



**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO**

**FACULTAD DE CIENCIAS**

**CARRERA DE INGENIERÍA EN BIOTECNOLOGÍA AMBIENTAL**

**EVALUACIÓN DE LA EFICIENCIA DE CRECIMIENTO DE *Pleurotus ostreatus* EN RESIDUOS DEL CULTIVO DE *Chenopodium quinoa***

**TRABAJO DE TITULACIÓN**

**TIPO: PROYECTO DE INVESTIGACIÓN**

**Presentado para optar el grado académico de:**

**INGENIERO EN BIOTECNOLOGÍA AMBIENTAL**

**AUTOR: ANGEL GUSTAVO RODRÍGUEZ CABA**

**DIRECTOR: Dr. Edgar Iván Ramos Sevilla**

**Riobamba – Ecuador**

**2019**

© 2019, Angel Gustavo Rodríguez Caba

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, Angel Gustavo Rodríguez Caba 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, 30 de Enero de 2019



**Angel Gustavo Rodríguez Caba**

**020203996-2**

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

El tribunal del trabajo de titulación certifica que: El trabajo de titulación: Tipo proyecto de investigación “**Evaluación de la eficiencia de crecimiento de *Pleurotus ostreatus* en residuos del cultivo de *Chenopodium quinoa***”, realizado por el señor Angel Gustavo Rodríguez Caba, ha sido minuciosamente revisado por los Miembros del Tribunal del trabajo de titulación, el mismo que cumple los requisitos científicos, técnicos, legales, en tal virtud el Tribunal Autoriza su presentación.

|   | FIRMA   | FECHA               |
|---|---|---------------------|
| Dr. Fausto Manolo Yaulema Gàrces<br><b>PRESIDENTE DEL TRIBUNAL</b>        | <br>_____  | 30-01-2020<br>_____ |
| Dr. Edgar Iván Ramos Sevilla<br><b>DIRECTOR DEL TRABAJO DE TITULACIÓN</b> | <br>_____  | 30-01-2020<br>_____ |
| Ing. Ana Rafaela Pacurucu Reyes<br><b>MIEMBRO DEL TRIBUNAL</b>            | <br>_____ | 30-01-2020<br>_____ |

## **DEDICATORIA**

A mi madre María Caba y Hermana Margarita por ser ejemplo de perseverancia y constancia en éste caminar de la vida, su mejor enseñanza predicar con el ejemplo.

## AGRADECIMIENTO

A; Anita Mejía, la vida me permitió conocer a la mujer y amiga extraordinaria que eres, gracias por cada segundo, minuto y hora compartida, fue un año y medio lleno de locuras, alegrías y tristezas; pero sobre todo gracias por tus consejos que ayudaron a que yo sea una mejor persona. Me llevo tu ejemplo de ayuda para cualquier persona que necesita de ti, haciendo de este mundo un lugar mejor.

A; Gio Castillo, en ocasiones el destino nos sorprende con las mejores personas y sin duda una de ellas eres tú mejor amigo, agradezco el tiempo compartido entre nosotros porque ayudo a conocernos mejor y formar una amistad sincera haciéndonos a cada uno parte de la otra familia.

A; Sofia Erazo, Slendi Jácome, Vicky Estrada y Jennifer López cada experiencia vivida junto a ustedes las recordare como símbolo de este proceso que se llamó ESPOCH, espacio que me permitió conocerlas y compartir muchos momentos de alegría y tristeza pero que al final siempre estábamos para darnos ese apoyo. Gracias por alegrar cada momento de mi vida, tenemos muchísimas anécdotas que nos recordarán la bonita amistad que formamos, Amiguitas que nunca cambie su forma de ser, porque inyectan esa buena vibra que tanto le hace falta a este mundo.

A; Maricela Granda, cada momento compartido en el laboratorio hizo que conozca la persona y amiga grandiosa. Gracias por todo.

A; Carmen Yambay, gracias por cada experiencia compartida.

## TABLA DE CONTENIDO

|                         |     |
|-------------------------|-----|
| ÍNDICE DE TABLAS.....   | x   |
| ÍNDICE DE GRÁFICOS..... | xi  |
| ÍNDICE DE FIGURAS.....  | xii |
| ÍNDICE DE ANEXOS .....  | xiv |
| RESUMEN .....           | xv  |
| ABSTRACT.....           | xvi |
| INTRODUCCIÓN .....      | 1   |
| OBJETIVOS.....          | 3   |

## CAPITULO I

|  |           |
|--|-----------|
| <b>1. MARCO TEÓRICO REFERENCIAL.....</b>                         | <b>4</b>  |
| <b>1.1. Residuos Agroindustriales .....</b>                      | <b>4</b>  |
| <b>1.1.1. Residuos lignocelulósicos .....</b>                    | <b>4</b>  |
| <b>1.1.2. Aprovechamiento de residuos agroindustriales .....</b> | <b>7</b>  |
| <b>1.2. Hongos.....</b>  | <b>10</b> |
| <b>1.2.1. Clasificación de los hongos .....</b>                  | <b>11</b> |
| <b>1.2.2. Hongo ostra (<i>Pleurotus ostreatus</i>).....</b>      | <b>14</b> |
| <b>1.2.3. Sustrato postcultivo de hongo.....</b>                 | <b>16</b> |
| <b>1.3. Generalidades de la quinua.....</b>                      | <b>17</b> |
| <b>1.3.1. Morfología .....</b>                                   | <b>19</b> |
| <b>1.3.2. Cosecha y trilla .....</b>                             | <b>23</b> |

|  |    |
|--|----|
| <b>1.4. Fermentación en estado sólido</b> .....        | 23 |
| <b>1.4.1. Características de la FES</b> .....          | 24 |
| <b>1.4.2. Factores que intervienen en la FES</b> ..... | 24 |
| <b>1.4.3. Ventajas</b> .....                           | 25 |

## CAPITULO II

|  |    |
|--|----|
| <b>2. MARCO METODOLÓGICO</b> .....   | 27 |
| <b>2.1. Tipo y diseño de la investigación</b> .....  | 27 |
| <b>2.2. Población de estudio</b> .....   | 27 |
| <b>2.2.1. Tamaño de la muestra</b> .....   | 27 |
| <b>2.2.2. Selección de la muestra</b> .....  | 28 |
| <b>2.3. Técnicas de recolección de datos</b> .....   | 28 |
| <b>2.3.1. Toma de muestras del residuo de quinua</b> .....   | 28 |
| <b>2.3.2. Preparación y adecuación de las muestras</b> .....   | 29 |
| <b>2.3.3. Caracterización de los residuos de quinua</b> .....  | 29 |
| <b>2.3.4. Caracterización de la biomasa fúngica</b> .....  | 30 |
| <b>2.3.5. Caracterización del sustrato pos cultivo de hongos (SPCH)</b> .....                                    | 31 |
| <b>2.4. Cultivo de <i>Pleurotus ostreatus</i></b> .....  | 32 |
| <b>2.4.1. Siembra de <i>Pleurotus ostreatus</i></b> .....  | 32 |
| <b>2.4.2. Masificación de <i>Pleurotus ostreatus</i></b> .....   | 34 |
| <b>2.4.3. Preparación de sustrato y desarrollo de la fermentación sólida de <i>Pleurotus ostreatus</i></b> ..... | 35 |

## CAPÍTULO III

|  |    |
|--|----|
| <b>3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN</b> .....                               | 37 |
| <b>3.1. Análisis, interpretación y discusión de resultados</b> ..... | 37 |



|  |    |
|--|----|
| <b>3.1.1. Caracterización físico-químico del residual</b> .....                                  | 37 |
| <b>3.1.2. Desarrollo y crecimiento de <i>Pleurotus ostreatus</i></b> .....                       | 38 |
| <b>3.1.3. Producción de <i>Pleurotus ostreatus</i></b> .....                                     | 38 |
| <b>3.1.4. Análisis de la eficiencia biológica</b> .....  | 41 |
| <b>3.1.5. Análisis del rendimiento de <i>Pleurotus ostreatus</i></b> .....                       | 47 |
| <b>3.1.6. Análisis de la biomasa fúngica</b> .....   | 52 |
| <b>3.1.7. Análisis de minerales totales presentes en el sustrato pos-cultivo de hongos</b> ..... | 52 |
| <b>CONCLUSIONES</b> .....  | 54 |
| <b>RECOMENDACIONES</b> .....   | 55 |
| <b>BIBLIOGRAFÍA</b>  |    |
| <b>ANEXOS</b>  |    |

## ÍNDICE DE TABLAS

|   |    |
|---|----|
| <b>Tabla 1-1:</b> <i>Pleurotus ostreatus</i> presenta la siguiente taxonomía.....     | 14 |
| <b>Tabla 2-1:</b> Promedio de los valores nutricionales en los granos de quinua.....  | 18 |
| <b>Tabla 1-2:</b> Codificación de unidades experimentales.....                        | 28 |
| <b>Tabla 2-2:</b> Parámetros del análisis proximal.....                               | 29 |
| <b>Tabla 3-2:</b> Parámetros del análisis Van Soest .....                             | 29 |
| <b>Tabla 4-2:</b> Parámetros de análisis especiales y de carbohidratos.....           | 30 |
| <b>Tabla 5-2:</b> Parámetros de análisis proximal.....                                | 30 |
| <b>Tabla 6-2:</b> Parámetros de análisis especiales.....                              | 31 |
| <b>Tabla 7-2:</b> Análisis de minerales totales.....                                  | 32 |
| <b>Tabla 1-3:</b> Análisis físico-químico proximal del tallo de quinua.....           | 37 |
| <b>Tabla 2-3:</b> Períodos de producción de <i>Pleurotus ostreatus</i> .....          | 38 |
| <b>Tabla 3-3:</b> Producción en masa del hongo comestible.....                        | 39 |
| <b>Tabla 4-3:</b> Valores de producción en masa.....                                  | 40 |
| <b>Tabla 5-3:</b> Descripción de la masa producida.....                               | 40 |
| <b>Tabla 6-3:</b> Valores obtenidos de los pesos del sustrato fresco en tallos.....   | 42 |
| <b>Tabla 7-3:</b> Eficiencia biológica de las cosechas.....                           | 42 |
| <b>Tabla 8-3:</b> Valores obtenidos de los pesos de las mezclas de los sustratos..... | 44 |
| <b>Tabla 9-3:</b> Eficiencia biológica de las mezclas de los sustratos.....           | 45 |
| <b>Tabla 10-3:</b> Valores de rendimiento en residual de tallo.....                   | 48 |
| <b>Tabla 11-3:</b> Valores de rendimiento en los residuos mezclados.....              | 50 |
| <b>Tabla 12-3:</b> Resultado del análisis empleado a la biomasa fúngica.....          | 52 |
| <b>Tabla 13-3:</b> Valores de minerales totales.....                                  | 52 |

## ÍNDICE DE GRÁFICOS

|                     |  |    |
|---------------------|--|----|
| <b>Gráfico 1-3:</b> | Gramos de producción de biomasa fúngica en cada una de las cosechas.....         | 39 |
| <b>Gráfico 2-3:</b> | Gramos de producción de biomasa en mezcla de tallos y hojas en las cosechas..... | 41 |
| <b>Gráfico 3-3:</b> | Porcentaje de eficiencia de cada una de las cosechas en residuos de tallo.....   | 42 |
| <b>Gráfico 4-3:</b> | Porcentaje de eficiencia en la mezcla de residuos (tallos y hojas).....          | 46 |
| <b>Gráfico 5-3:</b> | Rendimiento en porcentaje obtenido en residuos de tallo.....                     | 48 |
| <b>Gráfico 6-3:</b> | Rendimiento en tallos y hojas (mezcla) en cada una de las cosechas.....          | 50 |

## ÍNDICE DE FIGURAS

|  |    |
|--|----|
| <b>Figura 1-1:</b> Estructura de la celulosa.....                                    | 5  |
| <b>Figura 2-1:</b> Estructura de la hemicelulosa.....                                | 6  |
| <b>Figura 3-1:</b> Estructura de la lignina.....                                     | 7  |
| <b>Figura 4-1:</b> <i>Pleurotus ostreatus</i> .....                                  | 11 |
| <b>Figura 5-1:</b> Hongos Ascomycetes.....   | 12 |
| <b>Figura 6-1:</b> Hongos Basidiomycete.....   | 13 |
| <b>Figura 7-1:</b> Anfibio infectado por <i>Batrachochytrium dendrobatidis</i> ..... | 13 |
| <b>Figura 8-1:</b> Hongos Zigomycetes sobre fruta.....                               | 14 |
| <b>Figura 9-1:</b> Sembrío de quinua, estación experimental Tunshi.....              | 19 |
| <b>Figura 10-1:</b> Raíz pivotante y ramificaciones.....                             | 19 |
| <b>Figura 11-1:</b> Variación de colores de tallos.....                              | 20 |
| <b>Figura 12-1:</b> Color de hojas y números de dientes.....                         | 21 |
| <b>Figura 13-1:</b> Flores de la quinua.....   | 22 |
| <b>Figura 14-1:</b> Diversidad de los frutos de quinua.....                          | 22 |
| <b>Figura 1-2:</b> Preparación medio de cultivo.....                                 | 33 |
| <b>Figura 2-2:</b> Inoculación de <i>Pleurotus ostreatus</i> .....                   | 33 |
| <b>Figura 3-2:</b> Masificación del hongo en granos de avena.....                    | 34 |
| <b>Figura 4-2:</b> Mezcla residual de quinua y hongo.....                            | 35 |
| <b>Figura 5-2:</b> Invasión del hongo en el residual.....                            | 36 |
| <b>Figura 6-2:</b> Biomasa fúngica.....  | 36 |
| <b>Figura 1-3:</b> Anova de la eficiencia biológica del residuo tallo.....           | 44 |

|   |    |
|---|----|
| <b>Figura 2-3:</b> Anova de la eficiencia biológica de la mezcla de residuos..... | 47 |
| <b>Figura 3-3:</b> Anova del rendimiento del residual tallo.....                  | 49 |
| <b>Figura 4-3:</b> Anova del rendimiento de la mezcla de residuos.....            | 51 |

## **ÍNDICE DE ANEXOS**

**ANEXO A:** PASTA

**ANEXO B:** PORTADA

**ANEXO C:** DERECHO DE AUTOR

**ANEXO D:** EVIDENCIA FOTOGRÁFICA DE LA METODOLOGÍA SEGUIDA

**ANEXO E:** INFORME DE ENSAYOS INIAP

## RESUMEN

El presente trabajo determinó la eficiencia de los residuales de quinua como sustrato para el cultivo de hongos comestibles (*P. ostreatus*), en base a la lignina presente en su estructura. Dicho residuo fue recolectado en la estación experimental de Tunshi, perteneciente a la ESPOCH y el desarrollo de la fermentación sólida se realizó en el laboratorio de Biotecnología Ambiental de la Facultad de Ciencias. Para la inoculación se utilizó agar Sabouraud y la masificación se desarrolló en granos de avena para la posterior fructificación mediante el uso de tallo, hojas y una mezcla de ambos en una relación 50:50 en fundas plásticas transparentes, los cuales fueron conservados a una temperatura de 28°C y una humedad del 70 al 80%. La cepa de *Pleurotus ostreatus* demostró un crecimiento sólo en dos de los tres sustratos (tallos y mezcla), en las hojas no se obtuvo biomasa fúngica debido a que la humedad excedía los valores requeridos, la mayor producción promedio de biomasa se obtuvo a partir del sustrato conformado por tallos (339,6 gramos) alcanzando una eficiencia biológica de 97,48% y un rendimiento de 6,79%; frente a 306,16 gramos obtenidos a partir del uso de la mezcla de tallos y hojas, alcanzando una eficiencia biológica de 88,49% y un rendimiento de 6,12%. Los resultados obtenidos determinan que el residuo de quinua presenta las características adecuadas para la producción del hongo ostra; además el sustrato poscultivo de hongo al ser analizado presenta las condiciones para realizar un proceso de compostaje y ser utilizado como biofertilizante, generando beneficios ambientales en la reducción del volumen de desechos generados por la agroindustria, por todo esto se recomienda implementar esta estrategia con la finalidad de aprovechar los residuos.

**Palabras clave:** <BIOTECNOLOGÍA>, <HONGO OSTRAL (*Pleurotus ostreatus*)>, <RESIDUALES DE QUINUA>, <INOCULACIÓN>, <MASIFICACIÓN>, <FRUCTIFICACIÓN>, <BIOMASA>.



## ABSTRACT

The present work determined the efficiency of quinoa residuals as a substrate for the cultivation of edible mushrooms (*P. ostreatus*), based on the lignin present in its structure. This residue was collected at the Tunshi experimental station, belonging to the ESPOCH and the development of solid fermentation was carried out in the Environmental Biotechnology laboratory of the Faculty of Sciences. For the inoculation Sabouraud agar was used and the massification was developed in oat grains for the later fructification through the use of stem, leaves and a mixture of both in a 50:50 ratio in transparent plastic bags, which were preserved at a temperature of 28°C and a humidity of 70 to 80%. The *Pleurotus ostreatus* strain demonstrated a growth only in two of the three substrates (stems and mixture), in the leaves no fungal biomass was obtained because humidity exceeded the required values, the highest average of biomass production was obtained from the substrate formed by stems (339.6 grams) reaching a biological efficiency of 97.48% and a yield of 6.79%; compared to 306.16 grams obtained from the use of the mixture of stems and leaves reaching a biological efficiency of 88.49% and yield of 6.12%. The results obtained determine that the quinoa residue presents the suitable characteristics for the production of the oyster mushroom; In addition, the post-harvest mushroom substrate, when analyzed, presents the conditions to carry out a re-composting process and be used as a bio-fertilizer, generating environmental benefits in reducing the volume of waste generated by the agroindustry, for all this it is recommended to implement this strategy with the purpose of taking advantage of the residues.

**Keywords:** <BIOTECHNOLOGY>, <OYSTER MUSHROOM (*Pleurotus ostreatus*)>, <QUINUA RESIDUALS>, <INOCULATION>, <MASSIFICATION>, <FRUCTIFICATION>, <BIOMASS>.





## INTRODUCCIÓN

Los subproductos o residuos generados en procesos de producción agroindustrial, son materiales en estado líquido o sólido, que resultan del consumo directo de materia prima o de la extracción de la misma. Los residuos por mucho tiempo se consideraron sin utilidad por cuanto no se aprovechaban dentro del proceso de generación. Sin embargo, estos subproductos tienen un potencial alto de transformación y/o aprovechamiento para obtener otro producto de interés social y/o comercial, que pueda generar un valor económico.

La actividad agroindustrial de la producción de quinua en el año 2017 en Ecuador alcanzó las dieciséis mil hectáreas en provincias de la Sierra como Carchi, Chimborazo, Imbabura y Pichincha, permitiendo una exportación de cuatrocientas toneladas métricas, lo que genera una gran cantidad de residuos lignocelulósicos agroindustriales representando 145,15 toneladas métricas residuales que al no darles un correcto tratamiento se convierten en problemas de contaminación ambiental y por consiguiente un riesgo para la salud.

Los grandes volúmenes de rastrojo son utilizados como leña, lo que genera una contaminación del aire por la quema de las mismas. Por otro lado si los residuos son dejados al aire libre, sufren un proceso de pudrición generando malos olores y transformándose en un medio para la proliferación de vectores como insectos y ratas.

La agroindustria cada día tiene un enorme impacto, dado al volumen de residuos que genera; ello determino que se hicieran esfuerzos para el desarrollo de tecnologías limpias, para responder a la necesidad de cuidar el ambiente para futuras generaciones. Por lo que el aprovechamiento de estos residuos para cultivo de hongos comestibles es una solución recomendable, viable y de bajo costo.

Los residuos generados en la extracción de productos agrícolas, causan contaminación deteriorando la calidad de los ecosistemas. La mayoría de tratamientos de residuos agroindustriales se realizan por métodos convencionales que no abarcan una disposición integral de los mismos. La propuesta planteada en este trabajo de investigación, aborda la implementación de tecnologías más limpias para el aprovechamiento adecuado de residuos, disminuyendo así su volumen en los rellenos sanitarios. Una vez utilizados los residuos en el proceso de cultivo de hongos comestibles, el residuo de quinua pasará como residuo poscosecha de hongos y tendrá como disposición final su análisis como posible biofertilizante.

El residuo de quinua utilizado para el cultivo de hongos y el análisis del sustrato poscosecha de hongos es un tema novedoso y con un alto potencial para la conservación de las propiedades del suelo afectadas por procesos contaminantes; este es un tratamiento a bajo costo, permitiendo al agricultor generar su propio alimento y abono para así disminuir por una parte la aplicación de abonos químicos en sus sembríos.

Un aporte significativo del presente trabajo de investigación radica en permitir el acceso al sector agroindustrial, a una tecnología con principios básicos de relativa sencillez para minimizar el impacto ambiental causado por los residuos generados del proceso de cultivo de quinua y además de la reducción de costos de los tratamientos del suelo que utilizan abonos químicos. El estudio de sostenibilidad es muy importante para evaluar la factibilidad económica de la tecnología y posibilita su implementación.

Debe ser un propósito de las instituciones de educación superior de carácter ambiental, la disminución de los indicadores de contaminación en los diferentes ambientes. Es por ello que el presente proyecto está dentro de la línea de investigación “Protección del Ambiente” de la Facultad de Ciencias de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, además, se enmarca en la sublínea de Biotecnología perteneciente a la carrera de Ingeniería en Biotecnología Ambiental, dando así un paso más para la evolución y el desarrollo de un marco de sostenibilidad que implica producción industrial, conservando los recursos para las actuales y futuras generaciones teniendo en cuenta que el concepto de tecnologías más limpias es importante. En el programa de Naciones Unidas, el concepto de tecnologías limpias se refiere a “la aplicación continua de una estrategia amigable con el medio natural que sea preventiva integrada y aplicada a procesos, productos, y servicios para mejorar la ecoeficiencia y reducir los riesgos para los humanos y el medio natural”.

El desarrollo de éste trabajo de investigación provee beneficios para la sociedad, puesto que el suelo al ser un recurso natural y bien público, el Estado debe garantizar la calidad de la misma, y que a través de la Constitución de 2008 se reconoce los derechos de la naturaleza, por lo que cualquier método amigable con el ambiente para su preservación es reconocido en el Plan Nacional de Desarrollo 2017-2021. Por estos motivos el suelo debe ser preservado y protegido de la contaminación ambiental y así evitar posteriores alteraciones y daños a los seres vivos.

## **OBJETIVOS**

### **Objetivo General**

Evaluar la eficiencia de crecimiento de *Pleurotus ostreatus* en residuos del cultivo de *Chenopodium quinoa*

### **Objetivos específicos**

- Caracterizar el residuo de quinua.
- Emplear el residuo de cultivo de *Chenopodium quinoa* como sustrato para la masificación de *Pleurotus ostreatus*.
- Determinar la eficiencia de crecimiento de *Pleurotus ostreatus* en residuos del cultivo de *Chenopodium quinoa*.
- Realizar el análisis bromatológico de la biomasa fúngica cosechada.

## CAPITULO I

### 1. MARCO TEÓRICO REFERENCIAL

#### 1.1. Residuos Agroindustriales

El sector agroindustrial genera residuos específicos en cualquiera de sus procesos productivos y usualmente no son de utilidad para la cadena de producción, estos pueden estar en estado sólido o líquido y que se pueden aprovechar o transformar para generar otro producto con valor económico, comercial o social (Aprovechamiento de residuos agroindustriales para el mejoramiento de la calidad del ambiente, 2018).

Los residuos más utilizados son los provenientes de frutas, cachaza, bagazo, carbonilla, paja y cogollo, residuos de la caña de azúcar, palma, cascarilla de arroz, desechos cítricos, cascara de plátano, zuro de maíz, zoca de café, pastas proteicas, lodos, suero, mostos residuales, residuos de material verde (cascaras, hojas, tallos, bagazos de frutas) (Aprovechamiento de residuos agroindustriales para el mejoramiento de la calidad del ambiente, 2018).

La composición química y biológica de este tipo de residuos son lignocelulósicos, lo que significa que contienen cantidades grades de celulosa, hemicelulosa y lignina. El alto costo de disposición final de estos residuos permite buscar otras opciones de aprovechamiento lo que lo convierte en una estrategia ambiental generando un nuevo residuo más agotado que puede tener otra aplicación o convertirse en un desecho (Aprovechamiento de residuos agroindustriales para el mejoramiento de la calidad del ambiente, 2018).

##### 1.1.1. *Residuos lignocelulósicos*

###### 1.1.1.1. *Composición de materiales lignocelulósicos*

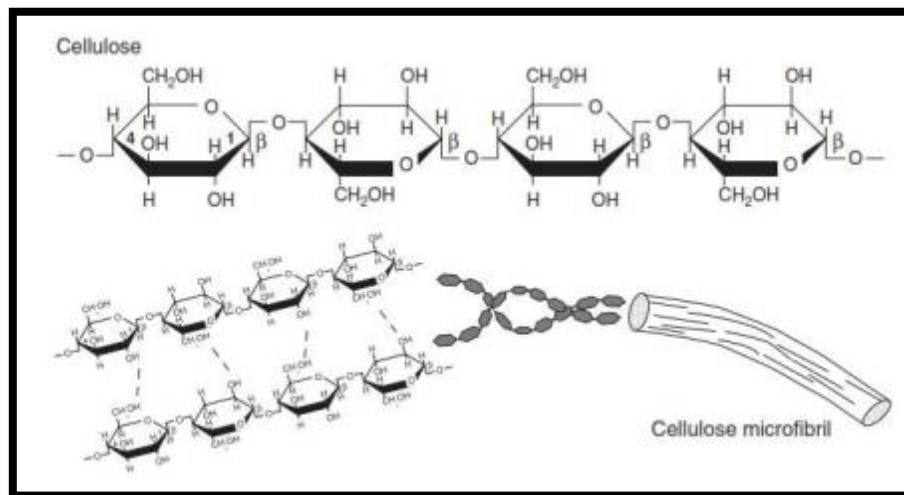
Compuestos de manera general por varios polímeros, celulosa, hemicelulosa y lignina (Aprovechamiento de residuos agroforestales para el cultivo de hongos comestibles, 2012).

- Celulosa

Está presente en mayor cantidad dentro del tejido de plantas, sencillo y abundante en el ambiente, ocupa entre el 40 y 50% de la pared celular de la planta, confiriéndole estructura y soporte; las cadenas poliméricas al ser hidrolizadas dan origen a unidades de glucosa (xilosas y manosas) (Aprovechamiento de residuos agroforestales para el cultivo de hongos comestibles, 2012).

Conformada por subunidades de D-glucosa, unidas por  $\beta$ -1,4 glicosídicos, siendo este de gran interés en el desarrollo de la fermentación. Este biopolímero presenta dos formas una cristalina y otra amorfa (Producción de bioetanol a partir de subproductos agroindustriales lignocelulósicos, 2010).

Este polisacárido puede ser degradado por acción de enzimas endo- $\beta$ -1,4-glucanasa, complejo Cx y endo- $\beta$ -1,4-glucidasa; estas enzimas son producidas por hongos macromicetos (Validación de la tecnología para la producción e industrialización de hongos comestibles *Pleurotus ostreatus* utilizando sustratos orgánicos , 2013).



**Figura 1-1:** Estructura de la celulosa

Fuente: Valdez, 2015

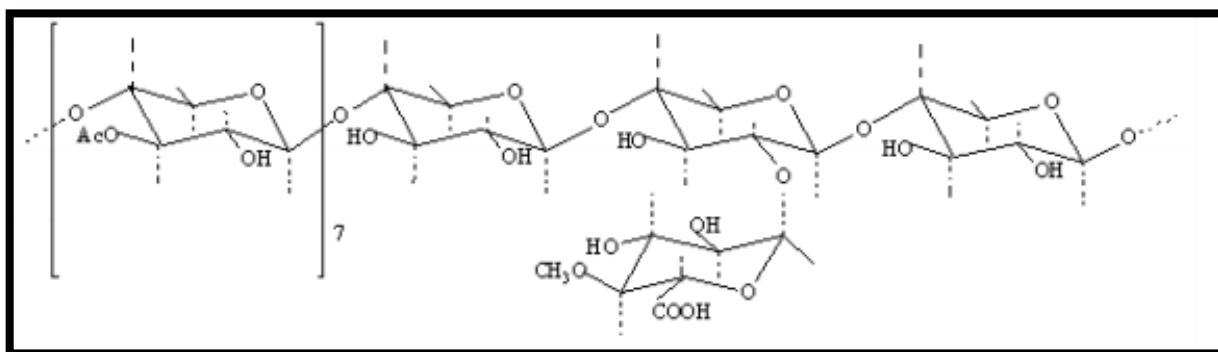
- Hemicelulosa

Representa una fracción comprendida entre el 20 y 40% de la pared celular de la planta, es considerado como un heteropolisacárido representado por 15% de: D-glucosa, D-manosa y D-

galactosa (hexosas) y 85% de pentosas (75% D-xilosa y 10% L-arabinosa), ácidos metilglucorónico, galacturónico y glucorónico, es el componente principal ya que envuelve las microfibrillas de la celulosa, convirtiéndola en muy compleja por tener como molécula principal al xiloglucano formado por unidades de D-glucosa con enlaces  $\beta$ -1,4 con ramificaciones terminales de xilosa con enlaces  $\alpha$ -1,6 unidos por puentes de hidrógeno; además mediante enlaces covalentes las moléculas se unen a la fracción péctica de la pared celular, aumentando la resistencia de las células vegetales (Aprovechamiento de residuos agroindustriales: Pasado, presente y futuro, 2012).

Carbohidrato complejo y heterogéneo, conformado por pentosas, hexosas, azúcar y ácidos, entrelazados entre sí glucosídicamente. Este permite la unión entre la lignina y las fibras de celulosa dando rigidez a la red celulosa, hemicelulosa y lignina (Producción de bioetanol a partir de subproductos agroindustriales lignocelulósicos, 2010).

La hemicelulosa es degradada por hongos micromicetos, por acción de xilasas, galactanasas, manasas, arabinasas y glucanasas (Validación de la tecnología para la producción e industrialización de hongos comestibles *Pleurotus ostreatus* utilizando sustratos orgánicos, 2013).



**Figura 2-1:** Estructura de la hemicelulosa

Fuente: Carballo & Arteaga, 2016

- Lignina

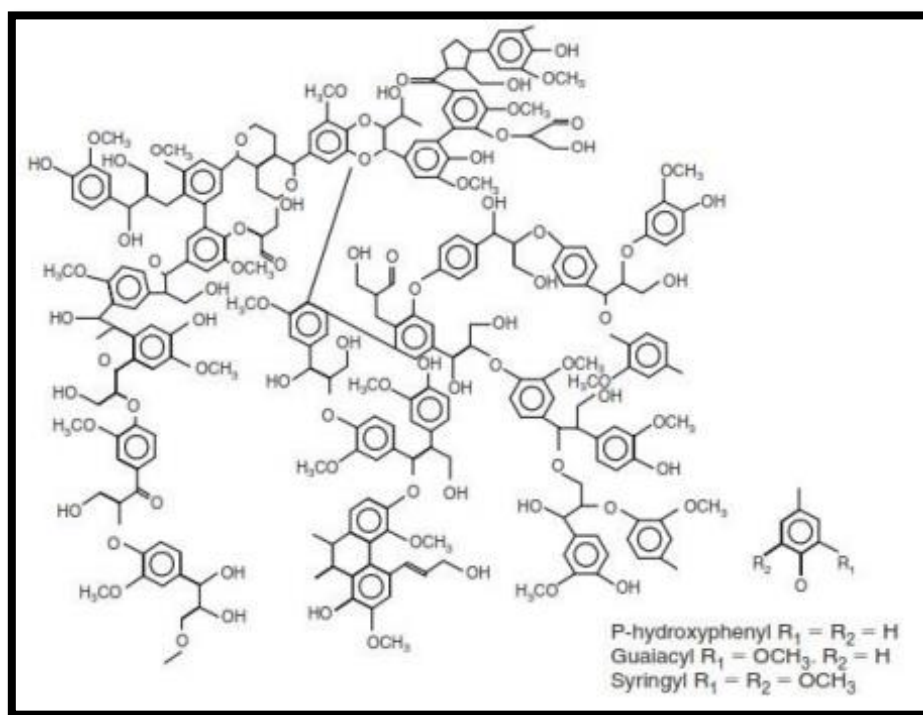
Heteropolímero amorfo formado por tres unidades diferentes de fenilpropano, este polisacárido no es soluble en agua haciendo que su degradación sea muy compleja (Producción de bioetanol a partir de subproductos agroindustriales lignocelulósicos, 2010).

Integra entre el 10 y el 25% de la pared celular de la planta, es muy resistente a la degradación, su estructura es reticular tridimensional de anillos aromáticos enlazados por átomos de oxígeno,

obstaculizando el ingreso de enzimas hidrolíticas hacia las fibrillas celulósicas, siendo su biotransformación de gran importancia para el ciclo del carbono (Aprovechamiento de residuos agroforestales para el cultivo de hongos comestibles, 2012).

La lignina actúa como aglomerante de las fibras gracias a su carácter hidrófobo, esta característica hace que la planta sea más rígida y leñosa; también da origen a mecanismos de defensa y resistencia al estrés (Aprovechamiento de residuos agroforestales para el cultivo de hongos comestibles, 2012).

Los hongos macromicetos degradan este polímero por acción de enzimas como lacasa, lignina peroxidasa y manganeso peroxidasa (Validación de la tecnología para la producción e industrialización de hongos comestibles *Pleurotus ostreatus* utilizando sustratos orgánicos, 2013).



**Figura 3-1:** Estructura de la lignina

**Fuente:** Carballo & Arteaga, 2016

### 1.1.2. *Aprovechamiento de residuos agroindustriales*

Un adecuado aprovechamiento de los residuos es propiciar alternativas que disminuyan el impacto ambiental generando una correcta disposición final de los mismos.

#### *1.1.2.1. Producción de Hongos comestibles*

El aprovechamiento de residuos sólidos generados en agroindustria es una opción viable para la obtención de hongos comestibles, el más estudiado y cultivado es *P. ostreatus* por su facilidad de cultivo y calidad nutricional. En la obtención de estos cuerpos fructíferos se debe tomar en cuenta que no existe incidencia significativa en cuanto al sabor del residuo sobre el hongo obtenido (Residuos agroindustriales su impacto, manejo y aprovechamiento, 2017).

#### *1.1.2.2. Extracción de compuestos químicos*

Investigaciones han determinado el uso de mezclas enzimáticas como por ejemplo papaína, celulasa, peptinasa que permitan degradar las membranas y paredes de células de frutas y verduras con la finalidad de extraer compuestos como aceites y compuestos fenólicos (Residuos agroindustriales su impacto, manejo y aprovechamiento, 2017).

#### *1.1.2.1. Extracción de Pectinas*

Polisacáridos compuestos por unidades de ácido galacturónico unidas por enlaces glicosídicos  $\alpha$  1-4. Presentan una coloración blanca de forma amorfa que al ser mezcladas con agua dan una solución viscosa y que al ser unidas con azúcar y ácidos, generan una sustancia gelatinosa que es utilizada como espesante (Valorización de residuos agroindustriales-Frutas- en Medellín y el sur del valle Aburrá, Colombia, 2008).

#### *1.1.2.2. Valorización biológica y química*

Este tipo de valorización genera a partir de residuos de gases, líquidos o sólidos productos finales como compostaje y la lombricultura (Valorización de residuos agroindustriales-Frutas- en Medellín y el sur del valle Aburrá, Colombia, 2008).



- Compostaje

Proceso de descomposición biológica de la materia orgánica, en condiciones ambientales controladas (humedad y temperatura); tomando en cuenta que la temperatura debe variar entre los 50 y 70°C para confirmar la destrucción de elementos patógenos y así lograr un producto inocuo en su totalidad, permitiendo mejorar los suelos (Valorización de residuos agroindustriales-Frutas- en Medellín y el sur del valle Aburrá, Colombia, 2008).

- Lombricultura

Mediante esta técnica se puede obtener proteína animal y humus compuesto principalmente de C, O, N, H, y microorganismos como hongos y bacterias. Las cantidades de estos elementos dependerán de las características químicas del sustrato que dieron origen a la alimentación de las lombrices (Valorización de residuos agroindustriales-Frutas- en Medellín y el sur del valle Aburrá, Colombia, 2008).

### 1.1.2.3. Valorización térmica

Esta tecnología busca reducir el volumen de los residuos y la recuperación de energía a partir de gases, líquidos y sólidos que se generan en el proceso, estos procesos se pueden clasificarse de acuerdo a los requerimientos de oxígeno, los que requieren oxígeno se conocen como incineradores y los que no lo requieren se conocen como pirolisis y termólisis (Valorización de residuos agroindustriales-Frutas- en Medellín y el sur del valle Aburrá, Colombia, 2008).

- Incineración

Esta técnica es conocida como solución final al problema de residuos sólidos, durante el desarrollo de este proceso se generan sustancias como furanos y dioxinas, estos son compuestos organoclorados que se caracterizan por su persistencia en el ambiente y su baja biodegradabilidad. Por lo que no se recomienda esta técnica si no hay aprovechamiento energético ya que se genera CO<sub>2</sub> que contribuye al efecto invernadero y calentamiento global (Valorización de residuos agroindustriales-Frutas- en Medellín y el sur del valle Aburrá, Colombia, 2008).

- Pirolisis

Esta técnica consiste en descomponer materia orgánica por acción de la temperatura que oscila entre 400 y 800°C, en total ausencia de oxígeno y presión controlada. Dicho proceso genera una reducción del volumen de residuos hasta en un 95%, del proceso se genera CO, H<sub>2</sub>, C, CH<sub>4</sub>, CO<sub>2</sub> y vapor de agua, todos estos compuestos dan origen a serios problemas de carácter ambiental (Valorización de residuos agroindustriales-Frutas- en Medellín y el sur del valle Aburrá, Colombia, 2008).

## 1.2. Hongos

Son organismos heterótrofos debido a la falta de clorofila y pigmentos fotosintéticos en su composición, lo que les obliga a estrechar relación con los demás seres vivos para sobrevivir, buscando nutrientes orgánicos que les permita alimentarse. Su nutrición la realizan por absorción, por medio de la producción de enzimas que actúan degradando la materia orgánica para luego absorberla, estas características hacen que los hongos pertenezcan al reino fungi (Rocabado, 2011).

Los hongos cuentan con células eucariotas teniendo así un núcleo verdadero conformado por cromosomas, moléculas, de DNA ligadas a ARN y proteínas, el núcleo está rodeado por una membrana plasmática, además presenta una pared celular que le confiere rigidez al hongo. Dicha pared celular está compuesta de quitina, la sustancia de reserva es el glucógeno a diferencia de las plantas que poseen almidón (Lechner, y otros, 2017).

Dependiendo del ciclo de vida que presentan los hongos estos pueden ser unicelulares o filamentosos, estos hongos poseen células microscópicas de forma alargada y cilíndrica a las que se conoce como hifas, estas crecen de manera apical conformando así el micelio del hongo. El micelio en la etapa de desarrollo vegetativo, genera enzimas capaces de degradar celulosa y lignina presente en el sustrato para que sean absorbidas a través de las hifas y sean utilizadas en el crecimiento y en el metabolismo. Una adecuada disposición de la hifa incrementa la relación superficie/volumen, haciendo que el intercambio de nutrientes con el medio sea más eficiente (Lechner, y otros, 2017).

China es considerada como el primer país en cultivar por vez primera un hongo macroscópico por los años 600 de nuestra era, en Francia se dio lugar a la comercialización de este tipo de cultivos como lo es el champiñón, después de un tiempo surgió la idea de recoger pedazos de ``blanco de hongo``

(micelio) para ser depositados en hoyos juntamente con semilla de melón para su germinación; como resultado se desarrolló hongos juntamente con el crecimiento del melón que con sus hojas grandes protegía al hongo del sol y las lluvias. En los años 70`s se desplazó al estiércol inoculado con hongo por el inóculo en grano o semilla, dando lugar a la fungicultura para desarrollar múltiples investigaciones con la finalidad de producir hongos de tipo gastronómico que puedan ser cultivados en cualquier país (Freire Alvarez , y otros, 2015).



**Figura 4-1:** *Pleurotus ostreatus*

**Fuente:** Gustavo Rodríguez, 2019

En el año 1969 Ecuador inicia procesos de asistencia técnica especializada para el cultivo de hongos comestibles generando en el país un crecimiento ínfimo mediante un sistema grupal con posibilidad cierta, efectiva y accesible económicamente, dando como resultado una producción con una calidad elevada de sanidad (Freire Alvarez, y otros, 2015).

### **1.2.1. Clasificación de los hongos**

Los hongos son clasificados de acuerdo al método de reproducción empleado (sexual y asexual), diferenciados por características estructurales internas como por ejemplo: esporas e hifas. La clasificación ésta dada por cuatro grupos o filos:

- Ascomycota
- Basidiomycota
- Chytridiomycota

- Zygomycota (Bolvia Ecológica, 2011)

#### 1.2.1.1. *Ascomycota*

Existen alrededor de 32.700 especies de ascomycetes como: Ascoliquenenes y hongos imperfectos, la especie representativa de esta división son las saprofitas, se le atribuyen características parasitarias que atacan cultivos de cereales y simbióticos (líquenes). Se diferencia de otros hongos por poseer una célula reproductiva llamada asca. El cuerpo fructífero es conocido como ascocarpo con hifas septadas o tabicadas, pueden ser unicelulares o pluricelulares (Bolvia Ecológica, 2011).



**Figura 5-1:** Hongos Ascomycetes

**Fuente:** Bolvia Ecológica, 2019

#### 1.2.1.2. *Basidiomycota*

Este grupo es el más conocido por presentar una forma de sombrero u hongos en forma de pequeños paraguas. Las hifas en este grupo son septadas o tabicadas, en el exterior de los basidios se da origen a cuatro esporas (basidioesporas) por basidio (Bolvia Ecológica, 2011).

Los micelios pueden formar cuerpos fructíferos complejos o sencillos. Existen 30.000 especies de carácter saprofitos, parásitosy simbióticos (Bolvia Ecológica, 2011).



**Figura 6-1:** Hongos Basidiomycete

**Fuente:** Bolivia Ecológica, 2019

#### 1.2.1.3. *Chytridiomycota*

Estos tipos de hongos se caracterizan por ser microscópicos, generalmente son acuáticos, aunque también se los puede encontrar en el suelo. La característica más representativa de este grupo es la presencia de células móviles flageladas. Esta división lo componen 790 especies, en su mayoría son parásitos de plantas y animales (anfibios) (Bolivia Ecológica, 2011).



**Figura 7-1:** Anfibio infectado por  
*Batrachochytrium dendrobatidis*

**Fuente:** Bolivia Ecológica, 2019

#### 1.2.1.4. *Zygomycota*

Esta división se caracteriza por crecer a partir de materia orgánica en proceso de descomposición; algunas de estas especies tienden a ser parásitos de insectos, animales y plantas; además varios generan enfermedades en seres humanos (Bolivia Ecológica, 2011).

Presentan una morfología interna con hifas no tabicadas y multinucleadas conocidas como zigosporangios, dando lugar a esporas llamadas zigosporas. Existe un aproximado de 1.1100 especies de las cuales las más representativas son: Mucorales (mohos) y Zigomycetes (micorrizas) (Bolivia Ecológica, 2011).



**Figura 8-1:** Hongos Zigomycetes sobre fruta

**Fuente:** Bolivia Ecológica, 2019

#### 1.2.2. *Hongo ostra (Pleurotus ostreatus)*

##### 1.2.2.1. *Taxonomía y generalidades*

**Tabla 1-1:** *Pleurotus ostreatus* presenta

la siguiente taxonomía:

| Taxonomía de <i>Pleurotus ostreatus</i> |                    |
|---|--------------------|
| Dominio                                 | Eukaryota          |
| Reino                                   | Fungi              |
| Phyllum                                 | Basidiomycota      |
| Clase                                   | Homobasidiomicetos |
| Orden                                   | Agaricales         |
| Familia                                 | Pleurotaceae       |
| Género                                  | <i>Pleurotus</i>   |
| Especie                                 | <i>ostreatus</i>   |

**Fuente:** (UnitProt., 2018)

**Realizado por:** Gustavo Rodríguez

Es conocido como hongo saprófito de pudrición blanca sus propiedades lignolíticas, crecimiento rápido y fácil manejo bajo condiciones de campo, han servido de base para estudios importantes de conservación ambiental. Su micelio es blanquecino, de crecimiento radial, su apariencia es similar a la de un algodón y mientras va madurando genera una alfombra de micelio firme y delgado. Las setas en el pie es lateral lo que origina que se desarrolle en forma de ostra u oreja (Aislamiento, Siembra y Produccion, 2006).

El género *Pleurotus* comprende 20 especies relacionadas a un fácil cultivo por la gran disponibilidad de sustratos para potenciar su fructificación, obteniendo un crecimiento adecuado afirmando una calidad óptima del producto final. Este género lo comprenden importantes hongos superiores ya que *Pleurotus* ésta relacionada al orden Agaricales con una subdivisión Basidiomicetes (France , y otros, 2000).

Este tipo de hongo presenta una serie de características como un gran sombrero carnoso (carpóforo) en forma de abanico semicircular, excéntrico al pie (estipe), de diversas coloraciones: blanco, gris azul o café; laminillas blancas a amarillas gruesas que descienden por el pie; este estipe es de forma grueso, curvado, corto y blanco (France, y otros, 2000).

#### 1.2.2.2. *Condiciones de cultivo*

Para el cultivo de *P. ostreatus* es necesario tener en cuenta una temperatura comprendida de 20 a 28°C, siendo la temperatura óptima de 25°C (Aislamiento, siembra y producción , 2006). La colonización del sustrato se da entre los primeros 15 y 20 días, dicha colonización se realiza en bolsas de polietileno o polipropileno o en envases de vidrio.

Los rangos de pH para el crecimiento de estos hongos se han citado en valores comprendidos entre 4 y 7, con un óptimo entre 5 y 6 (Ecosur, 2001).

Para el cultivo primero se realiza en agar donde se mantiene los tejidos o esporas del hongo, segundo se cultiva en sustratos de granos lignocelulósicos esterilizados que y finalmente su multiplicación en residuos que en su mayoría son agroindustriales. También se puede utilizar soportes inertes como aserrín y trozos de madera con la finalidad de ser más eficiente en la propagación del micelio (France , y otros, 2000).

Entre las ventajas que presenta el cultivo de este hongo, podemos señalar que:

- Para su crecimiento utiliza residuos vegetales ricos en lignina, ayudando al aprovechamiento de un residuo fácil de conseguir y por ende barato.

- Utiliza poca energía para eliminar contaminantes del sustrato colonizando así el residuo.
- Crecimiento rápido con un rendimiento del 20% en relación al peso del sustrato que lo contiene.
- Vida postcosecha prolongada gracias a la consistencia del carpóforo.
- Contiene propiedades medicinales como: reductor de colesterol en la sangre y anticancerígeno (France , y otros, 2000).

### **1.2.3. Sustrato postcultivo de hongo**

Tomando en cuenta el punto de vista productivo, este SPCH podrá tener dos opciones como destino final: 1) alimento para animales ya que al finalizar el proceso de crecimiento del hongo la paja pierde la mayoría de sus carbohidratos insolubles, lo que lo convierte en un material asimilable para animales rumiantes, teniendo en cuenta que este material esta reforzado por una gran cantidad de nutrientes aportado por el micelio, generando un subproducto con un alto potencial en nutrición animal y 2) abono orgánico con una proporción C/N de fácil asimilación para el suelo, su incorporación al mismo genera efectos de sanidad para los cultivos por sus propiedades nematológicas adquiridas por las toxinas secretadas por el micelio (France, y otros, 2000).

Es el material resultante una vez que los hongos han extraído del mismo los nutrientes necesarios para su crecimiento, la relación que se hace para saber el volumen generado de este sustrato es, por cada tonelada de hongos se generan de 3 a 3,5 toneladas de SPCH, este residuo es rico en materia orgánica y en nutrientes (Obtención de sustratos/abonos de alto valor añadido con base en sustrato post-cultivo de champiñón (SPCH) , 2018).

Es importante destacar su alto contenido de Nitrógeno siendo fuente importante para los agricultores y sus tierras, permitiendo la sustitución de fertilizantes químicos, sin pérdidas de rendimiento o calidad del producto a cultivar.

#### *1.2.3.1. Utilización de SPCH como aporte de nutrientes*

En el SPCH no se debe tener en cuenta contaminantes como metales pesados, lixiviados peligrosos debido a que sus concentraciones son muy bajas por lo que no limitaran las cantidades aportadas especialmente de nitrógeno al suelo (Manual de buenas prácticas agrícolas para su uso como fertilizante, s,f).



Las cantidades de nitrógeno deben estar basadas en la diferenciación de cuatro tipos de SPCH que están en función al tratamiento y a su naturaleza, es así que tenemos:

a) SPCH de hongo fresco con las siguientes analíticas (valores medios)

- N total: 2,11% sms  $\pm$  0,1%
- Humedad: 68% sms  $\pm$  3%
- C/N: 17,80  $\pm$  1,2 (Manual de buenas prácticas agrícolas para su uso como fertilizante, s,f)

La cantidad de nitrógeno por tonelada de SPCH será de 6,75Kg N/Tm

b) SPCH de setas (*Pleurotus*) con las siguientes analíticas (valores medios)

- N total: 0,7% sms  $\pm$  0,1%
- Humedad: 65% sms  $\pm$  0,1%
- C/N: 74  $\pm$  10 (Manual de buenas prácticas agrícolas para su uso como fertilizante, s,f)

La cantidad de nitrógeno por tonelada de compost fresco será de 2,1Kg N/Tm

c) SPCH recompostado. SPCH sometido a un proceso térmico de recompostaje de unos 45-60 días.

Su composición media es:

- N total: 1.80% sms  $\pm$  0,60%
- Humedad: 39% sms  $\pm$  5%
- C/N: 15,5  $\pm$  0,7 (Manual de buenas prácticas agrícolas para su uso como fertilizante, s,f)

La cantidad de nitrógeno por tonelada de compost será de 10,98Kg N/Tm

d) SPCH peletizado

- N total: 2% sms  $\pm$  0,1%
- Humedad: 23% sms
- C/N: 14,2  $\pm$  1,5

La cantidad de nitrógeno por tonelada de pelets será de 15,4Kg N/Tm (Manual de buenas prácticas agrícolas para su uso como fertilizante, s,f).

### 1.3. Generalidades de la quinua

Según Gonsenbach citado por Estrella 1998 la quinua tiende a ser una planta herbácea, se desarrolla al año, resiste condiciones ambientales de extremas (heladas). Crece en alturas superiores a los

3.000m, sin importar la calidad del terreno, además, es una planta que no requiere cuidados mayores (Estrella, 1988).

En la antigüedad la resistencia de la planta era muy útil a la agricultura, ya que se lo sembraba para proteger a sembríos más vulnerables como el maíz y la papa del frío y el viento (Estrella, 1988).

Investigadores han demostrado los rangos de los componentes químicos que posee el grano de quinua, dando como resultado lo siguiente:

**Tabla 2-1:** Promedio de los valores nutricionales en los granos de quinua

| COMPONENTE      | PROMEDIO | NÚMERO DE DETERMINACIONES | RANGO       |
|-----------------|----------|---------------------------|-------------|
| % Humedad       | 12.6     | 58                        | 6.8 – 20.7  |
| % Proteína      | 13.8     | 77                        | 7.4 – 22.0  |
| % Grasa         | 5.0      | 60                        | 1.8 – 9.3   |
| % Cenizas       | 3.3      | 60                        | 2.2 – 9.8   |
| % H. de carbono | 59.7     | 50                        | 38.7 – 71.3 |
| % Celulosa      | 4.3      | 22                        | 1.5 – 12.2  |
| % Fibra         | 4.1      | 30                        | 1.1 – 16.3  |

**Fuente:** Campoverde, 1982

**Realizado por:** Gustavo Rodríguez, 2019

A nivel internacional la quinua es reconocida como el único alimento de origen vegetal que contiene todos los aminoácidos esenciales, oligoelementos, vitaminas, además de no poseer gluten este alimento posee gran fuente de calcio, hierro y vitamina B (Análisis sectorial QUINUA 2015, 2015).

La provincia de Chimborazo cuenta con la variedad nativa de quinua que se produce mediante cultivos orgánicos, este alimento es muy amargo debido a su contenido alto de saponinas.



**Figura 9-1:** Sembrío de quinua, estación experimental Tunshi

**Fuente:** Gustavo Rodríguez, 2019

### 1.3.1. *Morfología*

- Raíz

Presenta una raíz de tipo pivotante, con una raíz principal con ramificaciones laterales con una longitud variable, de 0.8 a 1.5m. La raíz presenta un desarrollo y crecimiento de acuerdo a su genotipo, tipo de suelo, nutrición y humedad (Gómez, 2016).



**Figura 10-1:** Raíz pivotante y ramificaciones

**Fuente:** Guía de cultivo de la quinua de la FAO, 2016

- Tallo

Desde la parte inferior presenta una forma cilíndrica y a medida que sube se vuelve anguloso en las zonas de nacimiento de hojas y ramas, la corteza está formada por tejidos lignificados. Conforme avanza la etapa de desarrollo de la planta este se queda hueco o vacío (Gómez, 2016).

El tallo puede ser de varios tipos de acuerdo al hábito de ramificación:

Hábito sencillo, presenta un solo tallo y una inflorescencia terminal definida.

Hábito ramificado con las variantes: a) ramas laterales poseen misma longitud que el tallo formando panojas b) tallo principal con longitud mayor que los secundarios formando una planta cónica (Gómez, 2016).

Según (Determinación de parámetros del equipo refinador de pasta para la obtención de papel Kraft a partir de tallos de quinua (*Chenopodium quinoa*), 2012) determinaron que el contenido celular vegetal en tallos y hojas corresponden: un 60% a celulosa y un 37% a lignocelulosa en los rastrojos de quinua.



**Figura 11-1:** Variación de colores de tallos

**Fuente:** Guía de cultivo de la quinua de la FAO, 2016

- Hojas

La planta de quinua presenta hojas muy diferenciadas por el peciolo y la lámina, el peciolo es largo y acalanado, cuya longitud depende de su origen, la coloración puede ser verde, rosado, rojo y púrpura. Las láminas tienen tres venas principales con un tamaño grande en el follaje y pequeño en la inflorescencia, la forma de estas en el follaje pueden ser triangulares o romboidales y las de inflorescencia pueden ser triangulares o lanceoladas (Gómez, 2016).

Las hojas pueden tener márgenes enteros, dentados o aserrados, la cantidad de dientes puede variar de 3 a 20, estas están cubiertas con una pubescencia vesicular-granular blanca, rosada o púrpura, esta pubescencia contiene oxalato de calcio cuya función es absorber agua para incrementar la humedad relativa de la atmósfera que las rodea (Gómez, 2016).



**Figura 12-1:** Color de hojas y números de dientes

Fuente: Guía de cultivo de la quinua de la FAO, 2016

- Flores

Las flores están agrupadas en glomérulos y son sésiles o pediceladas, cuya posición determina el tamaño y el número de granos (frutos). La planta presenta dos tipos de flores hermafroditas y pistiladas siendo así una planta ginomonoica (Gómez, 2016).

Las flores hermafroditas están ubicadas en el glomérulo y son más grandes que las pistiladas, estas poseen un diámetro de 3 a 5 mm; poseen cinco tépalos, cinco anteras y un ovario súpero con dos o

tres ramificaciones estigmáticas. La ubicación de las flores pistiladas es alrededor y debajo de las flores hermafroditas, están compuestas de cinco tépalos un ovario súpero con dos o tres ramificaciones estigmáticas y tienen un diámetro alrededor de 2 a 3mm (Gómez, 2016).



**Figura 13-1:** Flores de la quinua

**Fuente:** Guía de cultivo de la quinua de la FAO, 2016

- Fruto

Es un fruto seco (aquenio) de forma convexa por ambos lados (lenticular), elipsoidal, cónico o esferoidal, cubierto por el perigonio sepaloide o las envolturas florales que rodean el fruto y se desprenden con facilidad a la madurez; el fruto está formado por el pericarpio (capa del fruto) y la semilla, el pericarpio tiene alveolos en la superficie y la saponina que le da un sabor amargo al grano, el fruto puede alcanzar un diámetro de 1.5 a 3m (Gómez, 2016).



**Figura 14-1:** Diversidad de los frutos de quinua

**Fuente:** Guía de cultivo de la quinua de la FAO, 2016

Los subproductos que genera la actividad agroindustrial de la quinua tallos y hojas son importantes para el desarrollo de nuevos productos con valor económico y ambiental.

### **1.3.2. Cosecha y trilla**

El producto se cosecha cuando la panoja se torna de color rosado amarillento en la variedad Imbaya y amarillo pálido en la variedad Cochasqui, o cuando han adquirido una consistencia tal que resisten a la presión con las uñas (Primeras variedades de quinua para la Sierra ecuatoriana , 1986).

La cosecha se realiza en cortes de manera manual, gavillas, mismas que se dejan al sol para su secado en época de verano y en galpones en invierno (Primeras variedades de quinua para la Sierra ecuatoriana , 1986).

El trillado se lo realiza, manualmente refregando las panojas sobre una superficie dura y golpeando con palos o varas sobre eras. La trilla también se lo realiza de manera mecánica, a través, del uso de trilladoras estacionarias para lo que se debe regular la entrada de aire del ventilador, para evitar eliminar granos junto con la paja y colocar una malla fina (4 mm de diámetro) en el tamiz, para reducir el paso de impurezas junto con el grano (Primeras variedades de quinua para la Sierra ecuatoriana , 1986).

### **1.4. Fermentación en estado sólido**

En biotecnología la fermentación es una de las más usadas desde la antigüedad, este puede ser de dos tipos, líquida sumergida y sólido, cuya diferencia entre estos dos tipos de fermentación es la cantidad de líquido libre en el sustrato. En la fermentación líquida sumergida (FLS) la cantidad de sólidos llega a ser mayor de 50g/l y en la fermentación en estado sólido (FES) el contenido de sólidos varia entre el 20 y el 70% del peso total (Utilización de diferentes niveles de urea en la dinámica de fermentación de la pulpa de café para uso en la alimentación de rumiantes en la provincia de Loja, 2016).

La FES abarca una serie de procesos complejos en cuanto a transformaciones microbiológicas sobre materiales sólidos, dejando ver que el contenido de líquido en el medio está al nivel de la actividad del agua, para afirmar el crecimiento y el metabolismo de los m.o así como el desarrollo de productos deseables, tomando en cuenta que no se debe exceder la capacidad máxima de retención de agua de

la sustancia sólida (Utilización de diferentes niveles de urea en la dinámica de fermentación de la pulpa de café para uso en la alimentación de rumiantes en la provincia de Loja, 2016).

#### **1.4.1. Características de la FES**

La fermentación en este estado presenta las siguientes características:

- Permite involucrar microbiota autóctona y microbiota presente en el sustrato.
- Suministra un ambiente selectivo para hongos, bacterias y actinomicetos.
- Permite que la diversidad de fuentes complejas de nutrientes se mezclen como son las fuentes de energía y carbono.
- Crecimiento apical del micelio produce el desarrollo de metabolismo primario y secundario.
- Emplea sustratos como granos de cereales, legumbres y residuos lignocelulósicos.
- El sustrato sólido empleado debe garantizar la libre circulación de aire.
- El rango de humedad del sustrato debe ser determinado para cada especie o epa que se va a cultivar (Utilización de diferentes niveles de urea en la dinámica de fermentación de la pulpa de café para uso en la alimentación de rumiantes en la provincia de Loja, 2016).

#### **1.4.2. Factores que intervienen en la FES**

- Actividad del agua y humedad

La humedad representa un porcentaje del peso del sustrato correspondiente al agua, esta agua es la que permite una disolución de los nutrientes hidrosolubles; además mantiene homogéneas las condiciones del cultivo, facilitando su extracción y purificación. La fracción de humedad en la FES debe variar entre 30 y 80% en relación a la cantidad de sólido que se use (Utilización de diferentes niveles de urea en la dinámica de fermentación de la pulpa de café para uso en la alimentación de rumiantes en la provincia de Loja, 2016).



- Temperatura

Considerado como un factor importante dentro del desarrollo de la FES, ya que el control de esta variable es considerado como un aspecto crítico debido a la alta concentración de sustrato por unidad de volumen y a la baja conductividad térmica del sistema heterogéneo sólido-líquido-gas, provocando que se genere acumulación del calor metabólico aumentando la temperatura del cultivo (Utilización de diferentes niveles de urea en la dinámica de fermentación de la pulpa de café para uso en la alimentación de rumiantes en la provincia de Loja, 2016).

- Aireación

Se utiliza para suministrar la cantidad de oxígeno necesario de acuerdo a la naturaleza del m.o, para el crecimiento y la formación del producto deseado, la generación de calor y el espesor del volumen del sólido (Utilización de diferentes niveles de urea en la dinámica de fermentación de la pulpa de café para uso en la alimentación de rumiantes en la provincia de Loja, 2016).

- Tamaño de partículas

El tamaño de las partículas determina una adecuada transferencia de masa y una distribución de oxígeno óptimo, a menor tamaño de partícula mayor es la aireación inhibiendo así el crecimiento de m.o aerobios; en cambio a mayor tamaño de partículas menor es la superficie de contacto dificultando la transferencia de masa (Utilización de diferentes niveles de urea en la dinámica de fermentación de la pulpa de café para uso en la alimentación de rumiantes en la provincia de Loja, 2016).

#### **1.4.3. Ventajas**

- Baja demanda de agua generando baja cantidad de residuales líquidos durante el proceso.
- Alta cantidad de productos finales con mayor estabilidad.
- Menor represión catabólica
- El espacio entre partículas permite una fácil aireación.

- Mayor productividad volumétrica, es decir existe mayor concentración de sustrato por unidad de volumen (Utilización de diferentes niveles de urea en la dinámica de fermentación de la pulpa de café para uso en la alimentación de rumiantes en la provincia de Loja, 2016).

## CAPITULO II

### 2. MARCO METODOLÓGICO

#### 2.1. Tipo y diseño de la investigación

El desarrollo del presente trabajo de investigación es de tipo exploratoria, descriptiva y explicativa, ya que permitirá experimentar los determinantes de correlación entre la variable eficiencia de crecimiento y combinaciones de los residuales de quinua.

La investigación se lo realizó de manera experimental, aplicando tres tipos de tratamiento a las unidades experimentales conformadas por tallos, hojas y mezcla de las mismas para evaluar la eficiencia de crecimiento de *Pleurotus ostreatus* en residuos del cultivo de *Chenopodium quinoa*, además de métodos de análisis físico-químicos para establecer características óptimas del hongo.

#### 2.2. Población de estudio

Residuos de *Chenopodium quinoa*, resultantes de la cosecha en la estación experimental Tunshi de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Provincia de Chimborazo.

##### 2.2.1. Tamaño de la muestra

Se trabajó con 3 muestras secas obtenidas del residuo de quinua, diferenciándolas por tallos, hojas y una mezcla de ambas 50:50, siendo de tipo I (P1), tipo II (P2) y tipo III (P3). Cada una fue sometida a las mismas condiciones de temperatura, humedad y cantidad de sustrato; en cada prueba se realizó 8 repeticiones, dando un total de 24 unidades experimentales.

**Tabla 1-2:** Codificación de unidades experimentales

| Repetición | Tallos                        | Hojas                         | Mezcla (tallo/hoja)           |
|------------|-------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|
| 1          | P <sub>1</sub> R <sub>1</sub> | P <sub>2</sub> R <sub>1</sub> | P <sub>3</sub> R <sub>1</sub> |
| 2          | P <sub>1</sub> R <sub>2</sub> | P <sub>2</sub> R <sub>2</sub> | P <sub>3</sub> R <sub>2</sub> |
| 3          | P <sub>1</sub> R <sub>3</sub> | P <sub>2</sub> R <sub>3</sub> | P <sub>3</sub> R <sub>3</sub> |
| 4          | P <sub>1</sub> R <sub>4</sub> | P <sub>2</sub> R <sub>4</sub> | P <sub>3</sub> R <sub>4</sub> |
| 5          | P <sub>1</sub> R <sub>5</sub> | P <sub>2</sub> R <sub>5</sub> | P <sub>3</sub> R <sub>5</sub> |
| 6          | P <sub>1</sub> R <sub>6</sub> | P <sub>2</sub> R <sub>6</sub> | P <sub>3</sub> R <sub>6</sub> |
| 7          | P <sub>1</sub> R <sub>7</sub> | P <sub>2</sub> R <sub>7</sub> | P <sub>3</sub> R <sub>7</sub> |
| 8          | P <sub>1</sub> R <sub>8</sub> | P <sub>2</sub> R <sub>8</sub> | P <sub>3</sub> R <sub>8</sub> |

**Realizado por:** Gustavo Rodríguez, 2019

### **2.2.2. Selección de la muestra**

Para la selección de la muestra se considerarán los siguientes aspectos:

- Tiempo de cosecha
- Muestreo aleatorio simple

### **2.3. Técnicas de recolección de datos**

#### **2.3.1. Toma de muestras del residuo de quinua**

El muestreo de los residuos se realizará en el área rural del cantón Riobamba, donde se identificarán las plantaciones y de las cuales se obtendrá el rastrojo de quinua. Las muestras serán tomadas durante el período de cosecha, realizándose el método de cuarteo, que consiste en tomar el rastrojo y formar un montón o pila sobre un área plana horizontal de 4 m x 4 m, el montón se traspalea hasta homogeneizar, se divide en cuatro partes iguales A, B, C, D y se eliminan las partes opuestas A y C o B y D, repitiendo esta operación hasta recolectar aproximadamente de 20 kilogramos de residuos de quinua, para posteriormente secarlos, previo a la conformación de las unidades experimentales.

### 2.3.2. Preparación y adecuación de las muestras

Los residuales de quinua muestreados fueron secados por triplicado en la estufa a temperaturas de 60, 70, 80°C con la finalidad de determinar la temperatura óptima de secado. Hallada la temperatura óptima la muestra se secó por un período de 24 horas, posteriormente los tallos se redujeron a tamaños de 2 cm, las hojas conservaron su tamaño original ya que median alrededor de 2cm, todo esto se realizó con la finalidad de construir las unidades experimentales.

### 2.3.3. Caracterización de los residuos de quinua

Para establecer las características generales de los residuos a utilizar durante la fase experimental, se realizó el análisis de las propiedades de mayor interés para éste trabajo de investigación, entre estas se mencionan: Fibra, humedad, cenizas, grasas y proteína, conocido como análisis proximal; posteriormente se analizó lignina y celulosa, a través del método de análisis de Van Soest; y finalmente se determinó pH y azúcares totales a través de análisis especiales y de carbohidratos respectivamente. Para esto se recolectó 500 gramos de muestra seca que fueron enviados al departamento de nutrición y calidad del Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias (INIAP), en la estación experimental Santa Catalina ubicado en Cutuglagua.

**Tabla 2-2:** Parámetros del análisis proximal

| Parámetros | Método/Norma   | Método de referencia | Unidad |
|------------|----------------|----------------------|--------|
| Fibra      | MO-LSAIA-01.04 | U. FLORIDA 1970      | %      |
| Humedad    | MO-LSAIA-01    | U. FLORIDA 1970      | %      |
| Cenizas    | MO-LSAIA-01.02 | U. FLORIDA 1970      | %      |
| Grasa      | MO-LSAIA-01.03 | U. FLORIDA 1970      | %      |
| Proteína   | MO-LSAIA-01.04 | U. FLORIDA 1970      | %      |

Fuente: INIAP, Informe de ensayo 19-138,2019

Realizado por: Gustavo Rodríguez, 2019

**Tabla 3-2:** Parámetros del análisis Van Soest

| Parámetros | Método/Norma   | Método de referencia | Unidad |
|------------|----------------|----------------------|--------|
| Lignina    | MO-LSAIA-02.03 | U. FLORIDA 1970      | %      |

|     |                |                 |   |
|-----|----------------|-----------------|---|
| FDN | MO-LSAIA-02.01 | U. FLORIDA 1970 | % |
| FDA | MO-LSAIA-02.02 | U. FLORIDA 1970 | % |

Fuente: INIAP, Informe de ensayo 19-138,2019

Realizado por: Gustavo Rodríguez, 2019

**Tabla 4-2:** Parámetros de análisis especiales y de carbohidratos

| Parámetros       | Método/Norma | Método de referencia | Unidad         |
|------------------|--------------|----------------------|----------------|
| pH               | MO-LSAIA-09  | Potenciométrico      | Unidades de pH |
| Azúcares totales | MO-LSAIA-21  | DUBOIS 1956          | %              |

Fuente: INIAP, Informe de ensayo 19-138,2019

Realizado por: Gustavo Rodríguez, 2019

#### 2.3.4. Caracterización de la biomasa fúngica

Después del proceso de fructificación se procede a la cosecha de los hongos y al análisis del mejor tratamiento obtenido, entre estos destacan los análisis: bromatológico (pH, fibra, grasa, humedad, cenizas y proteína), rendimiento, eficiencia biológica y precocidad. Para ello se envió 300 gramos de muestra seca del hongo ostra al departamento de nutrición y calidad del Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias (INIAP), en la estación experimental Santa Catalina ubicado en Cutuglagua.

**Tabla 5-2:** Parámetros de análisis proximal

| Parámetros | Método/Norma   | Método de referencia | Unidad |
|------------|----------------|----------------------|--------|
| Fibra      | MO-LSAIA-01.04 | U. FLORIDA 1970      | %      |
| Humedad    | MO-LSAIA-01    | U. FLORIDA 1970      | %      |
| Cenizas    | MO-LSAIA-01.02 | U. FLORIDA 1970      | %      |
| Grasa      | MO-LSAIA-01.03 | U. FLORIDA 1970      | %      |
| Proteína   | MO-LSAIA-01.04 | U. FLORIDA 1970      | %      |

Fuente: INIAP, Informe de a ensayo 19-138, 2019

Realizado por: Gustavo Rodríguez, 2019

**Tabla 6-2:** Parámetros de análisis especiales

| Parámetros | Método/Norma | Método de referencia | Unidad         |
|------------|--------------|----------------------|----------------|
| pH         | MO-LSAIA-09  | Potenciométrico      | Unidades de pH |

Fuente: INIAP, Informe de ensayo 19-138, 2019

Realizado por: Gustavo Rodríguez, 2019

#### 2.3.4.1. Rendimiento:

El rendimiento es la relación en unidades de porcentaje entre el peso fresco del hongo y el peso del sustrato húmedo:

$$\text{Rendimiento} = \frac{\text{peso del hongo fresco}}{\text{peso del sustrato húmedo}} * 100$$

#### 2.3.4.2. Eficiencia biológica:

Este parámetro es determinado por la relación dada en porcentaje del peso fresco del hongo y el peso del sustrato seco:

$$\text{Eficiencia biológica} = \frac{\text{peso del hongo fresco}}{\text{peso del sustrato fresco}} * 100$$

#### 2.3.4.3. Precocidad:

Período que transcurre desde el inicio de la siembra hasta la visión de los primeros primordios.

#### 2.3.5. Caracterización del sustrato pos cultivo de hongos (SPCH)

Para utilizar el sustrato poscultivo de hongos como posible biofertilizante se realizó análisis mineralógico, entre estos, macro y micro nutrientes.

El análisis fue realizado en el departamento de nutrición y calidad del Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias (INIAP), en la estación experimental Santa Catalina ubicado en Cutuglagua, este departamento utilizó 500 gramos de muestra húmeda en el análisis de minerales totales presentes en dicho sustrato.

**Tabla 7-2:** Análisis de minerales totales

| Parámetros     | Método/Norma     | Método de referencia | Unidad |
|----------------|------------------|----------------------|--------|
| Macroelementos |                  |                      |        |
| Calcio (Ca)    | MO-LSAIA-3.01.02 | U. FLORIDA 1980      | %      |
| Magnesio (Mg)  | MO-LSAIA-3.01.02 | U. FLORIDA 1980      | %      |
| Sodio (Na)     | MO-LSAIA-3.01.03 | U. FLORIDA 1980      | %      |
| Potasio (K)    | MO-LSAIA-3.01.03 | U. FLORIDA 1980      | %      |
| Fósforo (P)    | MO-LSAIA-3.01.04 | U. FLORIDA 1980      | %      |
| Microelementos |                  |                      |        |
| Cobre (Cu)     | MO-LSAIA-03.02   | U. FLORIDA 1980      | ppm    |
| Hierro (Fe)    | MO-LSAIA-03.02   | U. FLORIDA 1980      | ppm    |
| Manganeso (Mn) | MO-LSAIA-03.02   | U. FLORIDA 1980      | ppm    |
| Zinc (Zn)      | MO-LSAIA-03.02   | U. FLORIDA 1980      | ppm    |

Fuente: INIAP, Informe de ensayo 19-138, 2019

Realizado por: Gustavo Rodríguez, 2019

## 2.4. Cultivo de *Pleurotus ostreatus*

### 2.4.1. Siembra de *Pleurotus ostreatus*

#### 2.4.1.1. Preparación del medio de cultivo

El medio de cultivo se realizó con Agar Sabouraud y cajas Petri, una vez que se solidifica el medio de cultivo se procede a tapar las cajas. Este procedimiento se lo debe realizar en la cámara de seguridad biológica con toda la asepsia posible para evitar que el medio se contamine.





**Figura 1-2:** Preparación medio de cultivo

**Fuente:** Gustavo Rodríguez, 2019

#### 2.4.1.2. *Inoculación del hongo contenido en granos de avena*

Los frascos con granos de avena colonizados por el hongo ostra se obtuvieron del laboratorio de Biotecnología de la Facultad de Ciencias-ESPOCH, las cajas con el medio de cultivo se colocaron dentro de la cámara de seguridad biológica en donde se procedió a destaparlas y colocar 3 granos de avena formando un triángulo, seguidamente las cajas se sellan y etiquetan adecuadamente.

Las cajas selladas son colocadas en la incubadora a 28°C durante 15 días, al término del tiempo de incubación el micelio del hongo habrá colonizado la caja Petri por completo ya que presentará una coloración blanquecina.



**Figura 2-2:** Inoculación de *Pleurotus ostreatus*

**Fuente:** Gustavo Rodríguez, 2019

#### **2.4.2. Masificación de *Pleurotus ostreatus***

Para la masificación se ocupó granos de avena, estos fueron lavados por tres ocasiones con un intervalo de 30 minutos para cada lavado luego se dejó en remojo por un lapso de 24 horas con la finalidad de hidratar los granos y asegurar una humedad del 70%.

Una vez concluido el tiempo de remojo se procede a escurrir para que los granos posteriormente sean tratados con una solución de Benomyl al 0,02% durante 30 minutos con la finalidad de eliminar cualquier patógeno presente en los granos.

Los granos son envasados en frascos de vidrio limpios ocupando las  $\frac{3}{4}$  partes del mismo, luego son autoclavados por un lapso de tiempo de 40 minutos.

En la cámara de seguridad biológica se realiza cortes al micelio de manera triangular con la finalidad de ser traspasados a los frascos con granos de avena para que el micelio entre en contacto con el grano para lograr la masificación del frasco. Es necesario mantener una asepsia total dentro de la cámara para evitar futuras contaminaciones en los granos.

Una vez terminado el proceso, los frascos tapados son colocados en un lugar totalmente oscuro, limpio y con una temperatura que oscila de 25 a 28°C. Este procedimiento de incubación al termino de 30 días finaliza cuando el micelio coloniza en su totalidad los granos de avena dando una apariencia algodonosa de color blanco.



**Figura 3-2:** Masificación del hongo en granos de avena

**Fuente:** Gustavo Rodríguez, 2019

### **2.4.3. Preparación de sustrato y desarrollo de la fermentación sólida de *Pleurotus ostreatus***

Luego de la masificación del hongo comestible éste se procedió a cultivarlo en residuos del cultivo de quinua con la finalidad de obtener cuerpos fructíferos.

El residuo se trituro hasta obtener una granulometría de 2 cm, posterior a ello se lavó por tres ocasiones con intervalos de 30 minutos entra cada lavado, el residuo se sumergió 24 horas en agua con la finalidad de alcanzar una humedad entre el 70-80%, transcurrido este tiempo se remojo en una solución del benomyl al 0,02% por 30 minutos para eliminar patógenos presentes en el residuo, pasado este tiempo se pasteurizo el residual durante dos horas.

En un mesón limpio y desinfectado se mezcló 1 Kg del residual de quinua y un tercio del total del frasco que contiene al hongo, se colocó en bolsas plásticas para ser llevadas a incubar a una temperatura de 28°C, tomando en cuenta que debe ser un armario oscuro hasta que se logre la invasión completa del hongo en el sustrato. Concurridas 48 horas se realiza perforaciones a las fundas plásticas con un bisturí esteril.



**Figura 4-2:** Mezcla residual de quinua y hongo

**Fuente:** Gustavo Rodríguez, 2019

Lograda la invasión, las fundas se deben colocar a la luz natural en los estantes de fructificación, tomando en cuenta que se debe mantener las condiciones ambientales tales como temperatura (28°C), humedad (70-80%), ventilación y regadío.



**Figura 5-2:** Invasión del hongo en el residual

**Fuente:** Gustavo Rodríguez, 2019

Una vez desarrollado este procedimiento se procede a cosechar la biomasa fúngica.



**Figura 6-2:** Biomasa fúngica

**Fuente:** Gustavo Rodríguez, 2019

## CAPÍTULO III

### 3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

#### 3.1. Análisis, interpretación y discusión de resultados

El proceso desarrollado durante el trabajo de investigación tiende a llevar una secuencia lógica, para ello se estableció el siguiente esquema:

##### 3.1.1. Caracterización físico-químico del residual

Los resultados de los parámetros de la caracterización en el sustrato se explican en la siguiente tabla:

**Tabla 1-3:** Análisis físico-químico proximal del tallo de quinua

| Parámetro                     | Valor | Unidad         |
|-------------------------------|-------|----------------|
| Humedad                       | 1,50  | %              |
| Cenizas <sup>°</sup>          | 5,79  | %              |
| Grasa (E.E) <sup>°</sup>      | 0,93  | %              |
| Proteína <sup>°</sup>         | 45,0  | %              |
| Fibra <sup>°</sup>            | 59,45 | %              |
| E.L.N <sup>°</sup>            | 29,32 | %              |
| FDA <sup>°</sup>              | 61,44 | %              |
| Lignina <sup>°</sup>          | 29,63 | %              |
| Celulosa <sup>°</sup>         | 31,81 | %              |
| pH                            | 5,63  | Unidades de pH |
| Azúcares totales <sup>°</sup> | 2,68  | %              |

**Realizado por:** Gustavo Rodríguez, 2019

Los ensayos marcados con ° se reportan en base seca.

Los valores reportados son cercanos a los establecidos por France Andrés, et al. (p10) quien encontró valores para los parámetros más importantes en residuales agroindustriales para la producción de hongos ostras, entre estos destacan 1% de grasa, 11,5% de fibra, 9% de cenizas y 25% de proteína, las variaciones de los valores en cada parámetro dependen de las condiciones ambientales del lugar donde proviene el residual. Según (Residuos de Maiz y Quinua como potenciales sustratos para el cultivo de hongos , 2008) en su estudio sobre residuos como posibles sustratos para el cultivo de hongos determinó que el porcentaje de lignina presente en el rastrojo de quinua es de 26,26% y de celulosa 52,01%.

Este sustrato presenta las mejores características para el desarrollo y fructificación de *Pleurotus ostreatus* convirtiéndolo en fuente primaria de alimento para el hongo ostra.

### 3.1.2. *Desarrollo y crecimiento de Pleurotus ostreatus*

A continuación se describen los períodos necesarios para el cultivo del hongo ostra acorde a las condiciones ambientales establecidas en el laboratorio.

**Tabla 2-3:** Períodos de producción de *Pleurotus ostreatus*

| <b>Etapas</b>                               | <b>Tiempo (días)</b> |
|---|----------------------|
| Propagación de la cepa en cajas petri       | 15                   |
| Masificación en granos de avena             | 30                   |
| Reproducción del hongo ostra en el sustrato | 8                    |
| Desarrollo de los primordios                | 6                    |
| Fructificación del hongo                    | 8                    |
| Tiempo total del proceso                    | 67                   |

**Realizado por:** Gustavo Rodríguez, 2019

El tiempo total del proceso es relacionado al citado por Nevárez (2012) ya que en su estudio hace referencia a que el tiempo necesario para la obtención de hongos comestibles oscila entre 40 y 60 días.

Tomando en cuenta que el proceso de masificación se realizó en tres granos diferentes es necesario utilizar granos de avena para tener una mejor masificación del hongo, porque en otros granos como el trigo y la cebada presentaron contaminación al segundo día de realizado el proceso.

### 3.1.3. *Producción de Pleurotus ostreatus*

Al término del proceso se obtuvieron cuerpos fructíferos con los siguientes pesos.

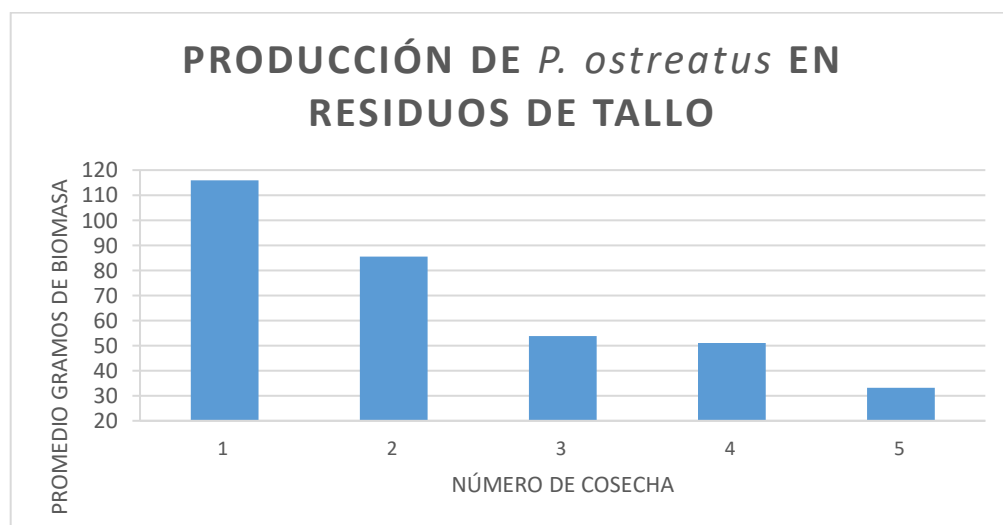
### 3.1.3.1. Tallo

**Tabla 3-3:** Producción en masa del hongo comestible

| Cosecha (g)<br>Repetición     | 1      | 2      | 3     | 4     | 5     |
|-------------------------------|--------|--------|-------|-------|-------|
| P <sub>1</sub> R <sub>1</sub> | 155,19 | 90,13  | 61,58 | 60,37 | 41,13 |
| P <sub>1</sub> R <sub>2</sub> | 123,25 | 88,13  | 65,75 | 66,36 | 37,38 |
| P <sub>1</sub> R <sub>3</sub> | 108,27 | 104,88 | 29,38 | 43,16 | 39,32 |
| P <sub>1</sub> R <sub>4</sub> | 115,76 | 86,33  | 47,57 | 54,76 | 32,98 |
| P <sub>1</sub> R <sub>5</sub> | 112,02 | 90,87  | 38,48 | 48,96 | 27    |
| P <sub>1</sub> R <sub>6</sub> | 125,02 | 75,33  | 78,36 | 51,86 | 29,99 |
| P <sub>1</sub> R <sub>7</sub> | 98,25  | 81,11  | 51,38 | 48,64 | 28,5  |
| P <sub>1</sub> R <sub>8</sub> | 90,25  | 67,62  | 58,63 | 33,62 | 29,25 |
| Promedio                      | 116,00 | 85,55  | 53,89 | 50,97 | 33,19 |

Realizado por: Gustavo Rodríguez, 2019

En la tabla se puede observar la producción promedio para las cinco cosechas de *Pleurotus ostreatus* dando un valor promedio global de 339,6 gramos, dando a notar que la masa cosechada disminuye acorde avanzan los números de cosecha debido a que los tallos van perdiendo su estructura y volviéndose cada vez más húmedos lo que genera la pérdida de características esenciales para la producción de la biomasa fúngica.



**Gráfico 1-3:** Gramos de producción de biomasa fúngica en cada una de las cosechas

Realizado por: Gustavo Rodríguez, 2019

### 3.1.3.2. Hojas

**Tabla 4-3:** Valores de producción en masa

| Cosecha(g)<br>Repetición      | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
|-------------------------------|---|---|---|---|---|
| P <sub>2</sub> R <sub>1</sub> | - | - | - | - | - |
| P <sub>2</sub> R <sub>2</sub> | - | - | - | - | - |
| P <sub>2</sub> R <sub>3</sub> | - | - | - | - | - |
| P <sub>2</sub> R <sub>4</sub> | - | - | - | - | - |
| P <sub>2</sub> R <sub>5</sub> | - | - | - | - | - |
| P <sub>2</sub> R <sub>6</sub> | - | - | - | - | - |
| P <sub>2</sub> R <sub>7</sub> | - | - | - | - | - |
| P <sub>2</sub> R <sub>8</sub> | - | - | - | - | - |
| Promedio                      | - | - | - | - | - |

**Realizado por:** Gustavo Rodríguez, 2019

Utilizando la técnica de fermentación en estado sólido, no se obtuvo producción del hongo en ninguna replica durante todo el proceso.

Según (Quinoa Operaciones de Poscosecha) la hoja de quinua tiene un contenido de proteína (3,3%) y lípidos (2,1%) alto frente al bajo contenido de lignina, razón por la cual no se dio ningún crecimiento. Las saponinas y betacianinas presentes en las hojas son elevadas por lo que generan espumosis y fitocolorantes (La quinua: cultivo milenario para contribuir a la seguridad alimentaria mundial, 2011).

### 3.1.3.3. Mezcla tallos-hojas (50:50)

**Tabla 5-3:** Descripción de la masa producida

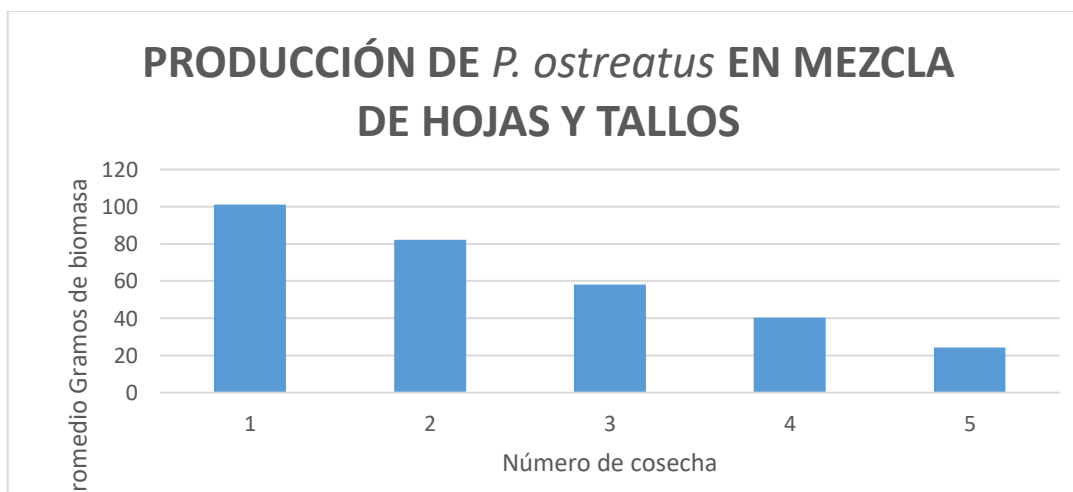
| Cosecha(g)<br>Repetición      | 1      | 2     | 3     | 4     | 5     |
|-------------------------------|--------|-------|-------|-------|-------|
| P <sub>3</sub> R <sub>1</sub> | 108,89 | 92,84 | 69,6  | 51,05 | 30,62 |
| P <sub>3</sub> R <sub>2</sub> | 108,07 | 74,95 | 52,54 | 48,26 | 37,44 |
| P <sub>3</sub> R <sub>3</sub> | 106,76 | 84,88 | 56,23 | 52,36 | 29,52 |



|                               |        |       |       |       |       |
|-------------------------------|--------|-------|-------|-------|-------|
| P <sub>3</sub> R <sub>4</sub> | 94,78  | 87,31 | 52,06 | 45,83 | 18,13 |
| P <sub>3</sub> R <sub>5</sub> | 96,98  | 79,45 | 63,39 | 32,98 | 20,07 |
| P <sub>3</sub> R <sub>6</sub> | 103,38 | 72,97 | 57,3  | 35,65 | 22,73 |
| P <sub>3</sub> R <sub>7</sub> | 88,9   | 78,73 | 62,68 | 28,26 | 19,03 |
| P <sub>3</sub> R <sub>8</sub> | 100,53 | 86,32 | 51,47 | 28,92 | 17,45 |
| Promedio                      | 101,04 | 82,18 | 58,16 | 40,41 | 24,37 |

Realizado por: Gustavo Rodríguez, 2019

En la tabla se puede observar la producción promedio para las cinco cosechas de *Pleurotus ostreatus* dando un valor promedio global de 306,16gramos, dando a notar que la masa cosechada disminuye acorde avanzan los números de cosecha debido a que se observó que las hojas empezaron un proceso de pudrición lo que generó que el tallo también empiece deteriorar sus características esenciales para la producción de la biomasa fúngica.



**Gráfico 2-3:** Gramos de producción de biomasa en mezcla de tallos y hojas en las cosechas

Realizado por: Gustavo Rodríguez, 2019

### 3.1.4. *Análisis de la eficiencia biológica*

Este parámetro es utilizado para evidenciar la potencialidad que tiene un sustrato para cultivar hongos comestibles y determinar el uso del mismo.

### 3.1.4.1. Tallo

**Tabla 6-3:** Valores obtenidos de los pesos del sustrato fresco en tallos

| <b>Sustrato (g)</b><br><b>Repetición</b> | <b>1</b> | <b>2</b> | <b>3</b> | <b>4</b> | <b>5</b> |
|--|----------|----------|----------|----------|----------|
| P <sub>1</sub> R <sub>1</sub>            | 69,02    | 68,16    | 68,00    | 67,58    | 67,00    |
| P <sub>1</sub> R <sub>2</sub>            | 73,08    | 70,92    | 69,32    | 68,96    | 68,12    |
| P <sub>1</sub> R <sub>3</sub>            | 72,04    | 69,37    | 69,13    | 67,52    | 67,28    |
| P <sub>1</sub> R <sub>4</sub>            | 68,99    | 68,07    | 67,85    | 67,21    | 66,92    |
| P <sub>1</sub> R <sub>5</sub>            | 72,11    | 71,43    | 70,51    | 70,00    | 69,84    |
| P <sub>1</sub> R <sub>6</sub>            | 70,68    | 69,82    | 69,00    | 68,33    | 68,23    |
| P <sub>1</sub> R <sub>7</sub>            | 69,32    | 67,74    | 67,34    | 67,08    | 69,41    |
| P <sub>1</sub> R <sub>8</sub>            | 74,46    | 72,89    | 71,90    | 70,82    | 70,00    |
| Promedio                                 | 71,71    | 69,80    | 69,13    | 68,44    | 68,35    |

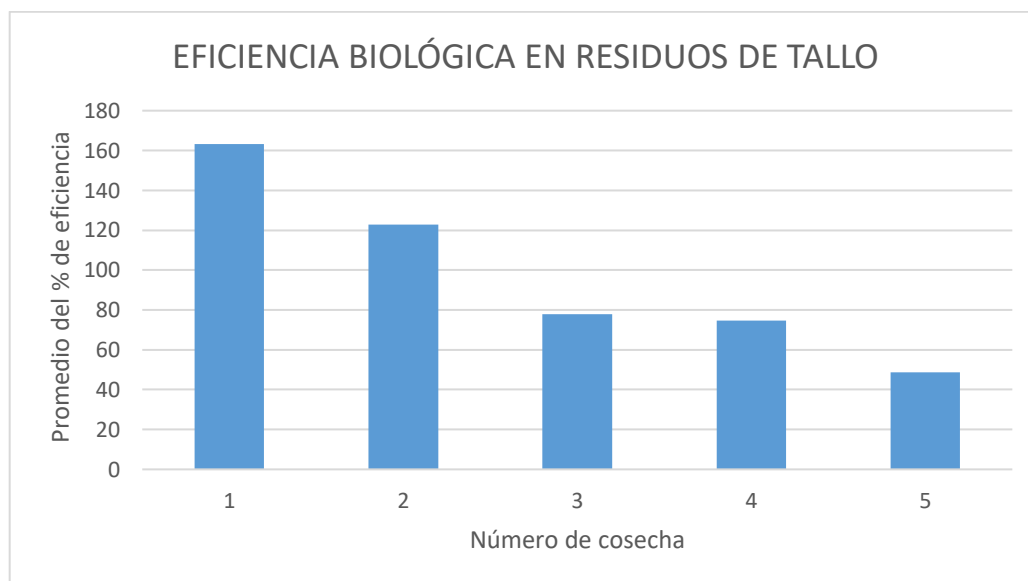
Realizado por: Gustavo Rodríguez, 2019

**Tabla 7-3:** Eficiencia biológica de las cosechas

| <b>Eficiencia</b><br><b>Repetición</b> | <b>1</b> | <b>2</b> | <b>3</b> | <b>4</b> | <b>5</b> |
|--|----------|----------|----------|----------|----------|
| P <sub>1</sub> R <sub>1</sub>          | 224,85   | 132,23   | 90,56    | 89,33    | 61,388   |
| P <sub>1</sub> R <sub>2</sub>          | 168,65   | 124,27   | 94,85    | 96,23    | 54,874   |
| P <sub>1</sub> R <sub>3</sub>          | 150,29   | 151,19   | 42,50    | 63,92    | 58,442   |
| P <sub>1</sub> R <sub>4</sub>          | 167,79   | 126,83   | 70,11    | 81,48    | 49,283   |
| P <sub>1</sub> R <sub>5</sub>          | 155,35   | 127,22   | 54,57    | 69,94    | 38,660   |
| P <sub>1</sub> R <sub>6</sub>          | 176,88   | 107,89   | 113,57   | 75,90    | 43,954   |
| P <sub>1</sub> R <sub>7</sub>          | 141,73   | 119,74   | 76,30    | 72,51    | 41,060   |
| P <sub>1</sub> R <sub>8</sub>          | 121,21   | 92,77    | 81,54    | 47,47    | 41,786   |
| Promedio                               | 163,34   | 122,77   | 78,00    | 74,60    | 48,681   |

Realizado por: Gustavo Rodríguez, 2019

La eficiencia biológica promedio global obtenida es de 97,48% en residuos de tallo de quinua es aceptable y es independiente a otros estudios, debido a que es dependiente a la granulometría del sustrato porque de eso depende la adecuada aireación, eliminación de CO<sub>2</sub> y un crecimiento micelial deseado.



**Gráfico 3-3:** Porcentaje de eficiencia de cada una de las cosechas en residuos de tallo

**Realizado por:** Gustavo Rodríguez, 2019

Análisis de varianza de los tratamientos en residuo de tallo

H0: Todos los tratamientos son iguales a 0

H1: Al menos un tratamiento es diferente

### **Univariate Analysis of Variance**

|             |   | N |  |
|-------------|---|---|--|
| Tratamiento | 1 | 5 |  |
|             | 2 | 5 |  |
|             | 3 | 5 |  |
|             | 4 | 5 |  |
|             | 5 | 5 |  |
|             | 6 | 5 |  |
|             | 7 | 5 |  |
|             | 8 | 5 |  |

**Tests of Between-Subjects Effects**

Dependent Variable: Respuesta

| Source          | Type III Sum of Squares | df | Mean Square | F       | Sig. |
|-----------------|-------------------------|----|-------------|---------|------|
| Corrected Model | 5997.204 <sup>a</sup>   | 7  | 856.743     | .369    | .914 |
| Intercept       | 380077.834              | 1  | 380077.834  | 163.512 | .000 |
| Tratamiento     | 5997.204                | 7  | 856.743     | .369    | .914 |
| Error           | 74383.070               | 32 | 2324.471    |         |      |
| Total           | 460458.109              | 40 |             |         |      |
| Corrected Total | 80380.274               | 39 |             |         |      |

**Figura 1-3:** Anova de la eficiencia biológica del residuo tallo

Realizado por: Gustavo Rodríguez, 2019

Con un nivel de significancia del 5% hay suficiente evidencia estadística para aceptar la hipótesis nula concluyendo que no hay diferencia significativa entre los ocho tratamientos; por lo tanto la eficiencia biológica en tallos no presentan diferencias entre si.

3.1.4.2. Mezcla tallo-hojas (50:50)

**Tabla 8-3:** Valores obtenidos de los pesos de las mezclas de los sustratos

| Sustrato(g) \ Repetición      | 1     | 2     | 3     | 4     | 5     |
|-------------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|
| P <sub>3</sub> R <sub>1</sub> | 64,77 | 69,12 | 69,83 | 70,69 | 71,25 |
| P <sub>3</sub> R <sub>2</sub> | 67,81 | 67,19 | 71,99 | 71,72 | 71,09 |
| P <sub>3</sub> R <sub>3</sub> | 66,03 | 73,03 | 73,85 | 73,64 | 67,46 |

|                               |       |       |       |       |       |
|-------------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|
| P <sub>3</sub> R <sub>4</sub> | 69,74 | 71,05 | 76,89 | 77,41 | 70,47 |
| P <sub>3</sub> R <sub>5</sub> | 63,08 | 69,57 | 74,88 | 72,50 | 68,38 |
| P <sub>3</sub> R <sub>6</sub> | 65,01 | 70,37 | 70,75 | 68,25 | 69,17 |
| P <sub>3</sub> R <sub>7</sub> | 67,99 | 65,81 | 72,51 | 69,31 | 68,06 |
| P <sub>3</sub> R <sub>8</sub> | 65,85 | 67,67 | 71,93 | 72,12 | 71,50 |
| Promedio                      | 66,29 | 77,46 | 72,83 | 71,95 | 69,67 |

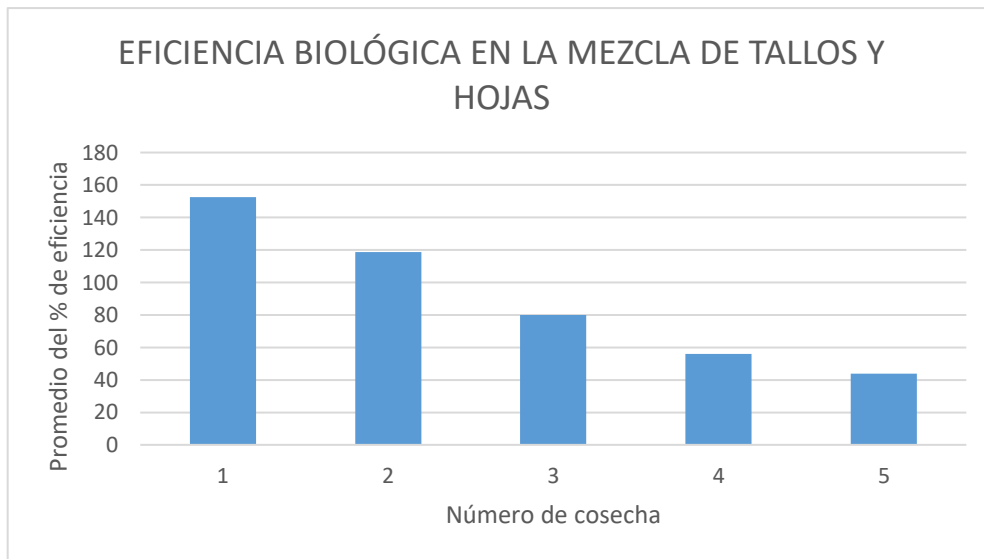
Realizado por: Gustavo Rodríguez, 2019

**Tabla 9-3:** Eficiencia biológica de las mezclas de los sustratos

| <b>Eficiencia</b>             | <b>1</b> | <b>2</b> | <b>3</b> | <b>4</b> | <b>5</b> |
|-------------------------------|----------|----------|----------|----------|----------|
| <b>Repetición</b>             |          |          |          |          |          |
| P <sub>3</sub> R <sub>1</sub> | 168,12   | 134,32   | 99,67    | 72,22    | 42,98    |
| P <sub>3</sub> R <sub>2</sub> | 159,37   | 111,55   | 72,98    | 67,29    | 52,67    |
| P <sub>3</sub> R <sub>3</sub> | 161,68   | 116,23   | 76,14    | 71,10    | 43,76    |
| P <sub>3</sub> R <sub>4</sub> | 135,90   | 122,89   | 67,71    | 59,20    | 25,73    |
| P <sub>3</sub> R <sub>5</sub> | 153,74   | 114,20   | 84,66    | 45,49    | 29,35    |
| P <sub>3</sub> R <sub>6</sub> | 159,02   | 103,69   | 80,99    | 52,23    | 32,86    |
| P <sub>3</sub> R <sub>7</sub> | 130,75   | 119,63   | 86,44    | 40,77    | 27,96    |
| P <sub>3</sub> R <sub>8</sub> | 152,67   | 127,56   | 71,56    | 40,10    | 24,41    |
| Promedio                      | 152,66   | 118,76   | 80,02    | 56,05    | 34,96    |

Realizado por: Gustavo Rodríguez, 2019

La tabla determina un promedio de crecimiento inferior al demostrado en los residuos de tallo, con un valor 88,49%.



**Gráfico 4-3:** Porcentaje de eficiencia en la mezcla de residuos (tallos y hojas)

**Realizado por:** Gustavo Rodríguez, 2019

Análisis de varianza de los tratamientos en residuo de tallo

H0: Todos los tratamientos son iguales a 0

H1: Al menos un tratamiento es diferente

### **Univariate Analysis of Variance**

| Between-Subjects Factors |   |   |
|--------------------------|---|---|
|                          |   | N |
| Tratamiento              | 1 | 5 |
|                          | 2 | 5 |
|                          | 3 | 5 |
|                          | 4 | 5 |
|                          | 5 | 5 |
|                          | 6 | 5 |
|                          | 7 | 5 |
|                          | 8 | 5 |

| Tests of Between-Subjects Effects |                         |    |             |         |      |
|-----------------------------------|-------------------------|----|-------------|---------|------|
| Dependent Variable: Res           |                         |    |             |         |      |
| Source                            | Type III Sum of Squares | df | Mean Square | F       | Sig. |
| Corrected Model                   | 2036.422 <sup>a</sup>   | 7  | 290.917     | .125    | .996 |
| Intercept                         | 313217.434              | 1  | 313217.434  | 134.233 | .000 |
| Tratamiento                       | 2036.422                | 7  | 290.917     | .125    | .996 |
| Error                             | 74668.090               | 32 | 2333.378    |         |      |
| Total                             | 389921.946              | 40 |             |         |      |
| Corrected Total                   | 76704.511               | 39 |             |         |      |

**Figura 2-3:** Anova de la eficiencia biológica de la mezcla de residuos

**Realizado por:** Gustavo Rodríguez, 2019

Con un nivel de significancia del 5% hay suficiente evidencia estadística para aceptar la hipótesis nula concluyendo que no hay diferencia significativa entre los ocho tratamientos; por lo tanto la eficiencia biológica en la mezcla no presenta diferencia entre si.

### 3.1.5. *Análisis del rendimiento de Pleurotus ostreatus*

La factibilidad de un sustrato ésta determinado por el rendimiento que esté presente al momento de realizar el cultivo del hongo ostra.

### 3.1.5.1. Tallo

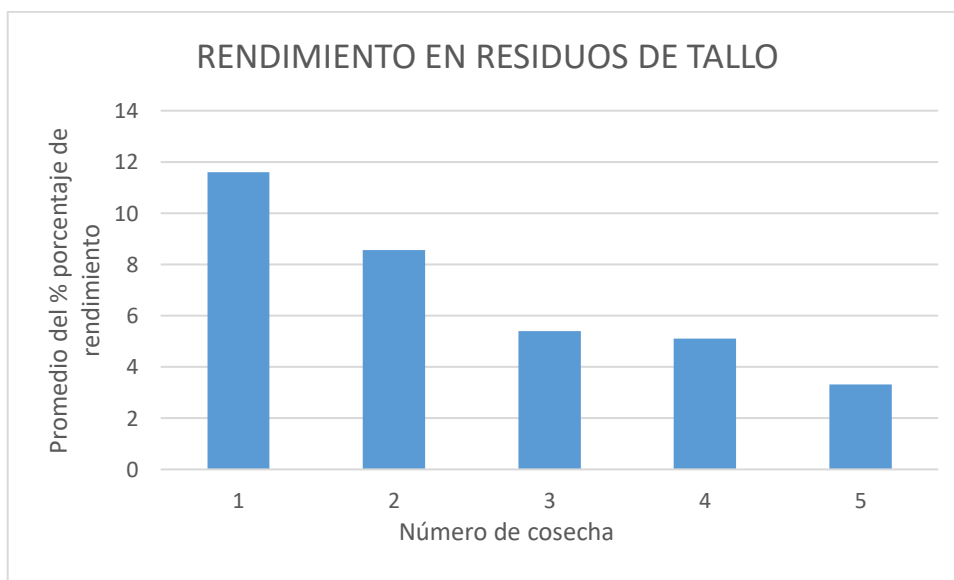
El peso del sustrato húmedo utilizado es de 1000g para todas las unidades experimentales.

**Tabla 10-3:** Valores de rendimiento en residual de tallo

| <b>Rendimiento</b><br><b>Repetición</b> | <b>1</b> | <b>2</b> | <b>3</b> | <b>4</b> | <b>5</b> |
|---|----------|----------|----------|----------|----------|
| P <sub>1</sub> R <sub>1</sub>           | 15,52    | 9,01     | 6,16     | 6,04     | 4,11     |
| P <sub>1</sub> R <sub>2</sub>           | 12,33    | 8,81     | 6,58     | 6,64     | 3,74     |
| P <sub>1</sub> R <sub>3</sub>           | 10,83    | 10,49    | 2,94     | 4,32     | 3,93     |
| P <sub>1</sub> R <sub>4</sub>           | 11,58    | 8,63     | 4,76     | 5,48     | 3,30     |
| P <sub>1</sub> R <sub>5</sub>           | 11,20    | 9,09     | 3,85     | 4,90     | 2,70     |
| P <sub>1</sub> R <sub>6</sub>           | 12,50    | 7,53     | 7,84     | 5,19     | 3,00     |
| P <sub>1</sub> R <sub>7</sub>           | 9,83     | 8,11     | 5,14     | 4,86     | 2,85     |
| P <sub>1</sub> R <sub>8</sub>           | 9,03     | 6,76     | 5,86     | 3,36     | 2,93     |
| Promedio                                | 11,60    | 8,56     | 5,39     | 5,10     | 3,32     |

**Realizado por:** Gustavo Rodríguez, 2019

Los resultados obtenidos demuestran el rendimiento promedio es de 6,79% en un global de las cinco cosechas realizadas en residuos de tallo de quinua.



**Gráfico 5-3:** Rendimiento en porcentaje obtenido en residuos de tallo

**Realizado por:** Gustavo Rodríguez, 2019



Análisis de varianza de los tratamientos en residuo de tallo

H0: Todos los tratamientos son iguales a 0

H1: Al menos un tratamiento es diferente

### Univariate Analysis of Variance

| Between-Subjects Factors |  |   |
|--------------------------|--|---|
| Tratamiento              |  | N |
| 1                        |  | 5 |
| 2                        |  | 5 |
| 3                        |  | 5 |
| 4                        |  | 5 |
| 5                        |  | 5 |
| 6                        |  | 5 |
| 7                        |  | 5 |
| 8                        |  | 5 |

| Tests of Between-Subjects Effects |                         |    |             |         |      |
|-----------------------------------|-------------------------|----|-------------|---------|------|
| Dependent Variable: Res2          |                         |    |             |         |      |
| Source                            | Type III Sum of Squares | df | Mean Square | F       | Sig. |
| Corrected Model                   | 24.450 <sup>a</sup>     | 7  | 3.493       | .292    | .952 |
| Intercept                         | 1845.930                | 1  | 1845.930    | 154.310 | .000 |
| Tratamiento                       | 24.450                  | 7  | 3.493       | .292    | .952 |
| Error                             | 382.799                 | 32 | 11.962      |         |      |
| Total                             | 2253.178                | 40 |             |         |      |
| Corrected Total                   | 407.248                 | 39 |             |         |      |

**Figura 3-3:** Anova del rendimiento del residual tallo

Realizado por: Gustavo Rodríguez, 2019

Con un nivel de significancia del 5% hay suficiente evidencia estadística para aceptar la hipótesis nula concluyendo que no hay diferencia significativa entre los ocho tratamientos; por lo tanto la el rendimiento en tallos no presentan diferencias entre si.

### 3.1.5.2. Mezcla tallo-hojas (50:50)

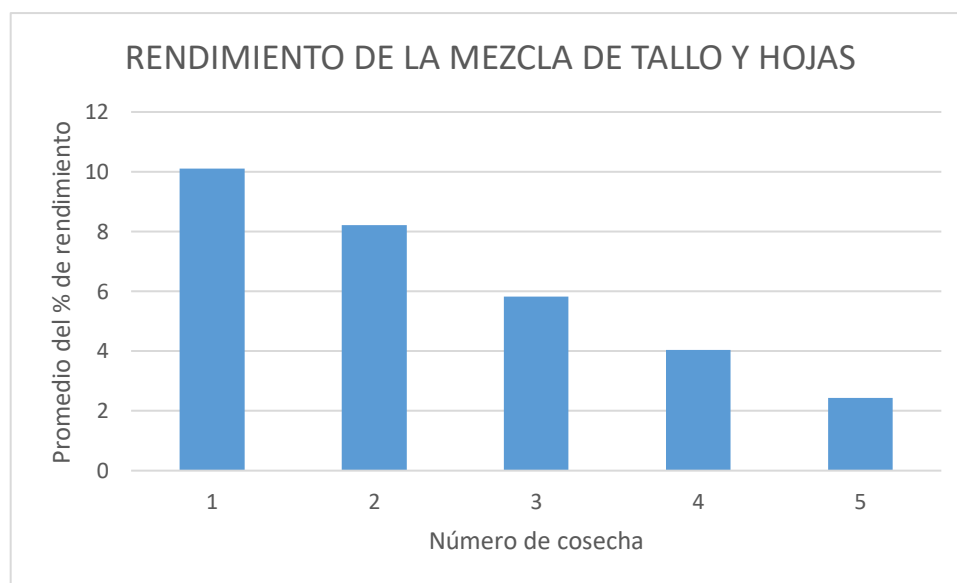
Se utilizaron 1000g de sustrato húmedo para todas las unidades experimentales.

**Tabla 11-3:** Valores de rendimiento en los residuos mezclados

| <b>Rendimiento</b><br><b>Repetición</b> | <b>1</b> | <b>2</b> | <b>3</b> | <b>4</b> | <b>5</b> |
|---|----------|----------|----------|----------|----------|
| P <sub>3</sub> R <sub>1</sub>           | 10,89    | 9,28     | 6,96     | 5,11     | 3,06     |
| P <sub>3</sub> R <sub>2</sub>           | 10,81    | 7,50     | 5,25     | 4,83     | 3,74     |
| P <sub>3</sub> R <sub>3</sub>           | 10,68    | 8,49     | 5,62     | 5,24     | 2,95     |
| P <sub>3</sub> R <sub>4</sub>           | 9,48     | 8,73     | 5,21     | 4,58     | 1,81     |
| P <sub>3</sub> R <sub>5</sub>           | 9,70     | 7,95     | 6,34     | 3,30     | 2,01     |
| P <sub>3</sub> R <sub>6</sub>           | 10,34    | 7,30     | 5,73     | 3,57     | 2,27     |
| P <sub>3</sub> R <sub>7</sub>           | 8,89     | 7,87     | 6,27     | 2,83     | 1,90     |
| P <sub>3</sub> R <sub>8</sub>           | 10,05    | 8,63     | 5,15     | 2,89     | 1,75     |
| Promedio                                | 10,10    | 8,22     | 5,82     | 4,04     | 2,44     |

Realizado por: Gustavo Rodríguez, 2019

Estos resultados determinan el rendimiento global promedio de 6,12% siendo similar al obtenido en la unidad experimental conformado solo de tallos.



**Gráfico 6-3:** Rendimiento en tallos y hojas (mezcla) en cada una de las cosechas

Realizado por: Gustavo Rodríguez, 2019

Análisis de varianza de los tratamientos en residuo de tallo

H0: Todos los tratamientos son iguales a 0

H1: Al menos un tratamiento es diferente

### Univariate Analysis of Variance

| Between-Subjects Factors |  |   |
|--------------------------|--|---|
| Tratamiento              |  | N |
| 1                        |  | 5 |
| 2                        |  | 5 |
| 3                        |  | 5 |
| 4                        |  | 5 |
| 5                        |  | 5 |
| 6                        |  | 5 |
| 7                        |  | 5 |
| 8                        |  | 5 |

| Tests of Between-Subjects Effects |                         |    |             |         |      |
|-----------------------------------|-------------------------|----|-------------|---------|------|
| Dependent Variable: Res3          |                         |    |             |         |      |
| Source                            | Type III Sum of Squares | df | Mean Square | F       | Sig. |
| Corrected Model                   | 9.388 <sup>a</sup>      | 7  | 1.341       | .135    | .995 |
| Intercept                         | 1500.135                | 1  | 1500.135    | 151.372 | .000 |
| Tratamiento                       | 9.388                   | 7  | 1.341       | .135    | .995 |
| Error                             | 317.128                 | 32 | 9.910       |         |      |
| Total                             | 1826.652                | 40 |             |         |      |
| Corrected Total                   | 326.517                 | 39 |             |         |      |

**Figura 4-3:** Anova del rendimiento de la mezcla de residuos

Realizado por: Gustavo Rodríguez, 2019

Con un nivel de significancia del 5% hay suficiente evidencia estadística para aceptar la hipótesis nula concluyendo que no hay diferencia significativa entre los ocho tratamientos; por lo tanto la mezcla no presenta diferencias en rendimiento.

### 3.1.6. Análisis de la biomasa fúngica

El análisis de la biomasa fúngica de los cuerpos fructíferos permite conocer los valores nutricionales que el hongo ostra posee.

**Tabla 12-3:** Resultado del análisis empleado a la biomasa fúngica

| Parámetro                                  | Valor | Unidad         |
|--|-------|----------------|
| pH   | 5,71  | Unidades de pH |
| Fibra <sup>o</sup>                         | 17,64 | %              |
| Grasa <sup>o</sup> (E.E)                   | 1,14  | %              |
| Humedad                                    | 2,67  | %              |
| Cenizas <sup>o</sup>                       | 9,06  | %              |
| Proteína <sup>o</sup>                      | 38,57 | %              |
| Elementos libres de nitrógeno <sup>o</sup> | 33,59 | %              |

Realizado por: Gustavo Rodríguez, 2019

Los valores reportados con <sup>o</sup> son realizados en base seca

La biomasa fúngica presenta un valor elevado de proteína lo que permite que sea utilizado como alimento humano.

### 3.1.7. Análisis de minerales totales presentes en el sustrato pos-cultivo de hongos

Este tipo de análisis determina la cantidad de macro y micro elementos presentes en el SPCH.

**Tabla 13-3:** Valores de minerales totales

| Parámetros                  | Valor | Unidad |
|-----------------------------|-------|--------|
| Macroelementos              |       |        |
| Calcio <sup>o</sup> (Ca)    | 0,56  | %      |
| Magnesio <sup>o</sup> (Mg)  | 0,66  | %      |
| Sodio <sup>o</sup> (Na)     | 0,18  | %      |
| Potasio <sup>o</sup> (K)    | 0,32  | %      |
| Fósforo <sup>o</sup> (P)    | 0,08  | %      |
| Microelementos              |       |        |
| Cobre <sup>o</sup> (Cu)     | 6     | ppm    |
| Hierro <sup>o</sup> (Fe)    | 78    | ppm    |
| Manganeso <sup>o</sup> (Mn) | 51    | ppm    |
| Zinc <sup>o</sup> (Zn)      | 45    | ppm    |

Realizado por: Gustavo Rodríguez, 2019

Los ensayos marcados con <sup>o</sup> son realizados en base seca

Con los valores obtenidos se puede evidenciar que cumple la norma de calidad PAS 100 de la British Standard Institucion (BSI) (Tortosa, 2013).

## CONCLUSIONES

- La caracterización del residuo de *Chenopodium quinoa* presenta gran capacidad de nutrientes importantes para obtener biomasa fúngica. El cultivo en tallo de quinua tuvo resultados asimilables en cuanto a producción, eficiencia biológica y rendimiento; en cambio la mezcla presentó bajos índices de rendimiento, siendo un determinante la retención de humedad con valores superiores al 140% y el cultivo en hojas no presentó crecimiento del hongo en ninguno de sus unidades experimentales.
- La eficiencia obtenida al final del desarrollo del presente trabajo de investigación determina que *Pleurotus ostreatus* tiene un crecimiento adecuado y es realizado en tiempos aceptados en comparación con anteriores investigaciones con otros residuos.
- El análisis bromatológico a los cuerpos fructíferos determina que este presenta una elevada cantidad de proteínas cuyo valor es 38,57% y una baja cantidad de grasas que es de 1,14%, afirmando que el hongo es ideal para ser incluido dentro del consumo humano por los valores reportados de nutrientes.
- El análisis del sustrato post cultivo de hongo presenta las características ideales para ser tratado en un proceso de compostaje para ser utilizado como biofertilizante por los agricultores de la zona.

## **RECOMENDACIONES**

- Capacitar a los agricultores de la zona para que puedan aprovechar los residuos de mejor manera, con la finalidad de generar ingresos económicos y obtener su propio biofertilizante para sus cultivos y así disminuir el uso de agentes químicos.
- Utilizar partículas de menos de 2cm para garantizar un desarrollo más adecuado del hongo y comparar con este estudio que se utilizó partículas iguales a los 2cm en cuanto a tiempos de producción.
- Estudiar otros usos del sustrato post cultivo de hongo con la finalidad de dar otro enfoque y uso a dicho residuo.

## BIBLIOGRAFÍA

**Asociación profesional de cultivadores de champiñon . s,f.** *Manual de buenas prácticas agrícolas para su uso como fertilizante.* [ed.] Centro tecnológico de investigación del champiñon de la Rioja. s,f, Utilización del SPCH en agricultura, págs. 7-8.

**Benitez, Alexis. 2016.** *Utilización de diferentes niveles de urea en la dinámica de fermentación de la pulpa de café para uso en la alimentación de rumiantes en la provincia de Loja.* 2016, Area agropecuaria y de recursos naturales renovables, págs. 4-11

**Bojanic, Alan. 2011.** *La quinua: cultivo milenario para contribuir a la seguridad alimentaria mundial.* 2011, FAO, págs. 7-17.

**Chambi Quispe, Gloria y Cancapa Cáceres, Vanessa. 2012.** *Determinación de parámetros del equipo refinador de pasta para la obtención de papel Kraft a partir de tallos de quinua (chenopodium quinoa) .* 2012, Universidad Nacional del Antiplano, págs. 5-6.

**Cury, Katya, y otros. 2017.** *Residuos agroindustriales su impacto, manejo y aprovechamiento.* 122-123, Colombia : Recia, 2017, Vol. 9. 2027-4297.

**Estrella, Eduardo. 1988.** *El pan de América (etnohistoria de los alimentos aborígenes en el Ecuador).* Segunda Edición. Quito : ABYA-YALA, 1988. pág. 93.

—. **1988.** *El pan de América: etnohistoria de los alimentos aborígenes en el Ecuador.* [trad.] ABYA-YALA. Segunda. Quito : s.n., 1988. pág. 97.

**France , Andrés, Cañumir, Juan Antonio y Cortez, Mónica . 2000.** *Producción de hongos ostras.* [ed.] Rodríguez Hugo. Chillán : Instituto de investigaciones agropecuarias , 2000. pág. 9.

**France, Andrés , Cañumir , Juan Antonio y Cortez, Mónica. 2000.** *Producción de hongos ostras.* [ed.] Hugo Rodríguez. Chillán : Instituto de investigaciones agropecuarias , 2000. pág. 8.

**France, Andrés, Cañumir , Juan Antonio y Cortez, Mónica . 2000.** *Producción de hongos ostras.* [ed.] Rodríguez Hugo. Chillán : Instituto de investigaciones agropecuarias , 2000. pág. 10.

**Freire Alvarez , Hendry Edwin y Vásquez Fernández, Washington Homero. 2015.** Universidad Politécnica Salesiana. *Universidad Politécnica Salesiana.* [En línea] 24 de Febrero de 2015. [Citado



el: 06 de Noviembre de 2019.] <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/7796/1/UPS-CT004646.pdf>.

**Freire Alvarez, Henry Edwin y Vásquez Fernandez, Washington Homero. 2015.** *Propuesta de factibilidad para la creacion de una empresa dedicada a la produccion y comercializacion de champiñones en la ciudad de Cuenca.* Universidad Politécnica Salesiana . 2015. págs. 22-23.

**Gaitán-Hernández, Rigoberto. 2006.** *Aislamiento, siembra y producción.* 2006, Manual práctico del cultivo de setas, pág. 24.

**Gaitán Hernández , Rigoberto, y otros. 2006.** *Aislamiento, Siembra y Produccion.* [ed.] Instituto de Ecología A.C. 2006, Manual práctico del cultivo de setas, Vol. 1ra. Xalapa, pág. 56.

**Gómez, Luz. 2016.** *Guia de cultivo de la quinua.* Lima : Universidad Nacional Agraria La Molina, 2016. págs. 7-10.

**Lechner, Bernardo, Rugolo, Maximiliano y Mellerman , Julieta . 2017.** *Hongos comestibles: el cultivo de flammulina velutipes.* Primera edición . Buenos Aires : Eudeba, 2017.

**Herrera Tarifa, Lizeth Dorcas y Rojas Arcani, Cintia Fabiola. 2017.** *Modificación de la molécula de celulosa obtenida a partir de tallos de quinua y su propuesta de aplicación industrial.* 2017, Universidad Mayor de San Andrés, págs. 51-54.

**Hernández, Felipe; Sustratos de la rioja ; CTICH;. 2018.** *Obtención de sustratos/abonos de alto valor añadido con base en sustrato post-cultivo de champiñon (SPCH) .* 7 de Junio de 2018, Centro tecnológico de investigaciones del champiñon de la Rioja, pág. 1.

**Meyhuay, Magno.** *Quinua Operaciones de Poscosecha.* [ed.] Danilo Mejía. Food and Agriculture Organization of the United Nations, pág. 12.

**Nevárez , Daniela Margarita . 2012.** *Aprovechamiento de residuos agroforestales para el cultivo de hongos comestibles.* 2012, Instituto Politécnico Nacional , pág. 6.

**Nieto, Carlos. 1986.** *Primeras variedades de quinua para la Sierra ecuatoriana .* Agosto de 1986, INIAP, págs. 8-9.

**PRO ECUADOR. 2015.** *Análisis sectorial QUINUA 2015.* 2015, Instituto de Promoción de Exportaciones e Inversiones, pág. 3.

**Quizhpilema, Ligia. 2013.** *Validación de la tecnología para la producción e industrialización de hongos comestibles Pleurotus ostreatus utilizando sustratos orgánicos* . 2013, Escuela Superior Politécnica de Chimborazo , pág. 14.

**Rocabado, Diana. 2011.** Researchgate. *Researchgate*. [En línea] 5 de Enero de 2011. [Citado el: 17 de Marzo de 2019.] [https://www.researchgate.net/publication/324015186\\_Los\\_Hongos](https://www.researchgate.net/publication/324015186_Los_Hongos).

**Sanchez, Riaño. 2010.** *Producción de bioetanol a partir de subproductos agroindustriales lignocelulósicos*. 2010, Tumbaga, págs. 62-63.

**Saval, Susana. 2012.** *Aprovechamiento de residuos agroindustriales: Pasado, presente y futuro*. 2012, Biotecnología Mx, pág. 22.

**Simon Patiño. 2011.** *Bolivia Ecológica*. 2011, Researchgate, págs. 13-15.

**Toledo Álvarez, María Fernanda. 2008.** *Residuos de Maiz y Quinoa como potenciales sustratos para el cultivo de hongos* . 2008, pág. 71.

**Tortosa, Germán. 2013.** Compostando Ciencia LAB. [En línea] 13 de Mayo de 2013. <http://www.compostandociencia.com/2013/05/criterio-calidad-composts-como-abonos-html/>.

**UnitProt. 2018.** Base de datos taxonomica. [En línea] 2018. <http://www.uniprot.org/help/taxonomy..>

**Vargas Corredor, Yury Alexandra y Pérez Pérez, liliana Ibeth. 2018.** *Aprovechamiento de residuos agroindustriales para el mejoramiento de la calidad del ambiente*. 1900-4699, 13 de Marzo de 2018, Revista de la Facultad de Ciencias Básicas, Vol. 14, págs. 61-62.

**Yepes , Sandra Milena, Montoya, Lina Johana y Orozco, Fernando. 2008.** *Valorización de residuos agroindustriales-Frutas- en Medellin y el sur del valle Aburrá, Colombia*. 2008, Scielo, págs. 4423-4425.

ANEXOS

Anexo D: Informe de ensayo INIAP

MC-LSAIA-2201-04



INSTITUTO NACIONAL AUTONOMO DE INVESTIGACIONES AGROPECUARIAS  
ESTACION EXPERIMENTAL SANTA CATALINA  
DEPARTAMENTO DE NUTRICION Y CALIDAD  
LABORATORIO DE SERVICIO DE ANALISIS E INVESTIGACION EN ALIMENTOS  
Panamericana Sur Km. 1 Cutuglagua Tfs. 2690691-3007134 Fax 3007134  
Casilla postal 17-01-340



**INFORME DE ENSAYO No: 19-138**

**NOMBRE PETICIONARIO:** Sr. Gustavo Rodríguez  
**DIRECCION:** Riobamba  
**FECHA DE EMISION:** 03/09/2019  
**FECHA DE ANALISIS:** 08 agosto hasta 02 septiembre 2019

**INSTITUCION:** Particular  
**ATENCIÓN:** Sr. Gustavo Rodríguez  
**FECHA DE RECEPCION:** 08/08/2019  
**HORA DE RECEPCION:** 13H39  
**ANALISIS SOLICITADO:** Proximal, Minerales, lignina, celulosa, azúcares, pH

| ANÁLISIS    | HUMEDAD           | CENIZAS <sup>Ω</sup> | E.E. <sup>Ω</sup>    | PROTEINA <sup>Ω</sup> | FIBRA <sup>Ω</sup> | E.L.N. <sup>Ω</sup>  | IDENTIFICACIÓN                  |
|-------------|-------------------|----------------------|----------------------|-----------------------|--------------------|----------------------|---------------------------------|
| MÉTODO      | MO-LSAIA-01.01    | MO-LSAIA-01.02       | MO-LSAIA-01.03       | MO-LSAIA-01.04        | MO-LSAIA-01.05     | MO-LSAIA-01.06       |                                 |
| MÉTODO REF. | U. FLORIDA 1970   | U. FLORIDA 1970      | U. FLORIDA 1970      | U. FLORIDA 1970       | U. FLORIDA 1970    | U. FLORIDA 1970      |                                 |
| UNIDAD      | %                 | %                    | %                    | %                     | %                  | %                    |                                 |
| 19-0910     | 1,50              | 5,79                 | 0,93                 | 4,50                  | 59,45              | 29,32                | Tallo de quinua                 |
| 19-0911     | 2,67              | 9,06                 | 1,14                 | 38,57                 | 17,64              | 33,59                | Hongos (Pleurotus ostreatus)    |
| ANÁLISIS    |                   | Ca <sup>Ω</sup>      | P <sup>Ω</sup>       | Mg <sup>Ω</sup>       | K <sup>Ω</sup>     | Na <sup>Ω</sup>      |                                 |
| MÉTODO      | MO-LSAIA-03.01.02 | MO-LSAIA-03.01.04    | MO-LSAIA-03.01.04    | MO-LSAIA-03.01.02     | MO-LSAIA-03.01.03  | MO-LSAIA-03.01.03    |                                 |
| MÉTODO REF. | U. FLORIDA 1980   | U. FLORIDA 1980      | U. FLORIDA 1980      | U. FLORIDA 1980       | U. FLORIDA 1980    | U. FLORIDA 1980      |                                 |
| UNIDAD      | %                 | %                    | %                    | %                     | %                  | %                    |                                 |
| 19-0912     | 0,56              | 0,08                 | 0,66                 | 0,32                  | 0,18               |                      | Sustrato post cultivo de hongos |
| ANÁLISIS    |                   | Cu <sup>Ω</sup>      | Fe <sup>Ω</sup>      | Mn <sup>Ω</sup>       | Zn <sup>Ω</sup>    |                      |                                 |
| MÉTODO      | MO-LSAIA-03.02    | MO-LSAIA-03.02       | MO-LSAIA-03.02       | MO-LSAIA-03.02        | MO-LSAIA-03.02     |                      |                                 |
| MÉTODO REF. | U. FLORIDA 1980   | U. FLORIDA 1980      | U. FLORIDA 1980      | U. FLORIDA 1980       | U. FLORIDA 1980    |                      |                                 |
| UNIDAD      | ppm               | ppm                  | ppm                  | ppm                   | ppm                |                      |                                 |
| 19-0912     | 6                 | 78                   | 51                   | 45                    |                    |                      | Sustrato post cultivo de hongos |
| ANÁLISIS    |                   | FDA <sup>Ω</sup>     | Lignina <sup>Ω</sup> | Celulosa Ω            | pH                 | AZUCARES             |                                 |
| MÉTODO      | MO-LSAIA-02.02    | MO-LSAIA-02.02       | MO-LSAIA-02.03       |                       |                    | TOTALES <sup>Ω</sup> |                                 |
| MÉTODO REF. | U. FLORIDA 1970   | U. FLORIDA 1970      | U. FLORIDA 1970      |                       |                    | MO-LSAIA-21          |                                 |
| UNIDAD      | %                 | %                    | %                    |                       |                    | Potenciométrico      |                                 |
| 19-0910     | 61,44             | 29,63                | 31,81                |                       |                    | DUBOIS, 1956         |                                 |
| 19-0911     |                   |                      |                      |                       |                    | Unidades pH          |                                 |
|             |                   |                      |                      |                       |                    | 5,63                 |                                 |
|             |                   |                      |                      |                       |                    | 5,71                 |                                 |
|             |                   |                      |                      |                       |                    | 2,68                 | Tallo de quinua                 |
|             |                   |                      |                      |                       |                    |                      | Hongos (Pleurotus ostreatus)    |

Los ensayos marcados con Ω se reportan en base seca.  
OBSERVACIONES: Muestra entregada por el cliente

**RESPONSABLES DEL INFORME**

**Dr. Ivan Samaniego**  
RESPONSABLE TÉCNICO

**Ing. Bladimir Ortiz**  
RESPONSABLE CALIDAD

Este documento no puede ser reproducido ni total ni parcialmente sin la aprobación escrita del laboratorio.  
Los resultados arriba indicados solo están relacionados con el objeto de ensayo  
NOTA DE DESCARGO: La información contenida en este informe de ensayo es de carácter confidencial, está dirigida únicamente al destinatario de la misma y solo podrá ser usada por este. Si el lector de este correo electrónico o fax no es el destinatario del mismo, se le notifica que cualquier copia o distribución de este se encuentra totalmente prohibido. Si usted ha recibido este informe de ensayo por error, por favor notifique inmediatamente al remitente por este mismo medio y elimine la información.

**Anexo E: Evidencia fotográfica de la metodología seguida**

|   |  |
|---|--|
|    |    |
| <p>1. Sembrío de quinua</p>   | <p>2. Rastrojos de quinua secos</p>  |
|   |   |
| <p>3. Preparación medio de cultivo</p>  | <p>4. Medio de cultivo en placas Petri para ser inoculadas por el hongo</p>          |
|  |  |
| <p>5. Inoculación del hongo ostra</p>   | <p>6. Desarrollo del hongo</p>   |



7. Granos de avena esterilizados para posterior masificación



8. Frasco masificado por el hongo



9. Preparación del tallo para fermentación sólida



10. Preparación de la mezcla de tallos y hojas para fermentación sólida



11. Desarrollo de la fermentación sólida



12. Invasión del hongo en el residual de quinua



13. Sustrato de tallo colocados a la luz natural



14. Sustrato de hojas de quinua colocados en los estantes de fructificación



15. Aparición de los primeros primordios



16. Fructificación del hongo una vez desarrollada la fermentación sólida