



**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO**  
**FACULTAD DE CIENCIAS**  
**CARRERA DE INGENIERÍA EN BIOTECNOLOGÍA AMBIENTAL**

**“APROVECHAMIENTO DE RESIDUOS DE CHOCHO COMO  
SUSTRATO PARA LA OBTENCIÓN DE HONGOS COMESTIBLES  
*Pleurotus ostreatus.*”**

**Trabajo de titulación**

Tipo: Proyecto de Investigación

Presentado para optar al grado académico de:

**INGENIERO EN BIOTECNOLOGÍA AMBIENTAL**

**AUTOR: JONNY JAVIER AGUILAR YAGUANA**

**DIRECTOR: Dra. YOLANDA DOLORES DÍAZ HEREDIA**

Riobamba – Ecuador

2020

© 2020, Jonny Javier Aguilar Yaguana

Se autoriza la reproducción total o parcial, con fines académicos, por cualquier medio o procedimiento, incluyendo la cita bibliográfica del documento, siempre y cuando se reconozca el Derecho de Autor.

Yo, Jonny Javier Aguilar Yaguana declaro que el presente trabajo de titulación es de mi autoría y los resultados del mismo son auténticos. Los textos en el documento que provienen de otras fuentes están debidamente citados y referenciados.

Como autor asumo la responsabilidad legal y académica de los contenidos de este trabajo de titulación; El patrimonio intelectual pertenece a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo

Riobamba, 28 de febrero de 2020.



**Jonny Javier Aguilar Yaguana**

**CI: 2100553490**

**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO**  
**FACULTAD DE CIENCIAS**  
**CARRERA DE ESCUELA DE CIENCIAS QUÍMICAS**

El Tribunal del trabajo de titulación certifica que: El trabajo de titulación: Tipo: proyecto de investigación “**APROVECHAMIENTO DE RESIDUOS DE CHOCHO COMO SUSTRATO PARA LA OBTENCIÓN DE HONGOS COMESTIBLES *Pleurotus ostreatus***.”, realizado por el señor Jonny Javier Aguilar Yaguana ha sido minuciosamente revisado por los Miembros del Tribunal del trabajo de titulación, el misino que cumple con los requisitos científicos, técnicos, legales, en tal virtud el Tribunal Autoriza su presentación.

Ing. Juan Carlos González García

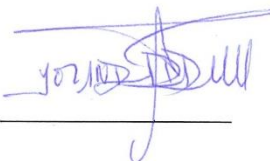
**PRESIDENTE DEL TRIBUNAL**



2020/02/28

Dra. Yolanda Dolores Díaz Heredia

**DIRECTOR DEL TRABAJO I  
TITULACION**



2020-02-28

Dr. Edgar Iván Ramos Sevilla

**MIEMBRO DE TRIBUNAL**



2020-02-28

## **DEDICATORIA**

El siguiente trabajo va dedicado a Dios por haberme permitido llegar a cumplir este objetivo, a mis padres, quienes siempre me han apoyado y ayudado durante este tiempo y a mis hermanas, quienes siempre han estado pendiente de mi con su apoyo incondicional.

**Jonny Javier Aguilar Yaguana**

## **AGRADECIMIENTO**

Agradezco a Dios por darme la vida, guiarme por el camino del bien y darme los materiales necesarios para cumplir este logro.

Agradezco a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo por permitirme estudiar en tan grandiosa Institución, especialmente a la Escuela de Ciencias Químicas, carrera de Ingeniería Biotecnología Ambiental por permitirme alcanzar esta profesión y conocer a grandes personas durante este tiempo.

Agradezco a mis padres y mis hermanas por estar pendiente de mí y el apoyo incondicional que me han dado durante esta etapa de mi vida.

Agradezco a mi tutora Dra. Yolanda Díaz por haberme guiado y ayudado durante mi trabajo de titulación y por las enseñanzas adquiridas cuando fue mi docente.

Agradezco a mis profesores que me han enseñado, guiado y amar a mi carrera.

**Jonny Javier Aguilar Yaguana**

## TABLA DE CONTENIDO

ÍNDICE DE TABLAS.....	x
ÍNDICE DE FIGURAS.....	xi
ÍNDICE DE ANEXOS.....	xii
RESUMEN.....	xiii
ABSTRACT.....	xiv
INTRODUCCIÓN .....	1
CAPÍTULO I.....	4
<b>1 MARCO TEÓRICO REFERENCIAL .....</b>	<b>4</b>
<b>1.1 Antecedentes de la investigación .....</b>	<b>4</b>
<i>1.1.1 Residuos agroindustriales en Ecuador .....</i>	<i>4</i>
<i>1.1.2 Historia del cultivo de hongos comestibles .....</i>	<i>4</i>
<i>1.1.3 Cultivo de hongos comestibles en el Ecuador.....</i>	<i>6</i>
<b>1.2 Marco Conceptual .....</b>	<b>6</b>
<i>1.2.1 Hongos .....</i>	<i>6</i>
<i>1.2.1.1 Reino de los hongos (Fungi).....</i>	<i>7</i>
<i>1.2.1.2 Clasificación de los hongos.....</i>	<i>7</i>
<i>1.2.1.3 Importancia de los hongos.....</i>	<i>8</i>
<i>1.2.1.4 Partes de un hongo.....</i>	<i>8</i>
<i>1.2.2 Hongo Pleurotus ostreatus.....</i>	<i>10</i>
<i>1.2.2.1 Clasificación taxonómica .....</i>	<i>10</i>
<i>1.2.2.2 Propiedades alimenticias de los hongos “Pleurotus ostreatus” .....</i>	<i>10</i>
<i>1.2.3 Fermentación.....</i>	<i>11</i>
<i>1.2.3.1 Tipos de fermentaciones .....</i>	<i>12</i>
<i>1.2.4 Fermentación en Estado Sólido .....</i>	<i>13</i>
<i>1.2.4.1 Condiciones ambientales para la Fermentación en Estado Sólido.....</i>	<i>14</i>
<i>1.2.5 Sustratos.....</i>	<i>15</i>
<i>1.2.5.1 Celulosa.....</i>	<i>16</i>

1.2.5.2	<i>Hemicelulosa</i> .....	17
1.2.5.3	<i>Lignina</i> .....	17
1.2.6	<b>Generalidades del chocho</b> .....	18
<b>CAPITULO II</b> .....		<b>20</b>
2	<b>MARCO METODOLÓGICO</b> .....	<b>20</b>
2.1	<b>Hipótesis e identificación de variables</b> .....	<b>20</b>
2.1.1	<i>Hipótesis general</i> .....	20
2.2	<b>Variables</b> .....	20
2.2.1	<i>Variable independiente</i> .....	20
2.2.2	<i>Variables dependientes</i> .....	21
2.2.3	<i>Operacionalización de variables</i> .....	21
2.3	<b>Tipo y diseño de investigación</b> .....	22
2.3.1	<i>Población de estudio</i> .....	22
2.3.2	<i>Tamaño de la muestra</i> .....	22
2.3.3	<i>Selección de la muestra</i> .....	23
2.4	<b>Etapas experimentales</b> .....	23
2.4.1	<i>Unidades experimentales</i> .....	23
2.4.2	<i>Propagación de la cepa <i>Pleurotus ostreatus</i> en agar Soboroud</i> .....	23
2.4.3	<i>Preparación del inóculo</i> .....	24
2.4.4	<i>Preparación del sustrato</i> .....	25
2.4.5	<i>Siembra en el sustrato</i> .....	26
2.4.6	<i>Análisis bromatológico del <i>P. ostreatus</i></i> .....	29
<b>CAPÍTULO III</b> .....		<b>30</b>
3	<b>MARCO DE RESULTADOS Y DISCUSIÓN</b> .....	<b>30</b>
3.1	<b>Caracterización bromatológica del sustrato</b> .....	<b>30</b>
3.1.1	<i>Análisis bromatológico de la cáscara de chocho</i> .....	30
3.1.2	<i>Análisis bromatológico de la vaina de chocho</i> .....	31
3.2	<b>Aplicación de la metodología de Fermentación en Estado Sólido para la obtención de hongos comestibles</b> .....	<b>32</b>
3.3	<b>Determinación de la eficiencia biológica y el rendimiento de <i>Pleurotus ostreatus</i></b> 32	
3.3.1	<i>Eficiencia biológica del <i>Pleurotus ostreatus</i> en la vaina de chocho</i> .....	33
3.3.2	<i>Rendimiento del <i>Pleurotus ostreatus</i> en la cáscara de chocho</i> .....	34
3.4	<b>Realización del análisis bromatológico del producto obtenido</b> .....	<b>34</b>
<b>CONCLUSIONES</b> .....		<b>36</b>



<b>RECOMENDACIONES.....</b>	<b>37</b>
<b>BIBLIOGRAFÍA.....</b>	<b>38</b>
<b>ANEXOS.....</b>	<b>44</b>

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1-1:</b> Taxonomía del <i>Pleurotus ostreatus</i> .....	10
<b>Tabla 2-1:</b> Propiedades alimenticias del <i>Pleurotus ostreatus</i> .....	11
<b>Tabla 1-2:</b> Operacionalización de variables.....	21
<b>Tabla 2-2:</b> Tamaño de la muestra.....	22
<b>Tabla 3-2:</b> Unidades experimentales.....	23
<b>Tabla 1-3:</b> Caracterización bromatológica de la cáscara de chocho .....	30
<b>Tabla 2-3:</b> Porcentaje de celulosa y lignina de la cáscara de chocho.....	30
<b>Tabla 3-3:</b> Caracterización bromatológica de la vaina de chocho .....	31
<b>Tabla 4-3:</b> Porcentaje de celulosa y lignina de la cáscara de chocho.....	31
<b>Tabla 5-3:</b> Pesos del hongo obtenidos en cada réplica.....	32
<b>Tabla 6-3:</b> Eficiencia biológica del <i>Pleurotus ostreatus</i> en la vaina de chocho. ....	33
<b>Tabla 7-3:</b> Rendimiento del <i>Pleurotus ostreatus</i> en la vaina de chocho.....	34
<b>Tabla 8-3:</b> Análisis bromatológico del <i>Pleurotus ostreatus</i> .....	35

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1-1.</b> Partes de un micelio .....	9
<b>Figura 2-1.</b> Estructura de la celulosa.....	16
<b>Figura 3-1.</b> Estructura de la hemicelulosa.....	17
<b>Figura 4-1.</b> Estructura de la celulosa.....	18
<b>Figura 1-2.</b> Micelio invadido en las semillas .....	25
<b>Figura 2-2.</b> Cáscara de chocho secado al sol .....	25
<b>Figura 3-2.</b> Ecurrido del sustrato después de las 24 horas.....	26
<b>Figura 4-2.</b> Mezcla del residuo con el inóculo.....	27
<b>Figura 5-2.</b> Se ubicó el sustrato mezclado en las fundas transparentes.....	27
<b>Figura 6-2.</b> Se colocó las fundas dentro del armario.....	28
<b>Figura 7-2.</b> Fructificación de los primordios en el sustrato de la vaina de chocho. ....	28
<b>Figura 8-2.</b> Fructificación del <i>Pleurotus ostreatus</i> en el sustrato de la vaina. ....	29

## **ÍNDICE DE ANEXOS**

**ANEXO A:** ANÁLISIS BROMATOLÓGICO DE LA CÁSCARA DE CHOCHO

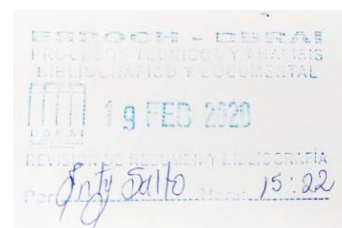
**ANEXO B:** ANÁLISIS BROMATOLÓGICO DE LA VAINA DE CHOCHO

**ANEXO C:** ANÁLISIS BROMATOLÓGICO DEL *PLEUROTUS OSTREATUS* EN LA VAINA  
DE CHOCHO

## RESUMEN

La presente investigación describió la evaluación de residuos del chocho (*Lupinus mutabilis*) como sustrato para la obtención de hongos comestibles *Pleurotus ostreatus*. El residuo fue obtenido en el cantón Guano (vainas de chocho) y en el mercado la Condamine del cantón Riobamba (cáscara de chocho), en la provincia de Chimborazo. Se utilizó la técnica de Fermentación en Estado Sólido (FES) en el laboratorio de Biotecnología de la Facultad de Ciencias de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, primero se analizó bromatológicamente los residuos para conocer sus propiedades, después se replicó la cepa del hongo en estudio en cajas Petri a nivel de laboratorio, para la obtención de los inóculos. Se realizó tres tratamientos: 100% de cáscara de chocho, 100% de vaina de chocho y 50:50 % de ambos sustratos, cada uno con ocho réplicas. Cada réplica fue sembrada en fundas transparentes y posteriormente fueron colocadas en la sala de incubación, donde se controló los parámetros de luminosidad, humedad, temperatura y aireación requeridas para la formación de los cuerpos fructíferos. A los 55 días de incubación se obtuvo resultados en la vaina de chocho, obteniendo un promedio de 182 gramos de biomasa, con una eficiencia biológica del 22,3% y un rendimiento del 18,2%. De los resultados obtenidos se pudo concluir que la vaina de chocho es un sustrato potencialmente apto para el crecimiento del hongo *Pleurotus ostreatus*. Se recomienda utilizar la tecnología del FES para procesos biotecnológicos en residuos agroforestales.

**Palabras clave:** <BIOTECNOLOGÍA>, <FERMENTACION EN ESTADO SÓLIDO (FES)>, <RESIDUOS AGROFORESTALES>, <HONGO (*Pleurotus ostreatus*)>, <CHOCHO (*Lupinus mutabilis*)>



## ABSTRACT

The present investigation described the evaluation of residues of the chocho (*Lupinus mutabilis*) as a substrate for the production of edible *Pleurotus ostreatus* mushrooms. The residue was obtained in the Guano canton (pod of chocho) and in the Condamine market of the Riobamba canton (shell of chocho), in the province of Chimborazo. The Solid State Fermentation (SSF) technique was used in the Biotechnology Laboratory of the Science Faculty of the Polytechnic School of Chimborazo. First, the residues were analyzed bromatologically to determine their properties, and then the fungus strain under study was replicated in Petri dishes at the laboratory level to obtain the inocula. Three treatments were carried out: 100% of the shell, 100% of the pod and 50:50 % of both substrates, each one with eight replicates. Each replicate was sown in transparent covers and later placed in the incubation room, where the parameters of luminosity, humidity, temperature and aeration required for the formation of the fruiting bodies were controlled. After 55 days of incubation, the results were obtained in the poplica pod, obtaining an average of 182 grams of biomass, with a biological efficiency of 22.3% and a yield of 18.2%. From the results obtained, it could be concluded that the pod of chocho is a potentially suitable substrate for the growth of the fungus *Pleurotus ostreatus*. The use of FES technology is recommended for biotechnological processes on agroforestry residues.

**Key words:** <BIOTECHNOLOGY>, <SOLID STATE FERMENTATION (FES)>, <AGROFORESTAL WASTE>, <FUNGI (*Pleurotus ostreatus*)>, <CHOCHO (*Lupinus mutabilis*)>



# **INTRODUCCIÓN**

## **Identificación del problema**

Las personas están devastando la naturaleza de una manera descontrolada, el crecimiento industrial de un país trae consigo varios problemas, siendo uno de ellos el deterioro del ambiente, pues, como resultado de la actividad agrícola se generan grandes volúmenes de diferentes residuos orgánicos (palma, maíz, cebada, trigo, centeno, plátano, café, cacao, etc) que, al no ser aprovechados ni manejados apropiadamente, se acumulan y son causa de contaminación con graves consecuencias de salubridad para los habitantes.

La agroindustria de chocho genera 420000 kilogramos anuales en la provincia de Chimborazo, según datos del 2016 (Marquez, 2016). La gestión de residuos de estas agroindustrias, no es adecuada respecto a las consecuencias ambientales que ocasionan. A menudo buena parte de estos, son quemados de manera descontrolada o dispuestos de forma inadecuada en botaderos a cielo abierto, superficies de terrenos secos o vacíos, que al ser arrastrados por la acción del viento contribuyen con el bloqueo de los cauces de los ríos y dañan visualmente el paisaje (Riera, Maldonado, & Palma, 2019).

## **Justificación**

La base de la actividad económica en Ecuador es la agricultura y dispone de vastas zonas cuya actividad genera grandes volúmenes de residuales agrícolas y/o agroindustriales. Se estima que anualmente la agroindustria del país genera cerca de 23000 millones de kilogramos, los cuales en su mayoría están compuestos por almidón o recursos lignocelulosos (Riera, Maldonado, & Palma, 2019). Tornándose imperativo el desarrollo e implementación de nuevas tecnologías para la transformación de los recursos naturales con la finalidad de aprovecharlos al máximo, incluyendo el empleo de materiales que antes se consideraban como desperdicios o que tenían muy poco uso, cuya utilización ha sido limitada debido principalmente al desconocimiento de los métodos necesarios para su tratamiento y utilización.

En Ecuador no se registra que exista un aprovechamiento eficiente de los residuos generados tanto en procesos agroindustriales como los provenientes de pérdidas en postcosecha, debido a que se desconoce su valor y por la no disposición de métodos para su preparación y caracterización. Una

estrategia para generar valor con estos residuos debe considerar aspectos como época del año en la que se producen, cantidades producidas, áreas geográficas de generación, relación con las zonas de mayor consumo y costo por concepto de transporte (Peñañiel, Guido, Muñoz, Zabala, & Chafra, 2015).

Estos residuales pueden ser tratados o dados una gestión ambiental adecuada mediante los procedimientos de transformaciones biotecnológicas. A estos residuos se le puede dar un tratamiento: físico, químico o biológico, dada sus características que son ricas en celulosa, hemicelulosa y lignina.

**Tratamiento físico:** Los procesos físicos aplicados al tratamiento de los residuos, se utilizan fundamentalmente para llevar a cabo la separación del residuo en sus fases o en sus componentes y la concentración de las sustancias responsables de su peligrosidad (GESTION CALIDAD, 2016).

**Tratamiento químico:** producen una modificación de la estructura molecular de los componentes peligrosos de los residuos, transformando estos componentes en otros que tienen características distintas, en general menos contaminantes (GESTION CALIDAD, 2016).

**Tratamiento biológico:** son operaciones de tratamiento por biodegradación de materia orgánica mediante fermentación aerobia o anaerobia. (MITECO, 2016)

Hoy en día, la manera de enfrentar el problema de los residuales agrícolas y agroindustriales, viene tomando gradualmente otra dirección, debido al reconocimiento de su potencial económico y a la posibilidad de ser aprovechados como sustratos en las fermentaciones aerobias y anaerobias, obteniéndose productos con amplias ventajas económicas.

La producción de hongos comestibles constituye un potencial para el país, ya que poseen un valor nutricional muy elevado, al constituir una magnífica fuente de proteínas, contienen hasta un 35% en base seca. Esta información es relevante al comparar con el 13,2% del trigo y 25,2% de la leche, además son fuente de vitaminas como B1, B2, B12, C, D, niacina y ácido pantoténico, ácidos grasos insaturados y un bajo contenido calórico (Echevarría, López, & Mato, 2003).

En este trabajo se aplicó técnicas biotecnológicas como la Fermentación en Estado Solido (FES) para obtener un alimento de un alto valor nutritivo, rico en proteínas, fibras y completamente orgánico.

La obtención de hongos comestibles se ajusta a la línea de investigación de “Ingeniería en Procesos” de la Facultad de Ciencias y a la sublínea de “Biotecnología” de la carrera de Ingeniería en Biotecnología Ambiental de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.



## **OBJETIVOS**

### **Objetivo general**

Evaluar los residuos de chocho como sustrato para la obtención de hongos comestibles *Pleurotus ostreatus*.

### **Objetivos específicos**

- ✓ Realizar análisis bromatológico de los residuos del chocho.
- ✓ Aplicar la metodología de Fermentación en Estado Sólido para la obtención de hongos comestibles.
- ✓ Determinar la eficiencia biológica y el rendimiento de *Pleurotus ostreatus* cultivado en residuos de chocho.
- ✓ Realizar análisis bromatológico del producto obtenido.

# CAPÍTULO I

## 1 MARCO TEÓRICO REFERENCIAL

### 1.1 Antecedentes de la investigación

#### 1.1.1 *Residuos agroindustriales en Ecuador*

En Ecuador el sector agrícola se considera uno de las principales fuentes de economía, para el año 2018 se registraron más de 23000 millones de kilogramos en la producción de cultivos agrícolas, encontrándose entre los diez principales: La caña de azúcar, el banano, la palma aceitera, el maíz duro seco, el arroz, el plátano, la papa, el cacao, la naranja y el brócoli, con un total del 59,46% de la producción global (INEC, 2018)

Los residuos agroindustriales son materiales generados en el consumo directo o procesamiento de un producto primario, sin utilidad posterior para quien lo genera. Pueden presentarse en estado gaseoso, encontrándose en este caso emisiones de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) o gases con material particulado, estado líquido como aguas y lodos residuales, pero la mayoría son de naturaleza predominantemente sólida y orgánica, con alto contenido de material lignoceluloso (Riera, Maldonado, & Palma, 2019)

#### 1.1.2 *Historia del cultivo de hongos comestibles*

Existen registros de siembra por primera vez un hongo macroscópico comestible (*Auricularia auricula-judae*) en China cerca del año 600 de nuestra era. En Europa se sabe que el champiñón (*Agaricus campestris*) se realizó la siembra inicialmente en Francia hacia el año 1650. Muchas son las teorías dadas sobre el lugar de inicio del cultivo comercial de los hongos, pero la más generalizada es la que tiene como origen las cercanías de París, Francia. Se indica que en la Francia del Rey Luis XIV, el jardinero de la corte, Olivier de Serres, aunado a los conocimientos

del científico botánico Tournefort permitieron se realizara lo que puede considerarse como el primer cultivo moderno. Se señala que posterior a esto y durante muchos años los agricultores fueron recogiendo este tipo de hongo (champiñón), que luego vendían en los mercados mayoristas y por iniciativa de algunos de ellos, por el año de 1852 surgió la idea de recoger trozos de "blanco de hongo" (el micelio del champiñón), y sembrarlos en los hoyos donde posteriormente depositaban semilla de melón para su germinación; El resultado fue bueno, los hongos se desarrollaron acompañados del crecimiento del melón que con sus grandes hojas lo protegían del sol y las lluvias. En 1987 Steineck menciona que fue a finales del siglo XVIII cuando se comprobó que el cultivo realizado en galerías subterráneas, bodegas y minas proporcionaban resultados excepcionales. Los resultados de las investigaciones de Constantin y Matruchot en 1894, permitieron obtener la calidad óptima que daría a la fungicultura el carácter de industria agraria. (Sierra, 2009)

En el intento de repetir la experiencia francesa, en situaciones ambientales muy distintas, el jardinero del Zar de Rusia llamado Oldaker, ideó un sistema de cultivo especial en invernaderos a finales del siglo XIX. Posteriormente emigra a Inglaterra en donde inicia en este país la fungicultura. Este sistema es el mismo que fue adoptado por los emigrantes Ingleses a Estados Unidos, donde fue perfeccionado a altos niveles mediante el llamado "Sistema Americano". En Alemania comenzó a practicarse con gran intensidad a finales del siglo XIX también, siendo en Renania, donde se encuentra el 50 % de las instalaciones alemanas dedicadas al cultivo del champiñón. Constantin y Matruchot mantuvieron en secreto su método haciendo de esto un monopolio por parte del Instituto Pasteur de Francia, hasta que, en 1902, Ferguson, un estadounidense, publicó la descripción de las condiciones controladas para la germinación de las esporas del champiñón y el mantenimiento del micelio. Esto significó el fin del monopolio del mercado de cepas. Para 1903, Louis F. Lambert, inmigrante Belga (o Francés), crea un laboratorio de cultivos puros en St. Paul, Minnesota. Hasta entonces los productores estadounidenses importaban la composta inoculada desde Inglaterra. En 1907, la Lambert's American Spawn Company puso a la venta 7 diferentes cepas de *Agaricus bisporus* para venta a los productores estadounidenses. En 1932, James W. Sinden, entonces director del programa de investigación en hongos de la Pennsylvania State University patenta la producción de "inoculo en grano". El sudeste de Pensilvania fue (y aún es) el mayor centro de producción de hongos de los Estados Unidos. En 1924, el Departamento de Agricultura de Pensilvania informó que el 85% de los hongos de ese país se cultivaban en Pensilvania. En 1930, la Oficina de Censos de los Estados Unidos reveló que había 516 cultivadores en aquel país y que 350 estaban ubicados en el Condado de Chester, Pensilvania (Sierra, 2009)

### ***1.1.3 Cultivo de hongos comestibles en el Ecuador***

En el Ecuador el cultivo de hongos comestibles inició en el año 1969 con la llegada de la empresa Kennet S.A pero debido a la inestabilidad económica y política se ha observado que los pocos productores de hongos existentes carecen de una asistencia técnica especializada con miras a la profesionalización y es por ello también que la producción de hongos en el país ha tenido un crecimiento ínfimo razón por la cual no se ha podido cubrir ni de lejos con la demanda existente; el moderno productor debe realizar un sistema grupal que tiene una posibilidad cierta, efectiva y accesible económicamente, logrando tener una producción eficiente de alta calidad, el mismo que abarca desde la reproducción, manejo, instalaciones, sanidad, comercialización y asistencia técnica. (Freire & Vásquez, 2015)

En la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo hay trabajos con algunos residuos como potenciales sustratos para la obtención de hongos comestibles como la utilización de haba, quinua, maíz, durazno, naranja, mora, tomate, guayaba y otros residuos. Los cuales han tenido resultados muy satisfactorios en cuanto a sus propiedades alimenticias.

## **1.2 Marco Conceptual**

### ***1.2.1 Hongos***

Los hongos están formados por una serie de finos filamentos llamados hifas, que en conjunto forman lo que se llama micelio. En la naturaleza y en condiciones de humedad y temperatura favorables, el micelio se extiende sobre el sustrato adecuado, se transforma en pequeños grumos que aumentan de tamaño hasta formar la típica seta. El hongo formado con su sombrero y su pie, tiene la función de producir las estructuras de reproducción llamadas esporas cuya misión es perpetuar la especie. Las esporas se forman en la parte dentro del sombrero, en unas láminas verticales que se extienden desde la parte superior del pie hasta el borde del sombrero (Álvares & Reyes, s.f.).

Las setas se alimentan de materia orgánica en la que están creciendo, degradando las sustancias con enzimas que liberan al medio húmedo que les rodea, para que los nutrientes sean aprovechados por las hifas del micelio (Álvares & Reyes, s.f.)

#### *1.2.1.1 Reino de los hongos (Fungi)*

El reino Fungi está compuesto de hongos, levaduras y mohos. Todos ellos tienen características muy diversas pero, aun así, se pueden agrupar gracias a una característica única y común a todos ellos: tienen paredes celulares de quitina. Al igual que las células que componen las plantas, los organismos Fungi tienen una pared celular que recubre a la membrana celular. La pared celular de las células vegetales está compuesta por celulosa, mientras que las de los Fungi está compuesta por otro polímero: la quitina. La quitina es un compuesto duro que forma, entre otras cosas, la cubierta exterior del cuerpo de muchos insectos o moluscos (Belmonte, 2019).

Muchos hongos tienen una importancia especial para los seres humanos, especialmente en la alimentación y la medicina. Algunos son comestibles y su consumo es sumamente popular en la gastronomía de ciertas regiones; quizá los champiñones son los hongos y setas más consumidos. Sin embargo, su aportación a la medicina es más relevante, ya que gracias a un hongo se elabora la penicilina, un antibiótico usado en el tratamiento de infecciones que ha salvado millones de vidas desde su descubrimiento en 1928 (COPYSCAPE, 2016).

#### *1.2.1.2 Clasificación de los hongos*

Los hongos se clasifican en tres familias y un grupo:

1. Familia zigomycota
2. Familia ascomycota
3. Familia basidiomycota
4. Hongos imperfectos

**Zigomicetes:** Estos hongos son los únicos en los que la unión de las hifas genera directamente un cigoto, proceso que constituye la reproducción sexual (Martínez C. , 2017).

**Ascomycota:** Incluye hongos conocidos, como los mohos y las levaduras. Es el filo con el mayor número de hongos (COPYSCAPE, 2016).

**Basidiomycota:** Estos hongos tienen hifas septadas y se reproducen principalmente de forma sexual. Los más conocidos son los champiñones comestibles (COPYSCAPE, 2016).

**Hongos imperfectos:** Los hongos imperfectos o deuteromicetes son organismos que no presentan aparatos reproductores o, en cualquier caso, estos no han sido descubiertos aún. La mayoría de estos son considerados hongos ascomicetes que perdieron la capacidad de reproducirse sexualmente (Martínez C. , 2017).

#### 1.2.1.3 Importancia de los hongos

Los hongos están involucrados en numerosos fenómenos biológicos y químicos vinculados a la desintegración de la materia orgánica, procesos industriales de fermentación, producción comercial de medicamentos, alimentación humana y los sistemas de producción agroforestal. Se conocen 750 especies de hongos capaces de infectar insectos (entomopatógenos) para regular las poblaciones de plagas en los cultivos agrícolas, entre ellas, el hongo imperfecto (Deuteromicete) *Beauveria bassiana* descubierto en 1835 por Agostino Bassi. El uso más común de *B. bassiana* es contra pulgones, mosca blanca y trips. La importancia de los hongos entomopatógenos es que no son nocivos para el operario ni para el ambiente, no deterioran la fauna benéfica, permiten establecer programas de manejo integrado, se pueden usar para agricultura orgánica, no tienen efectos tóxicos por acumulación en aplicaciones sucesivas ni límite máximo de residuos (Solares, 2007).

#### 1.2.1.4 Partes de un hongo

Las principales partes de un hongo se pueden dividir en volva, estipe, himenio, píleo y las partes internas. Un hongo o seta es un organismo eucariota de gran tamaño y con una estructura frutosa

que puede crecer por encima o por debajo de la tierra, teniendo una clasificación distinta para cada caso (Tobar, 2014).

**Sombrero o píleo:** es la parte superior más visible y llamativa de un hongo, que funciona de protector para el himenio y el sistema interno de producción de esporas (Tobar, 2014).

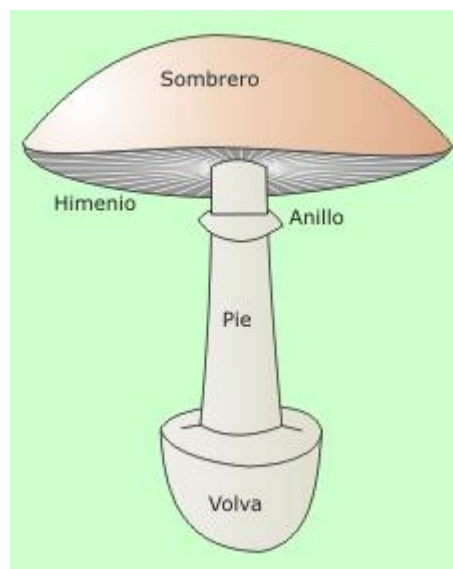
**Himenio:** Es la parte inferior del sombrero del hongo y la que queda más cerca del extremo del estipe. El himenio cumple la función de generar y expulsar esporas a los alrededores (Tobar, 2014).

**Anillo:** Parte residual procedente de la velo y situado bajo el sombrero cuando éste se expande, tiene como misión proteger el himenio y facilitar la maduración de las esporas (Hernández & López, 2005).

**Estipe o pie:** según su grosor, es el nombre que recibe el tallo del hongo, que lo lleva desde la tierra o parte parcial de la volva hasta su conexión con el sombrero (Tobar, 2014).

**Volva:** es una membrana que crece parcialmente en forma ovalada o como una taza, y que permite el desarrollo del hongo en su interior (Tobar, 2014).

**Partes internas:** pesar de no ser perceptibles al ojo humano, un hongo posee una serie de elementos y mecanismo microorgánicos que forman parte de su estructura básica y funcionalidad. Estos se encuentran principalmente en el himenio (Tobar, 2014).



**Figura 1-1.** Partes de un micelio

**Fuente:** La cocina de Coque, 2009

**Realizado por:** Aguilar Yaguana, Jonny, 2020

### 1.2.2 Hongo *Pleurotus ostreatus*.

*Pleurotus ostreatus* es un hongo saprofítico o parásito débil, es un descomponedor de la podredumbre blanca que crece de forma natural en árboles como arce, aliso y balso. La palabra *Pleurotus* viene del griego “pleuro” que significa tomado lateralmente o en posición lateral, refiriéndose a la posición del estipe con respecto al píleo. La palabra *ostreatus* en latín quiere decir en forma de ostra y en este caso se refiere a la apariencia y al color del cuerpo fructífero (Hernández & López, 2005).

#### 1.2.2.1 Clasificación taxonómica

**Tabla 1-1:** Taxonomía del *Pleurotus ostreatus*

<b>REINO:</b>	Fungi
<b>SUBREINO:</b>	Fungi Superior
<b>DIVISIÓN:</b>	<i>Basidiomycota</i>
<b>SUBDIVISIÓN:</b>	<i>Basidiomycotina</i>
<b>CLASE:</b>	<i>Himenomycetes</i>
<b>ORDEN:</b>	<i>Agaricales</i>
<b>FAMILIA:</b>	<i>Tricholomatceae</i>
<b>GÉNERO:</b>	<i>Pleurotus</i>
<b>ESPECIE:</b>	<i>ostreatus</i>

Fuente: (Hernández & López, 2005)

Realizado por: Aguilar Yaguana, Jonny, 2020

#### 1.2.2.2 Propiedades alimenticias de los hongos “*Pleurotus ostreatus*”

El hongo se considera un complemento alimenticio de gran valor nutricional, ya que sus proteínas tienen todos los aminoácidos esenciales para el desarrollo humano, por lo que se debe incluir en la dieta diaria. Es rico en carbohidratos, vitaminas como B1, B12, y C; fibra y minerales, y posee bajo contenido de grasas. Además, posee minerales como potasio, fósforo, calcio (Vázquez, s.f.).



**Tabla 2-1:** Propiedades alimenticias del *Pleurotus ostreatus*

<b>Componentes</b>		<b>Cantidad</b>
<b>Proteínas</b>	peso seco	10 - 30%
<b>Carbohidratos</b>	peso seco	57%
<b>Grasas</b>	peso seco	1%
<b>Vitaminas</b>	Tiamina (Vitamina B1)	4,8 - 7,8 mg/ 100 g
	Riboflavina (Vitamina B2)	4,7 -4,9 mg/100 g
	Niacina (Vitamina B5)	55 - 109 mg/ 100 g
	Acido ascórbico ( Vitamina C)	36 - 58 mg/ 100 g
<b>Minerales</b>	Calcio	33 mg/ 100 g
	Fósforo	1,34 mg/ 100 g
	Hierro	15,20 mg/ 100 g

Fuente: (Leben, 2004)

Realizado por: Aguilar Yaguana, Jonny, 2020

### 1.2.3 Fermentación

En términos generales, la fermentación implica el empleo de microorganismos para llevar a cabo transformaciones de la materia orgánica catalizadas por enzimas. La fermentación ha sido realizada como un arte durante muchos siglos; por ejemplo, la elaboración del vino se cree que se practicaba ya al menos 10.000 años a.C. mientras que los historiadores creen que los egipcios producían cerveza en los años 5000-6000 a.C., dejando germinar la cebada en vasijas de barro y después estrujándola, amasándola y finalmente remojándola con agua para obtener la bebida (Ward, 1991).

La fermentación es un proceso químico natural que produce cambios en una sustancia por efecto de la oxidación anaeróbica incompleta, logrando así, un compuesto final orgánico. Es obtenida gracias al trabajo de microorganismos y bacterias, que, sin la necesidad de oxígeno, se multiplican a partir del proceso antes mencionado. El resultado final, es una composición distinta a la sustancia de origen, que posee características propias particulares (Tipos de fermentación, 2016).

La respiración aeróbica es un tipo de metabolismo energético en el que los seres vivos extraen energía de moléculas orgánicas, como la glucosa, por un proceso complejo en el que el carbono

es oxidado y cuando llega a la mitocondria se mezcla con el agua. En otras variantes de la respiración, muy raras, el oxidante es distinto del oxígeno (respiración anaeróbica) (Puerta, 2014).

La respiración anaeróbica (o anaerobia) es un proceso biológico de oxidorreducción de monosacáridos y otros compuestos en el que el aceptor terminal de electrones es una molécula inorgánica distinta del oxígeno, y más raramente una molécula orgánica, a través de una cadena transportadora de electrones análoga a la de la mitocondria en la respiración aeróbica (Puerta, 2014)

### *1.2.3.1 Tipos de fermentaciones*

**Fermentación discontinua:** Una fermentación discontinua (en batch) puede ser considerada como un "sistema cerrado". Al inicio de la operación se añade la solución esterilizada de nutrientes y se inocula con el microorganismo, permitiendo que se lleve a cabo la incubación en condiciones óptimas de fermentación. A lo largo de toda la fermentación no se añade nada, excepto oxígeno (en forma de aire), un agente antiespumante y ácidos o bases para controlar el pH. La composición del medio de cultivo, la concentración de la biomasa y la concentración de metabolitos cambia generalmente como resultado del metabolismo de las células observándose las cuatro fases típicas de crecimiento: fase de latencia, fase logarítmica, fase estacionaria y fase de muerte (WEBCD, 2015).

**Fermentación alimentada (fed-batch):** En los procesos convencionales discontinuos que acabamos de describir, todos los sustratos se añaden al principio de la fermentación. Una mejora del proceso cerrado discontinuo es la fermentación alimentada que se utiliza en la producción de sustancias como la penicilina. En los procesos alimentados, los sustratos se añaden escalonadamente a medida que progresa la fermentación. La formación de muchos metabolitos secundarios está sometida a represión catabólica (efecto glucosa). Por esta razón en el método alimentado los elementos críticos de la solución de nutrientes se añaden en pequeñas concentraciones al principio de la fermentación y continúan añadiéndose a pequeñas dosis durante la fase de producción (Chinchay, 2017).

**Fermentación continua:** Se establece un sistema abierto. la solución nutritiva estéril se añade continuamente al biorreactor y una cantidad equivalente de solución utilizada de los nutrientes, con los microorganismos se saca simultáneamente del sistema (WEBCD, 2015).

#### ***1.2.4 Fermentación en Estado Sólido***

La fermentación en medio sólido, o también fermentación en estado sólido, se define como el crecimiento de microorganismos en medios sólidos o semisólidos en ausencia de agua libre. Las fermentaciones de estas características son aquellas en las cuales el sustrato no está disuelto ni en suspensión en un gran volumen de agua. La definición más general y reciente fue formulada por Viniegra-González (1997), donde se plantea que "es un proceso microbiológico que ocurre comúnmente en la superficie de materiales sólidos que tienen la propiedad de absorber y contener agua, con o sin nutrientes solubles".

Esta técnica ha sido aplicada desde la antigüedad en la preparación de alimentos fermentados, como el koji en China que se obtiene por el cultivo del hongo *Aspergillus oryzae* sobre cereales cocidos, y en Japón es la base de la elaboración de sake, del teiupéh habitual en Indonesia. También suele utilizarse en la elaboración de aromas artificiales de alimentos. En la década de los años 70 se promovió con fuerza el estudio científico, con vistas a aprovechar las ventajas económicas de este tipo de fermentación.

La fermentación en medio sólido ha aparecido como una tecnología potencial para la obtención de productos microbiológicos, los cuales son de utilidad en las industrias alimenticia, química y farmacéutica, La utilización de los residuos agro-industriales como sustratos en los procesos de fermentación en medio sólido proporcionan una alternativa de utilización, no obstante que parecían no tener aplicación alguna. (Chávez, Rodríguez, Rodríguez, & Noé, 2009) }

Ventajas:

- Mayores rendimientos
- Más fácil la recuperación de los productos
- No se producen espumas
- Volumen del reactor menor
- Se pueden emplear como sustratos, materias primas o residuos de bajo coste de industrias agrícolas o alimentos
- La biomasa agotada puede ser utilizada para la alimentación de animales de granja
- Impacto ambiental menor: se reduce el volumen de los efluentes (Botella, Ory, Webb, Cantero, & Blandino, 2002)

#### *1.2.4.1 Condiciones ambientales para la Fermentación en Estado Sólido*

##### **Humedad del sustrato**

Es el factor más decisivo sobre una fermentación en estado sólido. El nivel adecuado es función de la naturaleza del sustrato, el tipo de producto final y los requerimientos del microorganismo. Evidentemente se encuentra relacionado con la actividad de agua, el cual influye sobre el crecimiento de actividades metabólicas en los microorganismos. Los microhongos son los microorganismos más adecuados, en función de sus bajos requerimientos de actividad de agua, para desarrollarse sobre sistemas en estado sólido. Con todo, se debe tener presente que los requerimientos de actividad de agua para la producción de metabolitos son sensiblemente superiores a los necesarios para el crecimiento, por lo que el mantenimiento y control de la humedad en los cultivos puede utilizarse como recurso para el control externo de este tipo de procesos. Así, un alto contenido en humedad provoca en numerosas situaciones descensos de la porosidad y por consiguiente de la difusión del oxígeno, aumenta el riesgo de contaminación bacteriana e incrementa la formación de micelio aéreo, efectos que se deben prevenir en una fermentación en estado sólido (Moyano, 2014).

##### **Temperatura**

La temperatura ideal para el área de fructificación es de 16 a 20 °C, cuando la temperatura es inferior a los 16 °C el desarrollo es más lento y al llegar a los 4 °C, el crecimiento es nulo, mientras que las fructificaciones que alcanzan a desarrollarse se agrietan y tienen un aspecto seco. Si la temperatura es mayor a los 20 °C, existe mucha evaporación, lo que ocasiona que si no existen los cuidados o labores de riego necesarios, los pasteles (micelio) y frutos se secan, la producción se reduce, los primordios llegan a morir y si la temperatura supera los 26 a 28 °C, el micelio empieza a dejar de fructificar hasta que muere (Vázquez, s.f.).

##### **Aireación y agitación**

Esto permite la transferencia de masa tanto a nivel interparticular como intraparticular. A nivel interparticular el proceso de transferencia de masa más importante es la difusión de gases, en especial la transferencia de oxígeno y depende esencialmente de la proporción de espacios huecos en la masa de fermentación y de la aireación. La proporción de espacios huecos, es una función

de la geometría de las partículas del sustrato, del contenido en humedad y de la naturaleza química del sustrato, y debe representar al menos un 30% del volumen total de la masa de fermentación (Pastrana, 1996). Las tasas de aireación se establecen de acuerdo con el tipo de microorganismos, los requerimientos para la síntesis del producto objetivo, el grado de eliminación del calor y CO<sub>2</sub>, el espesor de la capa de sustrato empleada y el número de espacios intersticiales que dejan las partículas de sustrato (Moyano, 2014).

### **Potencial hidrógeno (pH)**

El pH es uno de los factores críticos en unos procesos fermentativo, en estado sólido su seguimiento y control durante el transcurso de los cultivos es particularmente dificultoso. No obstante, los sistemas de fermentación en estado sólido suelen poseer una relativa estabilidad frente al pH. Ello es debido a la elevada capacidad tampón de los sustratos usuales, por lo que mediante el ajuste inicial del pH del sustrato es posible eliminar la necesidad de su control reduciendo la incidencia real de esta variable. Con todo, en ocasiones resulta conveniente realizar la humectación de los sustratos con soluciones tampón para evitar cambios de pH en áreas localizadas (Moyano, 2014).

#### ***1.2.5 Sustratos***

Los desechos agroindustriales tienen características fisicoquímicas adecuadas para utilizarse como sustratos en los bioprocesos de FES. Su composición química caracterizada por la presencia de polisacáridos como celulosa y hemicelulosa, es de importancia fundamental como fuente de carbono para los microorganismos. Sin embargo, la presencia de la lignina representa un factor perturbador en la disponibilidad de esos polisacáridos para el desarrollo microbiano, ya que es un sustrato recalcitrante formada por polifenoles. Debido a esto, se ha incrementado el área superficial para el desarrollo microbiano, modificando el tamaño de partícula mediante pretratamiento mecánico y la accesibilidad a la fuente de nutrientes mediante pretratamientos químicos y enzimáticos.

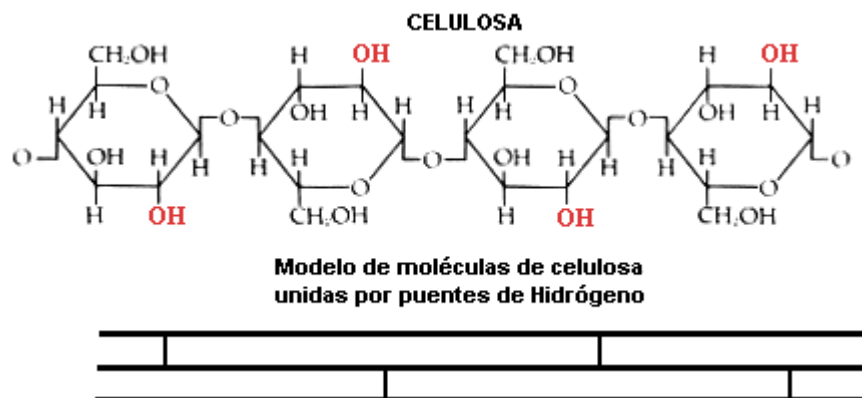
Como sustrato ideal para la FES se considera aquél que provea a los microorganismos de todos los nutrientes necesarios para el metabolismo celular y fermentativo. Por otro lado, si algunos de los nutrientes no se encuentran en niveles adecuados, es necesario utilizar un suplemento como fuente externa del mismo.

La selección de un desecho agroindustrial para usarlo como sustrato depende de los siguientes factores: costo, disponibilidad en cantidades adecuadas para justificar una aplicación industrial y posibilidad de almacenamiento sin causar deterioro morfológico y microbiológico (Ferrer, Machado, & Brieva, 2014).

### 1.2.5.1 Celulosa

La Celulosa es el principal componente de las paredes celulares de los árboles y otras plantas. Es una fibra vegetal que al ser observada en el microscopio es similar a un cabello humano, cuya longitud y espesor varía según el tipo de árbol o planta. El contenido de celulosa varía según el tipo de árbol o planta que se considere (Cruz, 2014).

La celulosa está constituida por una larga cadena de carbohidratos polisacáridos. La estructura de la celulosa se forma por la unión de moléculas de  $\beta$ -glucosa a través de enlaces  $\beta$ -1,4-glucosídico, lo que hace que sea insoluble en agua. La celulosa tiene una estructura lineal o fibrosa, en la que se establecen múltiples puentes de hidrógeno entre los grupos hidroxilo de distintas cadenas yuxtapuestas de glucosa, haciéndolas muy resistentes e insolubles al agua. De esta manera, se originan fibras compactas que constituyen la pared celular de las células vegetales, dándoles así la necesaria rigidez (Cruz, 2014)



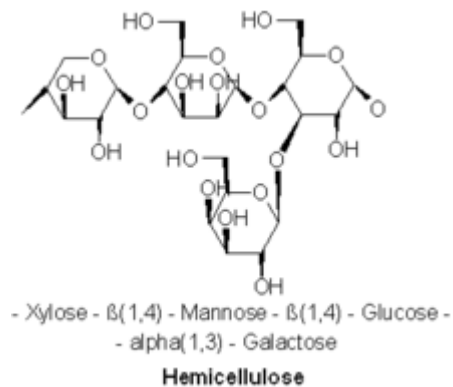
**Figura 2-1.** Estructura de la celulosa

Realizado por: Aguilar Yaguana, Jonny, 2020

La celulosa se utiliza como aditivo y recibe el nombre de E-460. No es nocivo y se utiliza como estabilizante, emulsionante, espesante, agente de carga y soporte para otros aditivos (Nutritienda, 2010).

### 1.2.5.2 Hemicelulosa

Hemicelulosa es un término empleado para designar a un grupo muy diverso de polisacáridos presentes en las paredes celulares de muchas plantas y que representan más de un tercio de la biomasa de dichas estructuras (Parada, 2015). Son polisacáridos que, excluyendo la celulosa, constituyen las paredes celulares de las plantas y se pueden extraer con soluciones alcalinas diluidas.



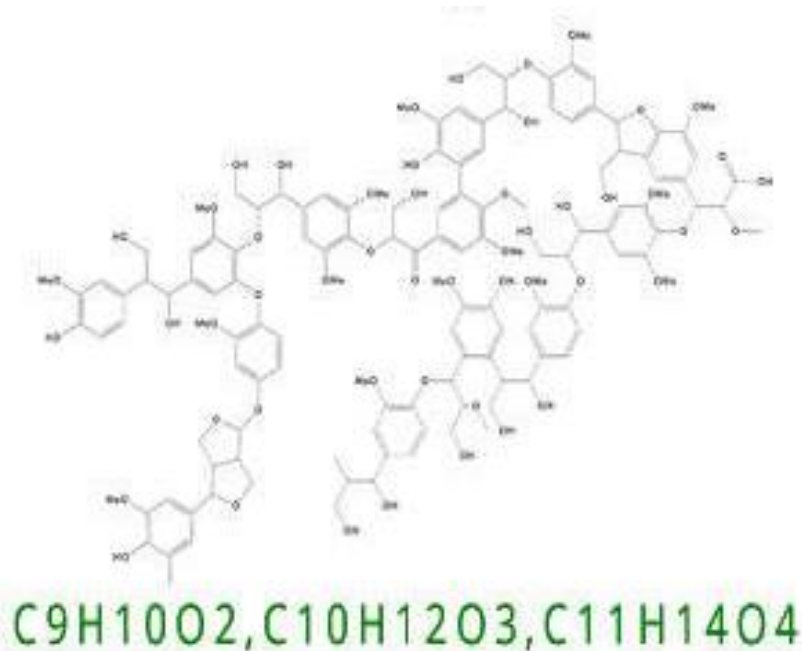
**Figura 3-1.** Estructura de la hemicelulosa

Realizado por: Aguilar Yaguana, Jonny, 2020

Forman aproximadamente una tercera parte de los carbohidratos en las partes maderosas de las plantas. La estructura química de las hemicelulosas consiste en cadenas largas; con una gran variedad de pentosas, hexosas, y sus correspondientes ácidos úronicos. Se encuentran en frutas, tallos de plantas, y las cáscaras de granos. Aunque las hemicelulosas no son digeribles; pueden ser fermentadas por levaduras y bacterias (Agrotendendencia, 2019)

### 1.2.5.3 Lignina.

La lignina (término proveniente del latín lignum, que significa leña o madera) es un polímero propio de las plantas vasculares de estructura tridimensional, amorfa y compleja. En las plantas sirve como un «cemento» que otorga fuerza y resistencia a los tallos vegetales, a los troncos y a otras estructuras (Gelambi, 2010).



**Figura 4-1.** Estructura de la celulosa

Realizado por: Aguilar Yaguana, Jonny, 2020

Se localiza principalmente en la pared celular y la protege ante fuerzas mecánicas y patógenos, encontrándose también en pequeña proporción en el interior de la célula. Químicamente posee una amplia variedad de centro activos que les permite interactuar con otros compuestos. Dentro de estos grupos funcionales comunes tenemos a los hidroxilos fenólicos, alifáticos, metoxilos, entre otros (Gelambi, 2010).

### 1.2.6 Generalidades del chocho

#### Descripción botánica

El Chocho es una leguminosa cultivada por los antiguos pobladores de la región andina central desde épocas pre-incaicas. Según estudios su cultivo comenzó aproximadamente en los años 2200 y 2500 a.C. Siendo una planta nativa de los Andes, crece en altitudes entre los 2800 y 3600 metros sobre el nivel del mar, en climas templados y fríos.

Su cultivo y consumo ha crecido gradualmente en los últimos años por la facilidad que tiene este cereal para vivir en cualquier clase de suelo. El chocho tiene muchos usos, así como medicinal, industrial, agronómico y existen también experimentos para usar los residuos de la planta como combustible (Burgos, 2006).



El fruto es una vaina alargada de 5 a 12 cm, contiene de 3 a 8 granos, éstos son ovalados, comprimidos en la superficie y con una amplia variabilidad en cuanto al color, el mismo que va desde blanco puro hasta negro. Las hojas son digitadas, compuestas pecioladas de cinco o más foliolos, las flores tienen la típica forma de papilionáceas: la corola está formada por cinco pétalos y la quilla envuelve el pistilo y a los diez estambres (Villacrés, Rubio, Egas, & Segovia, 2006).

### **Clasificación científica**

- **Reino:** *Plantae*
- **División:** *Magnoliophyta*
- **Clase:** *Magnoliopsida*
- **Orden:** *Fabales*
- **Familia:** *Fabaceae, Leguminosae*
- **Género:** *Lupinus*
- **Nombre científico :** *Lupinus mutabilis sweet*
- **Nombre común:** Altramuz, Chocho, Lupín, Lupino, tarwi, tauri

### **Valor nutritivo**

El chocho es rico en carbohidratos, fósforo, calcio y azúcar, micronutrientes muy difíciles de encontrar en otras leguminosas. Científicamente se ha comprobado que el consumo de este producto aumenta la liberación de insulina en la sangre, por tal razón esta leguminosa puede ser consumida por diabéticos. También es ideal para las personas intolerantes a la lactosa, que igual necesitan de calcio (Moreno & Salas, 2014).

De la actividad agroindustrial del chocho se generan subproductos, los mismos que pueden ser utilizados en otros procesos de transformación biotecnológica para generar productos de uso humano y animal, estos subproductos son: tallo, hojas, vaina y cáscara. Entre las alternativas de aprovechamiento de estos residuos se pueden mencionar los siguientes: abono orgánico y la obtención de hongos comestibles *Pleurotus ostreatus* mediante la transformación biológica usando como materia prima la vaina.

## CAPITULO II

### 2 MARCO METODOLÓGICO

La presente investigación se realizó en el laboratorio de Biotecnología de la facultad de Ciencias de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo ubicada en Riobamba, Chimborazo dirección Panamericana Sur km 1 1/2

#### 2.1 Hipótesis e identificación de variables

##### 2.1.1 *Hipótesis general*

Los residuos del chocho constituyen un potencial sustrato para la obtención de hongos comestibles.

#### 2.2 Variables

##### 2.2.1 *Variable independiente*

- Residuos de chocho (cáscara y vaina de chocho)

### 2.2.2 Variables dependientes

- Obtención del hongo comestible
- Eficiencia biológica
- Rendimiento

### 2.2.3 Operacionalización de variables

**Tabla 1-2:** Operacionalización de variables

VARIABLES	CONCEPTUALIZACIÓN	INDICADORES	MEDIO DE VERIFICACIÓN
<b><u>Independiente:</u></b> Residuos de chocho (cáscara y vaina de chocho)	Los residuos del chocho son la cáscara y la vaina, la cáscara es rica en calcio.	% Proteínas % Grasas % Cenizas % Humedad % Fibra	Análisis de laboratorio.
<b><u>Dependiente:</u></b> Hongos comestibles	Los hongos comestibles poseen agua, hidratos de carbono y lípidos. Sus proteínas de alta calidad biológica contienen nueve de los aminoácidos esenciales para el hombre. Son fuente de vitaminas, fibras, minerales, y aportan calorías, además de sus propiedades medicinales.	% Proteínas % Grasas % Cenizas % Humedad % Fibra	Análisis de laboratorio.
Eficiencia biológica	Es la relación en porcentaje entre el peso fresco del hongo y el peso del sustrato seco	Kg Hongo fresco kg sustrato seco	Análisis de laboratorio.
Rendimiento	Es la relación en porcentaje entre el peso fresco del hongo y el peso del sustrato húmedo	Kg hongo fresco Kg sustrato húmedo	Análisis de laboratorio.

Realizado por: Aguilar Yaguana, Jonny, 2020

## 2.3 Tipo y diseño de investigación

La investigación es de tipo exploratoria donde se utilizará un diseño experimental, cuyo objetivo principal es la obtención de hongos comestibles, mediante 3 tratamientos y 8 repeticiones de cada uno, realizando bajo las mismas condiciones ambientales, con lo cual se tiene un total de 24 unidades experimentales.

### 2.3.1 Población de estudio

Está representada por 12 kg de vaina de chocho y 12 kg de cáscara de chocho, los cuales se obtuvieron en el centro comercial “La Condamine”, la vaina de chocho fue obtenida del sector agrícola de la ciudad de Guano (Chimborazo) que tiene las condiciones ambientales óptimas para el crecimiento del mismo y después de su cosecha la vaina es desechada.

### 2.3.2 Tamaño de la muestra

El tamaño de la muestra son las 24 unidades experimentales de 1 kg cada una.

**Tabla 2-2:** Tamaño de la muestra

TRATAMIENTOS	TIPO DE RESIDUO
T1	Cáscara de chocho
T2	Vaina de chocho
T3	50% cáscara de chocho + 50% vaina de chocho

Realizado por: Aguilar Yaguana, Jonny, 2020

### 2.3.3 Selección de la muestra

Residuos lignocelulósicos generados en el procesamiento del chocho, éstos son la cáscara y vaina.

## 2.4 Etapa experimental

### 2.4.1 Unidades experimentales

**Tabla 3-2:** Unidades experimentales

TRATAMIENTO	UNIDADES EXPERIMENTALES	RÉPLICAS
<b>T1</b>	0,95kg de cáscara de chocho más 0,05 kg de inóculo de <i>Pleurotus ostreatus</i>	8
<b>T2</b>	0,95kg de vaina de chocho más 0,05 kg de inóculo de <i>Pleurotus ostreatus</i>	8
<b>T3</b>	0,475 kg de cáscara de chocho y 0,475 kg de vaina de chocho más 0,05 kg de inóculo de <i>Pleurotus ostreatus</i>	8

Realizado por: Aguilar Yaguana, Jonny, 2020

### 2.4.2 Propagación de la cepa *Pleurotus ostreatus* en agar Saboroud

El material usado para la propagación de la cepa se esterilizó previamente igual que el agar Saboroud en las condiciones especificadas de 121°C por 30 min.

La cepa del hongo *Pleurotus ostreatus* fue reactivada en cajas Petri, este procedimiento se realizó dentro de la cámara de flujo laminar en condiciones de asepsia.

Las cajas Petri fueron incubadas a una temperatura de 28 °C durante 15 días hasta que hayan sido completamente colonizadas por el micelio dando la apariencia similar al algodón

### **2.4.3 Preparación del inóculo**

Se usó el trigo como inóculo por sus características que tiene para desarrollarse el micelio del hongo y su resistencia a contaminarse, para lo cual se realizó los siguientes pasos:

#### **Primera etapa:**

- Se lavó el trigo para evitar que éste contenga impurezas y posteriormente dejar remojar durante 24 horas para que alcance la humedad requerida del 50 a 60%.
- Se desinfectó el grano con una solución antifúngica de benomil al 0.02% durante 1 hora y luego se escurrió.
- Se envasó el trigo en frascos de vidrio de boca ancha una cantidad aproximada entre 300 y 400 gramos en cada frasco.
- Se tapó los frascos con papel aluminio y posteriormente fueron autoclavados a 121 °C durante 20 minutos

#### **Segunda etapa:**

- El hongo obtenido en las cajas Petri fueron cortados mediante un bisturí en 6 partes iguales dentro de la cámara de flujo en condiciones de asepsia.
- Luego se procedió a sembrar en los frascos de las semillas mediante un asa haciendo que el micelio tenga contacto con las semillas.
- Los frascos son incubados a una temperatura de 28 °C en un lugar oscuro y libre de contaminación, esta etapa finaliza cuando el micelio logra colonizar todo el frasco y tenga apariencia de algodón (Figura 1-2).



**Figura 1-2.** Micelio invadido en las semillas

Realizado por: Aguilar Yaguana, Jonny, 2020

#### 2.4.4 Preparación del sustrato



**Figura 2-2.** Cáscara de chocho secado al sol

Realizado por: Aguilar Yaguana, Jonny, 2020

Luego se prosiguió con los siguientes pasos

- Se deshidrató el sustrato exponiéndolo directo al sol (Figura 2- 2).
- Se sumergió durante 24h cada sustrato y luego se lo escurrió para eliminar el exceso de agua (Figura 3-2)
- Se pasteurizó el sustrato durante 1 hora a 90 °C.

- Se sumergió a una solución de benomil al 0.02% durante 1 hora y luego se escurrió el exceso de agua.
- Se sacó el sustrato al sol hasta obtener entre el 50 y 70 % de humedad



**Figura 3-2.** Escurrido del sustrato después de las 24 horas

**Realizado por:** Aguilar Yaguana, Jonny, 2020

#### **2.4.5** *Siembra en el sustrato*

El sustrato se mezcló con el inóculo el cual fue desmenuzado anteriormente con una proporción del 8 al 10 % con respecto al peso del sustrato húmedo (Figura 4 – 2).





**Figura 4-2.** Mezcla del residuo con el inóculo

Realizado por: Aguilar Yaguana, Jonny, 2020

El sustrato mezclado se colocó en fundas transparentes hasta que llene un 75% de la misma y luego se cerró (Figura 5 – 2).



**Figura 5-2.** Se ubicó el sustrato mezclado en las fundas transparentes

Realizado por: Aguilar Yaguana, Jonny, 2020

Se ubicó las fundas en un lugar oscuro, para lo cual se utilizó un armario diseñado para esta parte del experimento y se mantuvo la temperatura entre 24 y 28 °C y una humedad relativa de entre 80 y 90 % (Figura 6 – 2).



**Figura 6-2.** Se colocó las fundas dentro del armario.

**Realizado por:** Aguilar Yaguana, Jonny, 2020

A los 10 días de incubación, el micelio invadió por completo el residuo de la vaina de chocho, mientras que en los otros tratamientos no existió colonización.

Una vez colonizada el residuo por el micelio del hongo las fundas se colocaron en el cuarto de fructificación con las condiciones de luz de 800 lumens, una temperatura de entre 25- 30 °C y una humedad del 70 -80 %.

A los 50 días de fructificación, salieron los primordios en el residuo de vaina, mientras que en los otros residuos no invadió el inóculo el sustrato (Figura 7- 2).



**Figura 7-2.** Fructificación de los primordios en el sustrato de la vaina de chocho.

**Realizado por:** Aguilar Yaguana, Jonny, 2020

A los 55 días de fructificación crecieron los hongos en el residuo de la vaina de chocho, mientras que se volvió a repetir la siembra en los otros sustratos, volviendo a obtener el mismo resultado que no invadió el inóculo al residuo de la cáscara y la mezcla de cáscara con la vaina (figura 8-2).



**Figura 8-2.** Fructificación del *Pleurotus ostreatus* en el sustrato de la vaina.

**Realizado por:** Aguilar Yaguana, Jonny, 2020

#### **2.4.6** *Análisis bromatológico del P. ostreatus*

Se realizó el análisis bromatológico del hongo obtenido considerando los siguientes parámetros: proteínas, grasas, cenizas, humedad y fibra.

## CAPÍTULO III

### 3 MARCO DE RESULTADOS Y DISCUSIÓN

#### 3.1 Caracterización bromatológica del sustrato

##### 3.1.1 Análisis bromatológico de la cáscara de chocho

**Tabla 1-3:** Caracterización bromatológica de la cáscara de chocho

<b>CÁSCARA DE CHOCHO</b>	
<b>PARÁMETROS</b>	<b>RESULTADOS</b>
Proteína (base seca)	3,82
Grasa (base seca)	0,42
Cenizas (base seca)	2,05
Fibra (base seca)	75,89
Humedad	11,65

Realizado por: Aguilar Yaguana, Jonny, 2020

**Tabla 2-3:** Porcentaje de celulosa y lignina de la cáscara de chocho

	%
Celulosa	10
Lignina	3

Realizado por: Aguilar Yaguana, Jonny, 2020

En la tabla 1-3 se evidencia las características bromatológicas que contiene la cáscara de chocho, las cuales están representadas en porcentajes de proteína, grasa, cenizas, fibra y humedad, en donde se puede evidenciar una baja disponibilidad de proteína con abundante fibra. También se logra observar la baja disponibilidad de celulosa, por lo cual se puede observar que no es un sustrato óptimo para el crecimiento del hongo.

Al realizar una comparación con las propiedades del chocho cuyo porcentaje de proteína se encuentra en un rango de 42 – 51 %, según estudios realizados por el Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias (INIAP) (INIAP, 2014), según la Fundación Universitaria Iberoamericana las propiedades del chocho crudo se encuentra en un 41,20% de proteína (FUNIBER, 2015). Mediante estas comparaciones se consigue observar un bajo porcentaje de proteína, debido a que el mayor porcentaje de proteína se queda en el grano o puede ser que al cocinar el chocho éste pierde características.

### 3.1.2 *Análisis bromatológico de la vaina de chocho*

**Tabla 3-3:** Caracterización bromatológica de la vaina de chocho

<b>VAINA DE CHOCHO</b>	
<b>PARÁMETROS</b>	<b>RESULTADOS</b>
Proteína (base seca)	4,25
Grasa (base seca)	0,49
Cenizas (base seca)	4,2
Fibra (base seca)	80,22
Humedad	10,61

Realizado por: Aguilar Yaguana, Jonny, 2020

**Tabla 4-3:** Porcentaje de celulosa y lignina de la cáscara de chocho

	%
Celulosa	29
Lignina	8

Realizado por: Aguilar Yaguana, Jonny, 2020

En la tabla 3-3 se puede evidenciar las características bromatológicas que contiene la vaina de chocho, los cuales están representados en porcentajes de proteína, grasa, cenizas, fibra y humedad, se logra comprobar una mayor cantidad de proteína y cenizas con respecto a la cáscara de chocho, también se pudo demostrar que tiene un alto índice de celulosa, el cual es favorable para la obtención del hongo.

Al realizar una comparación con un residuo similar como la vaina de haba, el cual tiene las siguientes propiedades: 10,71% de proteína, grasas 0,56%, cenizas 8,47%, fibra 22,33% y humedad 7,22% (Martínez A. , 2017). Aquí podemos observar que la vaina tiene una menor cantidad de proteínas y una gran cantidad de fibra con respecto a la vaina de haba, esto se debe a que la mayor cantidad de propiedades alimenticias se queda en el grano y por ende el resultado de la vaina de chocho es más fibra.

### 3.2 Aplicación de la metodología de Fermentación en Estado Sólido para la obtención de hongos comestibles.

Se obtuvo resultados en la siembra de la vaina debido a sus características obtenidas en el análisis bromatológico, el cual tiene un alto contenido de celulosa. Aunque el proceso tardó un poco más del tiempo planificado se logró obtener con éxito el crecimiento del hongo.

Por otro lado, la siembra en la cáscara hubo muchos factores que pudieron intervenir para que no permita invadir el inóculo en la cáscara, el principal factor puede deberse a la baja cantidad de celulosa que tiene el residuo, también pudo deberse a la gran cantidad de saponinas que tiene el chocho, el cual en algunas plantas se usa como biofungicida según estudios del trabajo de titulación en la Universidad Politécnica Salesiana (Ulloa, 2018).

### 3.3 Determinación de la eficiencia biológica y el rendimiento de *Pleurotus ostreatus*

En la tabla 5-3 se indican los pesos obtenidos en cada réplica.

**Tabla 5-3:** Pesos del hongo obtenidos en cada réplica

Cáscara de chocho	
Réplicas	peso fresco del hongo (g)
R1	230
R2	185
R3	124
R4	183
R5	170
R6	198

Realizado por: Aguilar Yaguana, Jonny, 2020

### 3.3.1 Eficiencia biológica del *Pleurotus ostreatus* en la vaina de chocho

La eficiencia biológica es un parámetro muy utilizado para demostrar la potencialidad de un sustrato como medio de cultivo para la obtención del hongo *Pleurotus ostreatus*.

**Tabla 6-3:** Eficiencia biológica del *Pleurotus ostreatus* en la vaina de chocho.

Vaina de chocho			
Réplicas	peso fresco del hongo (g)	peso seco del sustrato (g)	E. B. (%)
R1	230	786	29,3
R2	185	802	23,1
R3	124	830	14,9
R4	183	798	22,9
R5	170	812	20,9
R6	198	879	22,5
Promedio			22,3

Realizado por: Aguilar Yaguana, Jonny, 2020

En la tabla 6-3 se establece que la eficiencia biológica es de 22,3 % al hacer una comparación con otros sustratos que son potencialmente muy recomendados para su uso, como la quinua que tiene una eficiencia biológica de 32%, maíz 78% (Toledo, 2008), plátano 56,22% y de la caña 63,46% (Sánchez, 2015).

### 3.3.2 Rendimiento del *Pleurotus ostreatus* en la cáscara de chocho

**Tabla 7-3:** Rendimiento del *Pleurotus ostreatus* en la vaina de chocho.

Vaina de chocho			
Réplicas	peso fresco del hongo (g)	peso del sustrato húmedo (g)	Rendimiento (%)
R1	230	1000	23,0
R2	185	1000	18,5
R3	124	1000	12,4
R4	183	1000	18,3
R5	170	1000	17,0
R6	198	1000	19,8
Promedio			18,2

Realizado por: Aguilar Yaguana, Jonny, 2020

En la tabla 5-3, se observa un rendimiento del 18,2 %, éste es aceptable con respecto al sustrato usado, ya que no es común el uso de éste sustrato para la obtención de *Pleurotus ostreatus*, el cual se puede comparar con los rendimientos obtenidos en los siguientes sustratos; quinua 14,51%, maíz 44,21% (Toledo, 2008) y haba 19.70% (Martínez A. , 2017).

Al comparar estos resultados se encuentra que existen residuos con mejor rendimiento, los cuales son muy recomendado para la obtención de *Pleurotus ostreatus*.

### 3.4 Realización del análisis bromatológico del producto obtenido

Los análisis fueron realizados en el laboratorio SAQMIC de la ciudad de Riobamba, Chimborazo, Ecuador.



**Tabla 8-3:** Análisis bromatológico del *Pleurotus ostreatus*

<i>Pleurotus ostreatus</i>	
PARÁMETROS	RESULTADOS
Proteína (base seca)	11,23
Grasa (base seca)	1,89
Cenizas (base seca)	1,88
Fibra (base seca)	4,63
Humedad	76,87

Realizado por: Aguilar Yaguana, Jonny, 2020

En la tabla 6-3, Se observa que el producto obtenido es rico en proteína con un 11,23%, el cuál es muy recomendable para su consumo y se encuentra en el rango de 10 – 30 % de proteína, al igual que las grasas se encuentran dentro del parámetro del 1 % según estudios realizados por Rodolfo Leben en el estudio de las propiedades medicinales y nutrimentales de los hongos comestibles (Leben, 2004).

Estos resultados se comparan con la obtención de *Pleurotus ostreatus* mediante el residuo de la vaina de haba, el cual tiene las siguientes propiedades: proteína 48,84%, grasa 5,38%, cenizas 10,17%, fibra 12,65% y humedad 93, 12% (Martínez A. , 2017). Se puede observar que el producto obtenido tiene un bajo porcentaje de proteína con respecto al producto obtenido con la vaina de haba, por lo tanto, se determinó que hay sustratos con mejores propiedades alimenticias, aunque se encuentre dentro del rango esperado.

## CONCLUSIONES

- En la caracterización de los residuos de chocho se determinó que la vaina es un sustrato rico en celulosa, es apto para el crecimiento del hongo, mientras que la cáscara al ser baja en celulosa es difícil que se desarrolle el hongo.
- La Fermentación en Estado Sólido se realizó controlando los parámetros de humedad, temperatura, aireación y pH, esto duró un tiempo aproximado de 55 días, donde se obtuvo el crecimiento del hongo *Pleurotus ostreatus* en la vaina de chocho.
- En base a la eficiencia biológica (22,3 %) y el rendimiento (18,2 %) se determina que éste sustrato es parcialmente apto para ser usado como materia prima para el cultivo.
- Los valores logrados del análisis bromatológico del *Pleurotus ostreatus* son: 4,63% de fibra y 11,23% de proteína, determinan que el hongo cosechado en el residuo de la vaina, puede ser considerado como una alternativa proteica para el consumo humano.

## RECOMENDACIONES

- Realizar una mezcla con otros residuos agrícolas para obtener un mejor rendimiento para la obtención del *Pleurotus ostreatus*.
- Realizar este trabajo solo con la vaina de chocho, debido a la complejidad de la obtención de la cáscara de chocho y su uso, ya que requiere de sustratos adicionales para la obtención del hongo.
- Adaptar un lugar que sea solo para la siembra del este Pleurotus, para una mejor eficiencia y rendimiento del producto.

## BIBLIOGRAFÍA

**AGROTENDENCIA. 2019.** [En línea] [consulta:12-11-2019]  
<https://agrotendencia.tv/agropedia/glosario/hemicelulosa/>.

**ÁLVARES, Alfredo & REYES, Angélica. s.f.** Autonomía Autogestión. [En línea] s.f. [Citado el: 10 de Octubre de 2019.] Disponible en:  
[http://autonomiaautogestion.unach.mx/index.php?option=com\\_content&task=view&id=91&Itemid=146](http://autonomiaautogestion.unach.mx/index.php?option=com_content&task=view&id=91&Itemid=146).

**BELMONTE, Angela. 2019.** Unprofesor. [En línea] 6 de Noviembre de 2019. [Citado el: 19 de Octubre de 2019.] Disponible en : <https://www.unprofesor.com/ciencias-naturales/reino-fungi-caracteristicas-y-ejemplos-3724.html>.

**BOTELLA, C, y otros. 2002.**[Blog]. [Citado el: 13 de diciembre de 2019].Disponible en:  
<https://www.unioviado.es/BIOTEC04/documents/Area6/6O1.pdf>.

**BURGOS, Jenifer.**Blog de jenifer burgos. [Blog] Junio de 2006. [Citado el: 19 de Noviembre de 2019.] Disponible en: <https://jenifferburgos.weebly.com/>.

**CHÁVEZ, Mónica. 2009.** UADEC. [En línea] 5 de Octubre de 2009. [Citado el: 19 de Noviembre de 2019.] Disponible en:  
<http://www.posgradoeinvestigacion.uadec.mx/CienciaCierta/CC20/CC20fermentacion.html>.

**CHINCHAY, Carlos. 2017.** [En línea] Universidad Inca Garcilazo de la Vega.Perú. 17 de Noviembre de 2017. [Citado el: 22 de Noviembre de 2019.] Disponible en:

<https://es.slideshare.net/karloz3033/clase-2proceso-de-fermentacion-biotecnologia-farmaceutica>.

**COPYSCAPE.** BioEnciclopedia. [Blog] 2016. Disponible en: <https://www.bioenciclopedia.com/reino-fungi/>.

**CRUZ, Carolina. 2014.** [En línea]. Universidad nacional autonoma de México. Mexico. 2014. Disponible en: [http://depa.fquim.unam.mx/amyd/archivero/Seminario-Celulosa\\_27101.pdf](http://depa.fquim.unam.mx/amyd/archivero/Seminario-Celulosa_27101.pdf).

**ECHEVARRÍA, J, LÓPEZ, P & MATO, S. 2003.** Dialnet. [En línea] Enero de 2003. [Citado el: 4 de octubre de 2019.] Disponible en: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=5074588>.

**ECURED.** [blog]. 2005. Disponible en: <https://www.ecured.cu/Fermentaci%C3%B3n>.

**MOYANO, Mónica.** *Fermentación en estado sólido (fes) de la papa (solanum tuberosum), como alternativa tecnológica para la alimentación animal..* 2014, unad, págs. 18-21.

**FERRER, José, MACHADO, José y BRIEVA, Janna.** *Fermentación en estado sólido: Una alternativa biotecnológica para el aprovechamiento de desechos agroindustriales..* 2014, Universidad del Zulia, pág. 4.

**FREIRE, Henry & VÁSQUEZ, Washington.** dspace.ups. [En línea] 24 de Febrero de 2015. [Citado el: 10 de Octubre de 2019.] Disponible en: <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/7796/1/UPS-CT004646.pdf>.

**FUNIBER.** [Blog]. 2015. [Citado el: 17 de Noviembre de 2019. Disponible en: <https://www.composicionnutricional.com/alimentos/CHOCHO-CRUDO-SECO-5>.

**GELAMBI, Mariana.** Lifeder.com. [Blog] 2010. Disponible en: <https://www.lifeder.com/lignina/>.

**GESTION CALIDAD.** [Blog] .Septiembre de 2016. [Citado el: 17 de septiembre de 2019.] Disponible en: <http://gestion-calidad.com/wp-content/uploads/2016/09/tratamientos-residuos.pdf>.

**HERNÁNDEZ, Ricardo & LÓPEZ, Claudia.** Evaluación del crecimiento y producción de pleurotus ostreatus sobre diferentes residuos agroindustriales del departamento de cundinamarca. [En línea] (trabajo de titulación)2005. [Citado el: 24 de Octubre de 2019.] Disponible en: <https://www.javeriana.edu.co/biblos/tesis/ciencias/tesis257.pdf>.

**INEC.** Ministerio de Agricultura y Ganadería. [En línea] 2018. [Citado el: 6 de Octubre de 2019.]Disponible en: <http://sipa.agricultura.gob.ec/index.php/cifras-agroproductivas>.

**INIAP.**[En línea] 2014. [Citado el: 16 de Octubre de 2019.]Disponible en: <https://www.agricultura.gob.ec/iniap-investigo-propiedades-nutritivas-del-chocho-alternativa-para-una-mejor-alimentacion/>.

**LEBEN, Rodolfo.** Resetas. [Blog] Agosto de 2004. Disponible en: <http://www.hongoscomestiblesymedicinales.com/Pr/M/R/propiedades.htm>.

**MARQUEZ, Cristina.** Líderes. [En línea] 25 de Octubre de 2016. [Citado el: 6 de septiembre de 2019.] Disponible en: <https://www.revistalideres.ec/lideres/siembra-chocho-produccion-chimborazo.html>.

**MARTIN, Laura. 2017.** AS. *Deporte y vida*. [En línea] 19 de Septiembre de 2017. Disponible en: [https://as.com/deporteyvida/2017/09/19/portada/1505799460\\_517036.html](https://as.com/deporteyvida/2017/09/19/portada/1505799460_517036.html).

**MARTÍNEZ, Ana. 2017.** Aprovechamiento de los residuos de la cáscara de haba (*vicia faba*) mediante el cultivo del hongo pleurotus ostreatus. ESPOCH, riobamba : 2017.

**MARTÍNEZ, Catherine. 2017.** Lifeder.com. [En línea] 27 de Febrero de 2017. Disponible en: <https://www.lifeder.com/caracteristicas-reino-fungi/>.

**MITECO. 2016.** Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico. [En línea] 2016. [Citado el: 17 de septiembre de 2019.] Disponible en: [miteco.gob.es/es/calidad-y-gestion-residuos/flujos/domesticos/gestion/sistema-tratamiento/Tratamientos-biologicos-compostaje.aspx](http://miteco.gob.es/es/calidad-y-gestion-residuos/flujos/domesticos/gestion/sistema-tratamiento/Tratamientos-biologicos-compostaje.aspx).

**MORENO, Cristian & SALAS, María. 2014.** El nutritivo chocho. [En línea] 16 de Octubre de 2014. Disponible en: <http://www.revistahogar.com/impresacocina.php?edicion=602>.

**Nutritienda. 2010.** Blog Nutritienda. [En línea] 1 de Enero de 2010. <https://blog.nutritienda.com/celulosa/>.

**PARADA, Raquel. 2015.** lifeder.com. [En línea] 2015. Disponible en: <https://www.lifeder.com/hemicelulosa/>.

**PUERTA, Gloria. 2014.** Apuntes de Biotecnología. [En línea] 18 de Mayo de 2014. Disponible en: <http://apuntesbiotecnologiageneral.blogspot.com/2014/05/fermentaciones-y-algunos-de-sus.html>.

**RAFFINO, María.** 2018. Concepto.de. [En línea] 10 de Diciembre de 2018. Disponible en:<https://concepto.de/fermentacion/>.

**RIERA, María, MALDONADO, Silvina & Palma, Ricardo.** Residuos agroindustriales generados en Ecuador para la elaboración de bioplásticos. 30 de Octubre de 2019, Revista de Ingeniería Industrial, págs. 227-246.

**SÁNCHEZ, Annerys.** 2015. Producción de hongos comestibles del género pleurotus a partir de los residuos vegetales provenientes de la plaza de mercado del municipio de quibdó. Universidad de Manizales, Manizales-Colombia : 2015.

**SIERRA, Sigfrido.** LOS HONGOS COMESTIBLES Y SU CULTIVO. [En línea] 2009. [Citado el: 10 de Octubre de 2019.] Disponible en: <http://sistemas.fcencias.unam.mx/~germoplasma/files/s6/Sierra%20Galvan.pdf>.

**SOLARES, Emilsa.** *Innovación.* [blog]. Octubre de 2007. [http://www.innovacion.gob.sv/inventa/attachments/article/2043/07\\_1932.pdf](http://www.innovacion.gob.sv/inventa/attachments/article/2043/07_1932.pdf).

**TOBAR, Pedro.** Las 5 partes de un hongo y sus características. [Blog] 2014. Disponible en: <https://www.lifeder.com/partes-hongo/>.

**TOLEDO, María.** Residuos de Maíz y Quinoa como potenciales sustratos para el cultivo de hongos comestibles Pleurotus ostreatus. ESPOCH, Riobamba : 2008.



**ULLOA, Carolina. 2018.** *EVUALACION IN VITRO DE LA CAPACDAD INHIBOTORIA DE SAPONINAS PRESENTE EN EL PENCO (Agave americano) FRENTE A Fusarium sp.* UPS, Cuenca : 2018.

**PEÑAFIEL, Sonia.** Utilización de residuos agroindustriales para la producción de proteína microbiana. 2015, *European Scientific Journal*, págs. 199-208.

**VÁZQUEZ, Juan. s.f.** *Aautonomía Autogestión.* [Blog] s.f. Disponible en: [http://autonomiaautogestion.unach.mx/index.php?option=com\\_content&task=view&id=91&Itemid=146](http://autonomiaautogestion.unach.mx/index.php?option=com_content&task=view&id=91&Itemid=146).

**VILLACRÉS, Elena, y otros. 2006.** INIAP. [En línea] Junio de 2006. <https://repositorio.iniap.gob.ec/jspui/bitstream/41000/298/1/iniapscbd333.pdf>.

**WARD, Owen.** *Bioteconlogía de la fermentación.* Zaragoza : Acribia, S. A., 1991.

**WEBCD.** Webcd. [blog] 2015. Disponible en: <http://webcd.usal.es/Web/educativo/ampliacion3/fermentador.htm>.

**REVISADO**

**19 FEB 2020**

Ing. Jhonatan Parreño Uquillas. MBA  
(ANALISTA DE BIBLIOTECA 1)



## ANEXOS