILA BELTRAME, M.S.  
C.I.: 0901855635





## Urkund Analysis Result

**Analysed Document:** TESIS Edison y Ronald-Rev URKUND.docx (D64855083)  
**Submitted:** 3/4/2020 10:15:00 PM  
**Submitted By:** maria.fondevilab@ug.edu.ec  
**Significance:** 2 %

Sources included in the report:

Trabajo final.docx (D22310973)

Instances where selected sources appear:

3



**FACULTAD DE CIENCIAS QUÍMICAS  
CARRERA QUÍMICA Y FARMACIA  
UNIDAD DE TITULACIÓN**



Guayaquil, 5 marzo del 2020

## **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: **"EVALUACIÓN DEL CONTENIDO DE PROTEÍNAS, AMINOÁCIDOS Y MINERALES DE LA LENTINULA EDODES QUE SE CULTIVA EN ECUADOR"**, presentado por **EDISON HAROLD ZAMBRANO SALAZAR**, C.I. 0923591853 y **RONALD ARTURO REYES ROMÁN**, C.I. 0705384956 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 2% de coincidencia. Lo Certifico:

A handwritten signature in blue ink, reading "María Pía Fondevila Beltrame".

**María Pía Fondevila Beltrame M.S**

**C.I. 0901855635**



FACULTAD DE CIENCIAS QUÍMICAS  
CARRERA QUÍMICA Y FARMACIA  
UNIDAD DE TITULACIÓN



Guayaquil, 10 Junio 2020

## CERTIFICACIÓN DEL TUTOR REVISOR

Habiendo sido nombrada DRA. ZORAIDA BURBANO MSc, Tutor Revisor del trabajo de titulación **“EVALUACIÓN DEL CONTENIDO DE PROTEÍNAS, AMINOÁCIDOS Y MINERALES DE LA LENTINULA EDODES QUE SE CULTIVA EN ECUADOR”** certifico que el presente trabajo de titulación, elaborado por los estudiantes **REYES ROMAN RONALD ARTURO** con C.I. **0705384956** y **ZAMBRANO SALAZAR EDISON HAROLD** con C.I. **0923591853**, con mi respectiva supervisión como requerimiento parcial para la obtención del Título de Químico y Farmacéutico, en la carrera de Química y Farmacia de la Facultad de Ciencias Químicas, ha sido **REVISADO y APROBADO** en todas sus partes, encontrándose para su sustentación.

DRA. ZORAIDA BURBANO G. MSc

DOCENTE TUTOR REVISOR

C.I. No. 0909393274



FACULTAD DE CIENCIAS QUÍMICAS  
CARRERA QUÍMICA Y FARMACIA  
UNIDAD DE TITULACIÓN



**CERTIFICADO DEL TRIBUNAL**

El tribunal de Sustentación del Trabajo de Titulación de los Señores **REYES ROMAN RONALD ARTURO Y ZAMBRANO SALAZAR EDISON HAROLD** después de ser examinados en su presentación, memoria científica y defensa oral, da por aprobado el Trabajo de Titulación.

Dra. Zoraida del Carmen Burbano Gómez M.Sc  
PRESIDENTE-MIEMBRO DEL TRIBUNAL

Q.F. María Auxiliadora Alarcón Perasso M.Sc  
DOCENTE-MIEMBRO DEL TRIBUNAL

Q.F. Soraya García Larreta M.Sc  
DOCENTE-MIEMBRO DEL TRIBUNAL

Ab. FRANCISCO PALOMEQUE ROMERO  
SECRETARIO GENERAL  
FACULTAD DE CIENCIAS QUÍMICAS



FACULTAD DE CIENCIAS QUÍMICAS  
CARRERA QUÍMICA Y FARMACIA  
UNIDAD DE TITULACIÓN



LICENCIA GRATUITA INTRANSFERIBLE Y NO EXCLUSIVA PARA EL USO  
NO COMERCIAL DE LA OBRA CON FINES NO ACADÉMICOS

Nosotros, **EDISON HAROLD ZAMBRANO SALAZAR** con C.I.0923591853 y con **RONALD ARTURO REYES ROMÁN**, C.I. 0705384956, certificamos que los contenidos desarrollados en este trabajo de titulación, cuyo título es "EVALUACIÓN DEL CONTENIDO DE PROTEÍNAS, AMINOÁCIDOS Y MINERALES DE LA LENTINULA EDODES QUE SE CULTIVA EN ECUADOR" son de nuestra absoluta propiedad y responsabilidad Y SEGÚN EL Art. 114 del CÓDIGO ORGÁNICO DE LA ECONOMÍA SOCIAL DE LOS CONOCIMIENTOS, CREATIVIDAD E INNOVACIÓN\*, autorizo el uso de una licencia gratuita intransferible y no exclusiva para el uso no comercial de la presente obra con fines no académicos, en favor de la Universidad de Guayaquil, para que haga uso del mismo, como fuera pertinente.

  
\_\_\_\_\_  
**EDISON HAROLD ZAMBRANO SALAZAR**  
C.I. 0923591853

  
\_\_\_\_\_  
**RONALD ARTURO REYES ROMÁN**  
C.I. 0705384956

\*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 para el uso no comercial de la obra con fines académicos.



**FACULTAD DE CIENCIAS QUÍMICAS  
CARRERA QUÍMICA Y FARMACIA  
UNIDAD DE TITULACIÓN**



Guayaquil, 6 de Marzo del 2020

**CARTA DE AUTORÍA DEL TRABAJO DE TITULACIÓN  
"EVALUACIÓN DEL CONTENIDO DE PROTEÍNAS, AMINOÁCIDOS Y  
MINERALES DE LA *LENTINULA EDODES* QUE SE CULTIVA EN ECUADOR"**

Yo, **ZAMBRANO SALAZAR EDISON HAROLD**, autor de este trabajo declaro ante las autoridades de la Facultad de Ciencias Químicas de la Universidad de Guayaquil, que la responsabilidad del contenido de este TRABAJO DE TITULACIÓN me corresponde a mí exclusivamente; y el patrimonio intelectual de la misma a la Facultad de Ciencias Químicas de la Universidad de Guayaquil.

Declaro también es de mi autoría, que todo el material escrito, salvo el que está debidamente referenciado en el texto. Además, ratifico que este trabajo no ha sido parcial ni totalmente presentado para la obtención de un título, ni en una Universidad nacional, ni una extranjera.

**ZAMBRANO SALAZAR EDISON HAROLD**

C.I. 0923591853



**FACULTAD DE CIENCIAS QUÍMICAS  
CARRERA QUÍMICA Y FARMACIA  
UNIDAD DE TITULACIÓN**



Guayaquil, 6 de Marzo del 2020

**CARTA DE AUTORÍA DEL TRABAJO DE TITULACIÓN  
“EVALUACIÓN DEL CONTENIDO DE PROTEÍNAS, AMINOÁCIDOS Y  
MINERALES DE LA *LENTINULA EDODES* QUE SE CULTIVA EN ECUADOR”**

Yo, **REYES ROMAN RONALD ARTURO**, autor de este trabajo declaro ante las autoridades de la Facultad de Ciencias Químicas de la Universidad de Guayaquil, que la responsabilidad del contenido de este TRABAJO DE TITULACIÓN me corresponde a mí exclusivamente; y el patrimonio intelectual de la misma a la Facultad de Ciencias Químicas de la Universidad de Guayaquil.

Declaro también es de mi autoría, que todo el material escrito, salvo el que está debidamente referenciado en el texto. Además, ratifico que este trabajo no ha sido parcial ni totalmente presentado para la obtención de un título, ni en una Universidad nacional, ni una extranjera.

  
\_\_\_\_\_  
**REYES ROMAN RONALD ARTURO**

C.I. 0705384956

## **AGRADECIMIENTO**

A Dios todo el agradecimiento profundo por habernos permitido llegar a este punto y brindarnos salud para lograr nuestros objetivos en este largo y dificultoso camino que sin duda a formado buenos profesionales capaces de desempeñar lo aprendido con ética y responsabilidad.

A nuestros padres por darnos la vida y ser el motor impulsor hacia todas nuestras metas, ser la motivación de nuestro día a día ya que sin ellos nada de esto sería posible; también agradecer a nuestros docentes por impartir en nosotros sus conocimientos y por enseñarnos valores éticos y morales.

Gran agradecimiento a las personas que nos ayudaron en la elaboración de este proyecto y fueron parte influyente para el desempeño y preparación del mismo, especialmente a nuestra tutora la Dra. María Pía Fondevila, sincera gratitud por su apoyo incondicional, valiosa colaboración y asesoramiento, en la elaboración y culminación de este proyecto. Gracias sobre todo por la predisposición en impartir todos sus conocimientos y su experiencia adquirida durante toda su carrera como profesional la cual nos ha servido para el desenvolvimiento y desarrollo del presente trabajo de investigación.

## ÍNDICE

|   |            |
|---|------------|
| <b>RESUMEN .....</b>  | <b>xx</b>  |
| <b>ABSTRACT .....</b>   | <b>xxi</b> |
| <b>INTRODUCCIÓN .....</b>   | <b>1</b>   |
| <b>CAPITULO I: .....</b>  | <b>2</b>   |
| <b>PROBLEMA .....</b>   | <b>2</b>   |
| I.1. Planteamiento y formulación del problema.....                          | 2          |
| I.1.1 Planteamiento del problema .....                                      | 2          |
| I.1.2 Formulación del problema. ....  | 3          |
| I.2 Justificación .....   | 4          |
| I.3 Hipótesis.....  | 5          |
| I.4 Objetivos .....   | 6          |
| I.4.1 Objetivo general .....  | 6          |
| I.4.2 Objetivos específicos .....   | 6          |
| I.5 Operacionalización de las variables.....                                | 7          |
| <b>CAPITULO II.....</b>   | <b>8</b>   |
| <b>MARCO TEORICO .....</b>  | <b>8</b>   |
| II.1 Hongos comestibles .....   | 8          |
| II.1.1 Concepto .....   | 8          |
| II.1.2 Generalidades .....  | 8          |
| II.1.3 Cultivo .....  | 9          |
| II.1.4 Historia .....   | 9          |
| II.1.5 Importancia .....  | 10         |
| II.1.6 Estructura .....   | 10         |
| II. 2 Hongo shiitake ( <i>Lentinula edodes</i> ).....                       | 11         |
| II.2.1 Concepto .....   | 11         |
| II.2.2 Origen.....  | 12         |
| II.2.3 Hábitat.....   | 12         |
| II.2.4 Cultivo .....  | 13         |
| II.2.5 Composición Química.....   | 17         |
| II.2.6 Variedades.....  | 18         |
| II. 3 Propiedades nutricionales de setas comestibles y hongo shiitake. .... | 19         |

|   |           |
|---|-----------|
| II.3.2 Contenido de aminoácidos .....                           | 19        |
| II.3.3 Contenido de proteínas .....                             | 20        |
| II.3.4 Contenido de fibra alimentaria.....                      | 20        |
| II.3.5 Contenido de Minerales .....                             | 21        |
| II.3.6 Contenido de Grasa .....                                 | 21        |
| II.4 Componentes bioactivos del hongo Shiitake.....             | 22        |
| II.4.1 Polisacáridos.....                                       | 22        |
| II.4.2 Lentinan.....  | 22        |
| II.4.3 Eritadenina .....  | 22        |
| <b>CAPITULO III.....</b>  | <b>24</b> |
| <b>METODOLOGÍA.....</b>   | <b>24</b> |
| III. 1 Tipo de Investigación.....                               | 24        |
| III. 2 Equipos, Aparatos, Materiales y Reactivos .....          | 24        |
| III.2.1 Materiales .....  | 24        |
| III.2.2 Equipos.....  | 25        |
| III.2.3 Reactivos .....   | 25        |
| III. 3 Muestra .....  | 26        |
| III.4 Metodología experimental .....                            | 27        |
| III.4.1 Contenido de Proteínas .....                            | 27        |
| III.4.2 Contenido de Aminoácidos.....                           | 28        |
| III.4.3 Contenido de Minerales .....                            | 29        |
| III.4.4 Contenido de Fibra .....                                | 31        |
| III.4.5 Contenido de Grasas .....                               | 32        |
| III.4.6 Parámetros Físico- Químico.....                         | 33        |
| III.4.7 Clasificación taxonómica .....                          | 35        |
| <b>CAPÍTULO IV:.....</b>  | <b>36</b> |
| <b>RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....</b>                             | <b>36</b> |
| IV.1 Contenido de nutrientes de <i>Lentinula edodes</i> . ..... | 36        |
| IV.1.1 Determinación de parámetros fisicoquímicos.....          | 39        |
| IV.2 Determinación de Proteínas.....                            | 41        |
| IV.3 Determinación de Grasas .....                              | 41        |
| IV.4 Determinación de Fibra.....                                | 42        |
| IV.2 Contenido de aminoácidos de <i>Lentinula edodes</i> .....  | 42        |
| IV.2.1 Determinación de Aminoácidos .....                       | 45        |
| IV.3 Contenido de minerales de <i>Lentinula edodes</i> . .....  | 47        |
| IV.4 Determinación de Minerales.....                            | 48        |

|                                     |           |
|-------------------------------------|-----------|
| IV.5 Clasificación taxonómica ..... | 49        |
| <b>CONCLUSIONES .....</b>           | <b>50</b> |
| <b>RECOMENDACIONES .....</b>        | <b>51</b> |
| <b>BIBLIOGRAFÍA .....</b>           | <b>52</b> |
| <b>GLOSARIO .....</b>               | <b>54</b> |
| <b>ANEXOS .....</b>                 | <b>56</b> |

## INDICE DE TABLAS

|  |    |
|--|----|
| <b>Tabla I.</b> Resultado de nutrientes del hongo Shiitake ( <i>Lentinula edodes</i> )<br>cultivado en Ecuador frente al cultivado en otras partes del mundo ..... | 36 |
| <b>Tabla II.</b> Aminoácidos presentes en hongo Shiitake ( <i>Lentinula edodes</i> )<br>cultivada en Ecuador frente al cultivado en otras partes del mundo. ....   | 42 |
| <b>Tabla III.</b> Cromatógrafo líquido de alta eficiencia (HPLC) <i>L. edodes</i> . ....   | 46 |
| <b>Tabla IV.</b> Evaluación del contenido de minerales de <i>Lentinula edodes</i> cultivada<br>en Ecuador frente al cultivado en otras partes del mundo. ....      | 47 |

## INDICE DE FIGURAS

|  |    |
|--|----|
| <b>Figura 1:</b> Partes del hongo (Berrus & Segarra, 2019).....                        | 11 |
| <b>Figura 2:</b> Hongo shiitake. Autores .....   | 11 |
| <b>Figura 3:</b> Conservación de las cepas de hongo shiitake. Autores.....             | 14 |
| <b>Figura 4:</b> Crecimiento hongo shiitake en caja Petri. Autores .....               | 15 |
| <b>Figura 5:</b> Cepa de hongo shiitake sembrada en aserrín. Autores .....             | 15 |
| <b>Figura 6:</b> Etapa popcorning del crecimiento de hongo Shiitake. Autores .....     | 16 |
| <b>Figura 7:</b> Etapa browning del crecimiento de hongo shiitake. Autores.....        | 16 |
| <b>Figura 8:</b> Etapa fructificación del crecimiento de hongo shiitake. Autores ..... | 17 |

## INDICE DE ANEXOS

|  |    |
|--|----|
| <b>Anexo 1.</b> Tratamiento y desecado del hongo Shiitake. ....                                    | 56 |
| <b>Anexo 2.</b> Determinación de Parámetros Físico - Químico .....                                 | 56 |
| <b>Anexo 3.</b> Determinación del contenido de proteínas.....                                      | 57 |
| <b>Anexo 4.</b> Determinación del contenido de grasa. ....   | 58 |
| <b>Anexo 5.</b> Determinación del contenido de minerales. ....                                     | 58 |
| <b>Anexo 6.</b> Determinación del contenido de Fibra. ....   | 59 |
| <b>Anexo 7.</b> Determinación del contenido de aminoácidos. ....                                   | 59 |
| <b>Anexo 8.</b> Clasificación taxonómica de <i>Lentinula edodes</i> cultivada en Ecuador.<br>..... | 60 |

## INDICE DE GRÁFICOS

|   |    |
|---|----|
| <b>Gráfico 1.</b> Contenido de agua en materia fresca hongo Shiitake cultivada en Ecuador versus otras partes del mundo g/100g. ....            | 37 |
| <b>Gráfico 2.</b> Contenido de cenizas totales en materia fresca hongo Shiitake cultivada en Ecuador versus otras partes del mundo g/100g. .... | 37 |
| <b>Gráfico 3.</b> Contenido de proteínas en materia fresca hongo Shiitake cultivada en Ecuador versus otras partes del mundo g/100g. ....       | 38 |
| <b>Gráfico 4.</b> Contenido de Grasa en materia fresca hongo Shiitake cultivada en Ecuador versus otras partes del mundo g/100g. ....           | 38 |
| <b>Gráfico 5.</b> Contenido de Fibra en materia fresca hongo Shiitake cultivada en Ecuador versus otras partes del mundo g/100g. ....           | 39 |
| <b>Gráfico 6.</b> Contenido de aminoácidos en materia fresca hongo Shiitake cultivada en Ecuador versus otras partes del mundo g/100g. ....     | 44 |
| <b>Gráfico 7.</b> Contenido de minerales en materia fresca hongo Shiitake cultivada en Ecuador versus otras partes del mundo g/100g. ....       | 48 |

## RESUMEN

*Lentinula edodes* pertenece a la división basidiomycota correspondiente al Reino Fungi conocido en Ecuador como Hongo Shiitake, Es un alimento natural consumido por décadas en muchos países desarrollados. En Japón es parte de la dieta de sus habitantes por miles de años. En los últimos años se ha visto un incremento en el consumo de hongos de diversas especies incluyendo el hongo Shiitake. En los años 80 y 90 la producción mundial de setas se aceleró dramáticamente. En Ecuador el cultivo de *Lentinula edodes* se desarrolla en la región Interandina, debido a las bajas temperaturas que este hongo comestible requiere para su cultivo y asimismo los habitantes de las zonas aledañas son consumidores del hongo Shiitake. Debido a las condiciones en las que se cultiva en Ecuador se decidió investigar su contenido de proteínas, aminoácidos y minerales y compararlas con otros cultivos que se desarrollan en otras partes del mundo, China, Corea, Italia, India, Finlandia, fueron los países elegidos para dicha comparación, dando como resultado algunas diferencias entre las demás investigaciones, suponiendo que el mayor causante de dichas diferencias es la composición del sustrato en donde crece el hongo shiitake.

Palabras Clave: Shiitake, Proteínas, aminoácidos, minerales.

## ABSTRACT

*Lentinula edodes* belongs to the basidiomycota division corresponding to the Fungi Kingdom known in Ecuador as Shiitake Fungus, It is a natural food consumed for decades in many developed countries. In Japan it is part of the diet of its inhabitants for thousands of years. In recent years there has been an increase in the consumption of fungi of various species including the Shiitake fungus. In the 80s and 90s, world mushroom production accelerated dramatically. In Ecuador the cultivation of *Lentinula edodes* is developed in the Andes region, due to the low temperatures that this edible fungus requires for its cultivation and also the inhabitants of the surrounding areas are consumers of the Shiitake fungus. Due to the conditions under which it is cultivated in Ecuador it was decided to investigate its protein, amino acid and mineral content and compare them with other crops that are developed in other parts of the world, China, Korea, Italy, India, Finland, were the countries chosen for this comparison, resulting in some differences between the other investigations, assuming that the main cause of these differences is the composition of the substrate where the shiitake fungus grows

Keywords: Shiitake, Proteins, amino acids, minerals.

## INTRODUCCIÓN

El siguiente trabajo investigativo fue realizado con el fin de conocer y analizar la composición nutricional del hongo Shiitake (*Lentinula edodes*) cultivado en Ecuador para posteriormente realizar comparaciones con cultivos de otras partes del mundo. Determinar las diferencias que existen con otros cultivos. La comparación se lo hará en base a lo encontrado en las bibliografías científicas.

*Lentinula edodes* pertenece a la división basidiomycota correspondiente al Reino Fungi conocido en Ecuador como Hongo Shiitake. Fue cultivado en China hace más de 900 años en troncos de madera de forma estacional y fueron cultivadas también con sustratos enriquecidos utilizados para la alimentación de la población. La forma de cultivarse lo logró deducir Wu Sang Kanga través de los troncos de madera por medio de un accidental golpe en el tronco que posteriormente fue denominado “método de choque” que dio lugar al abundante cultivo del hongo. Permitió promover el desarrollo ante la dificultad de cultivar el hongo frente a temperaturas altas y húmedas en lugares que poseen altos índices de pobreza beneficiando en lo económico y nutricional a toda la población (Park & Lee, 2019)

Las setas han sido consumidas por el hombre como parte de la dieta normal por miles de años y en los últimos tiempos han aumentado las cantidades abarcando un gran número de especies. Los cultivos en los años 80 y 90 corresponden a la dramática aceleración en la producción mundial total de setas. Llevando consigo a comercializarse las “Seis Grandes setas”: *Agaricus*, *Pleurotus*, *Lentinula*, *Auricularia*, *Volvariella* y *Flammulina* (Calvo & Barreda, 2019).

El “Shiitake” es un hongo tradicional de Japón, Corea y China, es apreciado tanto por su sabor como por sus beneficios sobre la salud. Ha sido cultivado en las regiones montañosas de Asia por más de mil años mediante técnicas tradicionales y solo en los últimos treinta años se comenzó el estudio de técnicas superiores de cultivo para lograr rendimientos adecuados para su comercialización al mundo occidental (Calvo & Barreda, 2019).

## **CAPITULO I:**

### **PROBLEMA**

#### **I.1. Planteamiento y formulación del problema.**

##### **I.1.1 Planteamiento del problema**

En la actualidad a nivel mundial existe un desconocimiento sobre los beneficios nutricionales que poseen la mayor parte de especies de setas comestibles. Su cultivo es reconocido en países como China, Estados Unidos, Japón, Francia, Holanda, Reino Unido, e Italia. Es muy importante la ampliación del conocimiento del uso de setas en países que aún no lo consumen o cuya demanda se mantiene muy baja (Arreaga, 2016).

La seta comestible *Lentinula edodes* o conocida como Shiitake, es una de las opciones a ser consumida debido a su altísimo valor nutricional y se obtiene de manera natural debido a que se puede cultivar usando los residuos orgánicos (saprófito), ricos en proteínas, vitaminas y minerales bajos en calorías y mejor aprovechados en la dieta diaria (Arreaga, 2016).

En Ecuador existe poca demanda en el mercado por la insuficiente información que se tiene de la seta, por tanto, hay poca producción en el país a pesar de que posee características medio ambientales adecuadas para un cultivo a gran escala del mismo (Arreaga, 2016).

En la provincia de Imbabura la Municipalidad desarrolla prácticas para los residuos orgánicos que generan daño ambiental estos son provenientes de diferentes fuentes tales como mercados, instituciones y calles; y que de acuerdo con (Berrus & Segarra, 2019) estos residuos son fuente de lignina y celulosa que

se pueden usar en el cultivo de hongos comestibles, uno de ellos el hongo Shiitake.

Es importante recalcar el valor nutricional del Shiitake, por ello el motivo de este proyecto es estudiar las diferencias entre los valores nutricionales del hongo que se cultiva en Ecuador frente al que en otros países; esto podría deberse a las condiciones ambientales de cada país y a las formas de su cultivo.

### **I.1.2 Formulación del problema.**

En correspondencia con lo expuesto anteriormente surge la siguiente interrogante de investigación:

¿Qué factores influyen en las características físicas, químicas y nutricionales del hongo Shiitake que crece en Ecuador versus lo que se cultiva en otras partes del mundo?

## I.2 Justificación

En cuestión de interés económico y demanda por alimentos con altos niveles de nutrientes a nivel mundial, ha motivado al desarrollo de investigaciones de nuevas especies de alimentos que cubran con la dieta básica de la población, uno de estos son las setas comestibles, que en los últimos años ha visto un crecimiento considerable en todo el mundo por el estudio de nuevas formas de cultivos o producciones a nivel industrial de este producto, con el fin de cubrir el consumo básico al alcance de las personas de cualquier clase social (Arreaga, 2016).

Existen aún demasiado por explorar ya que no se ha dado la atención necesaria y hay desconocimiento por las bondades que presentan las setas comestibles, actualmente el mercado de la producción de hongos comestibles es muy amplio. Ecuador es uno de los países con el potencial para el cultivo de estas especies comestibles de hongos por la variedad de climas que posee y la gran diversidad de residuos orgánicos que se genera en los diferentes cultivos agrícolas e industrias. Los puede encontrar en los supermercados como “hongos exóticos”, esto se debe porque son cultivados de maneras distintas (Arreaga, 2016).

En el mercado hay una gran posibilidad para que estas setas se comercialicen en mayor magnitud, debido que, en la actualidad, la tendencia por lo natural y con alto valor nutricional es muy grande. El hongo Shiitake es una seta que mediante sus características nutricionales puede ser aprovechado durante la dieta diaria, se pueden cultivar sin mayores inconvenientes y ofrecen una alternativa al consumo de alimentos con alto contenido de grasa, azúcar y sales que son los productores comprobado por diversos estudios, de las enfermedades degenerativas; como son hipertensión, diabetes, etc., causados por la incorrecta alimentación de las personas en su rutina. Los estudios indican que el consumo del hongo Shiitake es de gran importancia porque mejora la

calidad nutricional de la dieta diaria y presente en un sinnúmero de bondades (Rivera, 2017).

Esta investigación propone la determinación y comparación de las características nutricionales tales como aminoácidos, proteínas y minerales del hongo Shiitake que se cultiva en Ecuador versus a los cultivados en otras partes del mundo. Este estudio contribuirá al desarrollo de productos de suplementos alimenticios.

### **I.3 Hipótesis**

Las especies de hongo Shiitake (*Lentinula edodes*) cultivada en Ecuador tienen distintos valores nutricionales a los cultivados en otras partes del mundo.

## **I.4 Objetivos**

### **I.4.1 Objetivo general**

Comparar la composición nutricional del hongo Shiitake (*Lentinula edodes*) cultivado en Ecuador frente al que se cultiva en otras partes del mundo.

### **I.4.2 Objetivos específicos**

- Identificar la composición de aminoácidos presentes en el hongo comestible Shiitake (*Lentinula edodes*) por el método de cromatografía líquida de alta eficacia (HPLC).
- Determinar la cantidad de minerales, proteínas y fibra presentes en el hongo Shiitake (*Lentinula edodes*).

## I.5 Operacionalización de las variables

| <b>VARIABLES</b>                            | <b>CONCEPTUALIZACION</b>   | <b>INDICADOR</b>   |
|---|--|--|
| <b>Dependiente</b><br>Valores nutricionales | Valores principales para una dieta balanceada.                               | %Proteínas<br>%Minerales<br>%Aminoácidos                   |
| <b>Independiente</b><br>Tipo de análisis    | Método utilizado para la identificación de proteína, minerales y aminoácidos | Kjeldahl<br>Espectrofotómetro de Absorción Atómica<br>HPLC |

Fuente: Autores

## CAPITULO II

### MARCO TEORICO

#### II.1 Hongos comestibles

##### II.1.1 Concepto

Se consideran como una clase distinta de organismos, se relacionan más con animales que plantas, es un término incorrecto llamarle a un hongo “planta sin clorofila”, indistintamente se consideran mayoritariamente como plantas, todas las especies poseen distintas formas, colores y tamaño también producen esporas, todas estas características permiten la identificación de los mismos, suelen ser llamados “setas” silvestres comestibles (Boa, 2005).

##### II.1.2 Generalidades

La mayoría de las setas para su alimentación es indispensable la materia viva y muerta, se nutren en forma de; saprófito, simbiótico, patógeno. La mayor parte de hongos comestibles son simbióticas, son formadores de micorrizas con los árboles es una asociación simbiótica importante para que el hongo se desarrolle, también contribuyen a los árboles para que crezcan normalmente en zonas donde no hay muchos nutrientes cercanos que absorber. Entre los géneros de hongos más importantes nutricionalmente se encuentran *Agaricus*, *Amanita*, *Auricularia*, *Lentinus*, *Pleurotus* (Boa, 2005).

En la naturaleza encontramos gran diversidad de hongos pertenecientes al Reino Fungi, caracterizados por ser diferentes a los demás reinos. Su alimentación dependerá de otros organismos vivos presentes en la naturaleza ya que no poseen la capacidad de sintetizar su propio alimento, son organismos heterótrofos. Uno de los factores más importantes para el desarrollo de una seta

y la dispersión de la basidiospora es la luz, considerada como una fuente directa de energía (Arenas, 2015).

### **II.1.3 Cultivo**

Aproximadamente existen cien especies de setas que se pueden cultivar, en este caso son saprófitas, entre las especies de *Agaricus bisporus*, *Lentinula edodes* y *Pleurotus*, son los hongos más comercializados que dominan el mercado, forman parte de la mayoría de las especies que se cultivan a nivel mundial. Algunos se cultivan mediante sustratos orgánicos, en China es donde se ha notado el crecimiento importante del cultivo de estos hongos (Boa, 2005).

En el mundo las especies de setas comestibles tiene un crecimiento importante y constante, se llevan a cabo en los cultivos la aplicación de nuevas tecnologías desarrolladas para el cultivo a gran escala. El cultivo de hongos comestibles forma parte de oportunidades económicas, nutricionales y saludables (Boa, 2005).

### **II.1.4 Historia**

El interés en el estudio de los hongos comestibles es literalmente reciente, se remontan los orígenes en publicaciones importantes como “Mushrooms, Russia and history (Wasson y Wasson, 19579”. En la estación de otoño existe una demanda alta de hongos comestibles en el hemisferio norte, en 2015 según estudios se indica en el mercado un gasto de 35 mil millones de dólares, se pronostica un ascenso de 9,2 % para los años 2016 a 2021, estimando una cantidad de 60 mil millones (Pitarch, 2016).

En el mercado asiático se espera que tenga mayor crecimiento. En China, Japón e India la dieta basada en hongos comestibles es muy abundante, ya que

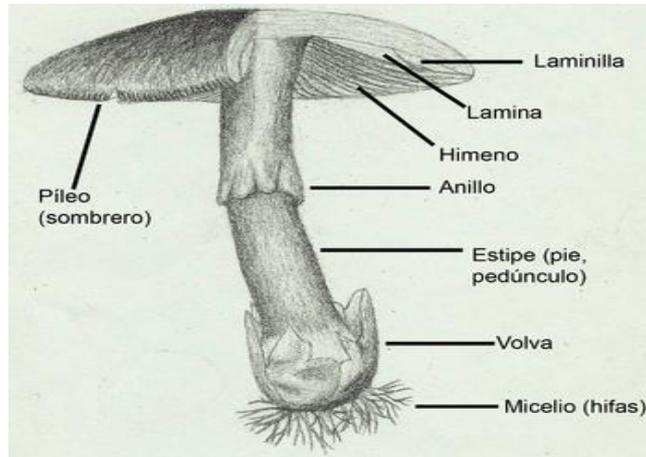
en estos países está en auge el consumo de productos saludables y ecológicos, y se estima que la demanda seguirá incrementando, Europa simboliza el mercado más amplio, indica un 35 % del mercado global, Norteamérica y Sudamérica también están registrando crecimiento explosivo de consumo de setas comestibles, África y Oriente están teniendo un aumento razonable (Pitarch, 2016).

### **II.1.5 Importancia**

La importancia de los hongos comestibles radica en que proveen a las personas bondades alimenticias, económicas y en algunos casos medicinales, lamentablemente en la actualidad no se valoriza, ni se da la atención como se debería a estas especies. La bibliografía científica indica alto contenido de proteína y fibra en la seta comestible shiitake, también hay reportes de Lentinan y Eritadenina, los cuales son metabolitos secundarios determinantes para el tratamiento de distintas enfermedades como cáncer, estrés oxidativo y colesterol (Rivera, 2017).

### **II.1.6 Estructura**

La estructura básica de una seta en general se fundamenta en las partes que se indican a continuación; Estípote, píleo, himenio, anillo, volva. Como observamos en la (Figura 1).



**Figura 1: Partes del hongo** (Berrus & Segarra, 2019)

## II. 2 Hongo shiitake (*Lentinula edodes*)

### II.2.1 Concepto

*Lentinula edodes* (Figura 2) conocido comúnmente como hongo Shiitake, pertenece al Reino Fungi en su división basidiomycota, es un hongo saprófito, es decir, que pueden descomponer tejidos vegetales no modificados que aún no han sido descompuestos por otros microorganismos y alimentarse de eso (Rivera, 2017).

El píleo y estípite son las partes comestibles de este hongo, en una proporción aproximada de 75% y 25%, se ha comprobado que ambos componentes del hongo poseen características químicas distintas (Rivera, 2017).



**Figura 2: Hongo shiitake.** Autores

## II.2.2 Origen

Fue cultivado en China hace más de 900 años ya que se encontraban en troncos de madera de forma estacional y fueron cultivadas también con sustratos enriquecidos, utilizados para la alimentación de la población (Dias, 2005).

Según (Tian & Zhao, 2016) los profesores Chang y Miles, serían quienes cultivaron por primera vez *Lentinula edodes*, sin embargo, un observador ante su necesidad de alimentarse lo llevo a descubrir que Shiitake estaba en las paredes de un tronco en un bosque en Longquan, Beijing.

Wu Sang Kang logró deducir la manera de cultivar Shiitake a través de los troncos de madera, por medio de un accidental golpe en el tronco que posteriormente fue denominado “método de choque” dio lugar al abundante cultivo del hongo. Permitió promover el desarrollo ante la dificultad de cultivar el hongo frente a temperaturas altas y húmedas, en lugares que poseen altos índices de pobreza, beneficiando en lo económico y nutricional a toda la población (Tian & Zhao, 2016).

## II.2.3 Hábitat

El crecimiento de esta seta comestible se da en los árboles en estado de putrefacción, especialmente en árboles *Castanopsis cuspidata* pertenecientes esta especie, también de especies provenientes de *Lithocarpus*, aunque pueden desarrollarse en gran variedad de otras plantas como arce, mora, haya, álamo, entre otros. Su crecimiento se da en los meses de otoño y primavera (Park & Lee, 2019).

Este hongo es originario de Asia oriental, donde ha sido cultivado tradicionalmente en países como China, Corea, Japón, Singapur, Tailandia, entre otros. Actualmente su cultivo se ha extendido a nivel mundial, principalmente entre los países de Europa y América (Park & Lee, 2019).

#### **II.2.4 Cultivo**

Desde la antigüedad el consumo de setas es variable con valores bajos de consumo hasta 1 kg por año, su recolección está a cargo únicamente de hombres en ciertas regiones y en otras tribus es tarea de mujeres. En la actualidad, existen países como África donde las setas de hongo Shiitake son utilizadas de forma medicinal y en otros que han formado parte de la dieta habitual con un consumo que excede los 10 kg anuales incrementando las cantidades de cultivo y especies de hongos el 400% en 20 años según investigaciones realizadas por la FAO (Menezes & Bevilacqua, 2017).

Países como China, Corea, Japón y la India encabezan los primeros lugares en consumo y producción de hongos, siendo China el número uno en consumo de setas y variedades de especies; Corea a más de consumir variedades de hongos posee grandes industrias de cultivo; Japón es el mayor productor mientras que la India posee productores de hongo Shiitake a baja escala de forma artesanal en zonas de alta pobreza (Menezes & Bevilacqua, 2017).

Entre las setas más cultivadas, en el tercer lugar se encuentra el hongo Shiitake, forma parte del reino Fungi. Este hongo es considerado como tradicional, bondadoso medicinalmente y con buen sabor en Japón, Corea, China. En los lugares donde más frecuentemente se cultiva es en las regiones montañosas en el continente asiático por las técnicas ancestrales, recién hace 30 años se empezó con el cultivo mayoritario debido a la gran demanda que había en el occidente con técnicas más complejas a gran escala (Calvo & Barreda, 2019).

#### **II.2.4.1 Setas obtenidas en Ecuador**

Las setas obtenidas fueron cultivadas en una granja llamada “Intiwasi” ubicada en Quito, parroquia Tumbaco, 0°1’16.3”S 78°23’35.7W, al cual se realizó una visita durante la época de invierno recopilando información sobre los distintos procesos previo a su obtención.

#### **II.2.4.2 Conservación**

El micelio es conservado a temperaturas muy bajas, que están entre los - 70 y - 80 °C, con el fin de preservar la cepa madre, evitar la contaminación y prolongar su vida útil, como lo muestra en la (Figura 3).



**Figura 3: Conservación de las cepas de hongo shiitake. Autores**

#### **II.2.4.3 Microbiología**

La etapa microbiológica se lleva a cabo en la estufa con un pH de 5.5 a 5.6, con una temperatura entre 21 y 27 °C luego de haber inoculado la cepa madre en una caja Petri en Agar papa-dextrosa (Figura 4), este procedimiento se realiza con el fin de comprobar que no existe contaminación microbiana.



**Figura 4: Crecimiento hongo shiitake en caja Petri. Autores**

#### **II.2.4.4 Incubación**

La incubación se realizó en una recámara desinfectada, con requerimiento de luz de 50 a 100 lux, concentración de CO<sub>2</sub> mayor a 1000 ppm, donde se ubicó al sustrato con la semilla (Figura 5).



**Figura 5: Cepa de hongo shiitake sembrada en aserrín. Autores**

#### **II.2.4.5 Popcorning**

Luego de la inoculación e incubación, la semilla coloniza todo el sustrato hasta que se observa una etapa conocida como “popcorning” que consiste en un recubrimiento micelar de consistencia irregular, gruesa y blanquecina como se observa en la (Figura 5).



**Figura 6: Etapa popcorning del crecimiento de hongo Shiitake. Autores**

#### **II.2.4.6 Browning**

Es la etapa en donde todo el sustrato se extiende con un pigmento color marrón como se observa en la (Figura 7) en esta etapa ya se puede quitar la bolsa del sustrato y este se vuelve totalmente solidificado, es importante tener el mayor cuidado ya que puede verse afectado por algún tipo de contaminación.



**Figura 7: Etapa browning del crecimiento de hongo shiitake. Autores**

#### **II.2.4.6 Fructificación y cosecha**

El paso final es cuando el sustrato marrón y sólido con cepa es sometido a temperatura ambiente, con una humedad de 80-90% y proceden a salir la primera cosecha que normalmente suelen ser hongos muy grandes como se observa en la (Figura 8) un sustrato puede dar producto por 3 a 4 cosechas.



**Figura 8: Etapa fructificación del crecimiento de hongo shiitake. Autores**

### **II.2.5 Composición Química**

La porción nutritiva de la seta comestible *Lentinula edodes* está compuesta por el píleo y estípite, en una relación del 75 y 25% total de la seta en base seca, las referencias bibliográficas indican que ambas partes son distintas en cuanto a su composición química (Rivera, 2017).

El píleo es la parte del hongo Shiitake que tiene una cantidad superior de nutrientes, aunque en el estípite existen varias investigaciones que indican la presencia de  $\beta$ -Glucanos, quitina, eritadenina, ergosteroles, fibra dietaría soluble y ácidos grasos, en ambas partes del hongo hay importantes cantidades de ácido palmítico, linoleico y ergosterol, 24,25 Dihidroxicolecalciferol también minerales como; Na, Fe, Mn, P, Ca y Mg. (Rivera, 2017).

Indica (Rivera, 2017); “La pared celular de los hongos como el Shiitake está compuesta principalmente por glucanos, quitina y proteínas. Los hongos Shiitake tienen importantes propiedades medicinales, nutricionales y funcionales debido a sus especiales polisacáridos;  $\beta$  – glicanos como el Lentinan”

Este hongo comestible posee los 9 aminoácidos esenciales en relación semejante a lo mejor para nutrición humana, además, tiene cantidades relevantes de vitaminas A, C, B1, B2, B6, B12, niacina, D, pro-vitamina D (Berrus & Segarra, 2019).

## II.2.6 Variedades

La historia sobre la clasificación taxonómica de la seta comestible *Lentinula edodes* comienza desde 1878, un botánico inglés llamado Miles Joseph Berkeley planteó para la clasificación el título de *Agaricus edodes*. Se asignaron varios géneros como; *Collybia*, *Armillaria*, *Lepiota*, *Pleorotus* y *Lentinus*, hasta recién Pegler nombro al Shiitake (*Lentinula edodes*) por las discordancias microscópicas que existían con relación a la última clasificación que se había establecido *Lentinus* (Arreaga, 2016).

Por largo tiempo, la seta se refería como *Lentinus edodes* por Berk, especialmente a los comerciantes, pero en 1975 gracias a las investigaciones realizadas por el científico Pegler planteó que esta especie se transfiriera al género *Lentinula*. Se logró realizar un cambio debido a las diferencias microscópicas, aparte el género *Lentinula* es monomítico, que no contienen hifas dimiticasas, en cambio sí se observa en el género *Lentinus* (Arreaga, 2016).

El nombre científico del hongo Shiitake se estableció como *Lentinula edodes* por Pegler. Se basó en los rasgos macros y micro-morfológicas, tanto como otras características como un análisis de ADN, *L. edodes* se encuentra en el género *Lentinula*, familia *Tricholomataceae*, orden *Agaricales*, y Subphylum *Basidioimycotina* (Arreaga, 2016).

## **II. 3 Propiedades nutricionales de setas comestibles y hongo shiitake.**

Shiitake es un hongo que posee un elevado valor nutricional rico en aminoácidos, proteínas y bajo en grasa, con características sensoriales muy apetecidas por los consumidores. Consta de un sombrero o píleo muy blando de color café oscuro siendo la parte comestible y también de un estípite o tallo el cual no es muy comercializado ya que se ha reportado que en su composición posee cantidades de fibra cruda (Rivera, 2017).

En Asia y demás países desarrollados el hongo Shiitake es muy utilizado como inmunoestimulante, ayuda a contrarrestar enfermedades y a mejorar la calidad de vida, así lo reportan estudios que determinan en su composición la presencia de Lentinán siendo este un polisacárido que posee propiedades medicinales por su acción Inmunoactiva, antiviral (Rivera, 2017).

Por estas razones los hongos comestibles tienen grandes beneficios nutricionales y compuestos bioactivos teniendo un gran impacto en la salud humana considerándose como “alimentos funcionales” que significa alimentos que aparte de tener nutrientes influyen también de forma provechosa para algunas funciones vitales, aumentando el estado de salud y reducir las posibilidades de contraer cáncer (Arenas, 2015).

### **II.3.1 Contenido de aminoácidos**

Está compuesta por 18 aminoácidos esenciales para la dieta diaria los cuales según (Alzand & Bofaris, 2019) en comparación con verduras como papa, zanahoria y coliflor posee un mayor contenido de Treonina, Tirosina y Arginina en setas de hongo vegetal. En comparación con otras variedades de hongos se reportaron la presencia de valores similares de Isoleucina, Leucina y Lisina.

También se reportan valores de aminoácidos esenciales como Fenilalanina, Valina, Metionina y Triptófano siendo estos dos últimos los de menor concentración que se puede considerar en la sustitución por la proteína animal ante el consumo inapropiado y excesivo de grasa que esta contiene (Romero, 2015).

### **II.3.2 Contenido de proteínas**

Según (Romero, 2015) las proteínas en hongos comestibles van desde el 1-69%. El valor proteínas presentes en 100g de polvo Shiitake seco es mayor que los que se encuentran en el arroz y el trigo con un valor por encima que va desde el 13-18% durante la dieta diaria (Minutti & Valdez, 2019).

La mayor cantidad nutricional incluyendo el contenido de proteínas se encuentran en el píleo o sombrero ya que es la parte comestible más grande que *Lentinula edodes* posee, mientras que según investigaciones indican que el estípite o tallo tiene distintos componentes bioactivos entre ellos  $\beta$ -Glucanos, ergosteroles entre otros (Rivera, 2017).

### **II.3.3 Contenido de fibra alimentaria**

Los hongos poseen fibra alimentaria soluble e insoluble siendo esta última la que se encuentra en mayor proporción 2,28 - 8,99 g por 100 g de polvo seco, debido a componentes bioactivos como el  $\beta$ -Glucano cuyos valores oscilan entre 13-84% de fibra dietética total, siendo la fibra alimentaria de mayor proporción (Romero, 2015).

La fibra es importante para la dieta diaria ya que ayuda a regular los procesos de digestión y así contrarresta enfermedades como cáncer de colon y

estreñimiento. Shiitake es usada para estimular el peristaltismo del intestino ya que contiene un valor de 6,7 g de fibra por 100 g de polvo seco esta es mayor que el arroz marrón y el trigo entero (Minutti & Valdez, 2019).

### **II.3.4 Contenido de Minerales**

*Lentinula edodes* presenta gran contenido de micronutrientes entre ellos está el calcio, fosforo, magnesio, rico en potasio que generan acción en los mecanismos fisiológicos importantes para la salud humana, según (Romero, 2015) las setas cultivadas poseen contenido de cobre, hierro, cinc; su porcentaje se encuentra de acuerdo a la especie desde 6% hasta el 11%, siendo *L. edodes* abundante en minerales con un porcentaje del 8,60%.

### **II.3.5 Contenido de Grasa**

Los hongos poseen un bajo contenido de grasa, sus valores están relacionados al tiempo y conservación de la materia seca estos pueden variar según su lugar de cultivo, sustrato que utilizan y otros factores determinantes para sus propiedades nutricionales (Mosquera, 2007). *Lentinula edodes* es muy conocido por poseer alto contenido de ácidos insaturados como lo es el Linoleico (omega 3 y omega 6) y una baja porción de saturado como el ácido palmítico diferente de la grasa animal (Romero, 2015).

## **II.4 Componentes bioactivos del hongo Shiitake**

### **II.4.1 Polisacáridos**

Los polisacáridos poseen estructura anomérica ( $\alpha$ ,  $\beta$ , o mezcla  $\alpha$ - $\beta$ ) con enlaces de cadena que pueden ser lineales o ramificadas cuya inquisición genética posee información celular que le da la característica de disponer componentes bioactivos presentes en hongos, se encuentran presentes como azúcares, proteínas o polifenoles; siendo el más abundante el polisacárido  $\beta$  – Glucano como el Lentinán proveniente del hongo Shiitake ya que estudios reportan que la División Basidiomycota contiene propiedades antioxidantes, inmunomodulador y antitumoral (Romero, 2015).

### **II.4.2 Lentinan**

Shiitake posee en su composición un polisacárido cuyos efectos logran contrarrestar ciertos tipos de tumores y según estudios luego de su aislamiento han logrado comprobar su actividad antioxidante, antitumoral ( $\beta$  – Glucano) llamado Lentinán. Su actividad antitumoral ha sido comprobada en ciertos tipos de tumores como lo es el cáncer de seno y cáncer gástrico siendo este último irremediable. Una investigación clínica (Rivera, 2017) indica que suministrar el Lentinán tiempo antes del tratamiento con quimioterapia contrarresta las células cancerígenas y prolonga el tiempo de vida de los pacientes que padecen de cáncer gástrico.

### **II.4.3 Eritadenina**

La Eritadenina 2(R), 3(R)-dihidroxy-4-(9-adenyl)-ácido butírico es un metabolito secundario conocido por su acción como antiagregante plaquetario está presente en los basidiomicetos en tipos de hongos como Shiitake. El consumo de una cantidad de hongo fresco Shiitake es equivalente 0,005% de

Eritadenina, este metabolito secundario ayuda a reducir el colesterol sérico y prevé la aparición de enfermedades cardiovasculares así lo indican estudios realizados en animales de experimentación reportando que una porción de hongo Shiitake en polvo seco contiene 3,2 – 6,3 mg/g de Eritadenina (Rivera, 2017).

## **CAPITULO III**

### **METODOLOGÍA**

#### **III. 1 Tipo de Investigación**

Esta investigación experimental de tipo exploratoria pretende obtener una evaluación de los valores nutricionales como proteínas, aminoácidos y minerales presentes en el hongo Shiitake que se cultiva en Ecuador y así ser aprovechado como fuente alimenticia durante la dieta diaria.

#### **III. 2 Equipos, Aparatos, Materiales y Reactivos**

##### **III.2.1 Materiales**

- Papel filtro libre de cenizas
- Pinza metálica para crisoles
- Crisoles
- Cápsulas de porcelana
- Guantes de asbesto
- Desecador
- Lápiz graso
- Vernier
- Matraces Erlenmeyer 100 ml, 250 ml
- Pipetas Graduadas 5 ml y 10 ml
- Auxiliar de pipeta
- Beakers 100 ml, 250 ml, 600 ml

- Fiola 25 ml
- Bureta 25 ml
- Agitadores de Vidrio
- Embudos
- Espátulas
- Vidrio reloj
- Probetas 100 ml
- Piceta
- Hornilla
- Reverbero
- Pliego de papel periódico

### **III.2.2 Equipos**

- Balanza analítica
- Estufa
- Mufla
- Cromatógrafo Líquido de Alta Eficiencia (HPLC) WATERS
- Espectrofotómetro de Absorción Atómica (AAS) Thermo Scientific
- Digestor y destilador Kjeldahl
- Espectrofotómetro Hach
- Soxhlet
- Digestor Microondas

### **III.2.3 Reactivos**

- Éter de petróleo
- Hidróxido de Sodio 0.1N
- Hidróxido de Sodio 1.25 %

- Ácido Sulfúrico 0.1N
- Ácido Sulfúrico 1.25%
- Ácido clorhídrico (concentrado)
- Ácido Nítrico (concentrado)
- Parafina
- Catalizador Kjeldahl
- Soda Kjeldahl
- Granalla de Zinc
- Ácido clorhídrico 6M
- Agua destilada

### **III. 3 Muestra**

Cien setas de hongo fresco Shiitake fueron recolectadas en una granja llamada “Intiwasi” ubicada a las afueras de la ciudad de Quito parroquia Tumbaco  $0^{\circ}1'16.3''S$   $78^{\circ}23'35.7W$ , con temperaturas que oscilan entre 24 y 28 °C durante la temporada de invierno.

Las setas utilizadas cuyos diámetros son variables entre 3,25 cm – 9 cm con un peso entre 2,49 g – 58,76 g, se desecaron a 40 °C durante 36 horas para eliminar la mayor cantidad de agua luego fueron triturados hasta obtener un polvo seco para los análisis correspondientes.

### **III.4 Metodología experimental**

#### **III.4.1 Contenido de Proteínas**

**Determinación de proteínas por la técnica Gravimétrica según el método de la AOAC 20TH 979.09 (Modificado) en polvo seco de *Lentinula edodes*.**

##### **Procedimiento:**

La determinación realizada por duplicado consiste en pesar 1g de polvo seco en un papel graso y transferir a un balón Kjeldahl.

##### **Digestión:**

Se añade 1 tableta Kjeldahl (catalizador) y se añade 25 ml de ácido Sulfúrico concentrado ( $H_2SO_4$ ); Colocar el matraz en posición inclinada sobre el soporte en la cámara de digestión y digerir a una temperatura media hasta evitar la formación de espuma, luego se debe elevar la temperatura a ebullición, continuar por 2 horas hasta que el líquido sea color transparente.

##### **Destilación:**

Enfriar, añadir lentamente 25 ml de agua destilada, añadir una cantidad pequeña de parafina (antiespumante), añadir una cantidad suficiente de Soda Kjeldahl hasta que el contenido sea alcalino y un trozo de granalla, ubicar en el equipo de destilación, en la parte final del tubo de destilación, ubicar una fiola

volumétrica con 25 ml Ácido Sulfúrico 0.1 N y 3 gotas de rojo de metilo, dejar que destile amoniaco por 30 minutos.

#### **Titulación:**

El destilado obtenido en la etapa anterior se titula con Hidróxido de Sodio NaOH 0.1 valorado, realizar la titulación hasta llegar a una coloración débilmente amarilla indicando el fin de la valoración.

### **III.4.2 Contenido de Aminoácidos**

#### **Determinación de perfil de aminoácidos por el método POE-LI-024 en polvo seco de *Lentinula edodes*.**

Procedimiento se realizó por duplicado

#### **Hidrólisis de proteínas:**

Pesar en un matraz 0,4 g de muestra de polvo seco de hongo Shiitake. La porción pesada de la muestra debe sellarse con nitrógeno en una atmosfera inerte. Añadir cuidadosamente 25 ml de HCl 6M y homogeneizar con la muestra.

Colocar el frasco en una estufa 110 °C. Durante la primera hora, a fin de evitar que se genere presión (debido a la producción de sustancias gaseosas) y haya peligro de explosión, poner el tapón de rosca encima del recipiente, sin cerrarlo. Al cabo de una hora cerrar el frasco con el tapón y dejar en la estufa durante 23

horas. Una vez terminada la hidrólisis, sacar el frasco de la estufa, abrir cuidadosamente el tapón del frasco y colocar en un baño de hielo y agua. Dejar enfriar.

#### **Derivatización:**

Ajustar del pH a 2,20 a temperatura ambiente con solución de hidróxido sódico (7M), pasar cuantitativamente el contenido del frasco a un vaso de 250 ml o a un matraz redondo de 250 ml, utilizando solución tampón de citrato enrasar con esta solución.

#### **Cromatografía:**

Llevar el hidrolizado a temperatura ambiente. Agitar la mezcla y filtrar una cantidad adecuada a través de un filtro de membrana de 0,2  $\mu\text{m}$ . La solución clara obtenida se somete a cromatografía de intercambio iónico con detector de fluorescencia.

### **III.4.3 Contenido de Minerales**

**Determinación de Calcio ( $\text{Ca}^{+2}$ ), Magnesio ( $\text{Mg}^{+2}$ ), Sodio ( $\text{Na}^{+1}$ ) y Potasio ( $\text{K}^{+1}$ ) por el método MMQ-AAS A.O.A.C 20<sup>TH</sup>985,35 (modificado) en el espectrofotómetro de absorción atómica (AAS) en polvo seco de *Lentinula edodes*.**

### **Procedimiento:**

Se realiza por duplicado. Pesar una muestra representativa de 0,5 g de polvo seco de hongo Shiitake en un tubo de digestión, se añade 10 ml de Ácido Nítrico  $\text{HNO}_3$  (concentrado), se lleva al digestor o microondas, se selecciona el método asignado para destrucción de materia orgánica (1 Hora, 300w), dejar enfriar, trasvasar a un matraz aforado de 50 ml, llevar ambas muestras al espectrofotómetro de absorción atómica y realizar la lectura para los parámetros Calcio ( $\text{Ca}^{+2}$ ), Magnesio ( $\text{Mg}^{+2}$ ), Sodio ( $\text{Na}^{+1}$ ) y Potasio ( $\text{K}^{+1}$ ) por el método de llama, antes de cada lectura es necesario realizar una curva de calibración para cada parámetro.

### **Determinación de Fósforo (P) por el método MMQ -78 (modificado) en el espectrofotómetro de UV-Vis en polvo seco de *Lentinula edodes*.**

#### **Procedimiento:**

En un crisol se pesa 2 g de polvo seco de hongo Shiitake, se realiza procedimiento para obtención de cenizas, en la mufla 4 horas/ 600°C, se enfría en desecador, retira y trasvasa las cenizas a un vaso de precipitación, se añade 4 ml Ácido clorhídrico HCl (concentrado), homogenizar, llevar a baño maria, enfriar, añadir una pequeña cantidad de Ácido Nítrico ( $\text{HNO}_3$ ) al 10 %, se lleva a un matraz aforado de 500 ml y enrasa, homogenizar.

Se prepara al espectrofotómetro de UV-Vis se selecciona el método de Fosforo total a 880nm, tomar una alícuota de 1 ml de la solución anterior, se añade en la cubeta, se lee como blanco, luego se añade 1 ml de reactivo

Molibdato-Vanadato de Amonio, se espera que reaccione por 10 minutos, observar coloración azul, lectura de la muestra y aplicar formula.

#### **III.4.4 Contenido de Fibra**

**Determinación de fibra cruda por la técnica Gravimétrica según el método NTE INEN 522 (Modificado) en polvo seco de *Lentinula edodes*.**

##### **Procedimiento:**

Determinación realizada por duplicado.

Para la determinación de fibra se debe preparar la muestra para extraer todo el contenido de grasa que esta posea, utilizando el método de Soxhlet. Una vez obtenida la muestra desengrasada se debe agregar 2g de muestra en un vaso de precipitación con 200 ml de Ácido Sulfúrico ( $H_2SO_4$ ) 1.25%, llevar a calentamiento mediante una temperatura y agitación constante durante 30 minutos.

Utilizando un embudo se filtra la muestra en una tela fina y se lava el resultado del filtrado con agua caliente para dar fin a la reacción ácida, con ayuda de una espátula se esparce la muestra por la tela fina y se transfiere a un vaso de precipitación evitando llevar la mayor cantidad de agua, agregar 200 ml de Hidróxido de sodio (NaOH) 1.25% y llevar a calentamiento mediante una temperatura y agitación constante durante 30 minutos.

Filtrar la muestra en una tela fina y lavar el resultado del filtrado con agua caliente para dar fin a la reacción alcalina, llevar el residuo a un crisol a una estufa a 110 °C por 2 horas, incinerar la muestra en una mufla a 500 °C por 30 minutos, enfriar y pesar.

### **III.4.5 Contenido de Grasas**

#### **Determinación de grasas por el método Soxhlet según la técnica NTE INEN 541 (Modificado) en polvo seco de *Lentinula edodes*.**

La determinación debe realizarse por duplicado sobre la misma muestra preparada.

Lavar y secar el matraz de extracción en la estufa a  $103^{\circ} \pm 2^{\circ}\text{C}$  durante 30 minutos. Dejar enfriar en el desecador y pesar con aproximación al 0,1 mg. Luego pesar 2 g de muestra secada según la Norma INEN 541 y colocar en el dedal de extracción en tal forma que no se pierda material.

Colocar algodón en la parte superior del dedal e introducir en el extractor, Agregar al matraz una cantidad aproximada de 100 ml de éter de petróleo; conectar el matraz al extractor y calentar sobre la plancha eléctrica. Efectuar la extracción durante el tiempo preciso, hasta que el éter del cuerpo del extractor sea incoloro. Son suficientes cuatro horas a una velocidad de destilación de 4 a 5 gotas por segundo y una permanencia de 16 horas para 2 a 3 gotas por segundo.

Terminada la extracción, retirar el cartucho con su contenido del extractor, recuperar el disolvente por destilación en el mismo aparato. Separar el matraz de extracción y eliminar los restos del disolvente etéreo, colocando durante 30 minutos en la estufa calentada a  $100^{\circ} \pm 2^{\circ}\text{C}$ ; enfriar hasta temperatura ambiente en el desecador y pesar.

Los resultados se los obtiene aplicando la siguiente formula:

$$G = \frac{M_2 - M_1}{M_2 - M} \times 100$$

Siendo:

G = cantidad de grasa en el alimento, en porcentaje de masa.

m1 = masa del matraz de extracción, con la materia grasa extraída, en g.

m 2 = masa del matraz de extracción, vacío, en g.

m = masa del material seco, tomada en el ensayo, en g.

### **III.4.6 Parámetros Físico- Químico**

#### **III.4.6.1 Humedad Residual**

**Determinación de humedad residual por el método AOAC 925,10 en materia fresca de *Lentinula edodes*.**

Se empleó el método gravimétrico, de la muestra de laboratorio, con el grado de trituración que determina la norma específica. Se pesó 2g de muestra fresca de hongo shiitake y se transfirieron a una cápsula de porcelana previamente tarada y desecada a 105 °C hasta masa constante; seguidamente se desecó a 105 °C durante 3h. La cápsula se colocó en la desecadora donde se dejó enfriar a temperatura ambiente y se pesó, colocándose nuevamente en la estufa durante 1h, volviéndose a pesar, hasta obtener una masa constante.

Se aplica la siguiente fórmula:

$$Hr = \frac{M_2 - M_1}{M_2 - M} \times 100$$

Donde:

Hr = pérdida en peso por desecación (%)

M2 = masa de la cápsula con la muestra de ensayos (g)

M1 = masa de la cápsula con la muestra de ensayo desecada (g)

M = masa de la cápsula vacía

100 = factor matemático para el cálculo

#### **III.4.6.2 Cenizas totales**

##### **Determinación de cenizas totales por el método AOAC 923,03 en polvo seco de *Lentinula edodes*.**

En un crisol de porcelana previamente tarado añadir 2g de muestra pulverizada de hongo shiitake, se procedió a incinerar en una mufla a una temperatura entre 550 - 600°C hasta obtener un residuo de color blanco o

grisáceo (3 a 4h aproximadamente). Se depositó el sistema (crisol-muestra) en un desecador, para que se enfríe a temperatura ambiente y se volvió a pesar, repitiéndose el proceso por duplicado hasta que no difirieran en más de 0.5 mg por g (masa constante).

Los resultados se obtuvieron aplicando la siguiente formula

$$CT = \frac{M_2 - M_1}{M_2 - M} \times 100$$

Donde:

CT = porcentaje de cenizas totales en base hidratada.

M = masa del crisol vacío (g)

M1 = masa del crisol con la porción de ensayo (g)

M2 = masa del crisol con la ceniza (g)

100 = factor matemático para los cálculos

#### **III.4.7 Clasificación taxonómica**

Los análisis de la clasificación taxonómica de *Lentinula edodes* fue realizada en el Real Jardín Botánico-CSIC en Madrid – España por la Dra. María P. Martin, 38430327H y el Técnico Raquel González García, 51002663W. La identificación fue realizada por ADN. (ANEXO 8).

## CAPÍTULO IV:

### RESULTADOS Y DISCUSIÓN

#### IV.1 Contenido de nutrientes de *Lentinula edodes*.

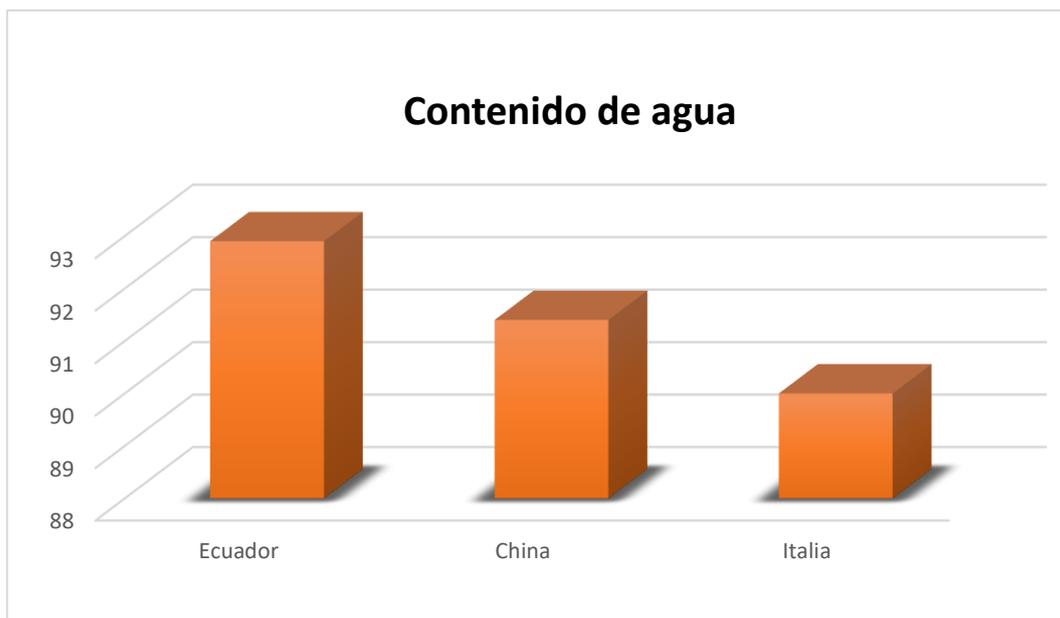
**Tabla I. Resultado de nutrientes del hongo Shiitake (*Lentinula edodes*) cultivado en Ecuador frente al cultivado en otras partes del mundo.**

| Parámetro       | Unidad | Ecuador** | China** | Corea** | Italia ++ | India** | Finlandia++ |
|-----------------|--------|-----------|---------|---------|-----------|---------|-------------|
| Agua            | g/100g | 92,9 ++   | 91,4 ++ | 10,6 ** | 90 ++     | 4,7 **  | 8.4 **      |
| Cenizas Totales | g/100g | 6,9       | 6,26    | 4,5     | 7,08      | 6       | 0,49        |
| Proteínas       | g/100g | 24,57     | 28,44   | 4,09    | 15,19     | 22,8    | 1.8         |
| Grasas          | g/100g | 4,41      | 2,1     | 3,1     | -         | 2,1     | 0,31        |
| Fibra           | g/100g | 10,9      | 2,5     | 6,7     | -         | -       | 3.3         |

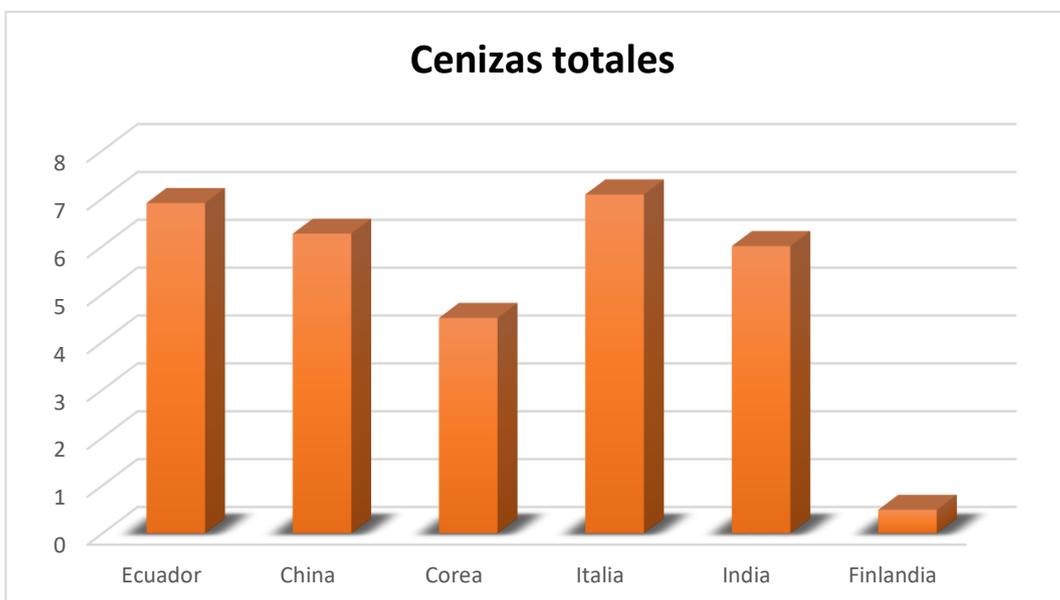
\*\* : Materia seca

Fuente: Autores

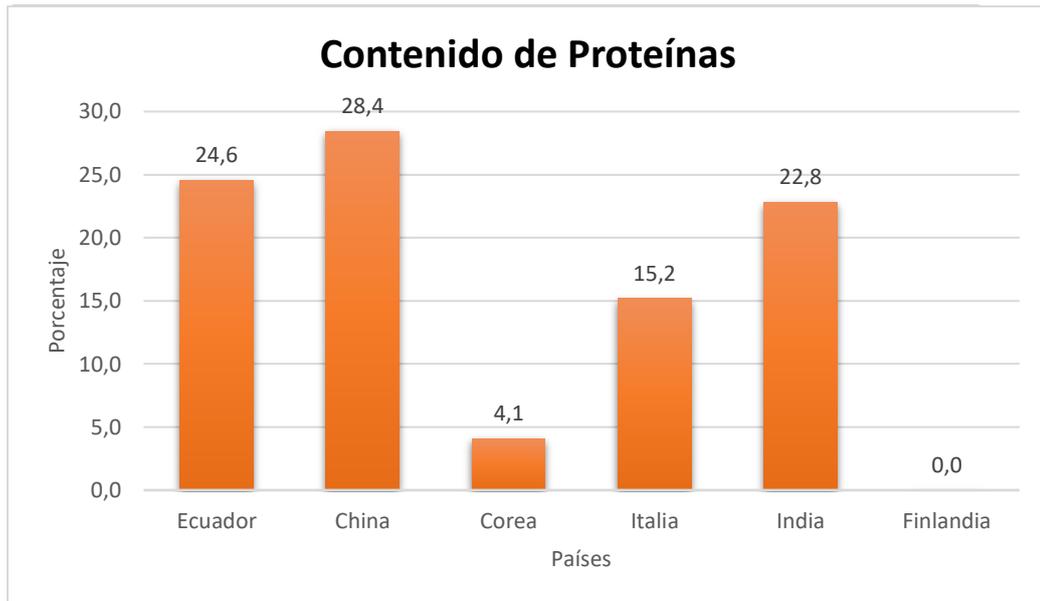
++ : Materia fresca



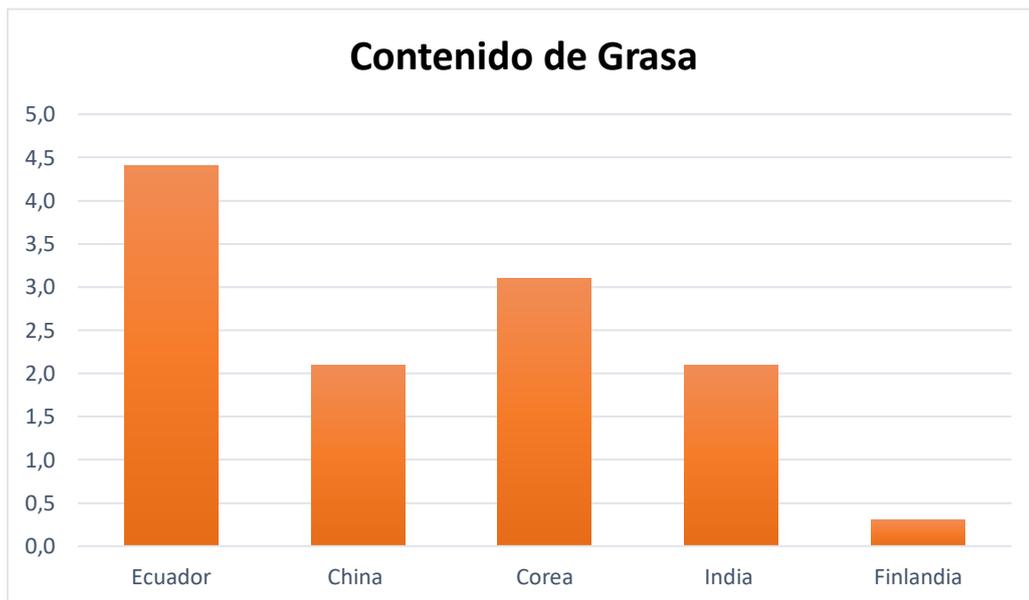
**Gráfico 1.** Contenido de agua en materia fresca hongo Shiitake cultivada en Ecuador versus otras partes del mundo g/100g.



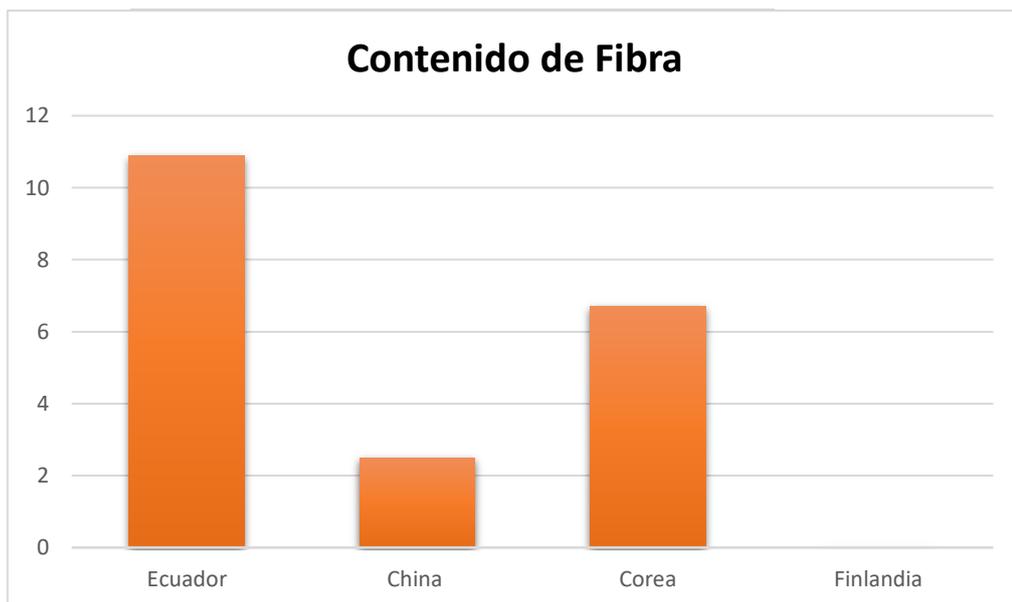
**Gráfico 2.** Contenido de cenizas totales en materia fresca hongo Shiitake cultivada en Ecuador versus otras partes del mundo g/100g.



**Gráfico 3.** Contenido de proteínas en materia fresca hongo Shiitake cultivada en Ecuador versus otras partes del mundo g/100g.



**Gráfico 4.** Contenido de Grasa en materia fresca hongo Shiitake cultivada en Ecuador versus otras partes del mundo g/100g.



**Gráfico 5.** Contenido de Fibra en materia fresca hongo Shiitake cultivada en Ecuador versus otras partes del mundo g/100g.

#### IV.1.1 Determinación de parámetros fisicoquímicos

##### IV.1.1.1 Determinación de Humedad

En la determinación de humedad en la muestra de hongo Shiitake se obtuvo un resultado de 92,9 en materia fresca como lo indica la Tabla I, se realizó por duplicado bajo el método AOAC 925,10. En la (Tabla I) se observan los valores de la evaluación en base seca del hongo Shiitake realizada en Ecuador frente a los resultados obtenidos en países como China, Corea, Italia, India y Finlandia en donde hay producción de hongos.

Los valores entre Ecuador, China e Italia muestran similitud, valores de 91,4 (Li & Wang, 2018) y 90 g/100g (Satyanarayana & Kumar, 2019), suponemos

que estos resultados son similares ya que fueron hechos en materia fresca inmediatamente luego de su cosecha se realizó este procedimiento, en comparación con Corea este reporta valores más bajos 4,5 90 g/100g (Knowledge & Sen, 2020), India 4,7 90 g/100g (Singh & Sindhu, 2017) y Finlandia 8,4 90 g/100g (Alzand & Bofaris, 2019); suponemos que estos análisis fueron realizados en materia seca o pulverizada luego de haber sido cosechado.

#### **IV.1.1.2 Determinación de Cenizas totales.**

Las cenizas totales están compuestas por materia inorgánica y dentro de su composición están presentes los minerales que contiene una muestra según sus características. La determinación se realizó por duplicado mediante el método (A.O.A.C 923.03.1990) en una Mufla a 600°C utilizando crisoles de porcelana.

Los resultados obtenidos fueron de 6,9%, para lo cual según (Satyanarayana & Kumar, 2019) se encuentra dentro de los valores permitido entre 6,9% - 10,5% en materia seca. En la (Tabla I) se observan los valores de la evaluación en base seca del hongo Shiitake realizada en Ecuador frente a los resultados obtenidos en países como China, Corea, Italia, India y Finlandia en donde hay producción de hongos.

Los valores entre Ecuador y China muestran similitud, este último con valores de 6,26 g/100g (Li & Wang, 2018); Corea reporta valores más bajos 4,5 g/100g (Knowledge & Sen, 2020) mientras que en Italia se observan valores mayores que los obtenidos en este estudio 7,08 g/100g (Satyanarayana & Kumar, 2019).

## **IV.2 Determinación de Proteínas**

En la determinación del contenido de proteína en la muestra de polvo seco de *Lentinula edodes*, se obtuvo un resultado de 24,57 g/100g (Tabla I) y según la evaluación en relación con los valores reportados en otros países, observamos en la (Tabla I), el resultado de la evaluación del contenido de proteína obtenido en Ecuador frente a los reportados en otros países.

Como observamos en la (Tabla I), en Ecuador se obtuvieron resultados similares al de China. En los países como Corea, Finlandia y Colombia observamos una variación de los valores obtenidos, el cuál suponemos se deben a las características del tipo de sustratos enriquecidos, tronco de madera en forma estacional, temperatura estacionaria, forma de cultivos.

## **IV.3 Determinación de Grasas**

En la determinación de grasas en la muestra de hongo Shiitake se obtuvo un resultado de 4,41 g/100g en materia de polvo seco como lo indica la (Tabla I), se realizó por duplicado bajo el método NTE INEN 541 (Modificado).

Como se observa en la (Tabla I), el Shiitake cultivado en Ecuador tiene mayor cantidad de grasa que en el resto de países como China (Li & Wang, 2018) con 2,1 g/100g; Corea (Knowledge & Sen, 2020) con 3,1 g/100g; India (Singh &

Sindhu, 2017), con 2,1 g/100g; en cambio (Alzand & Bofaris, 2019) presenta un valor muy bajo correspondiente a 0,31 g/100g, lo cual podemos suponer que se debe al sustrato en el cual lo deben haber cultivado, ya que este es uno de los factores primordiales que puede incidir en la composición nutricional del hongo Shiitake.

#### **IV.4 Determinación de Fibra**

Para hacer la determinación de fibra a la muestra seca se le extrajo la grasa usando el método de Soxhlet. Se utilizó la técnica Gravimétrica según el método NTE INEN 522 (Modificado) cuyos resultados de los valores de fibra alimentaria en base seca de hongo Shiitake cultivado en Ecuador es de 10,90 g/100g (Tabla I).

Los resultados obtenidos en Ecuador muestran valores elevados en comparación con los reportados en China cuyo valor es bajo 2,5 g/100g (Li & Wang, 2018); Corea 6,7 g/100g (Knowledge & Sen, 2020) mientras que en Italia no se reportaron valores (Satyanarayana & Kumar, 2019).

#### **IV.2 Contenido de aminoácidos de *Lentinula edodes***

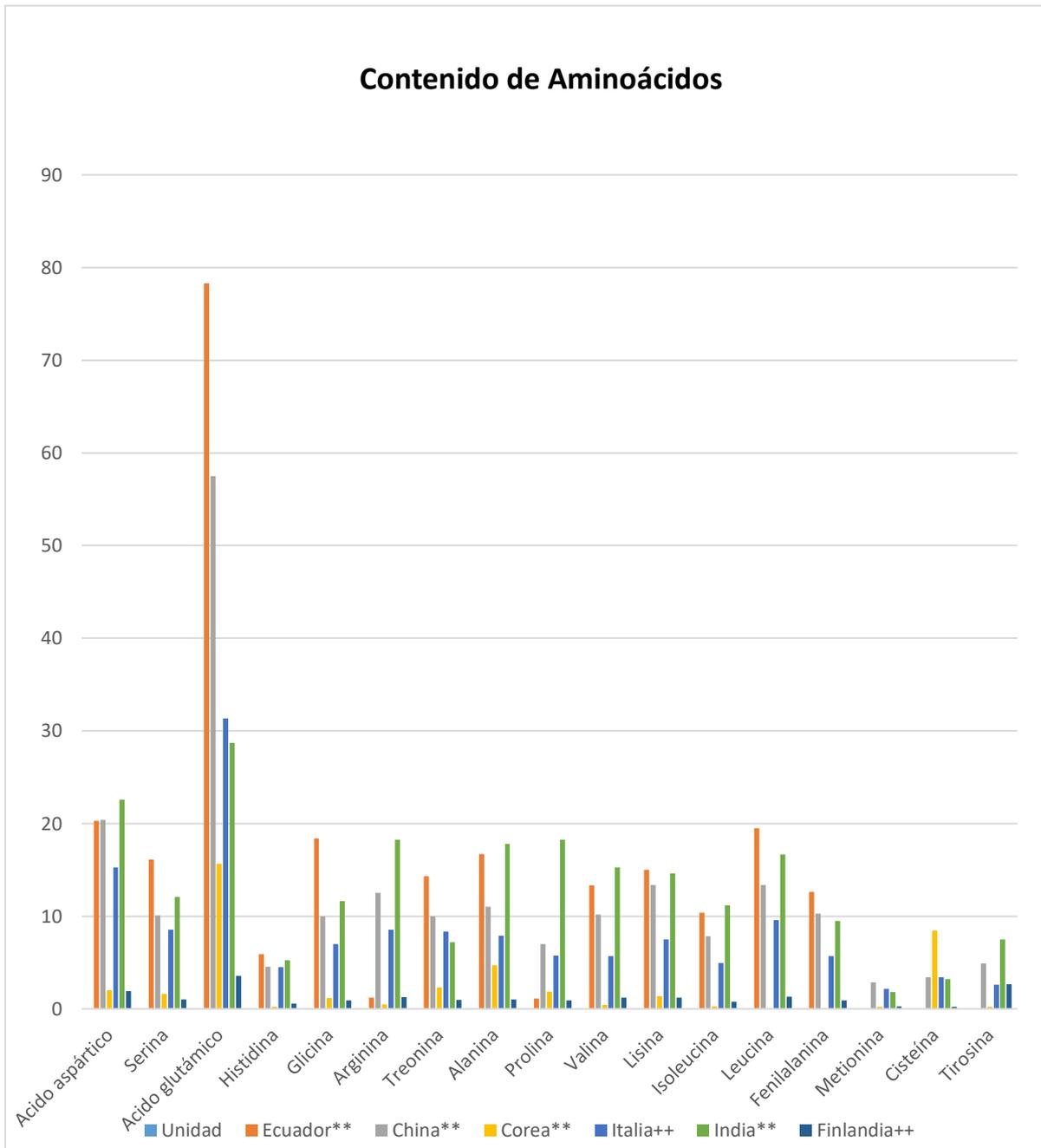
**Tabla II. Aminoácidos presentes en hongo Shiitake (*Lentinula edodes*) cultivada en Ecuador frente al cultivado en otras partes del mundo.**

| Parámetro       | Unidad | Ecuador** | China** | Corea** | Italia++ | India** | Finlandia++ |
|-----------------|--------|-----------|---------|---------|----------|---------|-------------|
| Acido aspártico | g/kg   | 20,3      | 20,37   | 2       | 15,28    | 22,57   | 1,9         |
| Serina          | g/kg   | 16,1      | 10,08   | 1,63    | 8,55     | 12,08   | 1,03        |
| Acido glutámico | g/kg   | 78,3      | 57,51   | 15,68   | 31,36    | 28,72   | 3,55        |
| Histidina       | g/kg   | 5,9       | 4,56    | 0,23    | 4,5      | 5,24    | 0,56        |
| Glicina         | g/kg   | 18,4      | 9,97    | 1,17    | 6,99     | 11,62   | 0,91        |
| Arginina        | g/kg   | 1,2       | 12,52   | 0,47    | 8,55     | 18,24   | 1,27        |
| Treonina        | g/kg   | 14,3      | 9,97    | 2,31    | 8,32     | 7,2     | 0,98        |
| Alanina         | g/kg   | 16,7      | 11,04   | 4,72    | 7,9      | 17,78   | 1,04        |
| Prolina         | g/kg   | 1,1       | 7       | 1,86    | 5,77     | 18,24   | 0,9         |
| Valina          | g/kg   | 13,3      | 10,19   | 0,41    | 5,71     | 15,27   | 1,24        |
| Lisina          | g/kg   | 15        | 13,37   | 1,35    | 7,47     | 14,59   | 1,22        |
| Isoleucina      | g/kg   | 10,4      | 7,85    | 0,27    | 4,95     | 11,17   | 0,79        |
| Leucina         | g/kg   | 19,5      | 13,37   | nd      | 9,57     | 16,64   | 1,33        |
| Fenilalanina    | g/kg   | 12,6      | 10,29   | 0,05    | 5,71     | 9,5     | 0,91        |
| Metionina       | g/kg   | 0         | 2,87    | 0,22    | 2,16     | 1,82    | 0,29        |
| Cisteína        | g/kg   | 0         | 3,4     | 8,42    | 3,4      | 3,19    | 0,24        |
| Tirosina        | g/kg   | 0         | 4,88    | 0,22    | 2,6      | 7,5     | 2,65        |

\*\* : Materia seca

Fuente: Autores

++ : Materia fresca



**Gráfico 6.** Contenido de aminoácidos en materia fresca hongo Shiitake cultivada en Ecuador versus otras partes del mundo g/100g.

#### IV.2.1 Determinación de Aminoácidos

El análisis del perfil de aminoácidos está relacionado con la cantidad de proteína contenida en la base seca de *L. edodes*, además de evaluar la calidad de proteína que contienen las setas. La determinación realizada por duplicado se realizó mediante la técnica de Cromatografía Líquida/ Fluorescencia según el Método POE-LI-024.

De los resultados obtenidos en Ecuador resaltan con un alto contenido de Ácido Glutámico 78,3 g/kg un importante valor de Ácido Aspártico, Glicina y Leucina como detalla la (Tabla II). En comparación con reportes de China, muestran valores representativamente parejos a los obtenidos en Ecuador con cantidades menores de Acido Glutámico 57,51 g/kg; Glicina 9,97 g/kg y Leucina 13,37 g/kg (Li & Wang, 2018).

(Tabla II) En Corea todos los valores reportados del perfil de aminoácidos son inferiores en relación con los obtenidos en este estudio, siendo de mayor valor el análisis de Ácido Glutámico 15,68 g/kg y una importante cantidad de Cisteína 8,42 g/kg cuyo reporte en Ecuador es de 0,00 g/kg (Knowledge & Sen, 2020).

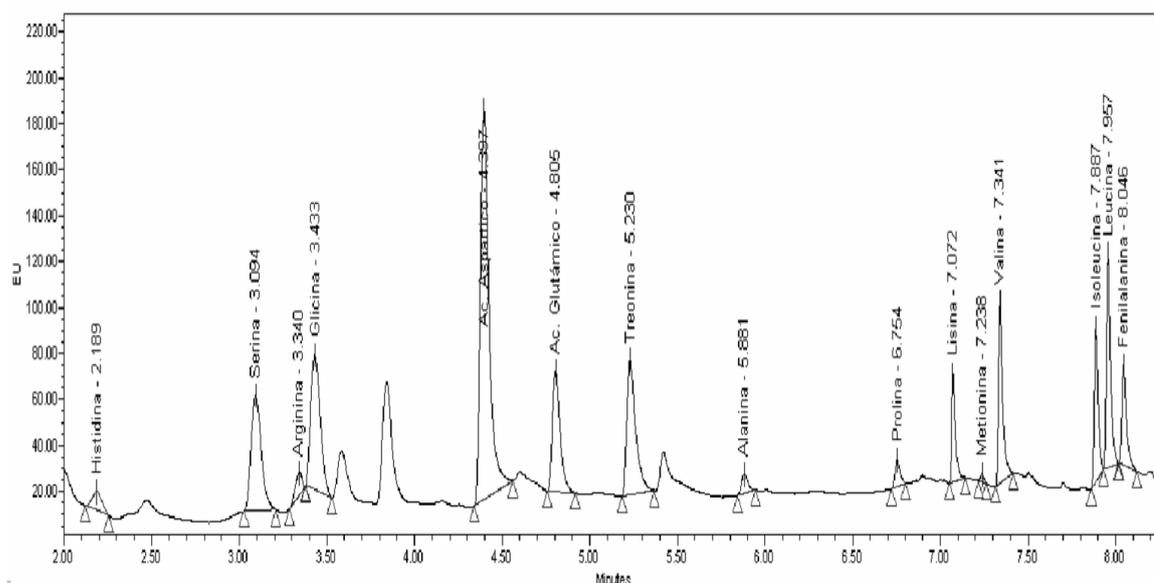
(Tabla II) En Italia se reportan considerables valores de Metionina 2,16 g/kg, Cisteína g/kg 3,4 y Tirosina 2,6 g/kg (Satyanarayana & Kumar, 2019), en la presente (Tabla III) muestra de forma detallada los aminoácidos con su respectiva área y tiempo de retención correspondiente a cada uno como se observa en el cromatograma (Figura 9).

La identificación de aminoácidos se realizó mediante la técnica de HPLC obteniendo altos valores de Acido Glutámico, Acido Aspártico, Leucina y Glicina respectivamente; sin embargo, aminoácidos como la Metionina, Cisteína y Tirosina no fueron detectados, debido a los niveles de detección del equipo usado. En el caso de la Cisteína y la Metionina pudiera existir una coelución y que se debería a la falta de un tratamiento previo para poder ser detectado o al equipo usado. En cuanto a la Tirosina se cree que este puede haberse perdido durante la preparación de la muestra.

**Tabla III. Cromatógrafo líquido de alta eficiencia (HPLC) *L. edodes*.**

| <b>Aminoácidos</b>   | <b>Tiempo de retención</b> | <b>% Área</b> |
|----------------------|----------------------------|---------------|
| <b>Histidina</b>     | 2.189                      | 1.51          |
| <b>Serina</b>        | 3.094                      | 10.03         |
| <b>Arginina</b>      | 3.340                      | 1.29          |
| <b>Glicina</b>       | 3.433                      | 11.17         |
| <b>Ac. Aspártico</b> | 4.397                      | 29.06         |
| <b>Ac. Glutámico</b> | 4.805                      | 7.97          |
| <b>Treonina</b>      | 5.230                      | 10.14         |
| <b>Alanina</b>       | 5.881                      | 1.03          |
| <b>Prolina</b>       | 6.754                      | 1.14          |
| <b>Lisina</b>        | 7.072                      | 3.35          |
| <b>Metionina</b>     | 7.238                      | 0.22          |
| <b>Valina</b>        | 7.341                      | 6.37          |
| <b>Cistina</b>       | 7.369                      | -             |
| <b>Tirosina</b>      | -                          | -             |
| <b>Isoleucina</b>    | 7.887                      | 5.07          |
| <b>Leucina</b>       | 7.957                      | 7.69          |
| <b>Fenilalanina</b>  | 8.046                      | 3.95          |

Fuente: Autores.



**Figura 9: Cromatograma del polvo seco Shiitake**

Fuente: Autores

### IV.3 Contenido de minerales de *Lentinula edodes*.

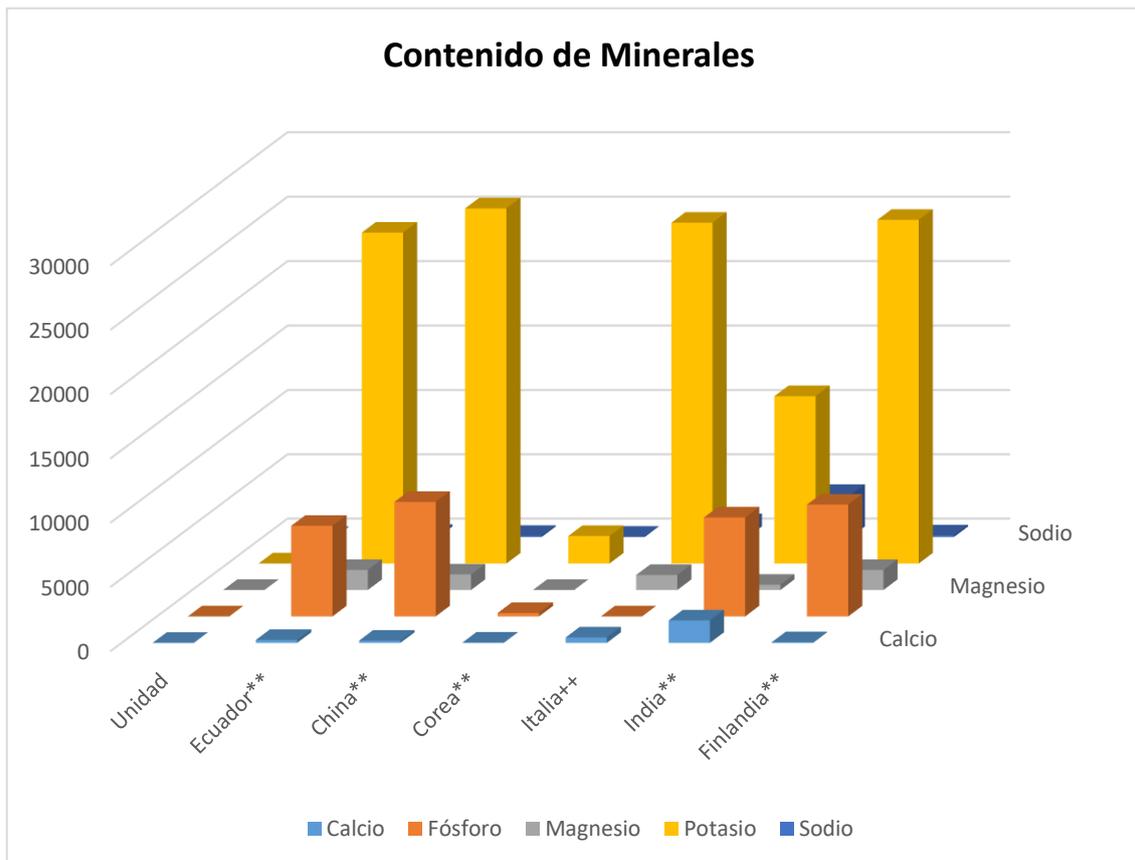
**Tabla IV. Evaluación del contenido de minerales de *Lentinula edodes* cultivada en Ecuador frente al cultivado en otras partes del mundo.**

| Parámetro | Unidad | Ecuador** | China**  | Corea** | Italia++ | India** | Finlandia** |
|-----------|--------|-----------|----------|---------|----------|---------|-------------|
| Calcio    | mg/kg  | 229,34    | 174,01   | 19      | 423      | 1749    | 50          |
| Fósforo   | mg/kg  | 7051,9    | 8912,54  | 268     | -        | 7699    | 8700        |
| Magnesio  | mg/kg  | 1554,86   | 1209,56  | -       | 1165     | 407     | 1550        |
| Potasio   | mg/kg  | 25706,27  | 27586,43 | 2140    | 26475    | 13020   | 26700       |
| Sodio     | mg/kg  | 164,64    | 89,44    | 25      | 1006     | 3274    | 130         |

Fuente: Autores

\*\* : Materia seca

++ : Materia fresca



**Gráfico 7.** Contenido de minerales en materia fresca hongo Shiitake cultivada en Ecuador versus otras partes del mundo g/100g.

#### IV.4 Determinación de Minerales

En la determinación de minerales en la muestra de hongo Shiitake se obtuvieron los resultados para Calcio 229,34 mg/kg, Fósforo 7051,9 mg/kg, Magnesio 1554,86 mg/kg, Potasio 25706,27 mg/kg, Sodio 164,64 en mg/kg, se realizó por duplicado bajo la técnica de espectroscopia de absorción atómica y UV-Vis para Fósforo.

Como se observa en la (Tabla IV) el mineral con mayor proporción en todos los países a excepción de Corea es el Potasio. En lo correspondiente a Calcio,

Fósforo y Sodio, Corea (Knowledge & Sen, 2020) presenta los valores más bajos, al igual que Finlandia (Alzand & Bofaris, 2019) en el caso de Calcio, China (Li & Wang, 2018) con Sodio, todas estas diferencias abismales suponemos que puede deberse al tipo de sustratos enriquecidos, temperatura estacionaria, forma de cultivos.

#### **IV.5 Clasificación taxonómica.**

La clasificación taxonómica fue realizada como prueba confirmatoria que los basidiomas y la muestra previamente pulverizada pertenecen a su especie *Lentinula edodes* obteniendo resultados positivos (Ver Anexo 8)

## CONCLUSIONES

- Al comparar los resultados obtenidos se encontró que estos diferían con los reportados en China, Corea, Italia, India y Finlandia, esto podría deberse que en Ecuador se presume utilizan el eucalipto como sustrato, mientras que en los demás países mencionados utilizan un tipo de cultivo diferente.
- La identificación se realizó mediante la técnica de HPLC obteniendo aminoácidos mayoritarios como Acido Glutámico, Acido Aspártico, Leucina y Glicina, de los cuales Acido aspártico presento una gran similitud a China e India, los demás mencionados reportaron diferencias en los valores identificados.
- La determinación realizada de minerales por la técnica de espectroscopía de absorción atómica y UV – VIS dio como resultado que el Potasio es el compuesto mayoritario en los cuatro países. El resultado de la determinación de proteínas por la técnica Kjeldahl se obtuvieron valores similares a China e India pero difirieron a las reportadas en Corea, Italia y Finlandia. Los valores de fibra por técnica gravimétrica poseen diferencias significativas frente los países reportados, estas variaciones podrían deberse a las condiciones climáticas, características del sustrato utilizado y época de recolección.

## RECOMENDACIONES

- Realizar un método que pueda determinar las cantidades de Cisteína, Tirosina y Metionina.
- Determinar de forma cualitativa los componentes activos del Shiitake cultivado en Ecuador.
- Analizar si el sustrato usado en Ecuador es el que influye en el contenido nutricional del hongo Shiitake.

## BIBLIOGRAFÍA

- Alzand, K., & Bofaris, I. (2019). Chemical composition and nutritional value of edible wild growing mushrooms: A review. *World Journal of Pharmaceutical Research*, 8(3), 31–46. <https://doi.org/10.20959/wjpr20193-14261>
- Arreaga, E. (2016). *Estudio de las propiedades alimenticias del hongo Shiitake (Lentinula edodes) y sus aplicaciones en la gastronomía ecuatoriana (Tesis de Pregrado)*. Facultad de Ingeniería Química, Universidad de Guayaquil - Guayaquil, Ecuador.
- Berrus, H., & Segarra, J. (2019). " *Estudio farmacognóstico y fitoquímico preliminar del Shiitake (Lentinula edodes)* " (Tesis de Pregrado). Facultad de Ciencias Químicas, Universidad de Guayaquil, Guayaquil - Ecuador.
- Boa, E. (2005). Los hongos silvestres comestibles: Perspectiva global de su uso e importancia para la población. *Food & Agriculture Org*, 17, 10–30.
- Calvo, E., & Barreda, S. (2019). *Biodeterioro microbiológico en shiitake (Lentinula edodes)*. 1147–1160. [https://doi.org/10.26754/c\\_agroing.2019.com.3385](https://doi.org/10.26754/c_agroing.2019.com.3385)
- Dias, R. (2005). *Isolamento e caracterização do Lentinan de cogumelos Shiitake cultivados em Santa Catarina* (Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis - SC - Brasil). Retrieved from <https://repositorio.ufsc.br/bitstream/handle/123456789/101799/275239.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Knowledge, I., & Sen, S. (2020). Indigenous Knowledge, Practice, Innovation and its Value. In Saikat Sen & Raja Chakraborty (Eds.), *Herbal Medicine in India*. <https://doi.org/10.1007/978-981-13-7248-3>
- Li, S., & Wang, A. (2018). Evaluation of nutritional values of shiitake mushroom (*Lentinus edodes*) stipes. *Journal of Food Measurement and Characterization*, 12(3), 2012–2019. <https://doi.org/10.1007/s11694-018-9816-2>
- Luna, J. R. (2012). Estudio químico y de potencial antimicrobiano del estípite de shiitake (*Lentinula edodes*) y su factibilidad de empleo como ingrediente nutracéutico en la preparación de alimento aviar. (*Maestría*). *Universidad Nacional de Colombia, Bogotá, Colombia*. Obtenido de <https://core.ac.uk/download/pdf/11057725.pdf>
- Menezes, F. P., & Bevilacqua, C. B. (2017). Capacidade dos fungos lignocelulolíticos em degradar polímeros de lodo de esgoto. *Revista de Ciências Agrárias*, 40(3), 515–524. <https://doi.org/10.19084/rca16165>
- Minutti, L., & Valdez, F. (2019). Effect of heat treatments of *Lentinula edodes* mushroom on eritadenine concentration. *Lwt*, 102, 364–371.

<https://doi.org/10.1016/j.lwt.2018.12.054>

- Mosquera, J. P. (2007). Evaluación del crecimiento y producción de *Lentinula edodes* (Shiitake), en residuos agroindustriales. (Pontificia Universidad Javeriana, Bogota - Colombia). Retrieved from <http://javeriana.edu.co/biblos/tesis/ciencias/tesis24.pdf>
- Park, J., & Lee, J. (2019). *Shiitake mushroom quality Microbiological analysis*. 26(4), 391–398.
- Pitarch, J. (2016). *Fresh Plaza*. Obtenido de <https://www.freshplaza.es/article/3101577/resumen-del-mercado-global-de-las-setas/>
- Rivera, O. (2017). Componentes Bioactivos del Shiitake (*Lentinula edodes* Berk. Pegler) y su impacto en la salud. *Archivos Venezolanos de Farmacología y Terapéutica*, p. Vol. 36, núm. 3, 2017, pp. 67–71.
- Romero, I. P. (2015). “*Extracción y caracterización de polisacáridos y estudio del perfil de compuestos volátiles en hongos comestibles.*” Universidad de Valladolid - Valladolid, España.
- Satyanarayana, T., & Kumar, S. (2019). Microbial Diversity in Ecosystem Sustainability and Biotechnological Applications. In *Microbial Diversity in Ecosystem Sustainability and Biotechnological Applications* (Vol. 2). <https://doi.org/10.1007/978-981-13-8487-5>
- Singh, J., & Sindhu, S. C. (2017). Development and Evaluation of Shiitake Mushroom (*Lentinus edodus*) Instant Soup Mixes. *International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences*, 6(5), 1232–1238. <https://doi.org/10.20546/ijcmas.2017.605.133>
- Tian, Y., & Zhao, Y. (2016). Effects of different drying methods on the product quality and volatile compounds of whole shiitake mushrooms. *Food Chemistry*, 197, 714–722. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2015.11.029>
- Zhang, N. (2013). Estudios comparativos sobre parámetros químicos y propiedades antioxidantes de estípites y gorro del hongo shiitake afectado por diferentes métodos de secado. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 3107-3113.

## GLOSARIO

- **Basidiomicetes:** Hongos que se reproducen por basidiosporas, las cuales se forman en unas estructuras claviformes llamadas basidios.
- **Eritadenina:** Compuesto químico que se encuentra en los hongos shiitake. Es un inhibidor de la S-adenosil-L-homocisteina hidrolasa (SAHH) y tiene actividad.
- **Lentinán:** Es un componente bioactivo, polisacárido de actividad antitumoral que posee el hongo Shiitake.
- **Reino Fungí:** Designa a un taxón o grupo de organismos eucariotas entre los que se encuentran los mohos, las levaduras y los organismos productores de setas.
- **Sustrato:** Un sustrato de cultivo es un medio material en el que se desarrollan las raíces de las plantas.
- **Setas:** se designa a cualquier hongo cuya forma consiste en un sombrero sostenido por un pie.
- **Proteína:** Sustancia química que forma parte de la estructura de las membranas celulares y es el constituyente esencial de las células vivas.
- **Aminoácido:** Sustancia química orgánica que constituye el componente básico de las proteínas
- **Lípidos:** Grasa, sustancia orgánica insoluble en agua que se encuentra en el tejido adiposo y en otras partes del cuerpo de los animales, así como en los vegetales, especialmente en las semillas de ciertas plantas.
- **Cromatografía:** Método de análisis que permite la separación de gases o líquidos de una mezcla por adsorción selectiva, produciendo manchas diferentemente coloreadas en el medio adsorbente.
- **Estípite:** soporte a modo de columna que soporta una estructura, por ejemplo, en el basidiocarpo el estipe soporta el píleo o sombrerillo.
- **Píleo:** Es el nombre técnico que se le da al sombrero de un basidiocarpo o ascocarpo (cuerpo fructífero del **hongo**).
- **Popcorning:** Colonización del sustrato que consiste en un recubrimiento micelar de consistencia irregular, gruesa y blanquecina

- **Browning:** Es la etapa en donde todo el sustrato se extiende con un pigmento color marrón.
- **Shiitake:** Hongo oriental oscuro muy usado como alimento.
- **Periodo de incubación:** Es el intervalo de tiempo entre la invasión por un agente y la aparición de los primeros signos o síntomas.
- **Reino Fungí:** Designa a un taxón o grupo de organismos eucariotas entre los que se encuentran los mohos, las levaduras y los organismos productores de setas.

## ANEXOS

### Anexo 1. Tratamiento y desecado del hongo Shiitake.



**Ilustración 1: Desechado de hongo Shiitake.**



**Ilustración 2: Hongo fresco ubicado por diferencia de tamaño.**

### Anexo 2. Determinación de Parámetros Físico - Químico



**Ilustración 3: Determinación de Humedad por termogravimetría a la muestra de hongo shiitake**



**Ilustración 9: Determinación de cenizas totales en muestra seca de hongo shiitake.**

### **Anexo 3. Determinación del contenido de proteínas.**



**Ilustración 5: Fase de combustión en la determinación de proteínas.**



**Ilustración 6: Fase de titulación en la determinación de proteínas.**

#### Anexo 4. Determinación del contenido de grasa.



**Ilustración 7: Etapa de combustión en la determinación de grasas.**



**Ilustración 8: Etapa de evaporación del éter de petróleo en la determinación de grasas.**

#### Anexo 5. Determinación del contenido de minerales.



**Ilustración 9: Ubicación de las muestras de hongo shiitake en el digestor para eliminación de la parte orgánica.**



**Ilustración 10: Espectrofotómetro de absorción atómica modelo Thermo.**

## Anexo 6. Determinación del contenido de Fibra.



**Ilustración 11: Filtración de la muestra de hongo shiitake para la determinación de fibra.**



**Ilustración 12: Muestras de hongo shiitake con Hidróxido de Sodio para determinación de fibra.**

## Anexo 7. Determinación del contenido de aminoácidos.



**Figura 14: Adición de Nitrógeno para insertar una atmosfera inerte en el tubo de ensayo para determinación de aminoácidos.**



**Ilustración 13: Cromatógrafo Líquido de Alta Eficiencia (HPLC) WATERS para determinación de aminoácidos.**

## Anexo 8. Clasificación taxonómica de *Lentinula edodes* cultivada en Ecuador.

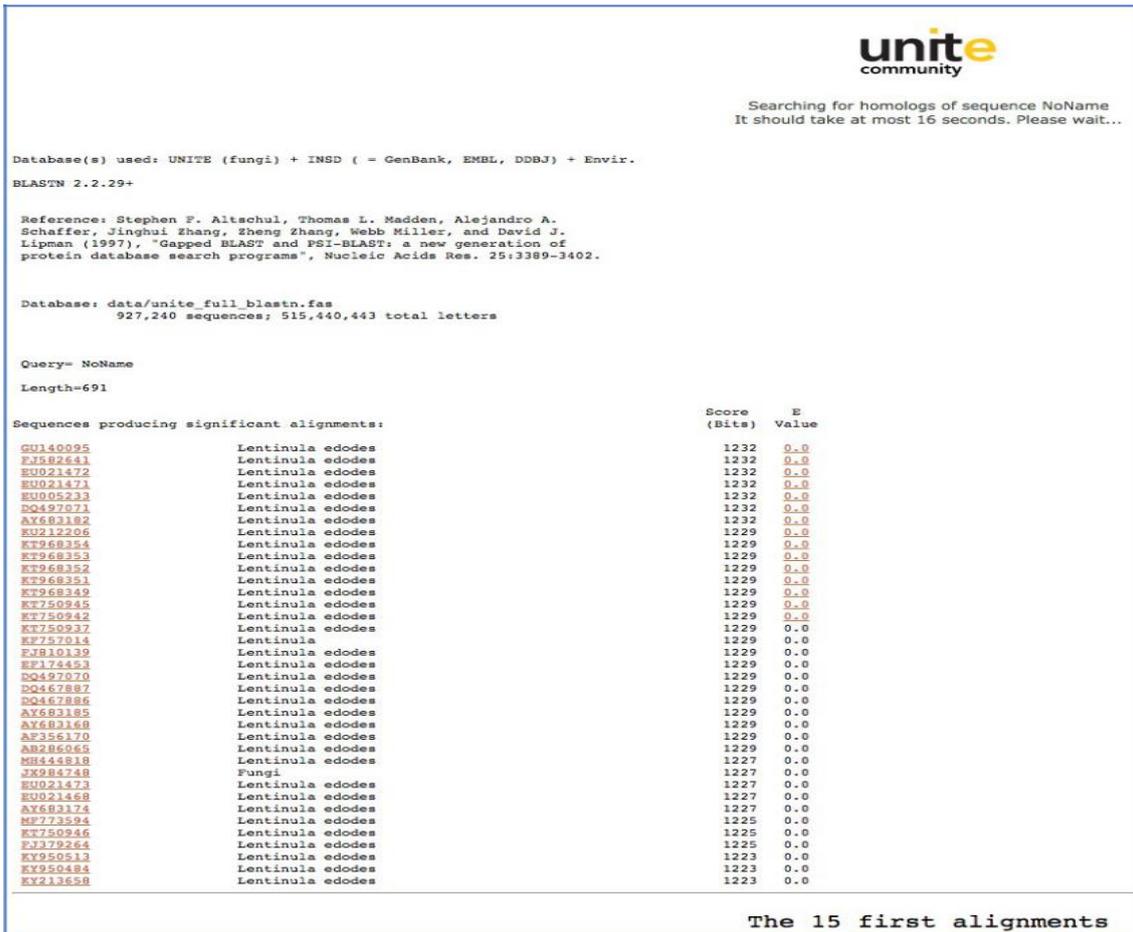


Fig. 4. Resultado de la búsqueda de BLASTN 2.2.29+ a través de la base de datos UNITE.

Como ejemplo, comentar que las tres primeras secuencias GU140095, FJ582641 y EU021472, corresponden a muestras recolectadas en distintos lugares de China.

### CONCLUSIÓN

Con los resultados obtenidos se confirma que las muestras, tanto píceo como polvo, corresponden a la especie *Lentinula edodes*.

Fdo. María P. Martín

Investigadora Científica

Real Jardín Botánico-CSIC