



# **UNIVERSIDAD TÉCNICA ESTATAL DE QUEVEDO**

**FACULTAD DE CIENCIAS PECUARIAS**

**CARRERA DE INGENIERÍA AGROPECUARIA**

Unidad de Integración Curricular  
previo a la obtención del título de  
Ingeniera Agropecuaria.

## **Título de la Unidad de Integración Curricular:**

**APROVECHAMIENTO DE HONGOS (*Pleurotus ostreatus*) EN LA  
DEGRADACIÓN LIGNOCELULÓSICA DE RESIDUOS DE COSECHA PARA  
LA OBTENCIÓN DE ABONO ORGÁNICO, EN LA ZONA DE MOCACHE.**

### **Autora:**

**Kattia Paulina Pinos Coello**

### **Tutor de la Unidad de Integración Curricular:**

**Ing. Orly Fernando Cevallos Falquez**

**Mocache – Los Ríos – Ecuador**

**2020**

## **DECLARACIÓN DE AUTORÍA Y CESIÓN DE DERECHOS**

Yo, **Kattia Paulina Pinos Coello**, declaro que el trabajo aquí descrito es de mi autoría; que no ha sido previamente presentado para ningún grado o calificación profesional; y que he consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

La Universidad Técnica Estatal de Quevedo, puede hacer uso de los derechos correspondientes a este trabajo, según lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, por su reglamento y por la normatividad institucional vigente.



---

**Kattia Paulina Pinos Coello**  
**C.I.: 125030475-3**  
**AUTORA**



**Acreditada**

Teléfonos: FCP (Fax) 783 487 UTEQ (593-05) 750 320 / 751 430 / 753 302

Fax UTEQ: (593 –05) 753 300 / 753 303 / 752 177

[E.mail.info@uteq.edu.ec](mailto:info@uteq.edu.ec) /fcp\_91@yahoo.es

FACULTAD DE CIENCIAS PECUARIAS  
UNIVERSIDAD TÉCNICA ESTATAL DE QUEVEDO  
CAMPUS UNIVERSITARIO LA MARÍA  
Km. 7 ½ Vía Quevedo-El Empalme, Entrada a Mocache



CASILLAS

Guayaquil

:10672

Quevedo : 73

Quevedo – Los Ríos – Ecuador

*La Primera Universidad Agropecuaria del País. Acreditada*

## **CERTIFICACIÓN DE CULMINACIÓN DEL PROYECTO DE LA UNIDAD DE INTEGRACIÓN CURRICULAR**

El suscrito, **Dr. Orly Fernando Cevallos Falquez**, docente de la Universidad Técnica Estatal de Quevedo, certifica que la estudiante **Kattia Paulina Pinos Coello**, realizó el Proyecto de Investigación de grado titulado “**APROVECHAMIENTO DE HONGOS (*Pleurotus ostreatus*) EN LA DEGRADACIÓN LIGNOCELULÓSICA DE RESIDUOS DE COSECHA PARA LA OBTENCIÓN DE ABONO ORGÁNICO, EN LA ZONA DE MOCACHE**”, previo a la obtención del título de Ingeniero Agropecuario, bajo mi dirección, habiendo cumplido con las disposiciones reglamentarias establecidas para el efecto.

Atentamente,

---

**Dr. Orly Fernando Cevallos Falquez**  
**TUTOR DE LA UNIDAD DE INTEGRACIÓN CURRICULAR**

Quevedo, 24 de octubre del 2020

ING. DIANA VÉLIZ ZAMORA, M.SC.  
**COORDINADORA DE CARRERA DE INGENIERÍA AGROPECUARIA**

El suscrito **Dr. Orly Cevallos Falquez**, en calidad de docente de la Universidad Técnica Estatal de Quevedo y como director certifico que he usado la herramienta informática URKUND producto del análisis se obtuvo una similitud de un 8 % la cual no indica en ningún momento la presencia de plagio o de falta de rigor en el documento, por consiguiente, doy constancia que he revisado la Unidad de Integración Curricular titulada **“APROVECHAMIENTO DE HONGOS (*Pleurotus ostreatus*) EN LA DEGRADACIÓN LIGNOCELULÓSICA DE RESIDUOS DE COSECHA PARA LA OBTENCIÓN DE ABONO ORGÁNICO, EN LA ZONA DE MOCACHE”**, el mismo que ha sido elaborado y presentado por la estudiante **Kattia Paulina Pinos Coello**, por lo tanto el presente trabajo cumple con los requisitos técnicos y legales por la institución.

**Figura 1.** Certificación del porcentaje de confiabilidad (92%) y similitud (8%) de URKUND.



Dr. Orly Cevallos Falquez

**TUTOR DE LA UNIDAD DE INTEGRACIÓN CURRICULAR**



# UNIVERSIDAD TÉCNICA ESTATAL DE QUEVEDO

## FACULTAD DE CIENCIAS PECUARIAS

### CARRERA DE INGENIERÍA AGROPECUARIA

#### PROYECTO DE LA UNIDAD DE INTEGRACIÓN CURRICULAR

**Título:**

**“APROVECHAMIENTO DE HONGOS (*Pleurotus ostreatus*) EN LA DEGRADACIÓN LIGNOCELULÓSICA DE RESIDUOS DE COSECHA PARA LA OBTENCIÓN DE ABONO ORGÁNICO, EN LA ZONA DE MOCACHE”.**

Presentado a la Comisión Académica como requisito previo a la obtención del título de Ingeniero Agropecuario.

Aprobado por:

---

**Dra. Emma Danielly Torres Navarrete**  
**PRESIDENTE DEL TRIBUNAL**

---

**Dra. Ana Ruth Álvarez Sánchez**  
**MIEMBRO DEL TRIBUNAL**

---

**Dr. Ronald Roberto Cabezas Congo**  
**MIEMBRO DEL TRIBUNAL**

## **AGRADECIMIENTO.**

Mi eterno agradecimiento a Dios por todos los favores recibidos y lo más primordial que es la salud y vida; sin él, esto no hubiera sido posible.

A mis padres y a mis suegros por todo el apoyo, ánimo y comprensión que me brindaron durante toda mi carrera y a la realización de este trabajo.

A mi esposo por el gran apoyo y constancia que me brindó durante toda la carrera.

A mis queridos y grandes amigos Denisse Mendoza y Oscar Mendoza por sus ánimos durante toda esta etapa de aprendizaje y por ser parte de este trabajo, quienes con su gran respaldo hicieron la carga más liviana para terminar este proyecto, y no podía faltar mi gran amiga Elizabeth Freile quien siempre estaba pendiente de mí, sus consejos me animaban siempre a seguir adelante.

A mi estimado tutor el Ing. Orly Cevallos por su paciencia y dedicación durante todo el proceso de desarrollo de este trabajo, a la Ing. Carol Coello y la Ing. Karla Torres por brindar sus conocimientos en microbiología. Gracias al Ing. Erick García y al Ing. David Zapatier por su ayuda y buena predisposición en la parte práctica de la investigación, siendo ellos de esta manera un aporte fundamental en mi investigación.

**Katia Paulina Pinos Coello**

## **DEDICATORIA.**

Este proyecto va dedicado a mi compañero, mi esposo, la parte más importante de mi vida, un gran hombre con sus defectos, pero con grandiosas virtudes. Su constancia y motivación me impulsaron siempre a seguir y a nunca rendirme, estuvo en mis peores momentos como también en los mejores, me apoyó hasta donde sus alcances lo permitían, y un poco más; siempre esforzándose para brindarme lo mejor.

Este momento de felicidad también se lo dedico a mis padres y hermana, ellos mi motor, mi inspiración; supieron inculcarme buenos valores, su templanza y rigurosa educación, por siempre motivarme a ser mejor, por todo ese esfuerzo dado en mí, es hoy el reflejo de cada meta que voy y seguiré alcanzando.

A todos mis queridos profesores por sus conocimientos impartidos, a mis compañeros, amigos y demás familiares que con sus consejos y buenas vibras contribuyeron en la realización de este propósito.

**Kattia Paulina Pinos Coello**

# TABLA DE CONTENIDO

| <b>Capítulo</b>                                       | <b>Página</b> |
|---|---------------|
| Introducción.....                                     | 1             |
| CAPÍTULO I.....                                       | 3             |
| CONTEXTUALIZACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN .....           | 3             |
| 1.1. Problema de la investigación. ....               | 4             |
| 1.1.1. Planteamiento del problema.....                | 4             |
| 1.1.2. Formulación del problema. ....                 | 5             |
| 1.1.2.1.Sistematización del problema. ....            | 5             |
| 1.2. Objetivos.....                                   | 6             |
| 1.2.1.1.Objetivo general. ....                        | 6             |
| 1.2.1.2.Objetivos específicos.....                    | 6             |
| 1.3. Justificación. ....                              | 7             |
| CAPÍTULO II.....                                      | 8             |
| FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA DE LA INVESTIGACIÓN .....      | 8             |
| 2.1. Marco Conceptual.....                            | 9             |
| 2.1.1. Degradación lignocelulósica.....               | 9             |
| 2.1.2. Hongo ostra.....                               | 9             |
| 2.1.3. Inoculación.....                               | 9             |
| 2.1.4. Quema de rastrojo.....                         | 9             |
| 2.1.5. Residuo agrícola. ....                         | 10            |
| 2.2.1. Los hongos.....                                | 10            |
| 2.2.2. Descripción del hongo género Pleurotus. ....   | 10            |
| 2.2.3. Pleurotus ostreatus. ....                      | 11            |
| 2.2.4. Clasificación taxonómica del hongo ostra. .... | 11            |
| 2.2.5. Aspectos taxonómicos. ....                     | 11            |
| 2.2.6. Características morfológicas de las setas..... | 12            |
| 2.2.7. Sistema enzimático. ....                       | 12            |
| 2.2.8. Ciclo reproductivo de las setas. ....          | 13            |
| 2.2.9. Características metabólicas de las setas.....  | 13            |

|  |           |
|--|-----------|
| 2.2.10. Hábitat.....   | 14        |
| 2.2.11. Relación carbono/nitrógeno para el desarrollo de Pleurotus. ....                         | 14        |
| 2.2.12. Componentes vegetales que impiden la degradación de los mismos. ....                     | 15        |
| 2.2.13. Rastrojo de maíz. ....   | 15        |
| 2.2.14. Cáscara de maní.....   | 16        |
| 2.2.15. Rastrojo de arroz.....   | 17        |
| 2.2.16. Los residuos orgánicos como materia prima para la producción de abonos<br>orgánicos..... | 18        |
| 2.2.17. Abono orgánico.....  | 18        |
| 2.2.18. Compost.....   | 18        |
| 2.2.19. Investigaciones realizadas.....  | 19        |
| <b>CAPÍTULO III</b> .....  | <b>20</b> |
| <b>METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN</b> .....   | <b>20</b> |
| 3.1. Localización y duración de la investigación.....  | 21        |
| 3.2. Tipo de investigación.....  | 21        |
| 3.2.1. Experimental.....   | 21        |
| 3.3. Métodos de investigación. ....  | 21        |
| 3.4. Fuentes de recopilación de información. ....  | 22        |
| 3.5. Diseño de la investigación. ....  | 22        |
| 3.6. Instrumentos de investigación. ....   | 23        |
| 3.6.1. Variables estudiadas. ....  | 23        |
| 3.7. Tratamientos de los datos. ....   | 24        |
| 3.8. Recursos humanos y materiales.....  | 25        |
| 3.8.1. Humanos.....  | 25        |
| 3.8.2. Materiales y equipos. ....  | 25        |
| 3.8.3. Especie de hongo comestible.....  | 25        |
| 3.8.4. Sustratos.....  | 25        |
| 3.8.5. Reactivos.....  | 25        |
| 3.8.6. Materiales de vidrio. ....  | 25        |
| 3.8.7. Materiales otros.....   | 26        |

|   |    |
|---|----|
| 3.8.8. Equipos. ....  | 26 |
| 3.9. Manejo del experimento. ....   | 27 |
| 3.10. Esterilización. ....  | 27 |
| 3.11. Medio de cultivo. ....  | 27 |
| 3.11.1. Preparación de medio de cultivo APD. ....   | 27 |
| 3.11.2. Preparación del sustrato para la multiplicación de semillas. ....   | 28 |
| 3.12. Preparación del sustrato para la degradación. ....  | 28 |
| 3.13. Inoculación de la semilla. ....   | 28 |
| 3.14. Mantenimiento de los cultivos. ....   | 29 |
| 3.15. Cosecha de los cultivos. ....   | 29 |
| CAPÍTULO IV .....   | 30 |
| RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....  | 30 |
| 4.1. Resultados. ....   | 31 |
| 4.1.1. Contenido de materia orgánica y pH de las muestras inoculadas con el hongo (Pleurotus ostreatus). ....                                 | 32 |
| 4.1.2. Porcentaje de la eficiencia biológica del hongo (Pleurotus ostreatus) de las muestras inoculadas en distintos residuos agrícolas. .... | 34 |
| CAPÍTULO V .....  | 36 |
| CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....  | 36 |
| 5.1. Conclusiones. ....   | 37 |
| 5.1.2. Recomendaciones. ....  | 38 |
| CAPÍTULO VI .....   | 39 |
| BIBLIOGRAFÍA .....  | 39 |
| 6.1. Referencias Bibliográficas. ....   | 40 |
| CAPÍTULO VII .....  | 44 |
| ANEXOS .....  | 44 |
| 7.1. Anexos. ....   | 45 |
| 7.1.1. Análisis de varianza de las variables estudiadas. ....   | 45 |
| 7.1.2. Imágenes de investigación. ....  | 46 |

## INDICE DE TABLAS

| <b>Tabla</b>   | <b>Página</b> |
|--|---------------|
| <b>Tabla 1.</b> Clasificación taxonómica del hongo ostra.....  | 11            |
| <b>Tabla 2.</b> Requerimientos básicos para el crecimiento de setas.....                                     | 14            |
| <b>Tabla 3.</b> Porcentaje de proteína bruta y digestibilidad de la materia seca según su estructura .....   | 16            |
| <b>Tabla 4.</b> Composición química de la cáscara de maní.....   | 17            |
| <b>Tabla 5.</b> Composición química de la paja de arroz.....   | 17            |
| <b>Tabla 6.</b> Características agroclimáticas del Campus “La María” UTEQ - Mocache. ...                     | 21            |
| <b>Tabla 7.</b> Descripción del análisis de la varianza (ANDEVA) para diseño completamente al azar DCA. .... | 22            |
| <b>Tabla 8.</b> Tratamiento en estudio. ....   | 24            |
| <b>Tabla 9.</b> Prueba de significación de Tukey para análisis de:( N P K) .....                             | 31            |
| <b>Tabla 10.</b> Prueba de significación de Tukey para análisis de: Materia Orgánica.....                    | 32            |
| <b>Tabla 11.</b> Prueba de significación de Tukey para análisis de: pH Inicial y pH final.....               | 33            |
| <b>Tabla 12.</b> Prueba de significación de Tukey para análisis de: Eficiencia Biológica. ....               | 34            |

## INDICE DE FIGURAS

| <b>Tabla</b>  | <b>Página</b> |
|---|---------------|
| <b>Figura 1.</b> Preparación de medio de cultivo para la reproducción del micelio. .... | 46            |
| <b>Figura 2.</b> Inoculación de la de semilla para su multiplicación. ....              | 46            |
| <b>Figura 3.</b> Siembra del micelio. ....  | 46            |
| <b>Figura 4.</b> Etapas productivas del hongo en los distintos sustratos. ....          | 47            |
| <b>Figura 5.</b> Análisis de pH en el laboratorio del campus “la María”.....            | 47            |
| <b>Figura 6.</b> Resultados de análisis químicos del laboratorio de INIAP.....          | 48            |

## INDICE DE ANEXOS

| <b>Tabla</b>   | <b>Página</b> |
|--|---------------|
| <b>Anexo 1.</b> Análisis de varianza de la variable contenido de nitrógeno. .... | 45            |
| <b>Anexo 2.</b> Análisis de varianza de la variable contenido de potasio. ....   | 45            |
| <b>Anexo 3.</b> Análisis de varianza de la variable contenido de fósforo. ....   | 45            |
| <b>Anexo 4.</b> Análisis de varianza de la variable materia orgánica.....        | 45            |
| <b>Anexo 5.</b> Análisis de varianza de la variable pH inicial. ....             | 46            |
| <b>Anexo 6.</b> Análisis de varianza de la variable pH final. ....               | 46            |
| <b>Anexo 7.</b> Análisis de varianza de la variable eficiencia biológica.....    | 46            |

## CÓDIGO DUBLÍN

|                              |   |                |             |             |                    |
|------------------------------|---|----------------|-------------|-------------|--------------------|
| <b>Título:</b>               | Aprovechamiento de hongos ( <i>Pleurotus ostreatus</i> ) en la degradación lignocelulósica de residuos de cosecha para la obtención de abono orgánico, en la zona de Mocache.   |                |             |             |                    |
| <b>Autora:</b>               | Pinos Coello Kattia Paulina   |                |             |             |                    |
| <b>Palabras clave:</b>       | Abono   | Degradabilidad | Hongo ostra | Inoculación | Residuos agrícolas |
| <b>Fecha de Publicación:</b> |   |                |             |             |                    |
| <b>Editorial:</b>            |   |                |             |             |                    |
| <b>Resumen</b>               | <p>El objetivo de la investigación fue evaluar la biomasa fúngica obtenida a partir de la inoculación del hongo ostra en distintos residuos agrícolas. El diseño experimental utilizado fue completamente aleatorizado con cuatro tratamientos y cuatro repeticiones, las diferencias de medias se agruparon mediante Tukey al 5% de probabilidad, siendo un total de 32 unidades experimentales: T1 (Panca de maíz + 0,05% <i>P. ostreatus</i>); T2: (Paja de arroz + 0,05% <i>P. ostreatus</i>); T3: (Cáscara de maní + 0,05% <i>P. ostreatus</i>) y T4:(Panca de maíz, paja de arroz y cáscara de maní + 0,05% <i>P. ostreatus</i>). Las fundas sembradas tuvieron un peso aproximado de 1050g, 1000g fue del sustrato húmedo y los 50 g de semilla. Las variables a estudiar fueron; contenido de (NPK), materia orgánica y pH, y eficiencia biológica de la biomasa fúngica. Los resultados estuvieron analizados estadísticamente para determinar el mejor sustrato biodegradado. El tratamiento con sustrato panca de maíz obtuvo resultados óptimos presentando una neutralidad de 7,23 % de pH, la eficiencia biológica fue de 77,85 % y el contenido de materia orgánica fue de 31,50%, con respecto al contenido de NPK presentó resultados con valores de 0.41, 0.09 y 0.68%; mientras que, el tratamiento con cáscara de maní se obtuvieron los valores más bajos con 6,51 % de pH, la eficiencia biológica fue de 41,76 %, el contenido de materia orgánica fue de 40,25% y contenido de NPK con 0.36, 0.08 y 0.71%</p> |                |             |             |                    |

|                    |   |
|--------------------|---|
|                    | <p>respectivamente; Por lo tanto, se concluyó que la panca de maíz es el mejor sustrato por presentar los mejores resultados en cada análisis realizado, el cual permite determinar que la biomasa fúngica obtenida, es un abono orgánico que aporta materia orgánica, con un pH apto, una eficiencia biológica óptima pero no presenta una disponibilidad adecuada en macronutrientes.</p> |
| <b>Descripción</b> | 64 hojas: dimensiones, 29 x 21 cm + CD-ROM  |
| <b>URI:</b>        |   |

## RESUMEN

El objetivo de la investigación fue evaluar la biomasa fúngica obtenida a partir de la inoculación del hongo ostra en distintos residuos agrícolas. El diseño experimental utilizado fue completamente aleatorizado con cuatro tratamientos y cuatro repeticiones, las diferencias de medias se agruparon mediante Tukey al 5% de probabilidad, siendo un total de 32 unidades experimentales: T1 (Panca de maíz + 0,05% *P. ostreatus*); T2: (Paja de arroz + 0,05% *P. ostreatus*); T3: (Cáscara de maní + 0,05% *P. ostreatus*) y T4:(Panca de maíz, paja de arroz y cáscara de maní + 0,05% *P. ostreatus*). Las fundas sembradas tuvieron un peso aproximado de 1050g, 1000g fue del sustrato húmedo y los 50 g de semilla. Las variables a estudiar fueron; contenido de (NPK), materia orgánica y pH, y eficiencia biológica de la biomasa fúngica. Los resultados estuvieron analizados estadísticamente para determinar el mejor sustrato biodegradado. El tratamiento con sustrato panca de maíz obtuvo resultados óptimos presentando una neutralidad de 7,23 % de pH, la eficiencia biológica fue de 77,85 % y el contenido de materia orgánica fue de 31,50%, con respecto al contenido de NPK presentó resultados con valores de 0.41, 0.09 y 0.68%; mientras que el tratamiento con cáscara de maní se obtuvieron los valores más bajos con 6,51 % de pH, la eficiencia biológica fue de 41,76 %, el contenido de materia orgánica fue de 40,25% y contenido de NPK con 0.36, 0.08 y 0.71% respectivamente; Por lo tanto se concluyó que la panca de maíz es el mejor sustrato por presentar los mejores resultados en cada análisis realizado, el cual permite determinar que la biomasa fúngica obtenida, es un abono orgánico que aporta materia orgánica, con un pH apto, una eficiencia biológica optima pero no presenta una disponibilidad adecuada en macronutrientes.

**Palabra clave:** Abono, Degradabilidad, Hongo ostra, Inoculación, Residuos agrícolas.

## ABSTRACT

The objective of the research was to evaluate the fungal biomass obtained from the inoculation of the oyster fungus in different agricultural residues. The experimental design used was completely randomized with four treatments and four repetitions, the mean differences were grouped by Tukey at a 5% probability, forming a total of 32 experimental units: T1 (Corn bread + 0.05% *P. ostreatus*); T2: (Rice straw + 0.05% *P. ostreatus*); T3: (Peanut shell + 0.05% *P. ostreatus*) and T4: (Corn bread, rice straw and peanut shell + 0.05% *P. ostreatus*). The planted covers had an approximate weight of 1050g, 1000g was of the humid substrate and 50g of seed. The variables to study were pH, biological efficiency, organic matter and NPK content of the fungal biomass. The results were statistically analyzed to determine the best biodegraded substrate. Treatment with corn pan substrate obtained optimal results presenting a neutrality of 7,23% of pH, the biological efficiency was 77,85 % and the content of organic matter was 31,50%, with respect to the content of NPK I present results with values of 0.41, 0.09 and 0.68%; While the treatment with peanut shells the lowest values were obtained with 6.51% pH, the biological efficiency was 41,76%, the organic matter content was 40,25% and the NPK content with 0.36 0.08 and 0.71% respectively; Therefore, it was concluded that the corn husk is the best substrate for presenting the best results in each analysis carried out, which allows determining that the fungal biomass obtained is an organic fertilizer that provides of organic matter, with a pH suitable, an optimal biological efficiency but does not present an adequate availability in macronutrients.

**Keyword:** Compost, Degradability, Oyster fungus, Inoculation, Agricultural waste.

## Introducción

En la actualidad la quema de residuos agrícolas continúa siendo para los agricultores una de las prácticas más económicas con el objetivo de eludir el trabajo que se requiere para despojarse del mismo y ahorrar más tiempo, sin tomar en cuenta los efectos nocivos que esta conlleva a los ecosistemas del planeta. Debido a su inadecuado aprovechamiento este deteriora el medio ambiente, ya que cuando se quema los residuos agrícolas se aporta una gran cantidad de carbono al suelo, la desaparición parcial o total de la población microbiana, contaminación de aire, agua, erosión del suelo gases de efecto invernadero (1).

En el Ecuador y específicamente en la zona interandina los residuos de la actividad agrícola pueden ser aprovechados y utilizados como materia prima en la producción de hongos comestibles a través de su biotransformación, empleando cepas del género *Pleurotus*, los cuales son muy versátiles, presentando una amplia gama de especies comestibles, facilitándose una gran adaptabilidad a una economía regional y permitiendo mayor habilidad en el proceso de preparación del sustrato para la inoculación del hongo (2).

El género *Pleurotus* es uno de los hongos más ampliamente estudiados debido a sus excepcionales propiedades ligninolíticas. Tiene varios efectos biológicos, ya que contiene importantes moléculas bioactivas. En los hongos basidiomicetos, las enzimas lignocelulolíticas se ven afectadas por muchos factores de fermentación típicos, como la composición media, la proporción de carbono a nitrógeno, el pH, la temperatura, la composición del aire, etc. La supervivencia y la multiplicación de los hongos está relacionada con una serie de factores, que pueden actuar por separado o tener efectos interactivos entre ellos (3).

Estos géneros tienen la gran habilidad de colonizar el rastrojo, degradarlo y utilizar la lignina, además de la hemicelulosa y la celulosa. Estos hongos son considerados descomponedores primarios porque son capaces de utilizar los desechos de las plantas en su forma original sin que hayan sido sujetos previamente a algún proceso de degradación bioquímica o microbiológica. Los residuos sólidos orgánicos, sean de origen vegetal o animal, al ser descompuestos por microorganismos en diferentes condiciones, completan su ciclo natural quedando aptos para la elaboración de abonos orgánicos (3).

Los abonos orgánicos mejoran las características físicas, químicas y biológicas del suelo, aumentando la capacidad que posee este de absorber los distintos elementos nutritivos, es por ello que la importancia de promover su elaboración es fundamental para disminuir los impactos que los fertilizantes comerciales conllevan, su elaboración puede ser a base de distintos residuos, como los agrícolas los cuales pueden ser descompuestos por una variedad de microorganismos entre ellos los hongos del género *Pleurotus* debido a que permite la reutilización de desechos ricos en lignocelulosa (4).

Por lo expuesto anteriormente, esta investigación contribuye con una alternativa para solucionar la problemática en la disposición final del residuo agrícola, mediante la evaluación de los parámetros químicos, análisis que fueron realizados en el laboratorio de INIAP.

## **CAPÍTULO I**

# **CONTEXTUALIZACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN**

## **1.1. Problema de la investigación.**

### **1.1.1. Planteamiento del problema.**

Los efectos perjudiciales que provocan la contaminación ambiental entre ellos las emisiones de gases de efecto invernadero está elevando la temperatura del planeta y como consecuencia ha generado el cambio climático, a lo largo de las últimas décadas este está incidiendo directa y proporcionalmente de forma negativa en la producción, disponibilidad, incremento del precio y el comercio de alimentos generando una gran amenaza a la población (5).

Prácticas como la quema de rastrojos, imposibilitan la restitución al suelo de materia orgánica y elementos nutritivos, al tiempo que contaminan la atmósfera; las descargas incontroladas en parajes o zonas desprotegidas (e incluso en áreas de importancia social y ecológica notables) son una clara agresión al entorno paisajístico e imposibilitan el control del potencial contaminante de los residuos acumulados; incluso el almacenamiento en vertederos (algunos de enorme tamaño), no es la forma idónea ni el mejor destino de estos materiales residuales (6).

Ante estas amenazas, aparecen nuevas alternativas que permitirán rectificar en gran medida los efectos nocivos que provocan las malas prácticas agrícolas. Una de ellas es la aplicación de hongos ostras el cual permiten acelerar la degradación de los desechos agrícolas para la obtención de abono orgánico.

En este contexto, se dio a conocer el uso del hongo ostra y lo cual se logró mediante los análisis de laboratorio, permitiendo demostrar el potencial del hongo en la descomposición de materia orgánica y de esta manera promover esta alternativa, que podrá ser adoptada y difundida por los agricultores, con la finalidad de generar un aporte al desarrollo de una agricultura sostenible para las futuras generaciones del país y el mundo.

### **Diagnóstico.**

Los residuos de cosecha que se acumulan en las fincas, generan contaminación y son parte de refugio de plagas y roedores. Debido al desconocimiento de las cualidades que posee esta

especie de hongos no es muy utilizado, por tanto, los agricultores aplican conocimientos empíricos en la disposición final de los desechos, como la quema del mismo.

## **Pronóstico.**

Al demostrarse que la utilización del hongo ostra actúa de manera efectiva en la degradación de desechos agrícolas, permitió que se obtenga un uso eficiente del rastrojo, en el menor tiempo posible.

### **1.1.2. Formulación del problema.**

¿Cómo se puede dar uso alternativo al residuo agrícola para poder mitigar las malas prácticas ambientales en la agricultura?

#### **1.1.2.1. Sistematización del problema.**

¿Se podrá obtener un abono orgánico con los nutrientes indispensables a partir de la inoculación del hongo ostra en residuos agrícolas?

¿Cuál será el tratamiento que presentará mayor porcentaje de materia orgánica y pH a partir de la inoculación del hongo ostra?

¿Cuál será el tratamiento con mayor porcentaje de eficiencia biológica de los distintos residuos agrícolas?

## **1.2. Objetivos.**

### **1.2.1.1. Objetivo general.**

- Evaluar la biomasa fúngica obtenida a partir de la inoculación del hongo ostra en distintos residuos agrícolas.

### **1.2.1.2. Objetivos específicos.**

- Determinar el contenido de nitrógeno, fósforo y potasio de las muestras inoculadas con el hongo (*Pleurotus ostreatus*).
- Definir el contenido de materia orgánica y pH de las muestras inoculadas con el hongo (*Pleurotus ostreatus*).
- Establecer en porcentaje la eficiencia biológica del hongo (*Pleurotus ostreatus*) de las muestras inoculadas en distintos residuos agrícolas.

### **1.3. Justificación.**

En la actualidad, es necesario desarrollar tecnologías para la transformación de los recursos naturales con la finalidad de aprovecharlos al máximo, incluyendo el empleo de materiales que antes se consideraban como desperdicios o que tenían muy poco uso. La mayoría de éstos han tenido una utilización limitada debido, principalmente, al desconocimiento de los métodos necesarios para su tratamiento y utilización. Es por esta razón que últimamente se han probado diversos residuos agrícolas (paja de arroz, panca de maíz, cáscara de maní, entre otros) para utilizarlos en el cultivo de setas ya que son organismos que se alimentan principalmente de materia orgánica (7).

En el presente trabajo se llevó a cabo el aprovechamiento de paja de arroz, panca de maíz y cáscara de maní para su degradación a base de hongos ostras, los cuales metabolizan selectivamente la fracción lignolítica dejando un residuo que puede ser utilizado como abono orgánico o como suplemento de alimentos para especies menores, los mismos que requieren un bajo nivel de control ambiental y presentan una técnica de cultivo relativamente sencilla.

Por lo tanto, el uso del cultivo de hongos ostras en distintos residuos industriales permitirá impulsar el abasto alimentario, la generación de ingresos económicos y el cuidado del medio ambiente, al evitar la acumulación o quema de estos residuos en las comunidades rurales.

## **CAPÍTULO II**

# **FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA DE LA INVESTIGACIÓN**

### **3.3. Marco Conceptual**

#### **3.3.1. Degradación lignocelulósica.**

La degradación de la lignina puede ser llevada a cabo por un gran número de microorganismos, mientras que hay pocos capaces de degradarla. Los hongos, principalmente los de podredumbre blanca (saprótrofos), son los organismos ligninolíticos por excelencia, al llevar a cabo la mayor parte de los procesos de degradación de lignina en la naturaleza (8).

#### **3.3.2. Hongo ostra.**

La gírgola, champiñón ostra o pleuroto en forma de ostra (*Pleurotus ostreatus*) es un hongo comestible, estrechamente emparentado con la seta de cardo (*Pleurotus eryngii*), que se consume ampliamente por su sabor y la facilidad de su identificación (9).

#### **3.3.3. Inoculación.**

La inoculación de semillas es un proceso tecnológico por el cual se coloca en íntimo contacto dos seres vivos, uno microbiano y otro superior (semillas de plantas), estos son capaces de asociarse y desarrollar beneficios comunes. Con este proceso se preserva no sólo la vitalidad de los microorganismos mientras permanecen en el envase sino también cuando son agregados a las semillas (10).

#### **3.3.4. Quema de rastrojo.**

La degradación de la lignina puede ser llevada a cabo por un gran número de microorganismos, mientras que hay pocos capaces de degradarla. Los hongos, principalmente los de podredumbre blanca (saprótrofos), son los organismos ligninolíticos por excelencia, al llevar a cabo la mayor parte de los procesos de degradación de lignina en la naturaleza (8).

### **3.3.5. Residuo agrícola.**

Son los desechos orgánicos que deja el cultivo saliente en o sobre el suelo, en forma de hojas, tallos, raíces y otros órganos aéreos o subterráneos (11).

## **3.4. Marco referencial**

### **3.4.1. Los hongos.**

Los hongos son organismos que forman un grupo diferente de los reinos vegetal o animal. Poseen células eucariotas, son heterótrofos, portadores de esporas y carecen de clorofila. abarcan más de 1000 especies reunidas en 20 clases, se distinguen los hongos sin pared celular que son los myxomicota y los hongos verdaderos o eumycota. Su forma de reproducción puede ser sexual o asexual. Con base en su tamaño y forma de crecimiento se distinguen los hongos macroscópicos y los microscópicos (12).

### **3.4.2. Descripción del hongo género *Pleurotus*.**

El género *Pleurotus* es el hongo xilotrófico más explotable, con valiosas propiedades biotecnológicas, médicas y nutricionales. Las características relevantes de los representantes de este género para proporcionar herramientas industriales atractivas de bajo costo se han informado en numerosos estudios para resolver la presión de los problemas ecológicos. Además, varias especies de *Pleurotus* son altamente adaptativas, es decir que no requieren condiciones especiales para el crecimiento y poseen resistencia específica a enfermedades y plagas contaminantes (13).

Las cualidades únicas de las especies de *Pleurotus* son utilizadas ampliamente en muchas tecnologías ambientales, como el reciclaje de residuos sólidos orgánicos, la degradación de contaminantes químicos y la producción de bioetanol. Este tipo de hongo se encuentra normalmente en las formas vegetales. Su estructura química la cual es compleja, les permite permanecer a la intemperie por largos períodos de tiempo sin ser degradados o sufrir mayores transformaciones, siendo la lignina el polímero aromático más abundante sobre la tierra (13).

### 3.4.3. *Pleurotus ostreatus*.

Es un hongo comestible cuya fuente de alimento es la materia orgánica constituida de compuestos lignocelulósicos, es decir que se alimenta de lignina, celulosa y hemicelulosa que son azúcares encontrados principalmente en paja, maíz, caña, trigo, cebada y demás residuos que tengan estas características. Tiene la capacidad de desarrollarse en una gran variedad de sustratos dándole una importancia adicional en el ámbito ecológico y ambiental por el uso de residuos agroindustriales para su obtención, además posee elevadas propiedades alimenticias y medicinales altamente beneficiosas (14).

### 3.4.4. Clasificación taxonómica del hongo ostra.

En la siguiente tabla se refleja la clasificación taxonómica de los hongos ostras.

**Tabla 1.** *Clasificación taxonómica del hongo ostra*

| <b>Clasificación</b> | <b><i>Pleurotus ostreatus</i></b> |
|----------------------|-----------------------------------|
| <b>Reino:</b>        | Fungi                             |
| <b>Filo:</b>         | Basidiomycota                     |
| <b>Clase:</b>        | Agaricomycetes                    |
| <b>Orden:</b>        | Pleurotaceae                      |
| <b>Familia:</b>      | Agarycales                        |
| <b>Género:</b>       | <i>Pleurotus</i>                  |
| <b>Especie:</b>      | <i>Pleurotus ostreatus</i>        |

Fuente: (Paucara, 2014) (15)

### 3.4.5. Aspectos taxonómicos.

Una clasificación sencilla y práctica de los hongos usada desde hace mucho tiempo, es la de dividir estos organismos en micromicetos (microscópicos) y macromicetos (macroscópicos). Los hongos comestibles silvestres, así como los cultivados con el propósito de ser industrializados para la alimentación humana, son principalmente macromicetos, que

quedan comprendidos en dos clases taxonómicas: ascomycetes y basidiomycetes perteneciendo la mayoría de los hongos comestibles a este último grupo (16).

#### **3.4.6. Características morfológicas de las setas.**

El hongo es una masa algodonosa (micelio) que generalmente no se ve a simple vista por estar enterrado en el suelo o bajo la corteza de los árboles. Su función es similar a las raíces de los vegetales, además forma y sujeta al cuerpo fructífero de la seta (también llamado carpóforo, pleuroma, basidoma o basidiocarpo), cuya misión es la reproducción de la especie. En él se forman las estructuras llamadas esporas o basidiosporas que constituyen la "semilla" de dispersión, que al depositarse en un medio adecuado conforman el desarrollo del micelio. El cuerpo fructífero de *Pleurotus* está constituido de tres partes principales que son el sombrero o píleo, las láminas o himenio y el pie o estípite (17).

En la cara inferior del sombrero abierto, hay unas láminas (himenio) que van desde el pie que lo sostiene, hasta el borde. La capa himenial se origina mediante un complejo de ramificaciones y crecimiento hifal de la capa de abajo llamada capa sub-himenial. El pie de *Pleurotus* está muy poco desarrollado, suele ser corto, inclinado u oblicuo, de textura ligeramente correosa, blanca y rugosa en la base. Se conforma por dos regiones principales que son el tejido interno y el tejido de la superficie (18).

#### **3.4.7. Sistema enzimático.**

El sistema enzimático demuestra que cada hongo de pudrición blanca genera enzimas oxidativas e hidrolíticas, que actúan en la degradación de ciertos componentes de la pared celular, como la lignina y holocelulosa. La secreción de ectoenzimas a la madera hace cambiar el sustrato insoluble a soluble. En cambio, las endoenzimas quedan en forma intracelular en las hifas y regulan los procesos del metabolismo interno. Los hongos de pudrición blanca pueden ser considerados los organismos más eficientes en la degradación de la lignina. Hasta ahora, cuatro tipos de enzimas degradadoras de lignina que han sido aislados desde estos hongos: lacasa, manganeso peroxidasa, lignina peroxidasa y otras peroxidases (19).

### **3.4.8. Ciclo reproductivo de las setas.**

El ciclo reproductivo del hongo seta implica una serie de etapas que van desde la germinación de las esporas hasta la formación de los cuerpos fructíferos. En condiciones adecuadas las esporas germinan y dan lugar al micelio. Durante la formación del micelio se va dando la agregación y compactación de las hifas, además de una alta ramificación, ensanchamiento, engrosamiento y gelatinización de la pared hifal (crecimiento, ramificación y agregación hifal) (20).

### **3.4.9. Características metabólicas de las setas.**

En realidad, se desconoce exactamente cómo es el metabolismo del hongo seta, sin embargo, para poder alcanzar un buen crecimiento es necesario que se desarrolle en sustratos en los cuales encuentre las sustancias que necesita, como son fuentes de carbono, nitrógeno, minerales, vitaminas y feromonas, además de otros elementos como el fósforo (21).

Las setas son organismos quimio heterótrofos, utilizando como fuente de energía la obtenida a partir de las reacciones químicas de los compuestos y como principal fuente de carbono materia orgánica, la cual incluye carbohidratos tanto monosacáridos como polisacáridos, aminoácidos, ácidos grasos, alcoholes y lignina. Su fuente de nitrógeno puede ser tanto orgánica proveniente de aminoácidos o inorgánica a partir de nitratos y sulfato de amonio el cual permite dar la materia prima para la síntesis de proteínas (21).

Según Paredes (17), el requerimiento óptimo de nitrógeno permite una adecuada síntesis de proteína el cual mejora la degradación lignocelulítica. A su vez, determina los requerimientos de nutrientes que necesita los hongos para su adecuada reproducción en la siguiente tabla.

**Tabla 2.** *Requerimientos básicos para el crecimiento de setas*

| <b>Nutriente</b> | <b>Función</b>         | <b>Fuente</b>  |
|------------------|------------------------|--|
| <b>Carbono</b>   | Fuente de energía      | Carbohidratos, Ácidos orgánicos y Aminoácidos, lignina y alcoholes.  |
| <b>Nitrógeno</b> | Síntesis de proteínas  | Mediante la degradación de aminoácidos, peptonas, caseína y otros. De la urea, por medio de sulfatos de amonio y nitratos de amonio. |
| <b>Minerales</b> | Crecimiento            |  |
|                  | Factores de desarrollo | Fe, Cu, Mg, K, P, Ca. Se administran por medio cloruros.   |
| <b>Vitaminas</b> | Factor de desarrollo   |  |

Fuente: (Paredes, 2012) (17)

### **3.4.10. Hábitat.**

El género *Pleurotus*, es un hongo que, en su ambiente natural crece en el suelo, troncos o sobre desechos agrícolas o agroindustriales, que están compuestos principalmente por celulosa, hemicelulosa y lignina en porcentaje de 40-60, 15-50 y 10-30 respectivamente, alimentándose de estos nutrientes y degradándolos, y donde las condiciones ambientales sean húmedas y frías (22).

### **3.4.11. Relación carbono/nitrógeno para el desarrollo de *Pleurotus*.**

Esta relación indica la fracción de carbono orgánico frente a la de nitrógeno. Usualmente, la totalidad del nitrógeno orgánico presente en un residuo orgánico es biodegradable, pero con el carbono orgánico ocurre lo contrario ya que una gran parte se presenta en compuestos no biodegradables que impiden su disponibilidad en la agricultura. Los hongos ostras pueden crecer con relaciones C/N entre 30 y 300, la relación C/N óptima del sustrato depende de la fase en la que se encuentra el hongo, altas relaciones C/N favorecen el crecimiento del micelio y bajas relaciones favorecen el desarrollo de cuerpos fructíferos (23).

### **3.4.12. Componentes vegetales que impiden la degradación de los mismos.**

#### **3.4.12.1. Celulosa.**

Forma parte de las paredes de las células vegetales asociados íntimamente con lignina y hemicelulosa, obteniendo en conjunto la denominada lignocelulosa. La proporción de estos polímeros varía según el origen del residuo lignocelulósico considerado (24).

#### **3.4.12.2. Hemicelulosa**

Está constituida por varios heteropolisacáridos de composición distinta en cada planta. Los más abundantes son xilanos, mananos y galactanos. Se trata de polímeros cortos y en general ramificados, incapaces de agregar y, por tanto, susceptibles de hincharse y dispersarse fácilmente en agua. Su función principal en la pared vegetal es la de unir la celulosa y la lignina (24).

#### **3.4.12.3. Lignocelulosa.**

Es el componente principal de la pared celular de las plantas, esta biomasa producida por la fotosíntesis es la fuente de carbono renovable más prometedora para solucionar los problemas actuales de energía. Las ligninas son componentes básicos de los tejidos leñosos y constituye el soporte de las plantas (25).

### **3.4.13. Rastrojo de maíz.**

El cultivo del maíz produce una gran cantidad de biomasa, de la cual se cosecha apenas cerca del 50% en forma de grano. El resto, corresponde a diversas estructuras de la planta tales como caña, hoja, limbos y mazorca entre otros. La producción de biomasa residual que genera un cultivo de maíz de grano (cañas, hojas, chalas y mazorcas), fluctúa entre 20 a 35 toneladas por hectárea y en el maíz de choclo (cañas y hojas), varía entre 16 a 25 toneladas por hectárea (3).

Según Quizhpilema (3), cada una de sus estructuras posee características fisicoquímicas propias y le confiere un valor nutritivo muy diferente, dependiendo si el residuo corresponde

a maíz de grano o maíz para consumo fresco. Los tallos presentan las estructuras más lignificadas y de menor contenido de proteína bruta (3.10%), y las hojas entre 4 y 7%. Se presentan los porcentajes correspondientes a los componentes del rastrojo de maíz en la tabla 3.

**Tabla 3.** *Porcentaje de proteína bruta y digestibilidad de la materia seca según su estructura*

| <b>Estructura</b> | <b>Proteína bruta(%)</b> | <b>Digestibilidad de materia seca(%)</b> |
|-------------------|--------------------------|--|
| Hojas             | 4.50                     | 55.60                                    |
| Tallos            | 3.10                     | 59.70                                    |
| Chalas            | 4.70                     | 69.10                                    |
| Mazorcas          | 4.70                     | 58.00                                    |
| Cañas +hojas      | 4.20                     | 55.80                                    |

Fuente: (Quizhpilema, 2013) (3)

#### **3.4.14. Cáscara de maní.**

Este residuo se utiliza como combustible sólido en calderas para la generación de vapor y, en menor medida, para la producción de carbón activado, paneles aglomerados, hormigón pre moldeado, etc. En los casos en que no se aprovecha, queda acumulado a cielo abierto generando contaminación con el peligro de auto ignición, cuando no, los mismos productores la queman intencionalmente a fin de reducir su volumen, con consecuencias tales como el aumento en la emisión de particulados debido a la combustión no controlada (26).

El 95% de la cáscara tiene materia orgánica y 5% corresponde a minerales presentes en las cenizas (generalmente Si, Ca, Mg, K, Al, P, S, Cl). Según Espinoza (27), la estructura celular de la cáscara de maní está formada principalmente por compuestos lignocelulósicos en porcentajes considerables, tales como celulosa, hemicelulosa y lignina. Los cuales se presentan en la tabla 4.

**Tabla 4.** *Composición química de la cáscara de maní*

| <b>Contenido</b> | <b>Cantidad (%)</b> |
|------------------|---------------------|
| Humedad          | 8-10                |
| Proteína cruda   | 6-11                |
| Cenizas          | 2-4                 |
| Celulosa         | 35-45               |
| Hemicelulosa     | 23-30               |
| Lignina          | 27-33               |

Fuente: (Espinoza, 2017) (27)

### **3.4.15. Rastrojo de arroz.**

El rastrojo de arroz dejado luego de la recolección del grano, es generalmente usado para alimentar rumiantes en casi todos los países que cultivan arroz, otras veces se incorpora al suelo como abono para la siguiente siembra, pero regularmente es amontonado y quemado. La paja está constituida por los tallos y las hojas de los cereales menores; la paja triturada son las envolturas y las glumas de los granos que se separan durante la trilla. Según Bartaburu (28), la paja de arroz contiene baja proteína, es muy fibroso y con bajas cantidades de minerales y vitaminas considerándolo un residuo pobre en nutrientes, los mismo que se demuestran en la tabla 5 con sus respectivos valores.

**Tabla 5.** *Composición química de la paja de arroz*

| <b>Componentes</b>    | <b>Paja de arroz (%)</b> |
|-----------------------|--------------------------|
| <b>Proteína Cruda</b> | 3.2-4.6                  |
| <b>FDN</b>            | 68-83                    |
| <b>Lignina</b>        | 3.2-4.4                  |
| <b>cenizas</b>        | 16-18                    |
| <b>Digestibilidad</b> | 37-53                    |

Fuente: (Bartaburu, 2008) (28)

### **3.4.16. Los residuos orgánicos como materia prima para la producción de abonos orgánicos.**

Para aprovechar el potencial que los desechos orgánicos tienen como abonos, estos deben de pasar por un proceso previo antes que su integración al suelo, de forma tal que, el material que definitivamente se aporte, haya transcurrido por los procesos más enérgicos de la mineralización, se presente desde el punto de vista de la biodegradación de la forma más estable posible, y con los macros y micros nutrientes en las formas más asimilables posibles para los productores primarios (29).

### **3.4.17. Abono orgánico.**

Los abonos orgánicos son sustancias que están constituidas por desechos de origen animal, vegetal o mixto que se añaden al suelo con el objetivo de mejorar sus características físicas, biológicas y químicas. Estos pueden consistir en residuos de cultivos dejados en el campo después de la cosecha; cultivos para abonos en verde; restos orgánicos de la explotación agropecuaria y restos orgánicos. La calidad de los abonos orgánicos depende de sus materias primas y de su proceso de preparación (2).

### **3.4.18. Compost.**

Se entiende como tal al proceso de descomposición de la materia orgánica proveniente residuos de origen animal y vegetal, por medio de una gran variedad de microorganismos bajo condiciones de humedad y temperatura controlada para dar en su etapa final un material rico en humus, muy utilizado en el mejoramiento o enmienda orgánica de suelos empobrecidos y agotados (30).

### 3.4.19. Investigaciones realizadas

Aguinaga (31), Evaluó el mejor sustrato para la producción de hongos *Pleurotus ostreatus* en rendimiento y costo de producción, los cuales utilizó residuos de bagazo de caña de azúcar, paja de arroz y aserrín obteniendo resultados viables en cuanto al tratamiento de bagazo de caña con 177,1g en peso fresco, eficiencia biológica de 40,5%, rendimiento de 8,9kg/m<sup>2</sup>, beneficio/costo de 1,28, pero con pH de 8,54 el autor se considera que el sustrato bagazo de caña presenta características nutricionales idóneas para su utilización como abono orgánico en los cultivos hortícolas y ornamentales.

Jaramillo (32), evaluó residuos agroindustriales lignocelulósicos de restos de cultivos de cebada, arroz y eucalipto como sustrato para el cultivo de dos cepas del hongo ostra bajo invernadero, el cual, obtuvo valores aceptables en cuanto al tratamiento a base de tamo de cebada, tratamiento más eficiente para la producción con una media entre sus repeticiones de 186.07 g, seguido del aserrín de eucalipto. En cascarilla de arroz obtuvo los valores más bajos, mismo que no produjo cuerpos fructíferos lo que puede atribuirse al apelmazamiento provocado por la cascarilla lo que impide la aireación del sustrato. Por lo que, determinó que en su estudio el tamo de cebada fue el mejor sustrato para la producción de *Pleurotus* por presentar las mejores características para la colonización y desarrollo de las setas.

Bejarano (33), en su estudio caracterización fisicoquímica del sustrato agotado de *Pleurotus ostreatus* (Orellana) y sus potencialidades agroindustriales evaluó las características químicas del sustrato agotado obtenido de la inoculación de los hongos a los 90 días, utilizando residuos de bagazo de caña de azúcar ,el cual obtuvo resultados positivos en cuanto a eficiencia biológica de 52,2%, humedad de 66,34 con un pH de 5,85 el cual, es inferior debido a que el hongo sigue con sus procesos normales de fermentación y quedan pocos indicios de la cal agrícola que actuaba como agente estabilizador. Este sustrato agotado obtenido permite proponerlo como materia prima para la obtención de un alimento animal y como medio para enriquecimiento para suelos que estén destinados a cultivos hortícolas y florícolas.

**CAPÍTULO III**  
**METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN**

### 3.1. Localización y duración de la investigación.

La investigación se realizó en el Campus “La María” de la Universidad Técnica Estatal de Quevedo, laboratorio de bromatología, ubicado en el km 7 de la Vía Quevedo–El Empalme. Recinto San Felipe, cantón Mocache, provincia de Los Ríos, entre las coordenadas geográficas de 01° 06’ de latitud Sur y 79° 29’ de longitud Oeste, a una altitud de 120 msnm, con una temperatura media de 25.82°C, y una duración aproximadamente de 45 días. Las condiciones agroclimáticas se presentan en la Tabla 6.

**Tabla 6.** Características agroclimáticas del Campus “La María” UTEQ - Mocache.

| Parámetros                      | Promedio             |
|---------------------------------|----------------------|
| Temperatura promedio °C         | 25.82                |
| Humedad relativa, %             | 85.84                |
| Precipitación, anual. Mm        | 2223.85              |
| Heliofanía, hora/luz /año       | 898.66               |
| Evaporación, promedio anual (%) | 78.30                |
| Topografía                      | Ligeramente Ondulada |

Fuente: (INAMHI, 2018) (34)

### 3.2. Tipo de investigación.

#### 3.2.1. Experimental.

La investigación fue de tipo experimental, donde se evaluó la composición química del residuo inoculado con el hongo (*Pleurotus ostreatus*), para la obtención de abono orgánico, el cual tributa a la línea de investigación agricultura, silvicultura y producción animal, y a la sub línea de desarrollo de conocimientos y tecnologías de agricultura alternativa aplicable a las condiciones del trópico húmedo y semi húmedo del litoral ecuatoriano.

### 3.3. Métodos de investigación.

El método experimental es el más eficaz, mediante el cual se estudiaron cada una de las variables evaluadas y se determinó los mejores tratamientos con la aplicación del análisis de varianza y las pruebas de TUKEY ( $P \leq 0.05\%$ ).

### 3.4. Fuentes de recopilación de información.

**Primarias:** La información primaria se obtuvo a través de la observación directa a los tratamientos, que evidenciaron su composición química.

**Secundarias:** La información bibliográfica obtenida a través de revistas científicas, libros, tesis y buscadores académicos proveen al investigador conocimientos importantes para llevar a cabo la presente investigación.

### 3.5. Diseño de la investigación.

Se utilizó un diseño completamente al Azar (DCA), conformado por 4 tratamientos y 4 repeticiones con 2 unidades experimentales cada uno, para un total de 32 muestras distribuidas al azar. Para la comparación de medias entre los tratamientos se implementó la prueba de Tukey ( $p \leq 0.05$ ).

**Tabla 7.** Descripción del análisis de la varianza (ANDEVA) para diseño completamente al azar DCA.

| Fuente de variación | Formula | Grados de libertad |
|---------------------|---------|--------------------|
| Tratamiento         | t-1     | 3                  |
| Error experimental  | t (r-1) | 12                 |
| Total               | t.r-1   | 15                 |

Autor: Pinos, K. (2020)

#### Modelo matemático.

$$Y_{ij} = \mu + T_i + E_{ij}$$

#### Dónde:

$Y_{ij}$  = Total de una observación.

$\mu$  = La media de la población de los datos del experimento.

$T_i$  = Efecto del tratamiento i.

$E_{ij}$  = Error experimental (35).

### **3.6. Instrumentos de investigación.**

Se realizaron análisis de composición química del rastrojo, mismo que fue inoculado con el hongo ostra.

#### **3.6.1. Variables estudiadas.**

##### **3.6.1.1. Porcentaje de nitrógeno, fósforo y potasio de las muestras inoculadas con el hongo (*Pleurotus ostreatus*).**

Para determinar el porcentaje de (NPK) se recolectó 200 g de cada muestra y luego se procedió a homogenizar hasta obtener 1 kg, para ser sometido al análisis correspondiente en los laboratorios de la Estación Experimental Tropical Pichilingue del INIAP.

##### **3.6.1.2. Contenido de Materia Orgánica y pH de las muestras inoculadas con el hongo (*Pleurotus ostreatus*).**

Para obtener la materia orgánica del sustrato se recolectó 200 g de cada muestra y luego se procedió a homogenizar hasta obtener 1 kg para ser sometido al análisis correspondiente en los laboratorios de la Estación Experimental Tropical Pichilingue del INIAP.

Para obtener el pH del sustrato, se midió con un pH metro cada muestra al inicio y finalización de la investigación en los laboratorios del campus La María.

##### **3.6.1.3. Porcentaje la eficiencia biológica del hongo (*Pleurotus ostreatus*) de las muestras inoculadas en distintos residuos agrícolas.**

Para evidenciar la potencialidad del uso del sustrato como medio de cultivo en la producción del hongo (*Pleurotus ostreatus*) se utilizó la siguiente fórmula:

$$\text{Eficiencia Biológica} = \frac{\text{peso fresco del hongo (g)}}{\text{peso seco del sustrato (g)}} \times 100$$

### 3.7. Tratamientos de los datos.

El análisis estadístico se realizó mediante el análisis de varianza ANDEVA y las medias fueron comparadas a través de la prueba del Test de Tukey ( $P \leq 0.05$ ), con la utilización del software para análisis estadístico de aplicación general desarrollado bajo un paquete estadístico versión libre. La información obtenida se tabuló en Excel y luego pasaron al software estadístico InfoStat (36), a continuación se presenta los tratamientos en estudio en la tabla 8.

**Tabla 8.** *Tratamiento en estudio.*

| <b>Tratamientos</b> | <b>Dosis del hongo (<i>Pleurotus ostreatus</i>)</b>                                      |
|---------------------|--|
| <b>T1</b>           | Panca de maíz con 0,05 % de <i>Pleurotus ostreatus</i> .                                 |
| <b>T2</b>           | Paja de arroz con 0,05 % de <i>Pleurotus ostreatus</i>                                   |
| <b>T3</b>           | Cáscara de maní con 0,05 % de <i>Pleurotus ostreatus</i>                                 |
| <b>T4</b>           | Panca de maíz + paja de arroz + cáscara de maní con 0,05 % de <i>Pleurotus ostreatus</i> |

Autor: Pinos, K. (2020)

## **3.8. Recursos humanos y materiales**

### **3.8.1. Humanos.**

Talento humano que contribuyó a la realización del presente proyecto de investigación:  
Director de la Unidad de Integración Curricular Dr. Orly Fernando Cevallos Falquez.  
Estudiante y autor de la Unidad de Integración Curricular Kattia Paulina Pinos Coello.

### **3.8.2. Materiales y equipos.**

### **3.8.3. Especie de hongo comestible.**

- Hongo (*Pleurotus ostreatus*)

### **3.8.4. Sustratos.**

- Paja de arroz
- Panca de maíz
- Cáscara de maní
- Semillas de maíz

### **3.8.5. Reactivos.**

- Agar de papa y dextrosa (APD )
- Ácido sulfúrico
- Hidróxido de sodio
- Carbonato sódico
- Pastillas catalizadoras

### **3.8.6. Materiales de vidrio.**

- Vasos de precipitación
- Cajas Petri
- Matraz Erlenmeyer de 500 y 1000 ML
- Frascos de vidrio
- Tubos digestores Bureta

### **3.8.7. Materiales otros.**

- Alcohol 96°
- Fundas de poli papel
- Piola
- Pinzas
- Fundas de polipropileno
- Sacabocado de 4 mm
- Mechero
- Gasa y algodón
- Marcador permanente
- Mango de bisturí
- Vasos Beker

### **3.8.8. Equipos.**

- Estufa de cultivo marca Memmert
- Cabina de Bioseguridad Tipo II marca Labconco
- Autoclave marca All American.
- Balanza marca Sartorius
- Balanza analítica marca OHAUS.
- Calentador agitador marca Heidolph Balanza analítica
- Agitador magnético
- Picadora comercial marca JF-30P
- Termómetro

- Bolígrafo
- Calculadora
- Cámara digital
- Computadora
- Marcador permanente
- Libreta de apuntes

### **3.9. Manejo del experimento.**

#### **3.10. Esterilización.**

El instrumental que se utilizó en este trabajo experimental fue esterilizado en la estufa a 180 °C durante un tiempo de 2 horas y media, los materiales de vidrios se lavaron 3 veces antes de usarlo.

#### **3.11. Medio de cultivo.**

Previo a la instalación del experimento se utilizó un medio de cultivo sólidos en placas, el cual fue: Agar de papa y dextrosa (APD).

##### **3.11.1. Preparación de medio de cultivo APD.**

Se solubilizó 0.039 kg de APD en 1dm<sup>3</sup> de agua bidestilada y se reguló el pH en 5.6 unidades con respecto al valor inicial, con una solución de hidróxido de sodio 1N. Posteriormente se esterilizó a 121° C y 1.0546 kg/cm<sup>2</sup> de presión durante 0.25 hora; transcurrido este tiempo se depositó el medio de cultivo en cajas de Petri estériles de 9 cm de diámetro dentro de la campana de flujo laminar, posteriormente se dejó solidificar el medio y se incubó a 25.6° C durante 24 horas para prueba de esterilidad. Las cajas cuyo medio no presentaron contaminación, se guardaron en bolsas de poli papel en refrigeración con la finalidad de evitar contaminación y deshidratación del medio.

### **3.11.2. Preparación del sustrato para la multiplicación de semillas.**

Se utilizó semillas de maíz (*Zea mays*) el cual sirvió como fuente de sustrato para la inoculación del hongo, debido a sus componentes nutricionales haciéndola apta para el desarrollo adecuado del micelio, se seleccionaron aquellos granos que no estén alterados en su estructura, y que estén libres de ataques de microorganismos o plagas. Se eliminó toda impureza que contenga el grano, y posteriormente se procedió a lavar. Los granos se colocaron en frascos de boca ancha con una cantidad de 100 gr aproximadamente y se remojaron durante 24 horas con el objetivo de proporcionarle la humedad adecuada, luego fueron sellados y llevados a la autoclave a una temperatura de 121 °C por 0.5 hora para obtener un medio esterilizado eliminando microorganismos que puedan afectar en el proceso, luego se procedió a enfriar los frascos al ambiente.

La incubación se realizó incorporando 0,015 dm<sup>3</sup> de micelio en cada frasco debidamente sellados a una temperatura de 25.6 °C durante 8 -10 días o hasta que el micelio invadió totalmente la semilla. Este procedimiento se ejecutó dentro de la cámara de flujo laminar, desinfectando con alcohol, para así evitar contaminación microbiana.

### **3.12. Preparación del sustrato para la degradación.**

Se procedió a picar el rastrojo en trozos de 0.03m a 0.05m mediante una picadora comercial marca JF-30P, ya que permitió una adecuada retención de humedad y por ende el fácil manejo del sustrato. Este fue humedecido por 24 horas y escurrido por una 1 hora. Luego fueron embolsado en unidades equivalentes 1 kg de peso seco en bolsas nuevas de poli papel en medidas de 23 x 0.37 m. Finalmente se esterilizó en la autoclave a una temperatura de 121 °C, el mismo que se dejó enfriar hasta que alcance la temperatura ambiente.

### **3.13. Inoculación de la semilla.**

Las bolsas fueron llevadas a la autoclave, el cual proporcionó un medio estéril, donde con la ayuda de unas pinzas se trasladó el sustrato a una funda plástica transparente para otorgarle las condiciones de luz necesarias que permitieron el crecimiento del hongo. En una balanza analítica se pesó los granos que fueron invadidos con el micelio del hongo, inoculando los

sustratos correspondientes, logrando obtener tres tratamientos y cuatro repeticiones cada uno teniendo 12 unidades experimentales.

### **3.14. Mantenimiento de los cultivos.**

Una vez sembradas las bolsas, se llevó a invernadero y se procedió a la incubación. Ésta es la primera etapa de la producción y consistió en proporcionarle oscuridad para que el hongo empiece a crecer o a invadir al sustrato. La temperatura requerida por los hongos en esta etapa es de 15 a 22°C. La humedad debe estar entre 60 a 70%. Posteriormente se realizó varios agujeros a la bolsa, con una cuchilla limpia, para que los hongos crezcan y para que obtengan el 90% de oxígeno que necesitan para fructificar. La temperatura promedio para esta etapa es de 10 a 18°C y la humedad aproximada debe ser de 80 a 90%. Los primordios aparecieron aproximadamente ocho días después, se desarrollaron completamente entre seis o siete días alcanzando así su madurez comercial y un diámetro de 8 a 12 centímetros.

### **3.15. Cosecha de los cultivos.**

La cosecha se realizó a los 30 y 45 días después de la siembra cuando los hongos estaban perfectamente formados dando un aspecto de orejas y/o sombreros con diámetros que podrían variar de 3 hasta 12cm. por lo cual, se mantuvo una constante vigilancia en su desarrollo, en todo su ciclo de crecimiento y fructificación, con el fin de proporcionarle las condiciones óptimas de temperatura, luz, humedad, riego y ventilación suficiente.

**CAPÍTULO IV**  
**RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

## 4.1. Resultados.

### 4.1.1. Contenido de nitrógeno, fósforo y potasio de las muestras inoculadas con el hongo (*Pleurotus ostreatus*).

Los valores en porcentaje de Nitrógeno, fósforo y potasio obtenido en los sustratos biodegradados de cada tratamiento, de acuerdo al análisis estadístico, se puede observar que existe una diferencia significativa ( $P \geq 0.05$ ) entre los tratamientos en cuanto al nutriente de nitrógeno, mientras que los macronutrientes fósforo y potasio no presentaron ninguna variación significativa ( $P \geq 0.05$ ) por lo que se podría decir que, la concentración de 0.05 kg/kg de sustrato inoculados con el hongo ostra, produjo porcentajes bajos de NPK, el tratamiento 1 con 0.41, 0.09 y 0.68%; seguido del tratamiento 2 con 0.40, 0.08 y 0.82% respectivamente. Sin embargo, cabe destacar que el tratamiento 3 presentó los menores porcentajes de macronutrientes con 0.36, 0.08 y 0.71%. Resultados que se pueden observar en la tabla 9.

**Tabla 9.** Prueba de significación de Tukey para análisis de: ( N P K)

| Tratamientos | N                 | P                 | K                 |
|--------------|-------------------|-------------------|-------------------|
| 1            | 0,41 <sup>a</sup> | 0,09 <sup>a</sup> | 0,68 <sup>c</sup> |
| 2            | 0,40 <sup>b</sup> | 0,08 <sup>a</sup> | 0,82 <sup>a</sup> |
| 3            | 0,36 <sup>c</sup> | 0,08 <sup>a</sup> | 0,71 <sup>b</sup> |
| 4            | 0,39 <sup>a</sup> | 0,08 <sup>a</sup> | 0,73 <sup>b</sup> |
| CV%          | 5,95              | 10,52             | 7,66              |

Letras iguales no difieren estadísticamente al nivel  $P \geq 0.05$ .

Autor: Pinos, K. (2020)

Estos resultados se asemejan a lo señalado por Herrera *et al.* (45) en su estudio valoración de los residuos generados en el cultivo de hongos (*Pleurotus* spp.) como biofertilizante para la producción de plántulas de chile (*Capssicum annum*), reportan que los valores de NPK fueron bajos con 1.05, 0.47, 0.30% respectivamente, mismo que manifiesta que estos resultados se deben al tipo de sustrato que se emplea para que el hongo pueda colonizarlo. A su vez Sasaki y Alvarado (44), en su estudio manual del curso básico de agricultura orgánica, sostiene que la mineralización de los macronutrientes va a depender del tiempo de incubación y del tamaño de la partícula para obtener un mejor resultado.

De acuerdo con Rinker (46), en su investigación el sustrato gastado (residual) de hongos ostra a base de residuos agrícolas, indica que obtuvo valores aceptables para nitrógeno y potasio 1.70, 0.61 y 1,13% mismo que determina que los hongo durante el proceso de descomposición liberan cantidades de nutrientes disponibles que pueden ser absorbidos por las plantas durante su desarrollo. Según ICONTEC (47), la norma NTC-5167 establece como requisito que los productos orgánicos usados como abonos o fertilizantes y como enmiendas del suelo deben de cumplir con un porcentaje mayor al 1% en cuanto a contenido de NPK cada uno, para que garantice un aporte nutrimental a la planta.

#### **4.1.1. Contenido de materia orgánica y pH de las muestras inoculadas con el hongo (*Pleurotus ostreatus*).**

##### **4.1.1.1. Materia Orgánica.**

Los porcentajes obtenidos de materia orgánica de cada tratamiento al final de su período productivo, de acuerdo con el análisis estadístico, manifiestan que existen diferencias significativas entre los tratamientos ( $P \geq 0.05$ ), donde el T3(Cáscara de maní + P.O) presentó el mayor valor de materia orgánica con una media de 40,25 mientras que T1(Panca de maíz + P.O) obtuvo el menor valor con 31,50 presentando un coeficiente de variación de 1,74%. Resultados que se pueden observar en la tabla 10.

**Tabla 10.** Prueba de significación de Tukey para análisis de: *Materia Orgánica*.

| <b>Tratamientos</b> | <b>MO</b>          |
|---------------------|--------------------|
| <b>1</b>            | 31,50 <sup>d</sup> |
| <b>2</b>            | 37,50 <sup>b</sup> |
| <b>3</b>            | 40,25 <sup>a</sup> |
| <b>4</b>            | 35,00 <sup>c</sup> |
| <b>CV%</b>          | 1,74               |

Letras iguales no difieren estadísticamente al nivel  $P \geq 0.05$ .

Autor: Pinos, K. (2020)

De acuerdo a Kenji (40), en su estudio producción de setas comestibles *Pleurotus ostreatus* en residuos lignocelulósicos y evaluación de las características del sustrato agotado para su uso como fertilizante orgánico, indica que obtuvo valores de materia orgánica con un promedio del 40% a los 45 días, la cual el manifiesta que el factor tiempo

también influye directamente en la tasa de descomposición del sustrato, es decir, cuanto mayor sea el tiempo de micelización del sustrato mejor actividad de descomposición por ende el contenido de materia orgánica tiende a disminuir, por lo que se coincide con los resultados de la investigación presente, la cual permite afirmar que, el aporte de microorganismos, influyó favorablemente en la biodegradación del sustrato, a excepción del tratamiento T3 el cual presentó mayor valor, posiblemente por ser un residuo muy fibroso que no permite acelerar el proceso degradatorio del sustrato.

Así mismo Landschoot *et al.* (41), en su investigación uso del sustrato de hongos gastado como admisión de suelo para mejorar el césped, manifiesta que el contenido de materia orgánica en biomasa fúngica oscila entre 30 y 40% ya que es el principal componente de los sustratos, el mismo que va tener dependencia del tipo de sustrato que se utilice.

#### 4.1.1.2. pH.

Los porcentajes obtenidos de pH de cada tratamiento al inicio y al final de su período productivo de acuerdo con el análisis estadístico, manifiestan que existen diferencias significativas entre los tratamientos ( $P \geq 0.05$ ), donde el T4 (Mezcla + P.O) presentó el mayor valor de pH inicial y final con una media de (7,48) y (7,31) respectivamente, mientras que el T3 (cáscara de maní + P.O) obtuvo el menor valor con (6,63) y (6,51) presentando un coeficiente de variación de (0,28) y (0,20) respectivamente. Resultados que se pueden observar en la tabla 11.

**Tabla 11.** Prueba de significación de Tukey para análisis de: pH Inicial y pH final.

| Tratamientos | pH inicial        | pH final          |
|--------------|-------------------|-------------------|
| 1            | 7,40 <sup>b</sup> | 7,23 <sup>b</sup> |
| 2            | 6,94 <sup>c</sup> | 6,82 <sup>c</sup> |
| 3            | 6,63 <sup>d</sup> | 6,51 <sup>d</sup> |
| 4            | 7,48 <sup>a</sup> | 7,31 <sup>a</sup> |
| CV%          | 0,28              | 0,20              |

Letras iguales no difieren estadísticamente al nivel  $P \geq 0.05$ .  
 Autor: Pinos, K. (2020)

Al respecto Naranjo (37), en su investigación aplicación de microorganismos para acelerar la transformación de desechos orgánicos en compost, indica que el valor

promedio general de pH fue de 7,57. Por lo tanto, este estudio revela resultados similares a la presente investigación.

Albán (38), en su estudio cultivo del hongo ostra en tres tipos de residuos de la madera de bolaína blanca (*Guazuma crinita*), encontró que el pH final a los 60 días presentó el menor valor el tratamiento de Viruta – Aserrín (V+A) con una media de 7, mientras que el mayor fue el tratamiento con Paja de arroz (Pj) con 8,4 en la cual los valores de pH aumentaron cuando lo normal es la disminución, esto se debe a la cantidad de dióxido de carbono que se produce o la respiración del hongo. De acuerdo con Zuñiga (39), en su estudio de materia orgánica del suelo, manifiesta que pH ácidos la actividad microbiológica disminuye afectando la mineralización de materia orgánica, en pH de 6 a 8 la actividad microbiana aumenta, además facilita la absorción de nutrientes para las plantas.

#### **4.1.2. Porcentaje de la eficiencia biológica del hongo (*Pleurotus ostreatus*) de las muestras inoculadas en distintos residuos agrícolas.**

Los porcentajes de eficiencia biológica obtenidos de cada tratamiento al final de su período productivo, de acuerdo al análisis estadístico, manifiestan que existen diferencias significativas entre los tratamientos ( $P \geq 0.05$ ), donde el T1(Panca de maíz + P.O) presentó el mayor valor de eficiencia biológica con un valor de 77,95, mientras que T3(cáscara de maní + P.O) obtuvo el menor valor con 41,76 presentando un coeficiente de variación de 3,29 %. Resultados que se pueden observar en la tabla 12.

**Tabla 12.** Prueba de significación de Tukey para análisis de: Eficiencia Biológica.

| <b>Tratamientos</b> | <b>EB</b>          |
|---------------------|--------------------|
| <b>1</b>            | 77,95 <sup>a</sup> |
| <b>2</b>            | 57,04 <sup>b</sup> |
| <b>3</b>            | 41,76 <sup>c</sup> |
| <b>4</b>            | 60,55 <sup>b</sup> |
| <b>CV%</b>          | 3,29               |

Letras iguales no difieren estadísticamente al nivel  $P \geq 0.05$ .

Autor: Pinos, K. (2020)

Aquilla (42), en su estudio análisis de la capacidad degradativa de residuos lignocelulósicos utilizando el hongo (*Pleurotus ostreatus*), indica que obtuvo un promedio de 14,5% en eficiencia biológica en el tratamiento a base de bagazo de caña, mientras que en el tratamiento a base de paja de arroz obtuvo valores superiores con un 60% de eficiencia biológica, concluye que los porcentajes altos de eficiencia biológica que superen el 40% se debe a una adecuada colonización en el sustrato y por lo tanto se obtendrá una óptima producción de setas y aquellos que sean inferiores de 40% no serían económicamente rentables.

Además Aguinaga (43), en su investigación evaluación de cuatro sustratos para la producción del hongo ostra (*Pleurotus ostreatus*) en tres ciclos de producción en la zona de Tambillo, provincia de Pichincha presentó una eficiencia biológica superior al 40% en el tratamiento a base de bagazo de caña, afirma que esto puede atribuirse a la variación de temperatura, humedad, horas luz y aireación en que se desarrolla el hongo, por lo que este estudio se asimila a los resultados de la presente investigación, el cual presentó valores mayores al 40% en cuanto a eficiencia biológica.

## **CAPÍTULO V**

### **CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

## 5.1. Conclusiones.

De acuerdo a los resultados obtenidos en la presente investigación, se concluye que:

- En contenido de (NPK) el mejor tratamiento fue el T1(panca de maíz + *Pleurotus ostreatus*) presentó mayor contenido de nitrógeno y fósforo con valores de 0.41, 0.09 y 0.68 mientras que el T3(cáscara de maní + *Pleurotus ostreatus*) obtuvo el valor más bajo en cuanto al contenido de nitrógeno con 0.36, 0.08 y 0.71.
- El T1 (panca de maíz + *Pleurotus ostreatus*) obtuvo el valor de 31,50 en materia orgánica, mientras que el T3(cáscara de maní + *Pleurotus ostreatus*) obtuvo un valor de 40,25 presentando baja degradabilidad. En cuanto a pH el T4 (mezcla + *Pleurotus ostreatus*) obtuvo el porcentaje más alto en pH inicial y final con (7,48) y (7,31) respectivamente, mientras que el T3 (cáscara de maní + *Pleurotus ostreatus*) de (6,63) y (6,51) respectivamente.
- El T1 (panca de maíz + *Pleurotus ostreatus*) obtuvo un valor de 77,95 en eficiencia biológica, siendo el mejor tratamiento, en comparación con los otros tratamientos en estudio.

### **5.1.2. Recomendaciones.**

Con base a los resultados y conclusiones se recomienda:

- La aplicación de este abono en parcelas de huertos familiares por presentar pH cerca a la neutralidad el cual facilita la absorción de nutrientes, además de presentar materia orgánica indispensable para el desarrollo de las plantas.
- Se recomienda la utilización de otros tipos de sustratos los cuales no sean muy fibrosos, para que permita lograr una colonización homogénea y a su vez acelerar la biodegradación de los residuos.
- Socializar la presente investigación a nivel de organizaciones campesinas para lograr difundir la tecnología utilizada y así incentivar la producción, aprovechando desechos orgánicos de la agricultura y a su vez fomentar el consumo de hongos comestibles.

## **CAPÍTULO VI**

### **BIBLIOGRAFÍA**

## 6.1. Referencias Bibliográficas.

1. Meneses Florián L, Julca Otiniano A, Blas Sevillano R, Bello Amez S. La materia orgánica, importancia y experiencia de su uso en la agricultura. Scielo. 2006; 24(1): p. 49-61.
2. Cajamarca D. Procedimientos para la elaboración de abonos orgánicos. Tesis de grado. Universidad de Cuenca, Facultad de Ciencias Agropecuarias; 2012.
3. Quizhpilema L. Validación de la tecnología para la producción e industrialización de hongos comestibles (*Pleurotus ostreatus*) utilizando sustratos orgánicos. Tesis de grado. Riobamba: Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Escuela de Ingeniería en Industrias Pecuarias; 2013.
4. Ramos Agüero D, Terry Alfonso E. Generalidades de los abonos orgánicos: importancia del bocashi como alternativa nutricional para suelos y plantas. Redalyc. 2014; 35(4): p. 52-59.
5. Gerald C, Robertson R, Sulser T. Cambio climático: Impacto en la agricultura y costos de adaptación. Washington D.C: Instituto Internacional de Investigación sobre políticas alimentarias; 2012.
6. Calle A, Josefina, Pablo. Agricultura Urbana. Un paso hacia una ciudad sostenible. Leisa. 2015; 35: p. 4.
7. Carlos G. Desarrollo y aplicación de procesos tecnológicos para la elaboración de conservas a base de pitaya (*Stenocereus* spp.) de la región mixteca. Tesis de grado. Oaxaca - México: Universidad Tecnológica de la Mixteca; 2006.
8. Grijalva Vallejos N. Degradación de residuos vegetales mediante inoculación con cepas microbianas". Enfoque UTE. 2013 Junio 27; 4(1).
9. Suárez C, Holguín MS. Evaluación de medios de cultivo sintéticos y cereales para la producción de semilla de setas comestibles. Revista Colombiana de Ciencias Hortícolas. 2012 Julio 21; 5(1): p. 130-140.
10. Nevárez Quiñones D. Aprovechamiento de residuos agroforestales para el cultivo de hongos (*Pleurotus* sp.). Tesis de grado. Victoria de Durango: Instituto Politécnico Nacional; 2012.
11. Wisbeck E, Alves E, Lima S, Gern R, Silveira M, Furlan S. Medio de cultivo de mantenimiento e inóculo a base de hojas de durazno para *Pleurotus* spp. producción. Arq. Inst. Biol. 2016 Octubre 20; 83(1): p. 1-7.
12. Sánchez J, Royse D. La biología y el cultivo de *Pleurotus* spp. Primera ed. San Cristóbal de Las Casa: Uteha (Noriega editores) -Ecosu; 2001.

13. González LE, Giraldo G, Duque A. Periodo de cosecha y metodo de conservacion del hongo comestible *Pleurotus ostreatus*. Colombia: Universidad del Valle, Ingenieria de Recursos naturales y del ambiente; 2011. Report No.: 1692-9918.
14. Miranda M. Evaluación del Sustrato Post-Producción de Hongos Comestibles *Pleurotus Ostreatus* en la Alimentación de Cuyes. Tesis de grado. Riobamba: Escuela Superior Politécnica de Chimborazo; 2013.
15. Paucara L. Evaluación de la producción del hongo *pleurotus ostreatus* sobre cinco tipos de sustratos (tamo de trigo, tamo de cebada, tamo de vicia, tamo de avena y paja de páramo); enriquecidos con tuza molida, afrecho de cebada y carbonato de calcio en la provincia. tesis de grado. carmen pampa la paz: Universidad Católica Boliviana San Pablo; 2014.
16. Amable , Torres V, Ocampo R, Rodriguez W, Vera J, Salazar T, et al. Calidad alimenticia del hongos *Pleurotus ostreatus*, fresco y deshidratado, cultivado en tres residuos agricolas. Revista Espamciencia. 2017; 8: p. 12-14.
17. Paredes J. Aplicación del hongo *Pleurotus ostreatus* como alternativa para la biorremediación de suelos contaminados con metales pesados.. Guayaquil: Escuela Superior Politecnica del Litoral; 2012.
18. Miranda M. Evaluación del Sustrato Post-Producción de Hongos Comestibles *Pleurotus Ostreatus* en la Alimentación de Cuyes. Riobamba: Escuela Superior Politecnica de Chimborazo; 2013.
19. Delfín-Alcalá I, Durán-de-bazúa C. Biodegradacion de Residuos Urbanos Lignocelulósicos Por (*Pleurotus sapidus*). Revista Internacional de Contaminación Ambiental. 2011 Mayo; 19(I): p. 37-45.
20. Rodriguez AP, Gómez W, Zambrano E, Armando. Amazonia estudio microbiológico y fisicoquímico de hongos comestibles (*Pleurotus ostreatus* y *Pleurotus pulmonarius*) frescos y deshidratados. 2014.
21. Basantes E. Manejo de Cultivos Andinos del Ecuador. Tesis de grado. Quito: Universidad de las Fuerzas Armadas; 2014.
22. Toledo M. Residuos de maíz y quinua como potenciales sustratos para el cultivo de *Pleurotus ostreatus*. tesis de grado. Riobamba: Escuela Superior Politécnica de Chimborazo; 2015.
23. Rios MDP, Hoyos JL, Mosquera SA. Evaluación de los parámetros productivos de la semilla de *Pleurotus ostreatus* propagada en diferentes medios de cultivo. Biotecnología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial. 2010; 8(2): p. 86-94.
24. Betancourt D, Ortega G, Alvarez I, Gonzales A. Biotransformacion de Residuos Lignocelulosicos con Hongos *Pleurotus*. Revista Cenic. 2011;(36).

25. Coronado A. Uso potencial del rastrojo de tomate como sustrato para el cultivo de *Pleurotus* spp. *Revista Mexicana de Micología*. 2008; II(13): p. 17-24.
26. Ravera C, Bettera C, Fernandez M, Estive E, Piñeda H. Aprovechamiento de los residuos agrícolas. Procesamiento de la caja de maní, su conversión biológica y productos. I Simposio Iberoamericano de Ingeniería de Residuos. Córdoba; 2018.
27. Jonathan E, Kevin L. Obtención de papel a partir de la cáscara de maní (*Arachis hipogaea*). tesis de grado. Guayaquil: Universidad de Guayaquil; 2017.
28. INIA. Utilización de la paja de arroz en la alimentación animal. Artigas: Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria; 2008.
29. Nieto D, Robles F, Piña AB. Utilización de residuos agrícolas y agroindustriales en el cultivo y producción del hongo comestible seta (*Pleurotus* spp.). *Revista Internacional de Contaminación Ambiental*. 2016; 32: p. 141-151.
30. Julca Otiniano A, Meneses-Florian L, Blas Sevillano R, Bello Amez S. La materia orgánica, importancia y experiencia de su uso en la agricultura. *Idesia*. 2006; 24(1): p. 49-61.
31. Bosquez A. Evaluación de cuatro sustratos para la producción del hongo ostra (*Pleurotus ostreatus*) en tres ciclos de producción en la zona de Tambillo, Provincia de Tungurahua. Tesis de grado. Quito: Escuela Politécnica Nacional, Facultad de Ingeniería Química y Agroindustrial; 2012.
32. Jaramillo I. Evaluación de tres residuos agroindustriales lignocelulósicos provenientes de cebada (*Hordeum vulgare* L.), arroz (*Oryza sativa*) y eucalipto (*Eucalyptus globulus* L.) para el cultivo de dos cepas de hongo ostra (*Pleurotus ostreatus* j.) bajo invernadero. Tesis de grado. Riobamba: Escuela Superior Politécnica del Chimborazo; 2013.
33. Bejarano J. Caracterización fisicoquímica del sustrato agotado de *Pleurotus ostreatus* (Orellana) y sus potencialidades agroindustriales. Tesis de grado. Santiago de Cali: Universidad San Buenaventura Cali; 2016.
34. INAMHI. Red de estaciones Meteorológicas. [Online].; 2018. Available from: <http://www.serviciometeorologico.gob.ec/red-de-estaciones-meteorologicas/>.
35. Conceptos Básicos de Inferencia Estadística. Conceptos Básicos de Inferencia Estadística. [Online].; 2008 [cited Noviembre. Available from: [http://dm.udc.es/asignaturas/estadistica2/sec3\\_2.html](http://dm.udc.es/asignaturas/estadistica2/sec3_2.html).
36. InfoStat Software Estadístico version 2020.; 2020. Available from: <https://www.infostat.com.ar/index.php?mod=page&id=15>.
37. Naranjo E. Aplicación de microorganismos para acelerar la transformación de desechos orgánicos en compost. Tesis de grado. Ambato; 2013.

38. Calderón A, Araujo M, Albán L. Cultivo del hongo ostra (*Pleurotus ostreatus*) en tres tipos de residuos de la madera de bolaina blanca (*guazuma crinita*). Tesis de grado. Lima: Universidad Nacional Agraria La Molina; 2018.
39. Zuñiga Tarango R. Materia Organica del suelo. Abonos y plasticultura; 2003.
40. Kenji E. Producción de setas comestibles *Pleurotus ostreatus* en residuos lignocelulosicos y evaluacion de las carateristicas del sustrato agotado para su uso como fertilizante organico. Tesis de grado. Curitiba: Universidad Federal de Paraná; 2000.
41. Landschoot P, A M. Uso del sustrato de hongos gastado como enmienda del suelo para mejorar el césped. Pensilvania: Universidad Estatal de Pensilvania; 2017.
42. Auquilla P, Auquilla D. Analisis de la capacidad degradativa de residuos lignocelulosicos utilizando el hongo *Pleurotus ostreatus*. Tesis de grado. Cuenca: Universidad Politecnica Salesiana sede Cuenca; 2013.
43. Aguinaga P. Evaluación de cuatro sustratos para la producción del hongo ostra (*Pleurotus ostreatus*) en tres ciclos de producción en la zona de Tambillo, provincia de Pichincha. Tesis de Pregrado. Quito: Escuela Politecnica Nacional; 2012.
44. Sasaki S, Alvarado M. Manual del curso básico de agricultura organica. Alajuela: Estacion experimental agrícola “Fabio baudrit M; 1994.
45. Herrera J. Valoracion de los Residuos Generados en el cultivo de hongos (*Pleurotus spp*) como biofertilizante para la produccion de plantulas de chile (*Capssicum annum*). Tesis de grado. Chile: Instituto Politecnico Nacional; 2016.
46. Rinker D, Woo S. El sustrato gastado (residual) de hongos ostra. Canada: Universidad de Guelph; 2015.
47. ICONTEC. Productos para la industria agricola. Productos orgánicos usados como abonos o fertilizantes y enmiendas o acondicionadores de suelos. Instituto Colombiano de Normas Tecnicas y Certificacion. 2011 Marzo 31; 2° Actualizacion: p. 15-16.

## **CAPÍTULO VII**

### **ANEXOS**

## 7.1. Anexos.

### 7.1.1. Análisis de varianza de las variables estudiadas.

*Anexo 1. Análisis de varianza de la variable contenido de nitrógeno.*

| <b>Fuente</b>      | <b>DF</b> | <b>Suma de Cuadrados</b> | <b>Cuadrado de la media</b> | <b>F-Valor</b> | <b>P-Valor</b> | <b>CV%</b> |
|--------------------|-----------|--------------------------|-----------------------------|----------------|----------------|------------|
| <b>Tratamiento</b> | 3         | 0,01                     | 3,9                         | 7,50           | 0,0043         | 5,95%      |
| <b>Error</b>       | 12        | 0,01                     | 5,2                         |                |                |            |
| <b>Total</b>       | 15        | 0,02                     |                             |                |                |            |

*Anexo 2. Análisis de varianza de la variable contenido de potasio.*

| <b>Fuente</b>      | <b>DF</b> | <b>Suma de Cuadrados</b> | <b>Cuadrado de la media</b> | <b>F-Valor</b> | <b>P-Valor</b> | <b>CV%</b> |
|--------------------|-----------|--------------------------|-----------------------------|----------------|----------------|------------|
| <b>Tratamiento</b> | 3         | 3,5                      | 1,2                         | 1,65           | 0,2309         | 10,52      |
| <b>Error</b>       | 12        | 8,5                      | 7,1                         |                |                |            |
| <b>Total</b>       | 15        | 12                       |                             |                |                |            |

*Anexo 3. Análisis de varianza de la variable contenido de fósforo.*

| <b>Fuente</b>      | <b>DF</b> | <b>Suma de Cuadrados</b> | <b>Cuadrado de la media</b> | <b>F-Valor</b> | <b>P-Valor</b> | <b>CV%</b> |
|--------------------|-----------|--------------------------|-----------------------------|----------------|----------------|------------|
| <b>Tratamiento</b> | 3         | 0,2                      | 0,1                         | 2,52           | 0,1072         | 7,66%      |
| <b>Error</b>       | 12        | 0,4                      | 3,0                         |                |                |            |
| <b>Total</b>       | 15        | 0,6                      |                             |                |                |            |

*Anexo 4. Análisis de varianza de la variable materia orgánica.*

| <b>Fuente</b>      | <b>DF</b> | <b>Suma de Cuadrados</b> | <b>Cuadrado de la media</b> | <b>F-Valor</b> | <b>P-Valor</b> | <b>CV%</b> |
|--------------------|-----------|--------------------------|-----------------------------|----------------|----------------|------------|
| <b>Tratamiento</b> | 3         | 166,19                   | 55,40                       | 139,95         | 0,0001         | 1,74%      |
| <b>Error</b>       | 12        | 4,75                     | 0,40                        |                |                |            |
| <b>Total</b>       | 15        | 170,94                   |                             |                |                |            |

**Anexo 5. Análisis de varianza de la variable pH inicial.**

| Fuente      | DF | Suma de Cuadrados | Cuadrado de la media | F-Valor | P-Valor | CV%   |
|-------------|----|-------------------|----------------------|---------|---------|-------|
| Tratamiento | 3  | 1,92              | 0,64                 | 1653,98 | 0,0001  | 0,28% |
| Error       | 12 | 4,6               | 3,9                  |         |         |       |
| Total       | 15 | 2,38              |                      |         |         |       |

**Anexo 6. Análisis de varianza de la variable pH final.**

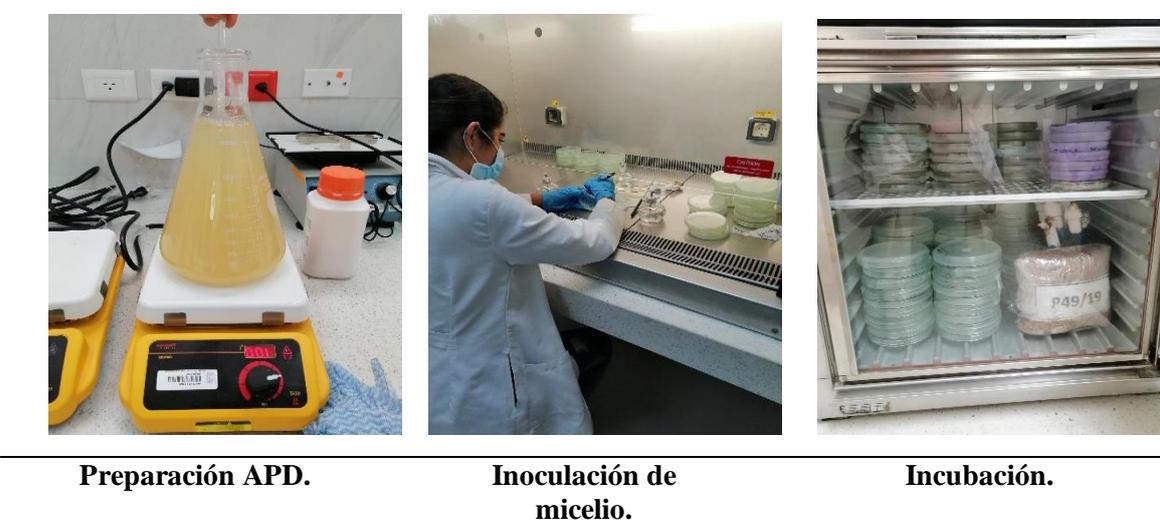
| Fuente      | DF | Suma de Cuadrados | Cuadrado de la media | F-Valor | P-Valor | CV%   |
|-------------|----|-------------------|----------------------|---------|---------|-------|
| Tratamiento | 3  | 1,69              | 0,56                 | 2900,42 | 0,0001  | 0,20% |
| Error       | 12 | 2,3               | 1,9                  |         |         |       |
| Total       | 15 | 1,91              |                      |         |         |       |

**Anexo 7. Análisis de varianza de la variable eficiencia biológica.**

| Fuente      | DF | Suma de Cuadrados | Cuadrado de la media | F-Valor | P-Valor | CV%  |
|-------------|----|-------------------|----------------------|---------|---------|------|
| Tratamiento | 3  | 2648,57           | 882,86               | 232,01  | 0,0001  | 3,29 |
| Error       | 12 | 45,66             | 3,81                 |         |         |      |
| Total       | 15 | 2694,23           |                      |         |         |      |

**7.1.2. Imágenes de investigación.**

**Figura 1.** Preparación de medio de cultivo para la reproducción del micelio.



**Preparación APD.**

**Inoculación de micelio.**

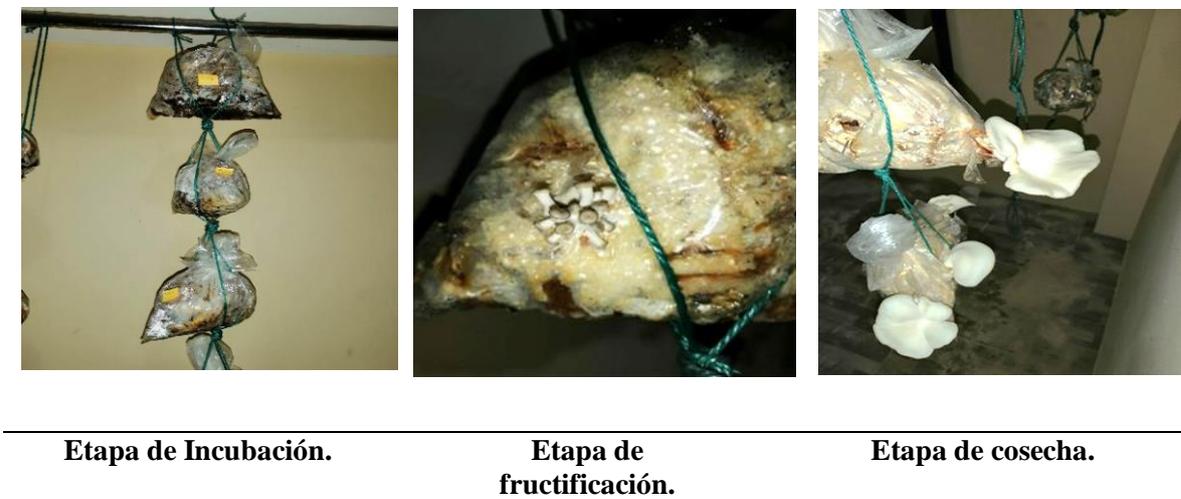
**Incubación.**

**Figura 2.** Inoculación de la de semilla para su multiplicación.

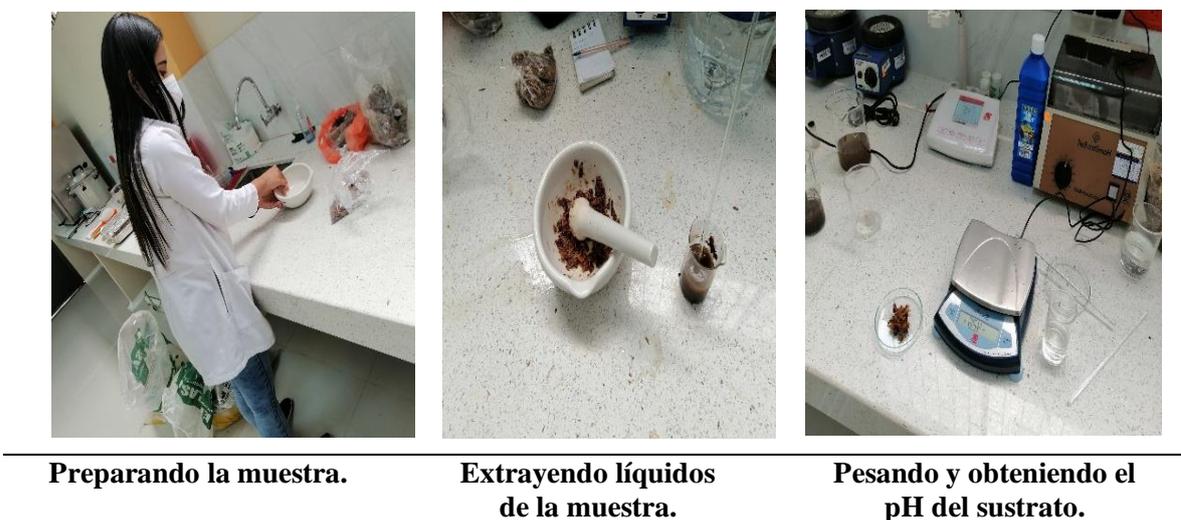
**Figura 3.** Siembra del micelio.



**Figura 4.** *Etapas productivas del hongo en los distintos sustratos.*



**Figura 5.** *Análisis de pH en el laboratorio del campus “la María”.*



**Figura 6. Resultados de análisis químicos del laboratorio de INIAP.**



**ESTACION EXPERIMENTAL TROPICAL "PICHILINGUE"**  
**LABORATORIO DE SUELOS, TEJIDOS VEGETALES Y AGUAS**  
 Km 5 Carretera Quevedo - El Empalme  
 Mocache - Ecuador Teléfono: 2783044 Ext. 201

|                          |                             |         |            |                          |            |
|--------------------------|-----------------------------|---------|------------|--------------------------|------------|
| Nombre del Propietario : | Pinos Coello Kattia Paulina | Telf.:  | 0990142502 | Reporte N° :             | 7440       |
| Nombre de la Propiedad : | Cultivo :                   | Abonos  |            | Fecha de muestreo :      | 10-09-2020 |
| Localización :           | San Camilo                  | Quevedo | Los Rios   | Fecha de ingreso:        | 21-09-2020 |
|                          | Parroquia                   | Cantón  | Provincia  | Fecha salida resultados: | 08/10/2020 |

**RESULTADOS E INTERPRETACION DE ANÁLISIS ESPECIAL DE BIOL**

| Número de Laboratorio | Identificación de las Muestras | pH  | Concentración |           |         |         |        |          |        |      |      |       |        |           |
|-----------------------|--------------------------------|-----|---------------|-----------|---------|---------|--------|----------|--------|------|------|-------|--------|-----------|
|                       |                                |     | %             |           |         |         |        |          |        |      | ppm  |       |        |           |
|                       |                                |     | MO            | Nitrógeno | Fósforo | Potasio | Calcio | Magnesio | Azufre | Boro | Zinc | Cobre | Hierro | Manganeso |
| 74732                 | M1 T1 Panca de Maiz            | 6.8 | 36            | 0.4       | 0.10    | 0.67    | 2.73   | 0.19     | 0.15   | 19   | 39   | 21    | 915    | 50        |
| 74733                 | M2 T2 Paja de Arroz            | 7.5 | 34            | 0.4       | 0.08    | 0.84    | 2.38   | 0.25     | 0.13   | 20   | 47   | 11    | 782    | 459       |
| 74734                 | M3 T3 Cascara de Mani          | 5.6 | 36            | 0.2       | 0.07    | 0.79    | 6.73   | 0.18     | 0.12   | 25   | 69   | 14    | 876    | 100       |

Observaciones: .....

  
 Dr. Manuel Carrillo Z  
 RESPONSABLE DPTO.

  
 LABORATORISTA



**Análisis químico de las muestras.**