



FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS AGROPECUARIAS

Elaboración de productos agroindustriales a partir de  
(*Pleurotus ostreatus, djamor*), como alternativa al poliestireno expandido.

Trabajo de Titulación presentado en conformidad con los requisitos  
establecidos para optar el título de Ingenieros Agroindustriales y  
Alimentos

Profesor Guía

Ms. Evelin Alexandra Tamayo Gutiérrez

Autores

Ana Gabriela Espinosa Alarcón

Víctor Hugo Pazmiño Paladines

Año

2016

## **DECLARACIÓN DEL PROFESOR GUÍA**

“Declaro haber dirigido este trabajo a través de reuniones periódicas con los estudiantes, orientando sus conocimientos y competencias para un eficiente desarrollo del tema escogido y dando cumplimiento a todas las disposiciones vigentes que regulan los Trabajos de Titulación”.

---

Evelin Alexandra Tamayo Gutiérrez  
Magister en Gestión de proyectos socio-productivos  
C.I.: 1713985198

### DECLARACIÓN DE AUTORÍA DEL ESTUDIANTE

“Declaramos que este trabajo es original, de nuestra autoría, que se han citado las fuentes correspondientes y que en su ejecución se respetaron las disposiciones legales que protegen los derechos de autor vigentes.”

---

Ana Gabriela Espinosa Alarcón  
C.I.: 1714195722

---

Víctor Hugo Pazmiño Paladines  
C.I.: 1715596217

## **AGRADECIMIENTO**

Agradecemos infinitamente a Dios por habernos permitido culminar un proyecto tan importante para nuestra carrera profesional, a nuestros padres amigos y familiares que jamás dejaron de apoyarnos y confiaron en nosotros. Agradecemos a Andrés Salazar quién nos acompañó paso a paso en este proyecto, a nuestra tutora Evelin Tamayo quien nos aportó con su conocimiento y fraternidad durante todo este camino. A nuestros amigos cercanos que fueron fundamentales con su apoyo absoluto para cumplir este reto.

## **DEDICATORIA**

Dedico primeramente a Dios, escritor del libro de mi vida que me permitió cerrar este capítulo imprescindible en mi camino profesional. A mi madre Janett, principal cimiento para la formación de lo que soy. Sentó en mí bases bajo su reflejo, lleno de virtudes infinitas y gran corazón que me llevan a admirarla cada día más. A mi padre Victor, quien forjó en mí los principales pilares bajo los valores de responsabilidad, honestidad, integridad y solidaridad. A Gaby, mi mejor amiga por su apoyo a lo largo de mi vida. A Lucy y Victor por su soporte para concluir este proyecto.

Víctor Pazmiño

## **DEDICATORIA**

Dedico este esfuerzo a mis padres Carlos y Eva, pilares fundamentales en mi vida quienes con amor me han enseñado a ser valiente y jamás rendirme, por ellos va mi lucha cada día para ser mejor, a mis hermanos por su incondicional apoyo, a Alejandro Vaca por caminar a mi lado durante este proceso por su paciencia y amor. A mi compañero de tesis y mejor amigo por compartir proyectos de vida y gran amistad.

Gabriela Espinosa

## RESUMEN

Poliestireno expandido es un polímero conocido por ser contaminante debido a que su degradación es lenta. Desarrollar una alternativa al mismo es una posible solución para eliminar el impacto ambiental causado por el poliestireno expandido. *Pleurotus spp.* posee cualidades físicas en su micelio parecidas a las del poliestireno expandido. Esta investigación tiene como objetivo desarrollar un material alternativo al poliestireno expandido, como material de soporte para uso agroindustrial, a partir de micelios del hongo *Pleurotus ostreatus* y *Pleurotus djamor*, utilizando desechos de cultivo del Ecuador como materia prima para el crecimiento del hongo. La identificación del sustrato óptimo de crecimiento para el crecimiento micelial fue basado en la eficiencia biológica resultante de la combinación entre el hongo, el sustrato y el método de siembra del hongo. A nivel experimental se emplearon los hongos ostra *Pleurotus ostreatus* y *Pleurotus djamor*, los sustratos fueron: cáscara de café (*Coffea canephora*), hoja de plátano (*Musa paradisiaca*) y tamo de cebada (*Hordeum vulgare*); el método de siembra de la semilla del hongo fue: en aserrín o en grano. Considerando todas estas variables, se estableció una guía de crecimiento micelial. Se realizó una comparación en las eficiencias biológicas de cada sustrato combinado con cada hongo y método de siembra, resultando ser el más apto *Pleurotus ostreatus* en tamo de cebada y método de siembra en grano. Esta combinación obtuvo un total de 70,7% en su eficiencia biológica. Estas pruebas fueron realizadas bajo las mismas condiciones ambientales. Posteriormente, una vez determinada la combinación con mayor eficiencia biológica se procedió a desarrollar los materiales de soporte. Se desarrolló bandejas de transporte de frutas con resultados positivos y una duración de 21 días sin contaminación del fruto en contacto con el mismo y una resistencia mecánica de perforación y deformación mayor que la testigo. La pilonera desarrollada presentó un índice menor de mortalidad en el trasplante comparado con el testigo ya que la planta no sufre estrés al no ser manipulada. *Pleurotus ostreatus* demuestra ser una efectiva alternativa al poliestireno

expandido por sus propiedades físicas, químicas y su optimización de residuos en cuanto a su desarrollo micelial.

## ABSTRACT

Expanded polystyrene is a polymer known for being a contaminant due to its slow degradation. Developing an alternative for this is a possible solution for eliminating the environmental impact caused by the expanded polystyrene. This investigation aims to develop a material alternative to the expanded polystyrene, as support material for the agroindustrial use, from fungal mycelium of *Pleurotus ostreatus* and *Pleurotus djamor*, using crop waste from Ecuador for the fungal growth. Identifying the optimal substratum of mycelium growth was based on the biological efficiency that resulted from the combination between the fungus, the substratum and the method of sowing. In an experimental level the fungus that were used were *Pleurotus ostreatus* and *Pleurotus djamor*, the substratums were: coffee peel (*coffea canephora*), banana leaves (*Musa paradisiaca*) and barley chaff (*Hordeum vulgare*); the method of sowing of the fungus was: in sawdust or seed. Considering all of these variables, a mycelium growth guide was established. A comparison was made according to the biological efficiency of each substratum combined with each fungus and the method of sowing, resulting to be the best *Pleurotus ostreatus*, in barley chaff and method of sowing in seed. This combination had a biological efficiency of 70,7%. This tests were made under the same environmental conditions. Afterwards, once the highest biological efficiency was determined, the development of the supporting materials was done. After the fruit transporting trays were build up with positive results and a 21 day duration without contamination of the fruit and a mechanical resistance of perforation and deformation higher than the witness. The seedbed showed a lower mortality rate in the transplant compared to the witness because the plant didn't suffer any stress because it wasn't manipulated. *Pleurotus ostreatus* shows to be an effective alternative to the expanded polystyrene due to its physical, chemical and optimizing of waste according to its mycelium growth.

# ÍNDICE

|   |    |
|---|----|
| INTRODUCCIÓN .....  | 1  |
| 1. Capítulo I. MARCO TEÓRICO .....  | 7  |
| 1.1 El poliestireno expandido .....   | 7  |
| 1.2 Usos agroindustriales del poliestireno expandido .....                                  | 7  |
| 1.2.1 Piloneras.....  | 7  |
| 1.2.2 Transporte de frutas .....  | 8  |
| 1.3 Fabricación del poliestireno .....  | 8  |
| 1.3.1 Proceso de elaboración .....  | 9  |
| 1.4 Hongos <i>Pleurotus</i> spp.....  | 11 |
| 1.4.1 Historia .....  | 11 |
| 1.5 Descripción taxonómica del <i>Pleurotus</i> spp. Empleados.....                         | 12 |
| 1.5.1 <i>Pleurotus ostreatus</i> .....  | 12 |
| 1.5.2 <i>Pleurotus djamor</i> .....   | 13 |
| 1.6 Cultivo de <i>Pleurotus</i> spp. ....   | 14 |
| 1.7 Sustrato .....  | 14 |
| 1.8 Características generales de un sustrato como medio<br>de crecimiento micelial .....    | 15 |
| 1.9 Nutrientes del sustrato.....  | 15 |
| 1.9.1 Carbono.....  | 15 |
| 1.9.2 Polímeros .....   | 16 |
| 1.9.3 Carbohidratos .....   | 16 |
| 1.9.4 Nitrógeno .....   | 16 |
| 1.9.5 Minerales .....   | 17 |
| 1.9.6 Vitaminas.....  | 17 |
| 1.10 Generalidades de la materia prima utilizada como<br>sustrato en la investigación ..... | 17 |
| 1.10.1 Cáscara de café ( <i>Coffe Canephora</i> ):.....                                     | 17 |

|   |    |
|---|----|
| 1.10.2 Hoja de plátano ( <i>Musa Paradisiaca</i> ):.....                          | 18 |
| 1.10.3 Tamo de cebada ( <i>Hordeum Vulgare</i> ): .....                           | 18 |
| 1.10.4 Factores que afectan el crecimiento micelial .....                         | 18 |
| 1.11 Enfermedades y contaminantes en el cultivo de<br><i>Pleurotus spp.</i> ..... | 19 |
| 1.11.1 <i>Dactylium dandroides</i> .....  | 19 |
| 1.11.2 <i>Pseudomona tolaasii</i> .....   | 19 |
| 1.12 Ceras para recubrimiento de material alternativo .....                       | 20 |
| 1.12.1 Cera Carnauba. ....  | 20 |
| 1.12.2 Cera de Abeja.....   | 20 |
| <b>2. Capitulo II. MATERIALES, MÉTODOS Y<br/>RESULTADOS</b> .....                 | 22 |
| 2.1 Localización.....   | 22 |
| 2.1.1 Ubicación geográfica .....  | 22 |
| 2.2 Materiales, equipos y materia prima .....                                     | 22 |
| 2.3 Métodos .....   | 24 |
| 2.4 Procedimiento Fase 1 .....  | 24 |
| 2.4.1 Variables estudiadas .....  | 26 |
| 2.4.2 Materia seca (%).....   | 26 |
| 2.4.3 Proteínas (%).....  | 26 |
| 2.4.4 Fibra (mg) .....  | 27 |
| 2.4.5 Minerales (%) .....   | 27 |
| 2.5 Elaboración de los sustratos .....  | 27 |
| 2.5.1 Pasteurización .....  | 29 |
| 2.5.2 Siembra .....   | 29 |
| 2.5.3 Incubación .....  | 31 |
| 2.6 Resultados fase 1 .....   | 32 |
| 2.6.1 Obtención de macro y micro nutrientes del sustrato.....                     | 32 |
| 2.6.1.1 Materia seca.....   | 32 |
| 2.6.1.2 Proteínas .....   | 33 |

|           |  |    |
|-----------|--|----|
| 2.6.1.3   | Relación Carbono – Nitrógeno .....   | 34 |
| 2.6.1.4   | Minerales.....   | 35 |
| 2.6.1.5   | Fibra .....  | 36 |
| 2.6.1.6   | Carbohidratos.....   | 36 |
| 2.7       | Comparación de variables de crecimiento micelial.....  | 37 |
| 2.7.1     | Crecimiento de <i>Pleurotus djamor</i> con cepa en grano.....  | 37 |
| 2.7.2     | Crecimiento de <i>Pleurotus djamor</i> con cepa en aserrín.....  | 39 |
| 2.7.3     | Crecimiento de <i>Pleurotus ostreatus</i> con cepa en grano.....   | 40 |
| 2.7.4     | Crecimiento de <i>Pleurotus ostreatus</i> con cepa en aserrín.....   | 41 |
| 2.8       | Resultados ANDEVA primera fase.....  | 42 |
| 2.8.1     | Resultados ANDEVA pesos .....  | 42 |
| 2.8.2     | Resultados ANDEVA Biomasa .....  | 47 |
| 2.8.3     | Resultados ANDEVA Eficiencia Biológica .....   | 51 |
| 2.8.3.1   | Diseño de la guía práctica para la producción de<br>( <i>Pleurotus ostreatus, pleurotus djamor</i> ).....            | 54 |
| 2.9       | Procedimiento Fase 2.....  | 55 |
| 2.9.1     | Fabricación del material de soporte para dos usos<br>agroindustriales a base de micelio de hongos.....               | 55 |
| 2.9.1.1   | Fabricación de pilonera con unidades removibles.....   | 55 |
| 2.9.1.2   | Fabricación bandejas transportadoras de frutas .....   | 57 |
| 2.9.1.3   | Resultados microbiológicos de mohos y levaduras.....   | 58 |
| 2.9.1.4   | Resultados microbiológicos de anaerobios totales.....  | 58 |
| 2.9.2     | Resultados microbiológicos tomate riñón<br>( <i>Solanum lycopersicum</i> ).....                                      | 59 |
| 2.9.2.1   | Resultados microbiológicos de mohos y levaduras<br>de tomate riñón ( <i>Solanum lycopersicum</i> ). .....            | 59 |
| 2.9.2.1.1 | Resultados microbiológicos de anaerobios totales<br>de tomate riñón ( <i>Solanum lycopersicum</i> .....              | 60 |
| 2.9.3     | Resultados ANDEVA de pruebas mecánicas. ....   | 60 |
| 2.9.4     | Comparación de crecimiento en piloneras de poliestireno<br>expandido vs pilonera a partir de micelio de hongos ..... | 64 |
| 2.9.5     | Trasplantado.....  | 67 |

|  |    |
|--|----|
| 3. Capítulo III. DISCUSIONES .....   | 72 |
| 3.1 Discusiones resultado fase 1 .....   | 72 |
| 3.2 Discusiones resultado fase 2 .....   | 72 |
| 4. Capítulo VI. ANÁLISIS COSTO BENEFICIO .....   | 74 |
| 3.3 Cálculo de Valor de Ventas Anual .....   | 75 |
| 3.3.1 Comparación cualitativa del material desarrollado frente al<br>poliestireno expandido..... | 76 |
| 5. Capítulo V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES<br>.....   | 78 |
| 5.1 Conclusiones .....   | 78 |
| 5.2 Recomendaciones .....  | 80 |
| REFERENCIAS .....  | 81 |
| ANEXOS .....   | 89 |

## ÍNDICE DE FIGURAS

|   |    |
|---|----|
| Figura 1. Piloneras de poliestireno expandido .....                       | 7  |
| Figura 2. Bandejas de polistireno expandido .....                         | 8  |
| Figura 3. Proceso de elaboración de poliestireno expandido .....          | 11 |
| Figura 4. Taxonomía de <i>Pleurotus ostreatus</i> .....                   | 12 |
| Figura 5. Taxonomía de <i>Pleurotus djamor</i> .....                      | 13 |
| Figura 6. Ubicación geográfica Collaqui.....                              | 22 |
| Figura 7. Proceso de mezcla con el yeso.....                              | 28 |
| Figura 8. Pasteurización de sustrato .....                                | 29 |
| Figura 9. Mesa estéril con mechero .....                                  | 30 |
| Figura 10. Esterilización de pinzas.....                                  | 31 |
| Figura 11. Incubación.....  | 32 |
| Figura 12. Crecimiento de <i>Pleurotus djamor</i> cepa en grano. ....     | 38 |
| Figura 13. Crecimiento de <i>Pleurotus djamor</i> cepa en aserrín. ....   | 39 |
| Figura 14. Crecimiento de <i>pleurotus ostreatus</i> cepa en grano.....   | 40 |
| Figura 15. Crecimiento de <i>Pleurotus ostreatus</i> cepa en aserrín..... | 41 |
| Figura 16. Pasteurización.....  | 56 |
| Figura 17. Incubación 50% sustrato 50% cepa .....                         | 57 |
| Figura 18. Moldeado con el 50-50 en su totalidad.....                     | 57 |
| Figura 19. Cuatro horas de trasplantado.....                              | 68 |
| Figura 20. Segunda semana de trasplantado.....                            | 69 |
| Figura 21. Tercera semana de trasplantado .....                           | 70 |
| Figura 22. Tercera semana de trasplantado .....                           | 71 |
| Figura 23. Materiales a base de micelio de hongos .....                   | 76 |
| Figura 24. Materiales de poliestireno expandido.....                      | 77 |

## ÍNDICE DE TABLAS

|   |    |
|---|----|
| Tabla 1. Diseño experimental de crecimiento de <i>Pleurotus spp.</i> .....                  | 25 |
| Tabla 2. Humedad de los sustratos.....  | 33 |
| Tabla 3. Porcentaje proteína.....   | 33 |
| Tabla 4. Porcentaje de carbono.....   | 34 |
| Tabla 5. Porcentaje de nitrógeno.....   | 35 |
| Tabla 6. Porcentaje de minerales de cada medio de crecimiento.....                          | 35 |
| Tabla 7. mg de fibra en sustratos.....  | 36 |
| Tabla 8. mg de carbohidratos.....   | 37 |
| Tabla 9. mg de relación C/N.....  | 37 |
| Tabla 10. Eficiencia biológica <i>Pleurotus djamor</i> en grano.....                        | 38 |
| Tabla 11. Eficiencia biológica <i>Pleurotus djamor</i> en aserrín.....                      | 39 |
| Tabla 12. Crecimiento de <i>Pleurotus ostreatus</i> cepa en grano.....                      | 40 |
| Tabla 13. Eficiencia biológica <i>Pleurotus ostreatus</i> en aserrín.....                   | 41 |
| Tabla 14. Nomenclatura Andeva.....  | 42 |
| Tabla 15. Cuadro de análisis de varianza Peso Inicial.....                                  | 42 |
| Tabla 16. Cuadro de análisis de Varianza Peso final.....                                    | 43 |
| Tabla 17. Prueba estadística de Tukey factor hongo.....                                     | 44 |
| Tabla 18. Prueba estadística de Tukey factor sustratos.....                                 | 44 |
| Tabla 19. Prueba estadística de Tukey factor método de siembra.....                         | 45 |
| Tabla 20. Prueba estadística de Tukey Combinación Hongo- Sustrato.....                      | 45 |
| Tabla 21. Prueba estadística de Tukey Combinación Hongo-Método de<br>siembra.....           | 45 |
| Tabla 22. Prueba estadística de Tukey combinación Sustrato-Método de<br>Siembra.....        | 46 |
| Tabla 23. Prueba estadística de Tukey combinación Hongo-Sustrato-<br>Método de siembra..... | 46 |
| Tabla 24. Cuadro de análisis de varianza Biomasa.....                                       | 47 |
| Tabla 25. Prueba estadística de Tukey factor hongos.....                                    | 48 |
| Tabla 26. Prueba estadística de Tukey factor sustratos.....                                 | 48 |
| Tabla 27. Prueba estadística de Tukey factor método de siembra.....                         | 48 |

|  |    |
|--|----|
| Tabla 28. Prueba estadística de Tukey combinación hongo-sustrato .....                                       | 49 |
| Tabla 29. Prueba estadística de Tukey combinación hongo-método de<br>siembra .....                           | 49 |
| Tabla 30. Prueba estadística de Tukey combinación sustrato-método de<br>Siembra .....                        | 50 |
| Tabla 31. Prueba estadística de Tukey combinación hongo-sustrato-<br>método de siembra .....                 | 50 |
| Tabla 32. Cuadro de Análisis de Varianza Eficiencia Biológica.....   | 51 |
| Tabla 33. Prueba estadística de Tukey factor hongos .....  | 52 |
| Tabla 34. Prueba estadística de Tukey factor sustratos.....  | 52 |
| Tabla 35. Prueba estadística de Tukey factor método de siembra.....  | 52 |
| Tabla 36. Prueba estadística de Tukey combinación hongos-sustratos.....                                      | 53 |
| Tabla 37. Prueba estadística de Tukey combinación hongos-método<br>de siembra .....                          | 53 |
| Tabla 38. Prueba estadística de Tukey combinación sustratos-método<br>de siembra .....                       | 53 |
| Tabla 39. Prueba estadística de Tukey combinación hongos-sustratos<br>-método de siembra .....               | 54 |
| Tabla 40. Diseño experimental para desarrollo de bandeja de transporte<br>de frutas.....                     | 57 |
| Tabla 41. Análisis microbiológico de mohos y levaduras de bandejas.....                                      | 58 |
| Tabla 42. Análisis microbiológico bandejas anaerobios totales .....  | 58 |
| Tabla 43. Análisis microbiológico mohos y levaduras de tomate riñón<br>( <i>Solanum lycopersicum</i> ) ..... | 59 |
| Tabla 44. Análisis microbiológico tomate ( <i>Solanum lycopersicum</i> )<br>anaerobios totales.....          | 60 |
| Tabla 45. Nomenclatura ANDEVA pruebas mecánicas .....  | 61 |
| Tabla 46. Material de soporte vs. Testigo (poliestireno expandido) .....                                     | 61 |
| Tabla 47. Prueba estadística de Tensión de compresión de deformación.....                                    | 62 |
| Tabla 48. Prueba estadística de Tukey factor cobertura .....   | 62 |
| Tabla 49. Prueba estadística de Tukey factor material .....  | 63 |
| Tabla 50. Prueba estadística de Tensión de compresión de perforación.....                                    | 63 |

|  |    |
|--|----|
| Tabla 51. Prueba estadística de Tukey factor cobertura .....                                 | 63 |
| Tabla 52. Prueba estadística de Tukey combinación material y cobertura .....                 | 64 |
| Tabla 53. Crecimiento de planta en bandeja de poliestireno expandido .....                   | 65 |
| Tabla 54. Crecimiento de planta en pilonera removible a partir de micelio<br>del hongo ..... | 66 |
| Tabla 55. Primera semana de trasplante .....   | 68 |
| Tabla 56. Segunda semana de trasplante.....  | 69 |
| Tabla 57. Tercera semana de trasplante.....  | 70 |
| Tabla 58. Listado de costos y gastos .....   | 74 |
| Tabla 59. Costo de venta .....   | 75 |
| Tabla 60. Costo de producción.....   | 75 |
| Tabla 61. Precio de venta .....  | 76 |

## INTRODUCCIÓN

Globalmente, se conciben considerables cuantías de desperdicios de origen agrícola, estos residuos son empleados en diferentes áreas de acuerdo al país y región; alrededor del ochenta por ciento de estos residuos son incinerados en países subdesarrollados. También, son empleados para alimentación de especies menores, reincorporación al suelo sin descomposición previa y como materia prima en industria papelera. No solamente son subutilizados estos residuos, al ser incinerados, generan gran suma de emisiones gaseosas como: dióxido de nitrógeno, dióxido de carbono, monóxido de carbono, entre otros que tienen un impacto contaminante sobre la atmósfera, asistiendo al efecto invernadero. Con la premisa del uso ineficiente de los residuos, que son elementos básicos de entrada del proceso de producción micelial (primera fase de crecimiento del hongo) como punto de partida para el desarrollo del cultivo de *Pleurotus spp.* (Ruilova, 2014)

En la actualidad, Ecuador no realiza una producción significativa de hongos como *Pleurotus spp.* con la finalidad de ser consumido como alimento, sin embargo, el hongo posee otras cualidades que permiten aprovechar su micelio. En la composición química del micelio, contiene 57% de carbohidratos. Este macronutriente es determinante en la formación micelial del hongo ya que contiene pentosas, hexosas, sacarosa y amino-azúcares como quitina que forman parte de la pared del hongo. Estos carbohidratos son responsables de dar la rigidez al conjunto de hifas (Gaintan, Salmones, Perez, Mata, 2006).

*Pleurotus spp.* es un hongo versátil con facilidad de crecimiento en medios lignocelulósicos, condición térmica de rango variable, brindando facilidad de crecimiento en comparación a los otros hongos cultivados con fines comerciales (Lopez, 2007).

Tras la investigación realizada en la presente con la meta de otorgar valor agregado a desechos agroindustriales más comunes en el Ecuador se ha

venido realizando el proyecto de manera artesanal con el fin de crear nuevos productos utilizando el micelio de los hongos *Pleurotus ostreatus* y *Pleurotus djamor*, donde el objetivo general de este proyecto es llegar a un producto final tangible que se lo pueda usar como alternativo al poliestireno expandido.

La selección de la materia orgánica que será parte fundamental para el crecimiento micelial, dependería del lugar geográfico donde se vaya al crecimiento, tomando en cuenta la disponibilidad del material, el costo para la obtención y transporte del mismo, para de esa manera dar un valor agregado al proyecto. (Ardon, 2004)

El poliestireno expandido conocido como espuma flex tiene una composición baja en cuanto a toxinas; sin embargo, en el Ecuador genera contaminación visual, del suelo, del agua en los alrededores, siendo esta una de las razones por la que se incentivó a la elaboración de este proyecto dando alternativa a este producto y generando nuevas aplicaciones a los desechos del país y de la misma manera impulsando a la elaboración de semillas del hongo *Pleurotus spp.* Actualmente las prácticas con las que se trata al poliestireno expandido en el país ha hecho que sea realmente una amenaza para el medio ambiente, ya que se lo considera como un desecho común, mas no como un producto que se puede reciclar. Al momento de desecharlo genera un impacto negativo al medio ambiente porque su degradación puede tomar años. (Muñoz, 2013)

El aumento del deterioro ambiental por el excesivo uso de material derivado del petróleo para embalaje o recubrimiento de alimentos, ha impulsado a investigaciones que involucre el desarrollar nuevos materiales que puedan ser una alternativa al poliestireno expandido, (Andrade, Acosta, Bucheli y Osori, 2014), razón por la cual en esta investigación se utilizaron ceras de origen natural para el recubrimiento de los materiales alternativos al poliestireno expandido, consiguiendo una fácil degradación, amigable al medio ambiente.

### **Planteamiento del problema**

En la actualidad, el Ecuador destina \$128 millones de dólares (Ramirez, 2014) para sustentar la investigación y el desarrollo de nuevas tecnologías. Dentro de la inversión de recursos naturales se plantean varias alternativas como la utilización de residuos agroindustriales, investigación de metabolitos (moléculas), entre otros. Sin embargo, no se cuenta con un sistema en el cual se promueva la investigación del uso de hongos para fines agroindustriales. Únicamente existen investigaciones para el uso de hongos comestibles, en consecuencia, se está dejando de lado todos los usos que pueden brindar los organismos del reino Fungi. (Muñoz, 2013).

Por otro lado, haciendo un enfoque a los otros usos de los hongos, se han planteado varias alternativas. En la fase micelial, el hongo presenta una estructura rígida la cual puede servir para materiales de soporte. Razón por la que se planteó esta investigación aprovechando estas características del micelio del hongo, se plantea como alternativa al poliestireno expandido ya que este polímero cumple con características dentro de la agroindustria para realizar materiales de soporte. El componente que brinda esta cualidad a los micelios es la quitina presente en su pared celular. Este polímero es responsable de dar rigidez al hongo en su fase micelial previo al fructificación. (Caram, 2011) Sin embargo, se debe tener en consideración que el poliestireno expandido es muy contaminante debido a su bajo nivel de degradación. Según (Harvard, 2008), la producción de poliestireno expandido representa un desgaste muy alto de consumo de energía y causante del efecto invernadero. Además, es el segundo contaminante más alto después del aluminio.

### **Justificación**

El poliestireno expandido es un producto que tiene un prolongado ciclo de descomposición por lo que es considerado no biodegradable. Si no se aplican métodos de descomposición a este producto, se mantendrá como contaminación en cualquier lugar donde sea desechado. Según estadísticas

realizadas en el año 2012 de la empresa de basura del Distrito Metropolitano de Quito, se desecha en la capital 16.6 toneladas de residuo sólidos de poliestireno expandido (Castillo, 2014). Por lo tanto, se encuentra que este producto es un problema al momento de reciclar porque su volumen es de baja densidad, afectando al costo de transporte que es elevado, llevando a tomarlo como desecho mas no como material para reciclar.

La preminencia de la realización de este estudio reside en brindar un aporte a las alternativas de producción más limpia y aprovechamiento racional de recursos naturales y el cumplir con las políticas ambientales del Ecuador que reconocen “...*que el principio fundamental es el compromiso para promover el desarrollo hacia la sustentabilidad y minimizar los riesgos e impactos negativos ambientales mientras se mantienen las oportunidades sociales y económicas del desarrollo sustentable*”. (Mae, TEXTO UNIFICADO LEGISLACION SECUNDARIA, MEDIO AMBIENTE, 2007). En este contexto, se busca reducir el impacto ambiental del poliestireno e implementar el uso de productos alternativos que permitan cumplir con políticas ambientales internas.

Adicionalmente, es necesario potencializar la producción interna de *Pleurotus spp*, ya que es muy escasa y su utilidad es muy amplia en cuanto a las propiedades biológicas que éste posee. La producción en el Ecuador es mínima y es generada por parte de productores del Sumaco. Esta producción específicamente de *Pleurotus ostreatus* inició en el año 2007 en pequeñas instalaciones Sumaco y Cayambe-Coca (Tocagón, 2010)

Por otro lado, se busca la implementación de uso viable a los residuos orgánicos en el Ecuador. En la actualidad, los residuos generados en el país son de aproximadamente cuatro toneladas métricas anuales. Para el 2017, se generará un estimado de 5 millones de toneladas métricas (Mae, Ministerio del Ambiente del Ecuador, 2014). En consecuencia, se busca emplear tres tipos de desechos orgánicos (hoja de plátano, cáscara de café y tamo de cebada), que por sus características y valor nutritivo fueron determinadas, aportando además

con una disminución del impacto ambiental y contribuyendo con un valor agregado.

De la totalidad de desechos urbanos, solamente el veintiocho por ciento de residuos están destinados a ser parte de los rellenos sanitarios por falta de recursos económicos (Mae, Ministerio del Ambiente del Ecuador, 2014). El setenta y dos porcientos sobrante es destinado a botaderos de cielo abierto, generando un impacto negativo ambiental y a nivel de salud de la población (Mae, Ministerio del Ambiente del Ecuador, 2014).

Considerando que en la capital del Ecuador se obtiene 16.6 toneladas de poliestireno expandido, se puede concluir que es un material convertido en basura no biodegradable. Por otro lado, los desechos orgánicos no son siempre bien utilizados llegando a tomarlos como basura mas no como materia prima. Por lo que el presente el presente proyecto abarca el uso viable de implementar una variable orgánica para la elaboración de un alternativo al poliestireno expandido, a base de micelio de hongos, amigables al medio ambiente con aplicaciones dentro del ámbito agroindustrial.

## **Objetivos**

### **Objetivo general**

Desarrollar un material alternativo al poliestireno expandido, como material de soporte para uso agroindustrial, a partir de micelios del hongo (*Pleurotus ostreatus* *Pleurotus djamor*), utilizando desechos de cultivos del Ecuador como materia prima para crecimiento del hongo.

### **Objetivos específico**

- Diseñar una guía práctica para producción de micelio (*Pleurotus ostreatus*, *Pleurotus djamor*) en tres sustratos, considerando su eficiencia biológica.

- Producir un material de soporte para dos usos agroindustriales a base de micelio del hongo (*Pleurotus spp*).
- Comparar los materiales obtenidos como alternativos, con el poliestireno expandido de uso similar establecido mediante pruebas mecánicas.
- Analizar el costo-beneficio de la producción del material de soporte frente al poliestireno expandido.

## Hipótesis

**Ho1** Los hongos *Pleurotus ostreatus* y *Pleurotus djamor* no son eficientes en su crecimiento en sustratos de tamo de cebada (*Hordeun Vulgare*), cáscara de café ( *Coffea Canephora*), hoja de plátano ( *Musa Paradisisaca*).

**Ha1** Los hongos *Pleurotus ostreatus* y *Pleurotus djamor* son eficientes en su crecimiento en sustratos de tamo de cebada (*Hordeun Vulgare*), cascara de café ( *Coffea Canephora*), hoja de plátano ( *Musa Paradisisaca*).

**Ho2** El hongo *Pleurotus ostreatus* desarrollado en el sustrato de tamo de cebada (*Hordeun Vulgare*), no cumple con la resistencia mecánica para la compactación en la elaboración de materiales.

**Ha2** El hongo *Pleurotus ostreatus* desarrollado en el sustrato de tamo de cebada (*Hordeun Vulgare*), cumple con la resistencia mecánica para la compactación en la elaboración de materiales.

**Ho3** El material elaborado no cumple con las características mecánicas en sus dos usos como material de soporte en comparación al poliestireno expandido.

**Ho3** El material elaborado cumple con las características mecánicas en sus dos usos como material de soporte en comparación al poliestireno expandido.

## 1. Capítulo I. MARCO TEÓRICO

### 1.1 El poliestireno expandido

El poliestireno expandido es un termoplástico, liviano, rígido, altamente compresivo el cual lo hace muy apetecible por sus diversos usos. Entre sus usos más conocidos están: aislamiento térmico en construcciones, empaque de alimentos y amortiguación de productos frágiles. Es un material relevante ya que es muy duradero, tiene una eficiencia térmica que permite mantener temperaturas de acuerdo al uso y las densidades del mismo y sobre todo al ser un material liviano permite que este sea usado en un sinnúmero de aplicaciones industriales de transporte, de protección, entre otros (Plastics Europe, s.f.), (Insulfoam, s.f.).

### 1.2 Usos agroindustriales del poliestireno expandido

#### 1.2.1 Piloneras

Las piloneras son también llamadas semilleros como se puede observar en la Figura 1, permiten el crecimiento de plantas hasta su primera fase manteniendo una cantidad de sustrato en su interior, para poder posteriormente trasplantarla a la tierra donde culminará el ciclo de vida. (Roman, 2010)



Figura 1. Piloneras de poliestireno expandido

### 1.2.2 Transporte de frutas

Son bandejas cuyo uso es de brindar protección y soporte al producto interno y sirven para el transporte del mismo como se observa en la figura 2.

### 1.3 Fabricación del poliestireno expandido



Figura 2. Bandejas de poliestireno expandido

#### Historia

La espuma de poliestireno expandido es un componente que es extraído a partir del petróleo. Históricamente, investigaciones sobre este compuesto que es parte fundamental para la elaboración del poliestireno expandido corroboran que fue descubierto en Egipto en el año 2000 A.C. (García, H., 2009). En aquellas épocas, los egipcios empleaban este compuesto para embalsamar los cadáveres de sus familiares para conservarlos. Para esto, se extraía una resina desde un árbol de ámbar líquido. Sin embargo, el poliestireno en si fue descubierto en 1839 por Eduard Simón, un boticario de Berlín, Alemania (Enciclopédico, 2015).

Fue descubierto a partir de la destilación de la sustancia oleosa obtenida a partir de la resina de *Liquidamar Orientalis*, un árbol caduco del género

Liquidámbar nativo de la región del Mediterráneo Oriental. La sustancia destilada fue un monómero denominado estireno (Pishgram, 2011).

Días después de su obtención, este científico observó un cambio de viscosidad en el estireno, a una jalea conocida como óxido de estireno y asumió que esto era causado por oxidación. En el año de 1845, el químico inglés John Blyth y el químico August Wilhelm von Hofmann demostraron que la misma transformación del estireno sucedió en ausencia de oxígeno. Esta sustancia fue denominada por ellos como metaestireno (Enciclopédico, 2015). Estudios posteriores demostraron que el metaestireno era químicamente idéntico al óxido de estireno.

En 1866, Marcellin Berthelot identificó adecuadamente la formación de metaestireno a partir de estireno como un proceso de polimerización (Silva, 2011). Transcurrieron 80 años hasta que se descubrió que calentar estireno libera una cadena de reacciones que producen macromoléculas, acompañando con la tesis del químico orgánico alemán Hermann Staudinger (Society, 2015). Este evento llevó a que la sustancia reciba su nombre actual de poliestireno. El año 1930 presenció el nacimiento del poliestireno y décadas más tarde, en el año 1959 la compañía Koppers desarrolló el poliestireno expandido (Pishgram, 2011).

Lamentablemente, la resistencia inicial que presentaba este material era muy frágil por lo cual, después de la segunda guerra mundial fue introducido en Estados Unidos un poliestireno mejorado, el cual sirvió como alternativa para el acetato de celulosa utilizado como un termoplástico para inyección y extrusión de moldes (Williams, 1990).

### **1.3.1 Proceso de elaboración**

El proceso de fabricación del poliestireno expandido parte de la polimerización del estireno en presencia del pentano. El estireno es dispersado como gotas

en fase líquida en dimensiones de 0,1 a 1 mm. Las proporciones de agua/estireno varían entre 50%-50% y 30%-70%. La polimerización empleada es de suspensión y es realizada en reactores inoxidable. Al encontrarse las concentraciones del polímero entre el 30% y 70% se produce una pre-aglomeración de porciones del polímero en fase semi-sólida.

Aquí alcanza un estado crítico donde deben ser añadidos agentes de suspensión, ya que la aglomeración puede causar daños mecánicos a los reactores. Al finalizar la polimerización, se somete a una variación de temperatura enfriada a 85°C provocando una mínima aglomeración de las partículas del polímero cuando vaya a ser almacenado.

Se procede a realizar una pre-expansión del poliestireno expandible en granos, se calientan en pre-expansores con vapor de agua en un rango de temperatura entre 80 y 110°C provocando un aumento de 50 veces el volumen original. A la vez, los granos son sometidos a una agitación continua, aquí es donde la densidad final del poliestireno expandido, de acuerdo a la temperatura y el tiempo de exposición disminuye aproximadamente 630 kg/m<sup>3</sup> a densidades entre 10 y 30 kg/m<sup>3</sup>. Posteriormente, los granos expandidos se someten a un proceso de enfriado y secado previo transporte a silos de almacenamiento.

En la siguiente etapa, los granos pre-expandidos son estabilizados durante 24 horas.

Al ser enfriado, la partícula crea un vacío interior que compensa la penetración de aire causado por difusión. De esta manera, las partículas llegan a una mayor estabilidad mecánica y mejoran su capacidad expansiva. En la etapa final, las partículas expandidas y estabilizadas se sueldan entre sí. Se someten las partículas a una suspensión en pentano hasta que se volatilice y el vapor ingrese a los espacios intermoleculares, causando la expansión de las perlas que son comprimidas dentro de un molde fijo. Durante este ciclo, se aplican tratamientos de calor y frío para conseguir una densidad homogénea del producto final (Nova chemical, s.f.).

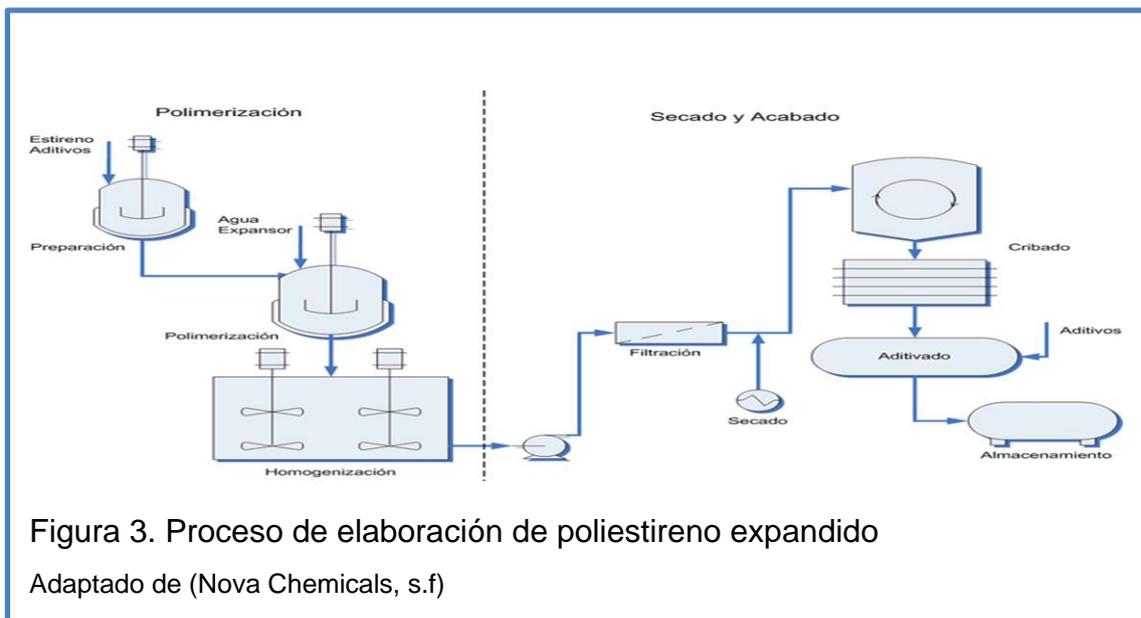


Figura 3. Proceso de elaboración de poliestireno expandido

Adaptado de (Nova Chemicals, s.f)

## 1.4 Hongos *Pleurotus spp.*

### 1.4.1 Historia

Se conoce que los hongos están distribuidos a nivel mundial, pero solo el 10% de estos hongos son considerados comestibles, de los cuales *Pleurotus spp* es uno de ellos de donde se distribuye *Pleurotus ostreatus* también conocido como hongo ostra que en la antigüedad fue consumido por varias regiones de Europa como alimento y también como medicina, pero en el año de 1917 en Alemania se produjo por primera vez este hongo en troncos, lo que promovió a investigaciones para la producción en sustratos artificiales. (Job, 2004).

Se ha tomado en cuenta esta especie de hongos por su ciclo reproductivo que es de 7 a 8 semanas. Es de fácil adaptación al clima, lo que beneficia la obtención segura de micelios con el propósito de elaborar un sustituto al poliestireno expandido (Carvajal, 2010).

No se considera a los hongos como plantas por lo que están dentro del reino fungi, se destaca como la parte visible del hongo el fruto que es la parte comestible y al micelio como la parte que le da vida al hongo, constituido por un

tejido delgado denominado hifas, la parte micelial al momento del cultivo del hongo se encuentra dentro de la tierra o del sustrato donde se realice la incubación del hongo por lo que no se ve cuando el hongo fructifica. (Ardon, 2004)

## 1.5 Descripción taxonómica del *Pleurotus spp.* Empleados

### 1.5.1 *Pleurotus ostreatus*

Esta especie posee un sombrero de 50-100 mm de diámetro, la luz determina su color, variando entre gris y azul. Posee láminas blancas, su estípite oscila entre 7-18 cm, de textura lisa, blanco. Contexto blanquecino, sabor agradable, olor ligero. Sus esporas poseen una pared delgada entre 9-10.4 x 3.2-4 um. Posee basidios de dimensiones 16-28 x 4-6.4 um, mucronados o lectiformes, sin presencia de cistidios. Las hifas del cuerpo presentan un tamaño entre 2.4-13.6 um de ancho, sus hilalinas poseen fibulas. Es monomítico el sistema hifal, una pared delgada y fibulas alrededor como se observa en la figura 4 (Guzman, Mata, Salmones, & Montoya, 1994).

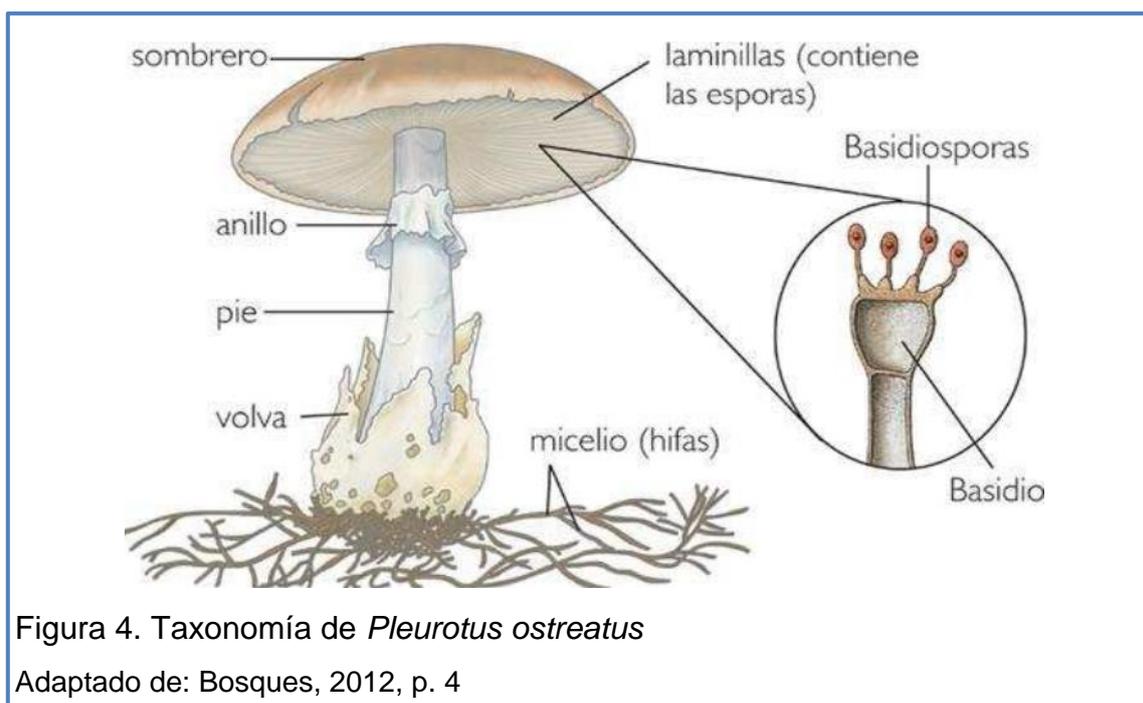


Figura 4. Taxonomía de *Pleurotus ostreatus*

Adaptado de: Bosques, 2012, p. 4

### 1.5.2 *Pleurotus djamor*

Para esta especie, se reporta un pileo de 30-80 mm de diámetro, su forma varía entre espatulado y flabeliforme, petaloide, posee una coloración blanquecina con tonos rosa de acuerdo a su fase de crecimiento. Sus láminas no están muy distantes entre sí, tienden a ser blancas o amarillentas. El estípite mide 10-20 mm, sólido, fibriloso, blanco y delgado en la parte inferior. El cuerpo del hongo es blanquecino, semi amarillento, posee 6 mm de grosor en el pileo, de textura fibrosa. Las esporas miden 7.2-9.6  $\mu\text{m}$ , su figura es oblongo-elípticas, su pared es delgada. Los basidios miden 20-28  $\mu\text{m}$ , pueden ser bi, tri o tetraspóricos, hialinos. No poseen pleurocistidios. Sus queilocistidios miden 16-32 x 5-9  $\mu\text{m}$ , aparecen en etapas juveniles, forma subcilíndrica, irregular como se observa en la figura 5 (Guzman, Mata, Salmones, & Montoya, 1994) (Hernandez M. , 2002).

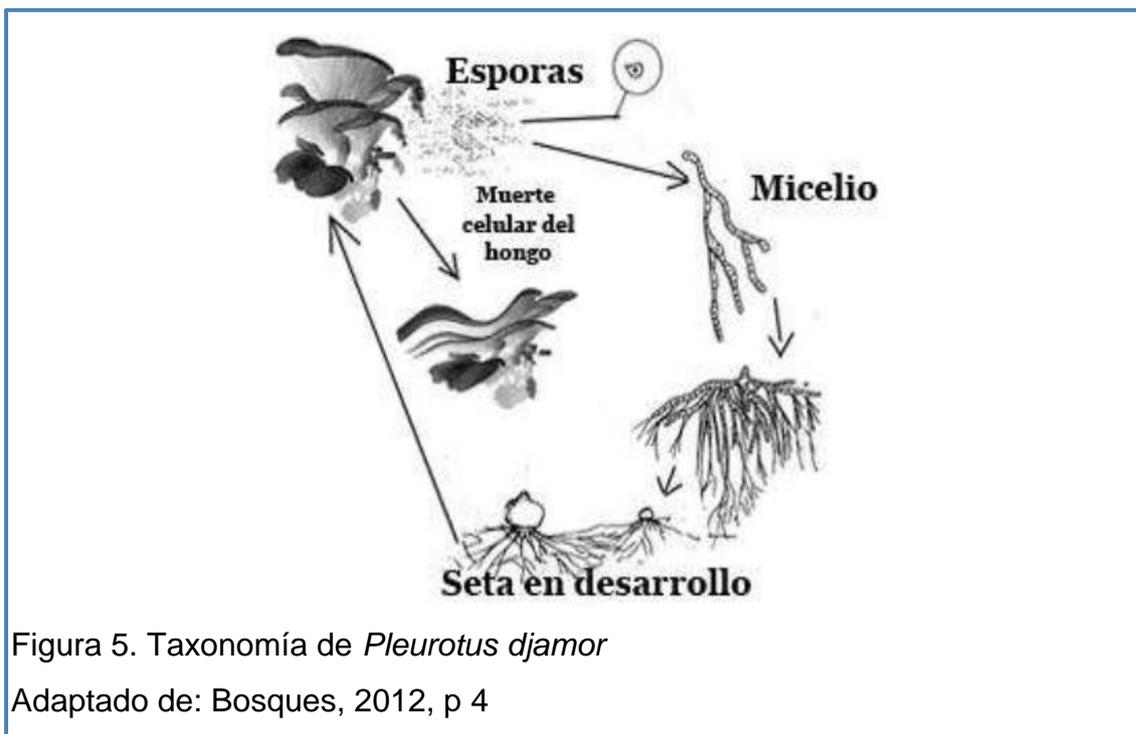


Figura 5. Taxonomía de *Pleurotus djamor*

Adaptado de: Bosques, 2012, p 4

## 1.6 Cultivo de *Pleurotus spp.*

El cultivo del hongo *Pleurotus spp* perteneciente al reino fungí, ha crecido a nivel mundial por su rápido desarrollo en especial el *Pleurotus ostreatus* siendo actualmente un hongo comercial, se los reconoce por su enzima celulósica que le facilita la degradación de nutrientes del medio donde crecen, generalmente utilizados como sustrato para crecimiento en desechos agroindustriales (Garcia & Bermudez, 2006). Por otro lado, el hongo *Pleurotus spp* tiene facilidad de adaptación para su crecimiento, por esta razón su cultivo no es costoso y las técnicas para el mismo son básicas, obteniendo un alimento saludable y utilizado en la cocina gastronómica y tablas nutricionales por su alto contenido de proteína, mayores a los de la carne roja (Aguilar, 2012).

El cultivo del hongo ostra se realiza en un sustrato con características nutricionales altas para que la cepa se alimente del mismo, el cual se incuba en un promedio de 15 a 20 días para su crecimiento micelial y de ahí es trasladado a un invernadero donde fructificará para el consumo humano (Pérez, 2005), (Garcia & Bermudez, 2006).

## 1.7 Sustrato

Sustrato para crecimiento fúngico se refiere a todo material de textura sólida que difiere al suelo pero que es asimilable para el mismo, puede ser orgánico o puede ser también mineral, este se puede mezclar con varios ingredientes o exclusivamente con uno solo, permite el crecimiento y nutrición de la planta (Pastor, 2000). Específicamente para el cultivo del hongo ostra el sustrato que se utiliza es de desechos agroindustriales, por su alto contenido de nutrientes que favorecen la fructificación (Pérez, 2005).

## **1.8 Características generales de un sustrato como medio de crecimiento micelial**

La elección de un buen sustrato sustenta la base para tener una buena producción del hongo, donde tomando en cuenta las características nutricionales de cada elemento vegetal a utilizarse como sustrato sea adecuado dependiendo de lo que el hongo necesita, seleccionadas fuentes vegetales podrían ser un gran potencial de crecimiento micelial y fructificación (Garzon & Cuervo, 2008).

Los sustratos dependen de los requerimientos de cada hongo que va a crecer en él, para el hongo *Pleurotus spp.* que se utilizará en esta investigación es muy importante que su sustrato sea rico en polisacáridos específicamente celulosa y hemicelulosa con una concentración de entre 60 y 70%, que son fuentes de carbono al igual que la lignina. El hongo mediante las enzimas tiene la habilidad de utilizar estos polisacáridos para su crecimiento abundante (Viziteu, 2005), (Aguinaga, 2012). El nitrógeno y compuestos orgánicos son fuentes nutritivas también necesarias para el desarrollado del hongo (Aguinaga, 2012).

La humedad y el pH son de carácter importante como los nutrientes del sustrato, por lo que la humedad óptima esta entre el 50 y 80% y un rango de pH de 5,5 y 6,5 (Garzon & Cuervo, 2008)

## **1.9 Nutrientes del sustrato**

### **1.9.1 Carbono**

Según (Garzon & Cuervo, 2008) el carbono en altas relaciones C/N que oscila entre el 50-60% del material orgánico favoreciendo al crecimiento micelial ya que es fuente de energía. Por lo tanto, el hongo *Pleurotus spp* siendo saprófito es considerado descomponedor primario de material orgánico porque poseen

enzimas lignocelulósicas las cuales pueden absorber carbono a partir de distintas fuentes dentro de un sustrato como los polímeros y carbohidratos (Song, 2005) (Tocagón, 2010).

### **1.9.2 Polímeros**

Dado que el *Pleurotus spp* contiene enzimas lignolíticas que permite la degradación de grandes polímeros como la celulosa que da estructura y soporte, hemicelulosa que tiene carbono y azúcares importantes como nutrientes para el crecimiento micelial, los cuales están presentes en los residuos a investigar (Hernandez & López, 2008).

### **1.9.3 Carbohidratos**

Los carbohidratos son considerados esenciales dentro de un sustrato para nutrición del hongo, cuando son azúcares como glucosa, manosa y galactosa ya que la xilosa produce defectos en el crecimiento del hongo. (Tocagón, 2010)

### **1.9.4 Nitrógeno**

El nitrógeno es utilizado por el hongo para formar nuevas células y aumentar la colonización del micelio dentro del sustrato. (Hernandez & López, 2008). Según (Rodriguez, Gonzalo, 2007), las necesidades de nitrógeno pueden ser sustituidas por algunas proteínas y aminoácidos de cuerpos orgánicos por la descomposición químico-biológicas. El carbono también es considerado como mejor nutriente que el nitrógeno, pero este favoreces de igual manera al crecimiento micelial.

### **1.9.5 Minerales**

Los minerales son absorbidos del sustrato por el hongo, estos son necesarios cuando llega la fructificación para que tenga un elevado porcentaje al momento de la ingesta humana (Tocagón, 2010).

### **1.9.6 Vitaminas**

La tiamina es la vitamina esencial para el crecimiento del hongo, si el sustrato posee esta vitamina no es necesario que posea otra. (Tocagón, 2010) (Salazar, 2015)

## **1.10 Generalidades de la materia prima utilizada como sustrato en la investigación**

Para esta investigación se seleccionaron desechos orgánicos actualmente utilizados en su mayoría como abono o compost, estos desechos son provenientes de cultivos importantes dentro de Ecuador, los cuales mediante esta investigación se busca agregar una aplicación dentro de la industria.

### **1.10.1 Cáscara de café (*Coffe Canephora*):**

La cáscara de café en Ecuador es subutilizada ya que únicamente es empleada para extracción de nutrientes y como abono. En consecuencia, no se hace un correcto uso ni aprovechamiento completo de todas las propiedades químicas que este posee (Organización Internacional del Café, s.f.). De acuerdo a (Bilbao, 2013), la cáscara de café presenta altas cantidades de compuestos fenólicos los cuales permiten acelerar el metabolismo de la absorción de nutrientes en el caso que se emplee para el crecimiento de hongos.

### 1.10.2 Hoja de plátano (*Musa Paradisiaca*):

En la actualidad, las hojas de plátano son usadas en la industria química y medicinal. Sus hojas mediante procesos químicos sirven para la extracción de latex. Siendo uno de los usos del látex en la industria medicinal para el tratamiento de aftas y fuegos bucales (Moran, 2011). Se considera la hoja de plátano un sustrato ideal por sus concentraciones altas en fibra que oscilan entre 40-45 % (Diana Granda, 2005), siendo este un cumplimiento en las necesidades básicas de crecimiento de hongos.

### 1.10.3 Tamo de cebada (*Hordeum Vulgare*):

El tamo de cebada es empleado para controlar el crecimiento de algas. Esto se debe a que en el proceso de pudrición dentro del agua el tamo libera cantidades sustanciales de carbono que afectan la propagación de algas (Newman, 2015). No obstante, el tamo de cebada posee propiedades nutricionales que pueden ser favorables para el crecimiento de hongos. Presenta una gran cantidad de polímeros con alta concentración de carbono siendo este componente principal en la fase micelial del hongo. Estos polímeros constituyen un 25% de hemicelulosa, un 8% de lignina y un 0,2% de cutina. (FEDNA , s.f.).

### 1.10.4 Factores que afectan el crecimiento micelial

- **Humedad del sustrato:** de acuerdo con (Garzon J. P., 2008), el contenido de humedad en el sustrato debe estar en el 50% y 80% para crear un ambiente favorable para el desarrollo del hongo.
- **pH:** el pH óptimo del sustrato debe encontrarse entre 5,5 y 6,5 para evitar cualquier propagación de microorganismos que puedan afectar el crecimiento micelial del hongo (Garzon & Cuervo, 2008).

- **Temperatura de incubación:** el rango para la incubación del hongo en el sustrato oscila entre 7 y 34 °C lo cual permite un proceso efectivo (Garzon & Cuervo, 2008).
- **Aireación:** los espacios entre las partículas de los sustratos son los responsables de marcar la aireación del sustrato. Mientras mayor sean los espacios habrá una mejor aireación lo que permitirá una óptima propagación. (Garzon & Cuervo, 2008)
- **Luz:** la luz no influye directamente en el sustrato. Sin embargo, presenta complicaciones al momento del crecimiento del hongo. No puede haber presencia de luz ya que no permitirá una adecuada propagación del hongo dentro del sustrato deteniendo su crecimiento. (Garzon & Cuervo, 2008)

### **1.11 Enfermedades y contaminantes en el cultivo de *Pleurotus spp.***

Las enfermedades que pueden afectar el correcto crecimiento de este hongo son ocasionadas por otros hongos, virus, bacterias, etc. Los factores externos a los que se encuentra expuesto el hongo para su óptimo crecimiento como la temperatura y humedad, promueven la proliferación de estos contaminantes. Además, una inadecuada pasteurización del medio puede promover la contaminación del hongo (Salmones, 2009)

#### **1.11.1 *Dactylium dandroides***

Este hongo invade el sustrato con moho color blanco. Las setas expuestas a contaminación pierden dureza e inician un ciclo de putrefacción. La cal viva en polvo permite contrarrestar los efectos de esta enfermedad (Ardon, 2004)

#### **1.11.2 *Pseudomona tolaasii***

El agua y plagas son vehículos de estas bacterias. Los síntomas que presenta el hongo contaminado son zonas de color amarillento o marrón, con tendencia

a putrefacción en las áreas de color. Además, presenta un olor poco agradable la zona contaminada (Salmones, 2009)

### **1.12 Ceras para recubrimiento de material alternativo**

En varias industrias las ceras son utilizadas para recubrimiento de alimentos o de productos que vayan a estar en contacto directo con los alimentos, las ceras son una mezcla de ésteres con alta masa molecular que está constituida por ácidos grasos y alcoholes monohidroxilados, estos componentes son rebosantes en la naturaleza, por lo que se les puede obtener de fuentes animales y plantas (Gomez, 2011).

Existen diferentes ceras aprobadas como aditivo para uso en alimentos y cosmetología, como por ejemplo carnauba, polietileno oxidado, abeja, microcristalina (Gomez, 2011).

Para esta investigación se utilizarán dos ceras muy comunes para el uso industrial, de origen natural.

#### **1.12.1 Cera Carnauba.**

Esta cera es una materia prima resinosa natural, utilizada generalmente para cosmetología, pero también utilizado en recubrimiento de materiales que vayan a estar en contacto con alimentos, es una cera muy consistente con un punto de fusión elevado, razón por la que las farmacéuticas o cosmetólogos lo prefieren. (Excipients, 2009)

#### **1.12.2 Cera de Abeja**

Esta cera es llamada también cera blanca o cera virgen, es secretada de la abeja que puede ser de color blanco, amarillo o llegar a un grisáceo, con bajo peso utilizado para recubrimiento de alimentos por su olor agradable y sabor leve, insoluble en agua muy útil como aislante. En la antigüedad se lo utilizaba

para curar ciertas enfermedades, pero en la actualidad es más utilizado de manera industrial para elaboración de cosméticos o recubrimiento de alimentos como también para otros materiales como placas base. (Guanin, 2006)

## 2. Capítulo II. MATERIALES, MÉTODOS Y RESULTADOS

### 2.1 Localización

#### 2.1.1 Ubicación geográfica

Collaqui se encuentra en la latitud  $0^{\circ},9',0''$  N y longitud  $78^{\circ},23',59.99''$ , cantón Tumbaco, provincia Pichincha, como se observa en la figura XX se puede apreciar geográficamente la ubicación donde se lleva a cabo la experimentación.



Figura 6. Ubicación geográfica Collaqui

Adaptado de: Google Maps, S.f.

### 2.2 Materiales, equipos y materia prima

#### Materiales

- Tinas de plástico
- Fundas de polipropileno
- Barril para pasteurización
- Balanza

- 2 mecheros
- Guantes
- Mascarillas
- Uniforme de laboratorio
- Moldes
- Gas
- Mesas para preparación de inóculo

### **Equipos**

- Equipo soxhlet
- Autoclave
- Estufa
- Secador
- Mufla
- Kjeldahl
- Titulador
- Compresor

### **Reactivos**

- Dicromato de potasio ( $K_2Cr_2O_4$ )
- Nitrato de plata ( $AgNO_3$ )
- Ácido etildiaminotetraacético (EDTA)
- Hidróxido de sodio (NaOH)

### **Materia prima**

- Cáscara de café
- Tamo de cebada
- Hoja de plátano
- Yeso
- Afrechillo de arroz
- Cera de abeja
- Cera carnauba

## 2.3 Métodos

El desarrollo del proyecto se divide en dos fases que parten desde la determinación del hongo (*Pleurotus ostreatus*, *Pleurotus djamor*), sustrato (Tamo de cebada, Cáscara de café, Hoja de plátano), método de siembra óptimo (semilla en grano, semilla en aserrín), hasta llegar a un material de soporte alternativo al poliestireno expandido comparado con sus características mecánicas de tensión de compresión de perforación y deformación siendo estas parte de la fase dos.

Para la obtención de resultados de la primera fase se propuso realizar distintos procedimientos, pasteurización en el que el objetivo es esterilizar los sustratos elaborados donde se eliminará cualquier tipo de material ajeno que pueda contaminar la sepa, siguiendo de la siembra paso en el que se introduce la semilla dentro del sustrato y finalmente se procede a incubar que implica el ingresar la siembra en una cámara específicamente diseñada para el crecimiento del hongo.

En la segunda fase se planteó crear los dos materiales de soporte y posteriormente compararlos con el testigo que viene a ser el poliestireno expandido, mediante método de tensión de compresión de deformación y tensión de compresión de perforación y así validar las propiedades mecánicas de los materiales alternativos.

## 2.4 Procedimiento Fase 1

La cepa del hongo *Pleurotus ostreatus* y *Pleurotus djamor*, se obtuvo de productores comerciales ubicado en Quito, quienes cuentan con la cepa madre de dichos hongos. Estas cepas se inocularon en medios de cultivo elaborados con aserrín y semilla de cebada.

Por otro lado, se utilizó los residuos de cultivos con relevancia económica: hojas de banano (*Musa Paradisiaca*), cascarilla de café (*Coffea Canephora*) y

tamo de cebada (*Hordeum Vulgare*). Antes de ser inoculado el hongo, los sustratos estuvieron sujetos a un análisis de humedad, materia orgánica, y pH.

Tabla 1. Diseño experimental de crecimiento de *Pleurotus spp.*

| Tratamiento | Descripción | Factor 1                       | Factor 2            | Factor 3            |
|-------------|-------------|--------------------------------|---------------------|---------------------|
| 1           | H1M1C1      | H1: <i>Pleurotus ostreatus</i> | M1: Cáscara de café | C1: Cepa en aserrín |
| 2           | H1M1C2      |                                |                     | C2: Cepa en grano   |
| 3           | H1M2C1      |                                | M2: Hoja de plátano | C1: Cepa en aserrín |
| 4           | H1M2C2      |                                |                     | C2: Cepa en grano   |
| 5           | H1M3C1      |                                | M3: Tamo de cebada  | C1: Cepa en aserrín |
| 6           | H1M3C2      |                                |                     | C2: Cepa en grano   |
| 7           | H2M1C1      | H2: <i>Pleurotus djamor</i>    | M1: Cáscara de café | C1: Cepa en aserrín |
| 8           | H2M1C2      |                                |                     | C2: Cepa en grano   |
| 9           | H2M2C1      |                                | M2: Hoja de plátano | C1: Cepa en aserrín |
| 10          | H2M2C2      |                                |                     | C2: Cepa en grano   |
| 11          | H2M3C2      |                                | M3: Tamo de cebada  | C1: Cepa en aserrín |
| 12          | H2M3C2      |                                |                     | C2: Cepa en grano   |

Nota: se propuso el desarrollo de un análisis estadístico de diseño experimental en bloques completamente al azar, con arreglo factorial de 2x3x2 con 12 tratamientos y cinco réplicas, en las mismas condiciones de humedad relativa, temperatura y luz.

### Análisis

Se realizó un análisis, mediante cuadros comparativos donde la base para la obtención de crecimiento fue la velocidad de crecimiento por sustrato (peso/tiempo).

Para el estudio de los datos obtenidos, se hizo un análisis de varianza en bloques completamente al azar, en arreglo factorial con tres factores, y cinco repeticiones.

#### **2.4.1 Variables estudiadas**

Un sustrato es eficaz para el crecimiento del hongo si contiene los nutrientes adecuados y las cantidades requeridas de acuerdo a las necesidades del mismo. (Sanchez, 2001)

La especie *Pleurotus spp* se adapta de manera significativa en cualquier sustrato especialmente en los lignocelulósicos (fuente de carbono), se debe tomar en cuenta también el porcentaje de otros nutrientes. Existe una interacción en la concentración de cepa inoculada en el grano denominada cepa-grano, que se debe respetar para poder obtener los resultados óptimos del hongo. La cepa tiene sus necesidades y propios requerimientos, por lo que es preferible evitar cambios a menos que exista una investigación previa que demuestre que se obtendrán los mismos resultados (Martinez, 2009).

Se elaboraran las siguientes pruebas de cada sustrato para determinar los porcentajes de nutrientes de cada uno, y así identificar cual sustrato sería mejor para el hongo.

#### **2.4.2 Materia seca (%)**

Para determinar este componente se utilizó una mufla, se tomó una muestra de 3 g de cada sustrato y se sometió a una desecación de 110°C.

#### **2.4.3 Proteínas (%)**

Para obtener el porcentaje de proteínas se realizó la extracción mediante el método Kjeldahl por determinación de nitrógenos.

#### 2.4.4 Fibra (mg)

El método de determinación de fibra fue realizado mediante un método gravimétrico luego de haberse extraído la grasa de los sustratos.

#### 2.4.5 Minerales (%)

Para determinar los minerales se utilizó el método de titulación para obtención de cloruros y calcio, con muestras de ceniza de 1g cada uno.

### 2.5 Elaboración de los sustratos

Dentro del manejo del experimento se desarrollaron tres diferentes sustratos con cinco repeticiones como se planteó el diseño experimental.

Se elaboró el mismo procedimiento para los tres sustratos, en la primera fase, se colocó el material agroindustrial en una tina para mezclar los componentes de acuerdo a la formulación que se observa en la Tabla 2.

Tabla 2. Formulación de sustrato para el cultivo de *Pleurotus spp.*

| <b>Materia Prima</b> | <b>Cantidad</b> |
|----------------------|-----------------|
| Afrechillo de arroz  | 20%             |
| Agua                 | 2 litros        |
| Yeso                 | 7%              |

Se añadió el afrechillo en un 20% al peso seco del material agroindustrial y se lo mezcló durante cinco minutos, posteriormente se aumentó en dosis pequeñas el agua, logrando una mezcla homogénea que cumpla con la humedad del medio requerido que se ubica entre el 50 y 80%.

Al momento de añadir el agua, se realizó una prueba de guante que consiste en la determinación de la humedad del sustrato; la metodología de esta prueba está basada en tomar una muestra del sustrato en la mano, hacer puño y constatar que los residuos se quedan pegados en la mano y no debe escurrir agua.



Figura 7. Proceso de mezcla con el yeso

Una vez alcanzada la humedad óptima, se procedió a colocar en la mezcla yeso en un 7% del material en seco como se observa en la figura 7, el yeso es un amortiguador que mantiene el pH en un rango óptimo entre 4 y 5 siendo este fundamental para el crecimiento micelial.

La mezcla con el yeso se realizó durante 10 minutos para asegurar la homogeneidad en su totalidad como se puede observar en la figura 7. Posteriormente, se procedió a colocar en la funda de polipropileno, siendo este material termo resistente para una pasteurización inocua sin perjudicar la condición interna del medio.

Para esta investigación se pesaron fundas de 3 kg de sustrato preparado con yeso, afrechillo de arroz y un porcentaje de agua como base para el material orgánico, para las cinco repeticiones. Para asegurar el sustrato en el interior de la funda se amarra con una liga.

### 2.5.1 Pasteurización

La pasteurización es un proceso térmico crítico dentro del desarrollo del micelio ya que esta asegura la inocuidad del medio, evitando cualquier tipo de contaminación cruzada o agente ajeno al medio, siendo esta durante dos horas a una temperatura de 95°C en barriles con una capacidad de veinte fundas de 3kg cada una, como se puede observar en la figura 8.



Figura 8. Pasteurización de sustrato

### 2.5.2 Siembra

El proceso de siembra de la cepa tanto de *Pleurotus ostreatus* y *Pleurotus djamor* se inicia con una esterilización de la mesa donde se realiza el procedimiento. La superficie de la mesa debe estar completamente estéril, para lograr esto se aplica alcohol. A su vez, es necesario contar con mecheros a cada extremo para mantener un ambiente estéril en caso de presencia de esporas que puedan contaminar la siembra como se puede observar en la figura 9.



Figura 9. Mesa estéril con mechero

Una vez esterilizada la mesa, se procedió a sumergir en una solución de alcohol las argollas que permitieron al inóculo respirar en su primera etapa dentro del sustrato. Se realizó una inspección visual para asegurar que la cepa estuviese libre de agentes externos contaminantes.

El siguiente paso, consistió en suavizar el sustrato, es decir que hayan espacios de aireación entre las partículas de cada medio de crecimiento. Esta parte del proceso, evita que el crecimiento sea localizado en ciertos puntos y que pueda el hongo colonizar completamente el sustrato. Se añadieron 68 g de cepa en cada funda de sustrato.

Para cerciorar que no exista ningún tipo de contaminación cruzada, se sometió a esterilización las herramientas que estuvieron en contacto directo tanto con la cepa como también con el sustrato, como se puede apreciar en la figura 10.



Figura 10. Esterilización de pinzas

El siguiente paso fue la siembra de la cepa mediante agitación logrando que se distribuya por partes iguales en todo el sustrato.

### 2.5.3 Incubación

Una vez culminado el proceso de siembra, se realizó la incubación de los medios. Los parámetros del ambiente en el cual se realizó la incubación fueron: temperatura de 27°C y humedad superior al 75%, sin presencia de luz. En la figura 11, podemos observar los medios en el proceso de incubación dentro de la cámara ya adaptada con los parámetros mencionados.



Figura 11. Incubación

## 2.6 Resultados fase 1

### 2.6.1 Obtención de macro y micro nutrientes del sustrato

Se elaboró un análisis y caracterización de los nutrientes en cada uno de los sustratos antes de ser utilizados y de esta manera poder guiarse obteniendo los resultados marcados a continuación:

#### 2.6.1.1 Materia seca

Se necesitó la materia seca para poder determinar la cantidad de agua que el sustrato tiene, y de la misma manera poder obtener minerales de cada uno. Para la obtención de la materia seca se desarrolló una práctica de laboratorio tomando una muestra de 3g del sustrato y así como lograr los porcentajes de ceniza Tabla 3.

Tabla 3. Humedad de los sustratos

| <b>(%) Humedad</b>     |                   |                       |                     |
|------------------------|-------------------|-----------------------|---------------------|
| <b>Sustrato</b>        | <b>Gramos (g)</b> | <b>Porcentaje (%)</b> | <b>Promedio (%)</b> |
| <b>Cáscara de café</b> | 0,57              | 19,00%                | 18,00%              |
|                        | 0,51              | 17,00%                |                     |
| <b>Hoja de plátano</b> | 1,88              | 62,70%                | 66,60%              |
|                        | 2,11              | 70,40%                |                     |
| <b>Tamo de cebada</b>  | 2,30              | 76,70%                | 71,10%              |
|                        | 1,97              | 65,40%                |                     |

Se obtuvo una humedad de cada sustrato en donde se puede observar que el porcentaje más elevado es del tamo de cebada con un valor de 71.1% lo que nos indica que es óptimo para el hongo ya que según (Vásquez, 1994) es uno de los factores ambientales que mayor impacto tienen sobre el desarrollo del hongo, la humedad del sustrato juega un rol importante de la mano de la humedad relativa, para asegurar el acondicionamiento del hongo en sus fases iniciales ya que es la fase que determinará el óptimo crecimiento del micelio. El tamo de cebada está entre 70% al 75% de humedad mientras que los otros tienen una humedad muy baja.

### 2.6.1.2 Proteínas

La proteína es un nutriente importante para el hongo ya que este, descompone el material orgánico más resistente reteniendo los nutrientes que se han obtenido por biomasa del suelo o sustrato donde se estén desarrollando. Según (FAO, s.f) las proteínas son el material más resistente en el suelo o sustrato. Como podemos observar en la tabla 4 los tres materiales orgánicos que se usaron para esta investigación aportan el porcentaje necesario para que el micelio pueda alimentarse. Se destaca en este caso la hoja de plátano aportando un 16,1% seguido del tamo de cebada.

Tabla 4. Porcentaje proteína

| <b>(%) Proteína</b> |        |
|---------------------|--------|
| Cáscara de café     | 13,90% |
| Hoja de plátano     | 16,10% |
| Tamo de cebada      | 14,30% |

### 2.6.1.3 Relación Carbono – Nitrógeno

Se obtuvieron como resultado del método de desecación en mufla porcentajes de carbono de dos muestras de cada medio de crecimiento, teniendo como el más elevado a la cáscara de café como se puede observar en la tabla 5. Estos resultados permitieron elaborar la relación carbono-nitrógeno

Tabla 5. Porcentaje de carbono

| <b>(%) Carbono</b> |                       |                       |                     |
|--------------------|-----------------------|-----------------------|---------------------|
|                    | <b>Gramos<br/>(g)</b> | <b>Porcentaje (%)</b> | <b>Promedio (%)</b> |
| Cáscara de café 1  | 2,43%                 | 81,00%                | 82,00%              |
| Cáscara de café 2  | 2,49%                 | 83,00%                |                     |
| Hoja de plátano 1  | 1,12%                 | 37,30%                | 33,50%              |
| Hoja de plátano 2  | 0,89%                 | 29,60%                |                     |
| Tamo de cebada 1   | 0,70%                 | 23,30%                | 29,00%              |
| Tamo de cebada 2   | 1,04%                 | 34,60%                |                     |

Para determinar el porcentaje de nitrógeno de los medios de crecimiento sometidos a experimentación, se usó el método de kjeldahl por obtención de nitrógeno. Al finalizar el experimento se tabularon los resultados y de esta manera se obtuvo que el tamo de cebada tiene un 68,4% de nitrógeno, la hoja de plátano 2,6% de nitrógeno y la cáscara de café tiene únicamente 2,2%.

En consecuencia, se puede concluir que el tamo de cebada posee el mayor porcentaje de nitrógeno en su composición química, favoreciendo al desarrollo micelial. Como se observa en la figura 6.

Tabla 6. Porcentaje de nitrógeno

| <b>(%) Nitrógeno</b> |        |
|----------------------|--------|
| Cáscara de café      | 2,00%  |
| Hoja de plátano      | 2,60%  |
| Tamo de cebada       | 68,40% |

#### 2.6.1.4 Minerales

Se obtuvo el porcentaje de minerales se obtuvo mediante el método de desecación por mufla, las cenizas que se tuvieron como resultados fueron enviadas al método de titulación donde se observaron los resultados marcados en la tabla 7.

Tabla 7. Porcentaje de minerales de cada medio de crecimiento

| <b>(%) minerales</b>   |                     |                    |                    |                   |
|------------------------|---------------------|--------------------|--------------------|-------------------|
|                        | <b>Cloruro (ml)</b> | <b>Cloruro (%)</b> | <b>calcio (ml)</b> | <b>Calcio (%)</b> |
| <b>Cáscara de café</b> | 0,5                 | 5%                 | 0                  | 0%                |
| <b>Hoja de plátano</b> | 0,2                 | 2%                 | 0,08               | 1%                |
| <b>Tamo de cebada</b>  | 4,8                 | 48%                | 0                  | 0%                |

Como se puede observar en la tabla 7, el tamo de cebada fue la materia orgánica con mayor porcentaje de cloruro en su composición, según (Crucita, Dalmiro, & García, 2007), con un alto porcentaje de humedad y alta concentración de cloruro que permite asegurar la germinación del hongo y así evitar una alta tasa de mortalidad en su etapa previa.

Por otro lado, la cáscara de café y hoja de plátano poseen porcentajes muy por debajo en comparación con el tamo de cebada, razón por la cual el crecimiento del hongo en los medios donde fueron empleados estos materiales orgánicos fue de menor grado, influyendo en el peso final y la biomasa del micelio del hongo.

Como se puede apreciar en la tabla 7, la presencia de calcio es menos relevante en estos materiales orgánicos, por lo que no suma importancia en el crecimiento micelial del hongo.

#### **2.6.1.5 Fibra**

La fibra permite que el crecimiento del micelio sea más confiable, ya que este hongo crece con facilidad en sustratos fibrosos, razón por la que se obtuvieron resultados de crecimiento en los tres sustratos, como se puede observar en la tabla 8.

Tabla 8. mg de fibra en sustratos

| <b>mg de fibra en 100 g de sustrato seco</b> |       |
|--|-------|
| Tamo de cebada                               | 10,62 |
| Hoja de plátano                              | 30,59 |
| Cáscara de café                              | 15,50 |

#### **2.6.1.6 Carbohidratos**

Los resultados del crecimiento micelial del hongo fueron basados en verificaciones visuales ya que la validación de biomasa únicamente se pudo realizar una vez completada la fase micelial, por cuestiones de riesgo de contaminación y variación en las condiciones ambientales predeterminadas, como lo indica (Martinez, 2009). Las validaciones fueron tomadas en un periodo desde el quinto día de incubación hasta el último día de fase micelial previa fructificación al día 30.

Tabla 9. mg de carbohidratos

| <b>mg de carbohidratos en 100 g de sustrato seco</b> |       |
|--|-------|
| Tamo de cebada                                       | 68,33 |
| Hoja de plátano                                      | 45,00 |
| Cáscara de café                                      | 7,00  |

Se realizaron pruebas para la obtención de carbohidratos de cada sustrato teniendo como resultado el tamo de cebada como mayor cantidad en este componente como podemos observar en la tabla 9

Tabla 10. mg de relación C/N

| <b>mg de relación C/N en 100 g de sustrato seco</b> |                       |                        |                        |
|---|-----------------------|------------------------|------------------------|
|   | <b>Tamo de cebada</b> | <b>Hoja de plátano</b> | <b>Cáscara de café</b> |
| Lignina   | 8,20                  | 12,79                  | 7,96                   |
| Celulosa  | 34,80                 | 23,84                  | 30,95                  |
| Hemicelulosa  | 25,39                 | 17,37                  | 5,10                   |

Los datos resultantes de las pruebas nos dieron los valores determinados en la tabla 10, donde se pueden observar cantidades diferenciadas por sustrato.

## **2.7 Comparación de variables de crecimiento micelial**

### **2.7.1 Crecimiento de *Pleurotus djamor* con cepa en grano.**

Como resultado de la primera fase de experimentación se determinó el medio óptimo para el desarrollo de *Pleurotus djamor* con cepa en grano por diferenciación de eficiencia biológica.

Como se puede apreciar en la tabla 11, se determinó la biomasa por diferencia de pesos, se buscó una diferencia entre sustratos demostrando que la biomasa

con mayor peso es el que más nutrientes absorbió, en este caso tenemos al tamo de cebada como mejor resultado.

Según (Ripsnort, 2010) la eficiencia biológica es un término que se refiere al potencial de crecimiento de un hongo en varios subproductos agrícolas.

$$Eficiencia\ biológica = \frac{peso\ micelio}{peso\ sustrato\ inicial} * 100 \quad \text{(Ecuación 1)}$$

Tabla 11. Eficiencia biológica *Pleurotus djamor* en grano.

| Comparación del desarrollo de <i>Pleurotus djamor</i> cepa en grano |                   |                 |              |                        |
|---|-------------------|-----------------|--------------|------------------------|
| Medio de crecimiento  | Peso inicial (kg) | Peso final (kg) | Biomasa (kg) | Eficiencia biológica % |
| Cáscara de café (H2M1C2)  | 3,68              | 2,124           | 1,556        | 42,3%                  |
| Hoja de plátano (H2M2C2)  | 3,68              | 1,811           | 1,869        | 50,8%                  |
| Tamo de cebada (H2M3C2)   | 3,68              | 1,079           | 2,601        | 70,7%                  |

El medio óptimo de crecimiento fue el tamo de cebada, la biomasa del hongo en este medio fue de 2,601 kg. En la figura 12 se puede apreciar el desarrollo micelial de *P. djamor* al culminar su desarrollo en los distintos medios:

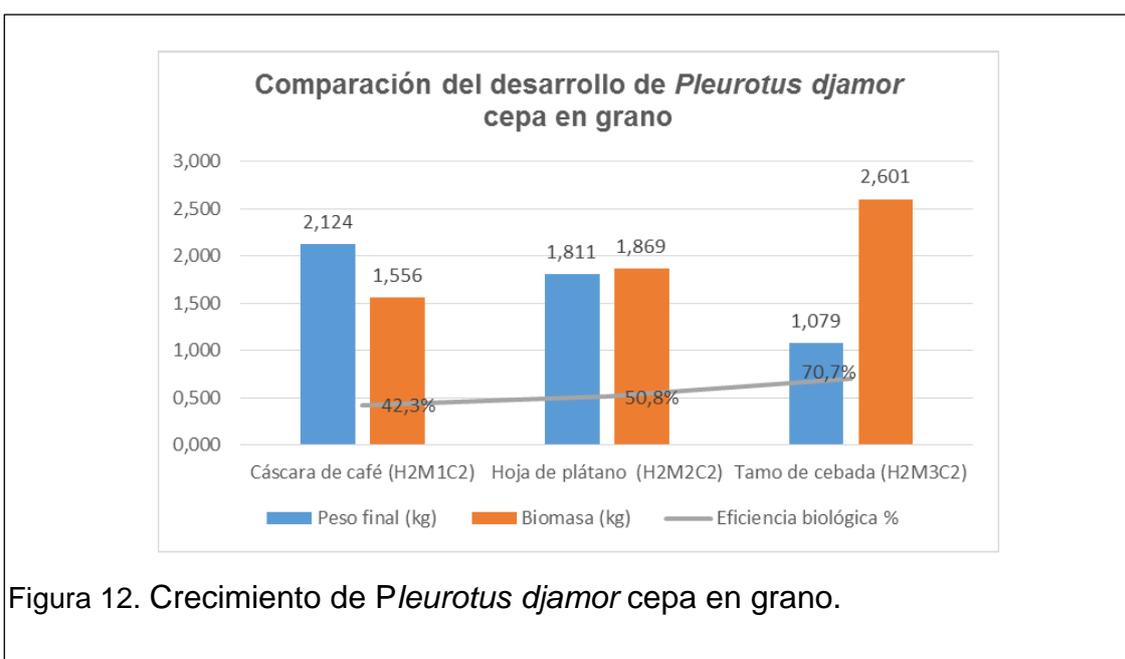


Figura 12. Crecimiento de *Pleurotus djamor* cepa en grano.

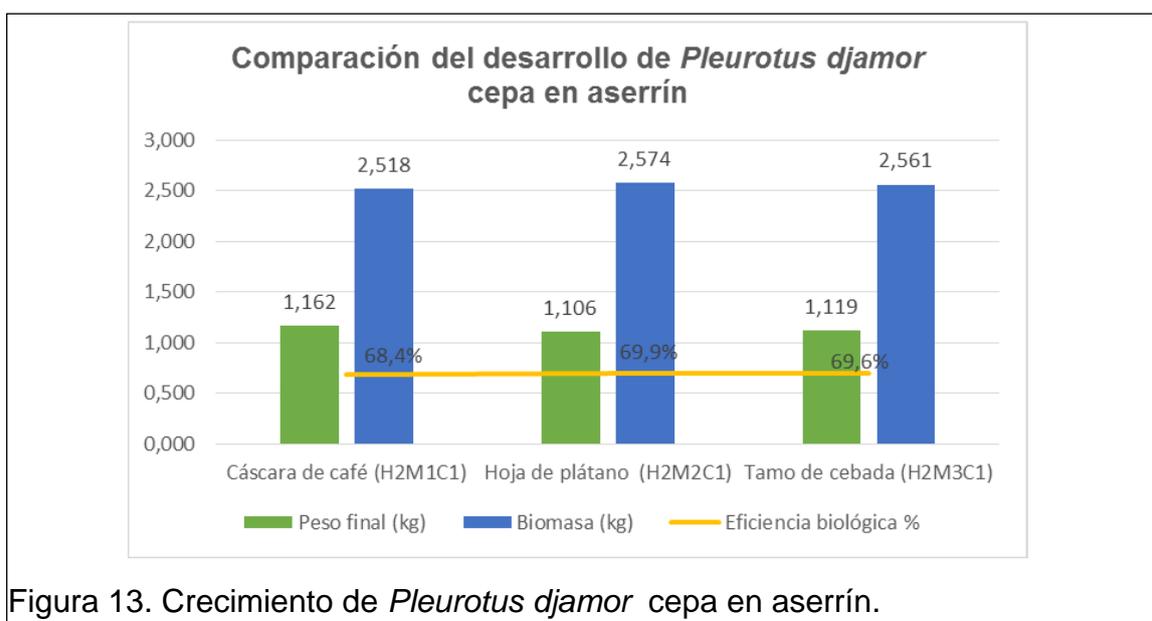
### 2.7.2 Crecimiento de *Pleurotus djamor* con cepa en aserrín

Como resultado de la primera fase de experimentación, se determinó el medio óptimo para el desarrollo de *Pleurotus djamor* con cepa en aserrín por diferenciación de biomasa entre medios como se observa en la tabla 12:

Tabla 12. Eficiencia biológica *Pleurotus djamor* en aserrín

| Comparación del desarrollo de <i>Pleurotus djamor</i> cepa en aserrín |                          |                 |              |                        |
|---|--------------------------|-----------------|--------------|------------------------|
| Peso inicial (kg)   | Medio de crecimiento     | Peso final (kg) | Biomasa (kg) | Eficiencia biológica % |
| 3,68  | Cáscara de café (H2M1C1) | 1,162           | 2,518        | 68,4%                  |
| 3,68  | Hoja de plátano (H2M2C1) | 1,106           | 2,574        | 69,9%                  |
| 3,68  | Tamo de cebada (H2M3C1)  | 1,119           | 2,561        | 69,6%                  |

El medio óptimo de crecimiento fue la hoja de plátano, la biomasa del hongo en este medio fue de 2,561 kg. En la figura 13 se puede apreciar el desarrollo micelial de *P. djamor* al culminar su desarrollo en los distintos medios:



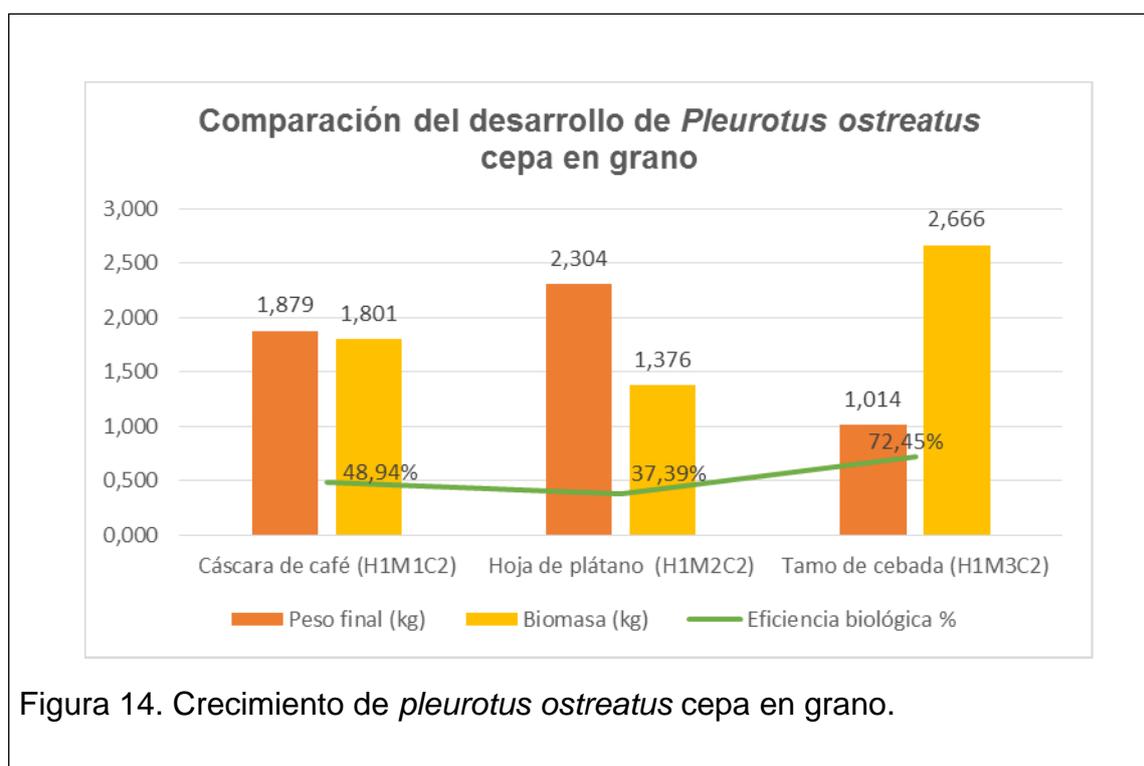
### 2.7.3 Crecimiento de *Pleurotus ostreatus* con cepa en grano

Como resultado de la primera fase de experimentación, se determinó el medio óptimo para el desarrollo de *Pleurotus ostreatus* con cepa en grano por diferenciación de biomasa entre medios como se observa en la tabla 13.

Tabla 13. Crecimiento de *Pleurotus ostreatus* cepa en grano.

| Comparación del desarrollo de <i>Pleurotus ostreatus</i> cepa en grano |                          |                 |              |                        |
|--|--------------------------|-----------------|--------------|------------------------|
| Peso inicial (kg)  | Medio de crecimiento     | Peso final (kg) | Biomasa (kg) | Eficiencia biológica % |
| 3,68   | Cáscara de café (H1M1C2) | 1,879           | 1,801        | 48,94%                 |
| 3,68   | Hoja de plátano (H1M2C2) | 2,304           | 1,376        | 37,39%                 |
| 3,68   | Tamo de cebada (H1M3C2)  | 1,014           | 2,666        | 72,45%                 |

El medio óptimo de crecimiento fue el tamo de cebada, la biomasa del hongo en este medio fue de 2,666 kg. En la figura 14 se puede apreciar el desarrollo micelial de *P. ostreatus* al culminar su desarrollo en los distintos medios:



### 2.7.4 Crecimiento de *Pleurotus ostreatus* con cepa en aserrín

Como resultado de la primera fase de experimentación, se determinó el medio óptimo para el desarrollo de *Pleurotus ostreatus* con cepa en aserrín por diferenciación de biomasa entre medios como se observa en la tabla 14

Tabla 14. Eficiencia biológica *Pleurotus ostreatus* en aserrín.

| Comparación del desarrollo de <i>Pleurotus ostreatus</i> cepa en aserrín |                          |                 |              |                        |
|--|--------------------------|-----------------|--------------|------------------------|
| Peso inicial (kg)  | Medio de crecimiento     | Peso final (kg) | Biomasa (kg) | Eficiencia biológica % |
| 3,68   | Cáscara de café (H1M1C1) | <b>1,181</b>    | 2,499        | 67,91%                 |
| 3,68   | Hoja de plátano (H1M2C1) | <b>2,138</b>    | 1,542        | 41,90%                 |
| 3,68   | Tamo de cebada (H1M3C1)  | <b>1,067</b>    | 2,613        | 71,01%                 |

El medio óptimo de crecimiento fue el tamo de cebada, la biomasa del hongo en este medio fue de 2,613 kg. En la figura 15 se puede apreciar el desarrollo micelial de *P. ostreatus* al culminar su desarrollo en los distintos medios:

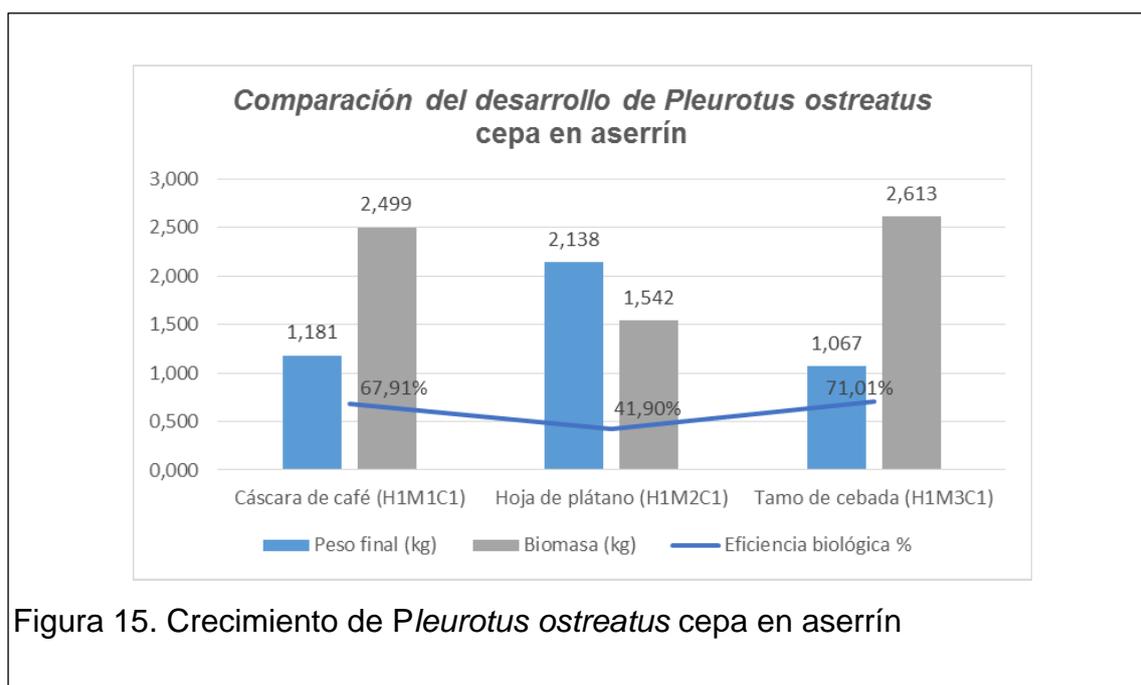


Figura 15. Crecimiento de *Pleurotus ostreatus* cepa en aserrín

## 2.8 Resultados ANDEVA primera fase

Para el análisis estadístico de varianza se usó un diseño experimental en bloques completamente al azar con 3 factores y niveles 2x2x3.

### 2.8.1 Resultados ANDEVA pesos

Como se puede observar en la tabla 15, no se tiene resultados de coeficiente de varianza ya que son datos del peso inicial, el cual no se hizo comparación con ningún factor, razón por la cual no se obtiene p-valor como se observa en la tabla 16.

Tabla 15. Nomenclatura Andeva

|                          |    |                            |
|--------------------------|----|----------------------------|
| <b>Hongos</b>            | H1 | <i>Pleurotus Ostreatus</i> |
|                          | H2 | <i>Pleurotus Djamor</i>    |
| <b>Sustratos</b>         | M1 | Cascara de café            |
|                          | M2 | Hoja de platano            |
|                          | M3 | Tamo de cebada             |
| <b>Método de siembra</b> | C1 | Aserrín                    |
|                          | C2 | Grano                      |

Tabla 16. Cuadro de análisis de varianza Peso Inicial

| Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III) |    |    |    |    |         |
|---|----|----|----|----|---------|
| F.V.  | SC | gl | CM | F  | p-valor |
| Modelo.   | 0  | 15 | 0  | sd | sd      |
| Rep   | 0  | 4  | 0  | sd | sd      |
| Hongos  | 0  | 1  | 0  | sd | sd      |
| Sustratos                                       | 0  | 2  | 0  | sd | sd      |
| M siembra H                                     | 0  | 1  | 0  | sd | sd      |
| Hongos*Sustratos                                | 0  | 2  | 0  | sd | sd      |
| Hongos*M siembra H                              | 0  | 1  | 0  | sd | sd      |
| Sustratos*M siembra H                           | 0  | 2  | 0  | sd | sd      |
| Hongos*Sustratos*M siembra..                    | 0  | 2  | 0  | sd | sd      |
| Error   | 0  | 44 | 0  |    |         |
| Total   | 0  | 59 |    |    |         |

| Variable          | N  | R <sup>2</sup> | R <sup>2</sup> Aj | CV |
|-------------------|----|----------------|-------------------|----|
| Peso inicial (kg) | 60 | sd             | sd                | 0  |

El peso final del sustrato indica cuanto absorbió el micelio del hongo y dado que el micelio se alimenta con nutrientes el peso del sustrato disminuye como lo indica (Rogoberto, 2008), donde afirma que los resultados son obtenidos por la diferencia de pesos indicando de esta manera que el hongo absorbe más nutrientes que el otro y a partir de diferentes sustratos.

En la tabla 17 podemos identificar las variables del análisis donde se puede observar el coeficiente de varianza es de 6,62 indicando que los resultados obtenidos no se generaron por factores externos.

Tabla 17. Cuadro de análisis de Varianza Peso final

| Variable  | N     | R <sup>2</sup> | R <sup>2</sup> Aj | CV     |         |
|---|-------|----------------|-------------------|--------|---------|
| <b>Peso Final (kg)</b>                          | 60    | 0,97           | 0,96              | 6,62   |         |
| Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III) |       |                |                   |        |         |
| F.V.  | SC    | gl             | CM                | F      | p-valor |
| <b>Modelo.</b>                                  | 14,83 | 15             | 0,99              | 93,38  | <0,0001 |
| <b>Rep</b>                                      | 0,01  | 4              | 2,30E-03          | 0,22   | 0,9266  |
| <b>Hongos</b>                                   | 0,81  | 1              | 0,81              | 76,1   | <0,0001 |
| <b>Sustratos</b>                                | 6,61  | 2              | 3,31              | 312,24 | <0,0001 |
| <b>M siembra H</b>                              | 3,02  | 1              | 3,02              | 284,99 | <0,0001 |
| <b>Hongos*Sustratos</b>                         | 1,49  | 2              | 0,75              | 70,47  | <0,0001 |
| <b>Hongos*M siembra H</b>                       | 0,08  | 1              | 0,08              | 7,22   | 0,0102  |
| <b>Sustratos*M siembra H</b>                    | 2,66  | 2              | 1,33              | 125,44 | <0,0001 |
| <b>Hongos*Sustratos*M siembra</b>               | 0,16  | 2              | 0,08              | 7,6    | 0,0015  |
| <b>Error</b>                                    | 0,47  | 44             | 0,01              |        |         |
| <b>Total</b>                                    | 15,3  | 59             |                   |        |         |

Como se puede apreciar en la tabla 17, las repeticiones no son significativas ya que sobrepasan el 5% con el que se realizó la muestra, es decir que no se rechaza la hipótesis nula.

En cuanto al hongo , sustrato, método de siembra y la combinación de sustrato con método de siembra, el resultado es menor al porcentaje con el que se trabajó, por lo que son altamente significativos aprobando la hipótesis alterna dando un porcentaje de confiabilidad de 0,01%, como se puede observar en la tabla 17.

La combinación del hongo por método de siembra, la combinación del hongo por sustrato y el factor método de siembra muestran un resultado entre 1% y 5% indicando que es significativa.

Tabla 18. Prueba estadística de Tukey factor hongo

| Test: Tukey Alfa=0,05 DMS=0,05354  |        |    |      |   |   |
|--|--------|----|------|---|---|
| Error: 0,0106 gl: 44   |        |    |      |   |   |
| Hongos   | Medias | n  | E.E. |   |   |
| 1  | 1,67   | 30 | 0,02 | A |   |
| 2  | 1,44   | 30 | 0,02 |   | B |
| Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0,05$ ) |        |    |      |   |   |

La prueba estadística de Tukey nos permite identificar la significancia de los resultados dando a conocer cuál es la mejor combinación en cada prueba realizada.

En las pruebas de peso final, el resultado en la prueba de tukey factor hongos determinó que el mejor hongo fue el 1 (*Pleurotus ostreatus*) como se puede observar en la tabla 18

Tabla 19. Prueba estadística de Tukey factor sustratos

| Test: Tukey Alfa=0,05 DMS=0,07892  |        |    |      |   |   |
|--|--------|----|------|---|---|
| Error: 0,0106 gl: 44   |        |    |      |   |   |
| Sustratos  | Medias | n  | E.E. |   |   |
| 2  | 1,89   | 20 | 0,02 | A |   |
| 1  | 1,67   | 20 | 0,02 |   | B |
| 3  | 1,1    | 20 | 0,02 |   | C |
| Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0,05$ ) |        |    |      |   |   |

Los sustratos son el medio más importante ya que son el alimento del hongo. Para poder identificar el mejor sustrato se tomó en cuenta su peso final destacando que el que pese menos es el que más nutrientes absorbió, como se puede observar en la tabla 19, el mejor sustrato dadas las características necesarias es el número 3 siendo este el tamo de cebada.

Tabla 20. Prueba estadística de Tukey factor método de siembra

| Test: Tukey Alfa=0,05 DMS=0,05354  |   |        |    |      |   |   |
|--|---|--------|----|------|---|---|
| Error: 0,0106 gl: 44   |   |        |    |      |   |   |
| M siembra  | H | Medias | n  | E.E. |   |   |
| 2  |   | 1,78   | 30 | 0,02 | A |   |
| 1  |   | 1,33   | 30 | 0,02 |   | B |
| Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0,05$ ) |   |        |    |      |   |   |

Al momento de hablar sobre el método de siembra se hace referencia al tipo de cepa que se utilizó, siendo las dos alternativas investigadas, cepa en aserrín y cepa en grano. En la tabla 20 se puede observar que el mejor método de siembra es el número 2, siendo este la cepa en grano de cebada.

Tabla 21. Prueba estadística de Tukey Combinación Hongo- Sustrato

| Test: Tukey Alfa=0,05 DMS=0,13708  |           |        |    |      |   |   |
|--|-----------|--------|----|------|---|---|
| Error: 0,0106 gl: 44   |           |        |    |      |   |   |
| Hongos   | Sustratos | Medias | n  | E.E. |   |   |
| 1  | 2         | 2,23   | 10 | 0,03 | A |   |
| 1  | 1         | 1,68   | 10 | 0,03 |   | B |
| 2  | 1         | 1,66   | 10 | 0,03 |   | B |
| 2  | 2         | 1,55   | 10 | 0,03 |   | B |
| 2  | 3         | 1,11   | 10 | 0,03 |   | C |
| 1  | 3         | 1,1    | 10 | 0,03 |   | C |
| Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0,05$ ) |           |        |    |      |   |   |

La tabla 21 indica que la combinación óptima entre hongo y sustrato es la 1 y 3 (*Pleurotus ostreatus*-tamo de cebada) como se explicó previamente, el sustrato de menor peso es el mejor resultado para la investigación.

Tabla 22. Prueba estadística de Tukey Combinación Hongo-Método de siembra

| Test: Tukey Alfa=0,05 DMS=0,10032  |           |        |    |      |   |   |
|--|-----------|--------|----|------|---|---|
| Error: 0,0106 gl: 44   |           |        |    |      |   |   |
| Hongos   | M siembra | Medias | n  | E.E. |   |   |
| 1  | 2         | 1,86   | 15 | 0,03 | A |   |
| 2  | 2         | 1,7    | 15 | 0,03 |   | B |
| 1  | 1         | 1,48   | 15 | 0,03 |   | C |
| 2  | 1         | 1,18   | 15 | 0,03 |   | D |
| Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0,05$ ) |           |        |    |      |   |   |

En las combinaciones entre Hongo y Método de Siembra se puede diferenciar significativamente todas A, B, C y D, indicando que la mejor combinación es

entere la 1 y 2 (*Pleurotus ostreatus* – cepa en grano), como se puede evidenciar en la tabla 22.

Tabla 23. Prueba estadística de Tukey combinación Sustrato-Método de Siembra

| Test: Tukey Alfa=0,05 DMS=0,13708  |           |        |    |      |   |   |   |
|--|-----------|--------|----|------|---|---|---|
| Error: 0,0106 gl: 44   |           |        |    |      |   |   |   |
| Sustratos  | M siembra | Medias | n  | E.E. |   |   |   |
| 1  | 2         | 2,17   | 10 | 0,03 | A |   |   |
| 2  | 2         | 2,08   | 10 | 0,03 | A |   |   |
| 2  | 1         | 1,69   | 10 | 0,03 |   | B |   |
| 1  | 1         | 1,17   | 10 | 0,03 |   |   | C |
| 3  | 1         | 1,12   | 10 | 0,03 |   |   | C |
| 3  | 2         | 1,08   | 10 | 0,03 |   |   | C |
| Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0,05$ ) |           |        |    |      |   |   |   |

En la tabla 23, se evidencia que el mejor resultado es la combinación entre 3 y 2 (tamo de cebada- cepa en grano)

Tabla 24. Prueba estadística de Tukey combinación Hongo-Sustrato-Método de siembra

| Test: Tukey Alfa=0,05 DMS=0,22445  |           |           |        |   |      |   |   |
|--|-----------|-----------|--------|---|------|---|---|
| Error: 0,0106 gl: 44   |           |           |        |   |      |   |   |
| Hongos   | Sustratos | M siembra | Medias | n | E.E. |   |   |
| 1  | 2         | 2         | 2,31   | 5 | 0,05 | A |   |
| 1  | 1         | 2         | 2,18   | 5 | 0,05 | A |   |
| 2  | 1         | 2         | 2,15   | 5 | 0,05 | A |   |
| 1  | 2         | 1         | 2,14   | 5 | 0,05 | A |   |
| 2  | 2         | 2         | 1,85   | 5 | 0,05 |   | B |
| 2  | 2         | 1         | 1,25   | 5 | 0,05 |   | C |
| 1  | 1         | 1         | 1,19   | 5 | 0,05 |   | C |
| 2  | 1         | 1         | 1,16   | 5 | 0,05 |   | C |
| 2  | 3         | 1         | 1,12   | 5 | 0,05 |   | C |
| 1  | 3         | 1         | 1,11   | 5 | 0,05 |   | C |
| 2  | 3         | 2         | 1,09   | 5 | 0,05 |   | C |
| 1  | 3         | 2         | 1,08   | 5 | 0,05 |   | C |
| Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0,05$ ) |           |           |        |   |      |   |   |

La tabla 24, es la que evidencia la mejor combinación entre los tres factores, donde se debe tomar en cuenta que el de menor peso es el que se debió usar para la siguiente fase experimental, siendo este la combinación 1-3-2 (*Pleurotus ostreatus*-Tamo de Cebada-Cepa en Grano).

## 2.8.2 Resultados ANDEVA Biomasa

Como indica (Institute, 2004), la biomasa son los organismos vivos o recientemente muertos. En este caso, aplicando el concepto de biomasa a los hongos, el desarrollo de biomasa en los medios indica la cantidad de micelio que creció a partir de la degradación de sustratos orgánicos.

Tabla 25. Cuadro de análisis de varianza Biomasa

| Variable  | N     | R <sup>2</sup> | R <sup>2</sup> Aj | CV     |         |
|---|-------|----------------|-------------------|--------|---------|
| <b>Biomasa (kg)</b>                             | 60    | 0,98           | 0,98              | 3,66   |         |
| Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III) |       |                |                   |        |         |
| F.V.  | SC    | gl             | CM                | F      | p-valor |
| <b>Modelo.</b>                                  | 15,13 | 15             | 1,01              | 165,04 | <0,0001 |
| <b>Rep</b>                                      | 0,02  | 4              | 4,20E-03          | 0,68   | 0,6068  |
| <b>Hongos</b>                                   | 0,92  | 1              | 0,92              | 150,56 | <0,0001 |
| <b>Sustratos</b>                                | 6,36  | 2              | 3,18              | 520,45 | <0,0001 |
| <b>M siembra H</b>                              | 3,14  | 1              | 3,14              | 514,27 | <0,0001 |
| <b>Hongos*Sustratos</b>                         | 1,71  | 2              | 0,85              | 139,85 | <0,0001 |
| <b>Hongos*M siembra H</b>                       | 0,11  | 1              | 0,11              | 18,41  | 0,0001  |
| <b>Sustratos*M siembra H</b>                    | 2,63  | 2              | 1,31              | 215    | <0,0001 |
| <b>Hongos*Sustratos*M siembra H</b>             | 0,24  | 2              | 0,12              | 19,52  | <0,0001 |
| <b>Error</b>                                    | 0,27  | 44             | 0,01              |        |         |
| <b>Total</b>                                    | 15,4  | 59             |                   |        |         |

El cuadro de varianza nos indica la significancia de cada combinación como podemos observar en la tabla 25, donde hongos, sustratos, método de siembra, combinación hongo por sustrato, combinación sustrato por método de siembra y combinación hongo por sustrato por método de siembra son poco significativos dando un porcentaje de confiabilidad del 0.01% aprobando la hipótesis alterna, mientras que el hongo por método de siembra es significativa aprobando la hipótesis alterna.

Como se puede evidenciar en la tabla 25 el coeficiente de varianza es de 3,66 indicando que los resultados obtenidos no fueron afectados por factores externos a la investigación.

Tabla 26. Prueba estadística de Tukey factor hongos

| Test: Tukey Alfa=0,05 DMS=0,04068  |        |    |      |   |   |
|--|--------|----|------|---|---|
| Error: 0,0061 gl: 44   |        |    |      |   |   |
| Hongos   | Medias | n  | E.E. |   |   |
| 2  | 2,26   | 30 | 0,01 | A |   |
| 1  | 2,01   | 30 | 0,01 |   | B |
| Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0,05$ ) |        |    |      |   |   |

En la tabla 26 se puede evidenciar que la diferencia entre los hongos es significativa demostrando que el hongo 2 (*Pleurotus djamor*) es el que mayor crecimiento tuvo en las pruebas de biomasa.

Tabla 27. Prueba estadística de Tukey factor sustratos

| Test: Tukey Alfa=0,05 DMS=0,05996  |        |    |      |   |   |
|--|--------|----|------|---|---|
| Error: 0,0061 gl: 44   |        |    |      |   |   |
| Sustratos  | Medias | n  | E.E. |   |   |
| 3  | 2,58   | 20 | 0,02 | A |   |
| 1  | 2,01   | 20 | 0,02 |   | B |
| 2  | 1,81   | 20 | 0,02 |   | C |
| Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0,05$ ) |        |    |      |   |   |

En las pruebas para obtención de biomasa los resultados en sustratos son significativos, indicando como mejor sustrato el número 3 (Tamo de cebada) como se muestra en la tabla 27.

Tabla 28. Prueba estadística de Tukey factor método de siembra

| Test: Tukey Alfa=0,05 DMS=0,04068  |        |    |      |   |   |
|--|--------|----|------|---|---|
| Error: 0,0061 gl: 44   |        |    |      |   |   |
| M siembra H  | Medias | n  | E.E. |   |   |
| 1  | 2,37   | 30 | 0,01 | A |   |
| 2  | 1,91   | 30 | 0,01 |   | B |
| Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0,05$ ) |        |    |      |   |   |

Se denomina al método de siembra al cómo fue inoculada la cepa en grano o en aserrín para esta investigación, donde la prueba de Tukey indica que el mejor resultado fue el método de siembra número 1 (cepa en aserrín) para la biomasa como se muestra en la tabla 28, teniendo resultados significativos entre los dos métodos de siembra.

Tabla 29. Prueba estadística de Tukey combinación hongo-sustrato

| Test: Tukey Alfa=0,05 DMS=0,10414  |           |        |    |      |   |   |   |
|--|-----------|--------|----|------|---|---|---|
| Error: 0,0061 gl: 44   |           |        |    |      |   |   |   |
| Hongos   | Sustratos | Medias | n  | E.E. |   |   |   |
| 1  | 3         | 2,59   | 10 | 0,02 | A |   |   |
| 2  | 3         | 2,57   | 10 | 0,02 | A |   |   |
| 2  | 2         | 2,18   | 10 | 0,02 |   | B |   |
| 2  | 1         | 2,03   | 10 | 0,02 |   |   | C |
| 1  | 1         | 2      | 10 | 0,02 |   |   | C |
| 1  | 2         | 1,45   | 10 | 0,02 |   |   | D |
| Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0,05$ ) |           |        |    |      |   |   |   |

La combinación entre Hongo-Sustrato se tiene como mejor entre la 1-3 (*Pleurotus ostreatus*-Tamo de cebada), y 2-3 (*Pleurotus djamor* -Tamo de cebada), como se indica en la tabla 29, las medias de cada combinación que tengan letras comunes indican que no tienen diferencia significativa, mientras que los resultados con letras iguales indican que las diferencias son significativas demostrando la mejor interacción entre hongo y sustrato.

Tabla 30. Prueba estadística de Tukey combinación hongo-método de siembra

| Test: Tukey Alfa=0,05 DMS=0,07622  |           |        |    |      |   |   |   |
|--|-----------|--------|----|------|---|---|---|
| Error: 0,0061 gl: 44   |           |        |    |      |   |   |   |
| Hongos   | M siembra | Medias | n  | E.E. |   |   |   |
| 2  | 1         | 2,53   | 15 | 0,02 | A |   |   |
| 1  | 1         | 2,2    | 15 | 0,02 |   | B |   |
| 2  | 2         | 1,99   | 15 | 0,02 |   |   | C |
| 1  | 2         | 1,83   | 15 | 0,02 |   |   | D |
| Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0,05$ ) |           |        |    |      |   |   |   |

En la tabla 30 nos indica que método de siembra es más eficaz, en este caso de la biomasa, y se tuvo como resultado la combinación 2-1 (*Pleurotus djamor* -*Aserrín*), en comparación con las otras combinaciones tuvo resultados significativos por las diferentes medias obtenidas.

Tabla 31. Prueba estadística de Tukey combinación sustrato-método de Siembra

| Test: Tukey Alfa=0,05 DMS=0,10414  |           |        |    |      |   |   |
|--|-----------|--------|----|------|---|---|
| Error: 0,0061 gl: 44   |           |        |    |      |   |   |
| Sustratos  | M siembra | Medias | n  | E.E. |   |   |
| 3  | 2         | 2,6    | 10 | 0,02 | A |   |
| 3  | 1         | 2,56   | 10 | 0,02 | A |   |
| 1  | 1         | 2,51   | 10 | 0,02 | A |   |
| 2  | 1         | 2,03   | 10 | 0,02 |   | B |
| 2  | 2         | 1,6    | 10 | 0,02 |   | C |
| 1  | 2         | 1,52   | 10 | 0,02 |   | C |
| Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0,05$ ) |           |        |    |      |   |   |

En la tabla 31 se obtuvieron tres resultados que sobresalen a los demás y no son significativos entre sí, 3-2 (Tamo de cebada-Cepa en grano), 3-1 (Tamo de cebada-Cepa en aserrín), 1-1 (Cáscara de café-Cepa en aserrín), destacando el primer resultado con una media más alta.

Tabla 32. Prueba estadística de Tukey combinación hongo-sustrato-método de siembra

| Test: Tukey Alfa=0,05 DMS=0,17053  |           |           |        |   |      |   |
|--|-----------|-----------|--------|---|------|---|
| Error: 0,0061 gl: 44   |           |           |        |   |      |   |
| Hongos   | Sustratos | M siembra | Medias | n | E.E. |   |
| 1  | 3         | 2         | 2,62   | 5 | 0,03 | A |
| 2  | 3         | 2         | 2,59   | 5 | 0,03 | A |
| 1  | 3         | 1         | 2,57   | 5 | 0,03 | A |
| 2  | 3         | 1         | 2,56   | 5 | 0,03 | A |
| 2  | 2         | 1         | 2,53   | 5 | 0,03 | A |
| 2  | 1         | 1         | 2,52   | 5 | 0,03 | A |
| 1  | 1         | 1         | 2,49   | 5 | 0,03 | A |
| 2  | 2         | 2         | 1,83   | 5 | 0,03 | B |
| 2  | 1         | 2         | 1,55   | 5 | 0,03 | C |
| 1  | 2         | 1         | 1,54   | 5 | 0,03 | C |
| 1  | 1         | 2         | 1,5    | 5 | 0,03 | C |
| 1  | 2         | 2         | 1,37   | 5 | 0,03 | D |
| Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0,05$ ) |           |           |        |   |      |   |

En la tabla 32 se puede observar la combinación más eficaz después de determinar a cada factor individualmente y en combinaciones entre cada uno, se puede ver que siete resultados tienen un letra común indicando que no son significativamente diferentes, pero se destaca como mejor el primer resultado por su diferencia en peso siendo este 1-3-2 (*Pleurotus ostreatus*-Tamo de Cebada-Cepa en grano). Los resultado entre combinaciones obtenidas A,B,C y D tienen una diferencia significativa

### 2.8.3 Resultados ANDEVA Eficiencia Biológica

La eficiencia biológica es un término empleado en la industria fúngica que describe el potencial de crecimiento de los hongos en distintos sustratos orgánicos (Ripsnort, 2010). En este caso, permite tener un mejor entendimiento de como fue el desarrollo micelial considerando los distintos hongos, medios de crecimiento y métodos de siembra para a partir de esto, calcular la eficiencia biológica e indicar cuál es el mejor hongo, sustrato de crecimiento y método de siembra en base a la tabla 33

Tabla 33. Cuadro de Análisis de Varianza Eficiencia Biológica

| Variable   | N       | R <sup>2</sup> | R <sup>2</sup> Aj | CV     |         |
|--|---------|----------------|-------------------|--------|---------|
| <b>Eficiencia Biológica %</b>                          | 60      | 0,98           | 0,98              | 3,66   |         |
| <b>Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)</b> |         |                |                   |        |         |
| F.V.   | SC      | gl             | CM                | F      | p-valor |
| <b>Modelo.</b>   | 11171,9 | 15             | 744,79            | 164,92 | <0,0001 |
| <b>Rep</b>   | 12,36   | 4              | 3,09              | 0,68   | 0,6068  |
| <b>Hongos</b>  | 679,53  | 1              | 679,53            | 150,47 | <0,0001 |
| <b>Sustratos</b>                                       | 4697,14 | 2              | 2348,57           | 520,06 | <0,0001 |
| <b>M siembra H</b>                                     | 2320,81 | 1              | 2320,81           | 513,91 | <0,0001 |
| <b>Hongos*Sustratos</b>                                | 1262,38 | 2              | 631,19            | 139,77 | <0,0001 |
| <b>Hongos*M siembra H</b>                              | 83,03   | 1              | 83,03             | 18,38  | 0,0001  |
| <b>Sustratos*M siembra H</b>                           | 1940,44 | 2              | 970,22            | 214,84 | <0,0001 |
| <b>Hongos*Sustratos*M siembra</b>                      | 176,22  | 2              | 88,11             | 19,51  | <0,0001 |
| <b>Error</b>   | 198,7   | 44             | 4,52              |        |         |
| <b>Total</b>   | 11370,6 | 59             |                   |        |         |

La eficiencia biológica es la que determina que combinación fue la más efectiva para determinar la mejor interacción entre hongo-sustrato-método de siembra.

Como se puede observar en la tabla 33 los hongos, sustratos, método de siembra, combinación hongos por sustrato, combinación método de siembra y combinación hongo por sustrato por método de siembra, tienen una diferencia significativa indicando un porcentaje de confiabilidad de 0,01% por lo que se aprueba la hipótesis alterna.

Tabla 34. Prueba estadística de Tukey factor hongos

| Test:Tukey Alfa=0,05 DMS=1,10582   |        |    |      |   |   |
|--|--------|----|------|---|---|
| Error: 4,5160 gl: 44   |        |    |      |   |   |
| Hongos   | Medias | n  | E.E. |   |   |
| 2  | 61,45  | 30 | 0,39 | A |   |
| 1  | 54,72  | 30 | 0,39 |   | B |
| Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0,05$ ) |        |    |      |   |   |

En la prueba de Tukey individual se identifica el mejor resultado de cada factor, en el caso de la eficiencia biológica en los hongos se obtuvo como mejor el hongo, el número 2 (*Pleurotus djamor*), mostrando una diferencia significativa con el otro hongo como se observa en la tabla 34

Tabla 35. Prueba estadística de Tukey factor sustratos

| Test:Tukey Alfa=0,05 DMS=1,62995   |        |    |      |   |   |
|--|--------|----|------|---|---|
| Error: 4,5160 gl: 44   |        |    |      |   |   |
| Sustratos  | Medias | n  | E.E. |   |   |
| 3  | 70,2   | 20 | 0,48 | A |   |
| 1  | 54,74  | 20 | 0,48 |   | B |
| 2  | 49,31  | 20 | 0,48 |   | C |
| Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0,05$ ) |        |    |      |   |   |

En la tabla 35 se puede observar que los tres sustratos tuvieron diferencia significativa, obteniendo como mejor el sustrato número 3 (Tamo de Cebada), donde la eficiencia biológica es mayor.

Tabla 36. Prueba estadística de Tukey factor método de siembra

| Test:Tukey Alfa=0,05 DMS=1,10582   |        |    |      |   |   |
|--|--------|----|------|---|---|
| Error: 4,5160 gl: 44   |        |    |      |   |   |
| M siembra H  | Medias | n  | E.E. |   |   |
| 1  | 64,3   | 30 | 0,39 | A |   |
| 2  | 51,86  | 30 | 0,39 |   | B |
| Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0,05$ ) |        |    |      |   |   |

Entre los métodos de siembra existe una diferencia significativa, donde se demuestra que el método número 1 (Cepa en Aserrín) es mayor como se muestra en la tabla 36.

Tabla 37. Prueba estadística de Tukey combinación hongos-sustratos

| Test: Tukey Alfa=0,05 DMS=2,83107  |           |        |    |      |   |   |   |
|--|-----------|--------|----|------|---|---|---|
| Error: 4,5160 gl: 44   |           |        |    |      |   |   |   |
| Hongos   | Sustratos | Medias | n  | E.E. |   |   |   |
| 1  | 3         | 70,43  | 10 | 0,67 | A |   |   |
| 2  | 3         | 69,97  | 10 | 0,67 | A |   |   |
| 2  | 2         | 59,15  | 10 | 0,67 |   | B |   |
| 2  | 1         | 55,23  | 10 | 0,67 |   |   | C |
| 1  | 1         | 54,26  | 10 | 0,67 |   |   | C |
| 1  | 2         | 39,47  | 10 | 0,67 |   |   | D |
| Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0,05) |           |        |    |      |   |   |   |

Se puede identificar en la tabla 37, que existen dos combinaciones principales que no tienen diferencia significativa tomando como prioridad el primer resultado 1-3 (*Pleurotus ostreatus* -Tamo de cebada) que indica mayor eficiencia biológica. En esta combinación se obtuvieron cuatro resultados con diferencia significativa.

Tabla 38. Prueba estadística de Tukey combinación hongos-método de siembra

| Test: Tukey Alfa=0,05 DMS=2,07185  |             |        |    |      |   |   |   |
|--|-------------|--------|----|------|---|---|---|
| Error: 4,5160 gl: 44   |             |        |    |      |   |   |   |
| Hongos   | M siembra H | Medias | n  | E.E. |   |   |   |
| 2  | 1           | 68,84  | 15 | 0,55 | A |   |   |
| 1  | 1           | 59,76  | 15 | 0,55 |   | B |   |
| 2  | 2           | 54,05  | 15 | 0,55 |   |   | C |
| 1  | 2           | 49,68  | 15 | 0,55 |   |   | D |
| Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0,05) |             |        |    |      |   |   |   |

Se compararon hongos con método de siembra donde obteniendo cuatro resultados con diferencias significativas siendo la mejor combinación 2-1 (*Pleurotus djamor* -Cepa en Aserrín) como se observa en la tabla 38.

Tabla 39. Prueba estadística de Tukey combinación sustratos-método de siembra

| Test: Tukey Alfa=0,05 DMS=2,83107  |             |        |    |      |   |   |   |
|--|-------------|--------|----|------|---|---|---|
| Error: 4,5160 gl: 44   |             |        |    |      |   |   |   |
| Sustratos  | M siembra H | Medias | n  | E.E. |   |   |   |
| 3  | 2           | 70,79  | 10 | 0,67 | A |   |   |
| 3  | 1           | 69,61  | 10 | 0,67 | A |   |   |
| 1  | 1           | 68,07  | 10 | 0,67 | A |   |   |
| 2  | 1           | 55,23  | 10 | 0,67 |   | B |   |
| 2  | 2           | 43,4   | 10 | 0,67 |   |   | C |
| 1  | 2           | 41,41  | 10 | 0,67 |   |   | C |
| Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0,05) |             |        |    |      |   |   |   |

En la combinación sustratos-método de siembra se obtuvieron tres resultados con diferencias significativas, en el que el primer resultado tuvo tres combinaciones con una letra común indicando que no son significativamente diferentes y destacándose como mejor resultado la combinación 3-2 (Tamo de Cebada-Cepa en Grano), como se puede observar en la tabla 39

Tabla 40. Prueba estadística de Tukey combinación hongos-sustratos-método de siembra

| Test: Tukey Alfa=0,05 DMS=4,63566 |           |             |        |   |      |   |   |   |   |
|-----------------------------------|-----------|-------------|--------|---|------|---|---|---|---|
| Error: 4,5160 gl: 44              |           |             |        |   |      |   |   |   |   |
| Hongos                            | Sustratos | M siembra H | Medias | n | E.E. |   |   |   |   |
| 1                                 | 3         | 2           | 71,13  | 5 | 0,95 | A |   |   |   |
| 2                                 | 3         | 2           | 70,44  | 5 | 0,95 | A |   |   |   |
| 1                                 | 3         | 1           | 69,72  | 5 | 0,95 | A |   |   |   |
| 2                                 | 3         | 1           | 69,49  | 5 | 0,95 | A |   |   |   |
| 2                                 | 2         | 1           | 68,66  | 5 | 0,95 | A |   |   |   |
| 2                                 | 1         | 1           | 68,38  | 5 | 0,95 | A |   |   |   |
| 1                                 | 1         | 1           | 67,77  | 5 | 0,95 | A |   |   |   |
| 2                                 | 2         | 2           | 49,64  | 5 | 0,95 |   | B |   |   |
| 2                                 | 1         | 2           | 42,08  | 5 | 0,95 |   |   | C |   |
| 1                                 | 2         | 1           | 41,79  | 5 | 0,95 |   |   | C |   |
| 1                                 | 1         | 2           | 40,74  | 5 | 0,95 |   |   | C | D |
| 1                                 | 2         | 2           | 37,15  | 5 | 0,95 |   |   |   | D |

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0,05$ )

El resultado evidenciado en la tabla 40 nos indica de todo el experimento que combinación fue la más eficiente para esta investigación, concluyendo con la mejor interacción 1-3-2 (*Pleurotus ostreatus*-Tamo de Cebada-Cepa en Grano), teniendo cuatro resultados con diferencias significativas y siete resultados principales que indican no tener diferencia significativa, por lo que se demuestra que varias combinaciones son eficaces para esta investigación.

### 2.8.3.1 Diseño de la guía práctica para la producción de (*Pleurotus ostreatus*, *pleurotus djamor*)

Se elaboró una guía práctica basada en la fase uno (crecimiento micelial), analizando lo investigado con lo aplicado para dar a conocer la mejor forma de crecimiento micelial, enfocado a resultados de velocidad y así darle un valor agregado dentro de la industria como se planteó en este proyecto.

## 2.9 Procedimiento Fase 2

Después de la identificación de mejor sustrato, se elaboró un segundo experimento donde se tomó en cuenta el tamo de cebada normal sin disminución de tamaño, y otro con una dimensión entre 7 a 9 cm, con el hongo seleccionado que fue el *Pleurotus ostreatus*., en este diseño se medirá resistencia entre los dos materiales elaborados.

Dado que los resultados de la primera fase dieron como mejor sustrato el tamo de cebada con el hongo mencionado, hubo un inconveniente en la manipulación del micelio posterior a la incubación, en consecuencia se replicó la fase 1 variando las dimensiones del tamo de cebada donde se observó una mejor distribución del micelio.

Se realizaron pruebas mecánicas en las que se determinó:

- Tensión de compresión de deformación: esta prueba determina cuanta fuerza se necesita aplicar para que el material se deforme.
- Tensión de compresión de perforación: esta prueba determina cuanta fuerza se necesita aplicar para que el material se perfora.

### 2.9.1 Fabricación del material de soporte para dos usos agroindustriales a base de micelio de hongos

Una vez seleccionado el sustrato óptimo de crecimiento micelial, se procedió a promover directamente en los moldes ya con el sustrato de tamo de cebada en las dimensiones adecuadas y el hongo seleccionado, el procedimiento aplicado es el mismo que se describe en la fase 1.

#### 2.9.1.1 Fabricación de pilonera con unidades removibles

Se comparó con el testigo comercial, las variables que se registraron de la siguiente manera: proceso de germinación de la plata de tomate (*Solanum*

*lycopersicum*), para el cuál se desarrolló piloneras removibles, de aplicación de siembra directa. Se considerará removible la pilonera, con la finalidad de dar una alternativa al proceso que actualmente se emplea y así disminuir las mermas de crecimiento dadas por estrés.

Como se especifica, para desarrollar esta segunda etapa de la investigación, se siguieron los pasos de la primera fase con el sustrato seleccionado tal como se visualiza en la figura 16.



Figura 16. Pasteurización

Continuando con el enfriamiento obligatorio del sustrato, se procedió con la esterilización del espacio de trabajo figura 16 y de los moldes a utilizarse.

Para un efectivo crecimiento se dividió la inoculación en un 50-50, 50% de sustrato, 50% de cepa, de esta manera aseguramos la total invasión del micelio. Para esto se colocó por capas como, empezando por el sustrato seguido de la cepa y así sucesivamente hasta lograr cubrir el molde figura 17.



Figura 17. Incubación 50% sustrato 50% cepa

Se analizaron tres coberturas diferentes y una combinación como protección, tomando en cuenta el testigo comercial, se midió resistencia mecánica.

A continuación en la tabla 41 se detalla el diseño experimental que se llevó acabo:

Tabla 41. Diseño experimental para desarrollo de bandeja de transporte de frutas.

| TRATAMIENTO | DESCRIPCIÓN | CONSTANTE | FACTOR 1                | FACTOR 2                             | FACTOR 3                             |
|-------------|-------------|-----------|-------------------------|--------------------------------------|--------------------------------------|
| 1           | BC          | Bandeja   | Carnauba 90%            | Tensión de compresión de deformación | Tensión de compresión de perforación |
| 2           | BA          |           | Abeja 100%              |                                      |                                      |
| 3           | BCA         |           | Carnauba 50%- Abeja 50% |                                      |                                      |

Nota: se propuso el desarrollo de un análisis estadístico de diseño experimental en bloques completamente al azar, con cinco réplicas por tratamiento



Figura 18. Moldeado con el 50-50 en su totalidad



Los resultados que muestran la tabla 43 son que las unidades formadoras de colonia de las bandejas recubiertas de distintos tipos de cera son incontables en su totalidad, indicando que hubo contaminación en las mismas. Esto indica que no puede estar en contacto con el alimento.

## 2.9.2 Resultados microbiológicos tomate riñón (*Solanum lycopersicum*).

### 2.9.2.1 Resultados microbiológicos de mohos y levaduras de tomate riñón (*Solanum lycopersicum*).

Tabla 44. Análisis microbiológico mohos y levaduras de tomate riñón (*Solanum lycopersicum*)

| Análisis microbiológico mohos y levaduras de tomate riñón ( <i>Solanum lycopersicum</i> ) |                  |                  |                  |
|---|------------------|------------------|------------------|
| Tomate en contacto de bandeja recubierta de cera de                                       | Conteo muestra 1 | Conteo muestra 2 | Conteo muestra 3 |
|   | 120 Horas        | 120 Horas        | 120 Horas        |
| Abeja   | Incontable       | Incontable       | Incontable       |
| 50 Abeja/50 Carnauba  | Incontable       | Incontable       | Incontable       |
| Carnauba  | Incontable       | Incontable       | Incontable       |

Como se aprecia en la tabla 44, la presencia de mohos y levaduras en las 3 muestras a las 120 horas tiene resultado incontable debido a su alta presencia microbiológica.

### 2.1.1.1 Resultados microbiológicos de anaerobios totales de tomate riñón (*Solanum lycopersicum*).

Tabla 45. Análisis microbiológico tomate (*Solanum lycopersicum*) anaerobios totales

| Análisis microbiológico tomate ( <i>Solanum lycopersicum</i> ) anaerobios totales |                      |            |                      |            |                      |            |
|---|----------------------|------------|----------------------|------------|----------------------|------------|
| Tomate en contacto de bandeja recubierta de cera de                               | Conteo UFC muestra 1 |            | Conteo UFC muestra 2 |            | Conteo UFC muestra 3 |            |
|   | 24 horas             | 48 horas   | 24 horas             | 48 horas   | 24 horas             | 48 horas   |
| <b>Abeja</b>  | Incontable           | Incontable | Incontable           | Incontable | Incontable           | Incontable |
| <b>50 Abeja/50 Carnauba</b>   | 29                   | 142        | 49                   | 127        | 26                   | 119        |
| <b>Carnauba</b>   | 15                   | 21         | 16                   | 20         | 39                   | 44         |

La interpretación de la tabla 45, indica que en las 3 muestras del tomate en contacto con la bandeja recubierta de cera de abeja al conteo de las 24 y 48 horas, muestra una alta presencia de UFC, resultando en incontables. Las muestras 1, 2 y 3 del tomate en contacto de cera 50% abeja y 50% carnauba oscilan a las 24 horas entre valores de 26 a 49 UFC, mientras que a las 48 horas las UFC's se encuentran entre 119 y 142, demostrando que los tomates están altamente contaminados y no pueden ser consumidos. Conjuntamente, las muestras 1, 2 y 3 del tomate en contacto de cera carnauba fue la que menor UFC tuvo en el conteo tanto de 24 como de 48 horas. Siendo esta la menor contaminada, sin embargo, de igual manera que las otras muestras, no puede ser consumida debido a su nivel de contaminación.

### 2.9.3 Resultados ANDEVA de pruebas mecánicas.

Para el análisis estadístico de varianza se usó un diseño experimental en bloques completamente al azar con 3 factores y niveles 3x1x1. La prueba de

tensión de compresión de deformación, permitió observar a que fuerza el prototipo obtenido empieza a deformarse sin llegar a perforarlo.

Tabla 46. Nomenclatura ANDEVA pruebas mecánicas

| <b>Material</b>    | Alternativo ( a base micelial) |
|--------------------|--------------------------------|
| <b>Cobertura 1</b> | Cera de abeja                  |
| <b>Cobertura 2</b> | Cera carnauba                  |
| <b>Cobertura 3</b> | Cera 50% abeja, 50% carnauba   |
| <b>T</b>           | Testigo                        |

Tabla 47. Material de soporte vs. Testigo (poliestireno expandido)

| <b>Repeticiones</b> | <b>Cobertura</b> | <b>Tensión de compresión de deformación</b> | <b>Tensión de compresión de perforación</b> |
|---------------------|------------------|---|---|
| 1                   | 1                | 1,7   | 16,0  |
| 2                   | 1                | 1,6   | 18,0  |
| 3                   | 1                | 1,9   | 19,0  |
| 4                   | 1                | 2,0   | 20,5  |
| 5                   | 1                | 1,8   | 18,0  |
| 1                   | 2                | 1,7   | 10,0  |
| 2                   | 2                | 2,0   | 14,0  |
| 3                   | 2                | 1,8   | 10,0  |
| 4                   | 2                | 1,0   | 12,0  |
| 5                   | 2                | 1,1   | 14,0  |
| 1                   | 3                | 0,5   | 10,0  |
| 2                   | 3                | 2,0   | 10,4  |
| 3                   | 3                | 0,5   | 8,0   |
| 4                   | 3                | 1,0   | 6,0   |
| 5                   | 3                | 1,0   | 2,0   |
| 1                   | T                | 1,2   | 14,9  |
| 2                   | T                | 1,3   | 15,0  |
| 3                   | T                | 1,2   | 15,0  |
| 4                   | T                | 1,3   | 14,9  |
| 5                   | T                | 1,3   | 15,0  |

Se puede observar en la tabla 47 los resultados del material testigo en las pruebas mecánicas en comparación con el material de soporte.

En la tabla 48, de acuerdo con los resultados obtenidos, el coeficiente de variación de 31,87 nos indica que hay una mayor variación en la heterogeneidad de los valores de la variable. La hipótesis alternativa Ha1 se acepta ya que valor p es mayor que 0,05, es decir que la cobertura es una variable que afectó directamente a la tensión en la compresión de deformación. El valor p se encuentra lejos de 1, corroborando la aceptación Ha1

Tabla 48. Prueba estadística de Tensión de compresión de deformación.

| Tensión de compresión de deformación            |      |                |                   |       |         |  |
|---|------|----------------|-------------------|-------|---------|--|
| Variable  | N    | R <sup>2</sup> | R <sup>2</sup> Aj | CV    |         |  |
| Tensión de compresión de deformación            | 15   | 0,58           | 0,27              | 31,87 |         |  |
| Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III) |      |                |                   |       |         |  |
| F.V.  | SC   | gl             | CM                | F     | p-valor |  |
| Modelo.   | 2,35 | 6              | 0,39              | 1,86  | 0,2044  |  |
| Repeticiones                                    | 0,7  | 4              | 0,18              | 0,83  | 0,5401  |  |
| Material  | 0    | 0              | 0                 | sd    | sd      |  |
| Cobertura                                       | 1,65 | 2              | 0,82              | 3,91  | 0,0653  |  |
| Material*Cobertura                              | 0    | 0              | 0                 | sd    | sd      |  |
| Error   | 1,69 | 8              | 0,21              |       |         |  |
| Total   | 4,04 | 14             |                   |       |         |  |

Tabla 49. Prueba estadística de Tukey factor cobertura

|  |        |   |      |   |  |
|--|--------|---|------|---|--|
| Test: Tukey Alfa=0,05 DMS=0,82948  |        |   |      |   |  |
| Error: 0,2107 gl: 8  |        |   |      |   |  |
| Cobertura  | Medias | n | E.E. |   |  |
| 1  | 1,8    | 5 | 0,26 | A |  |
| 2  | 1,52   | 5 | 0,26 | A |  |
| 3  | 1      | 5 | 0,26 | A |  |
| Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0,05$ ) |        |   |      |   |  |

Como se puede observar en la tabla 49, no hay diferencia estadísticamente significativa entre estas medias porque sus intervalos contienen una misma constante.

Tabla 50. Prueba estadística de Tukey factor material

| Test:Tukey Alfa=0,05 DMS=0,82948   |           |        |   |      |   |
|--|-----------|--------|---|------|---|
| Error: 0,2107 gl: 8  |           |        |   |      |   |
| Material   | Cobertura | Medias | n | E.E. |   |
| 1  | 1         | 1,8    | 5 | 0,26 | A |
| 1  | 2         | 1,52   | 5 | 0,26 | A |
| 1  | 3         | 1      | 5 | 0,26 | A |
| Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0,05$ ) |           |        |   |      |   |

La tabla 50 nos permite interpretar que no hay diferencia estadísticamente significativa entre estas medias porque sus intervalos contienen una misma constante.

Tabla 51. Prueba estadística de Tensión de compresión de perforación.

| Tensión de compresión de perforación            |        |                |                   |       |         |
|---|--------|----------------|-------------------|-------|---------|
| Variable  | N      | R <sup>2</sup> | R <sup>2</sup> Aj | CV    |         |
| Tensión de compresión de perforación            | 15     | 0,84           | 0,72              | 21,99 |         |
| Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III) |        |                |                   |       |         |
| F.V.  | SC     | gl             | CM                | F     | p-valor |
| Modelo.   | 318,92 | 6              | 53,15             | 7     | 0,0075  |
| Repeticiones                                    | 13,24  | 4              | 3,31              | 0,44  | 0,7796  |
| Material  | 0      | 0              | 0                 | sd    | sd      |
| Cobertura                                       | 305,68 | 2              | 152,84            | 20,14 | 0,0008  |
| Material* Cobertura                             | 0      | 0              | 0                 | sd    | sd      |
| Error   | 60,73  | 8              | 7,59              |       |         |
| Total   | 379,65 | 14             |                   |       |         |

Analizando la tabla 51, el CV de 21,99 nos indica que los datos deben ser considerados con precaución ya que este valor para estar en lo más preciso debe tender a 1. El valor p de cobertura de 0,0008 revela que se rechaza Ho1 ya que es menor a 0,05; si el valor p estuviese por encima de 0,05 se tomaría como aceptable la Ho1. El valor F mayor a 1 indica que no hubo variabilidad entre coberturas, propugnando el rechazo de Ho1.

Tabla 52. Prueba estadística de Tukey factor cobertura

| Test:Tukey Alfa=0,05 DMS=4,97906   |        |   |      |   |   |
|--|--------|---|------|---|---|
| Error: 7,5907 gl: 8  |        |   |      |   |   |
| Cobertura  | Medias | n | E.E. |   |   |
| 1  | 18,3   | 5 | 1,56 | A |   |
| 2  | 12     | 5 | 1,56 |   | B |
| 3  | 7,28   | 5 | 1,56 |   | B |
| Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0,05$ ) |        |   |      |   |   |

Como muestra la tabla 52, existe una diferencia significativa entre la cobertura 1 y 2. En cuanto a las medias de la cobertura 2 y no 3 no presentan diferencia. Sin embargo, el valor p por estar debajo de 0,05 rechaza  $H_0$ .

Tabla 53. Prueba estadística de Tukey combinación material y cobertura

| Test: Tukey Alfa=0,05 DMS=4,97906  |           |        |   |      |   |   |
|--|-----------|--------|---|------|---|---|
| Error: 7,5907 gl: 8  |           |        |   |      |   |   |
| Material   | Cobertura | Medias | n | E.E. |   |   |
| 1  | 1         | 18,3   | 5 | 1,56 | A |   |
| 1  | 2         | 12     | 5 | 1,56 |   | B |
| 1  | 3         | 7,28   | 5 | 1,56 |   | B |
| Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0,05$ ) |           |        |   |      |   |   |

Observando la tabla 53, se puede deducir que la única variable significativa que hubo fue la cobertura 1 (cera de abeja). Sin embargo, el valor p inferior a 0,05 sustenta el rechazo de  $H_0$ .

#### **2.9.4 Comparación de crecimiento en piloneras de poliestireno expandido vs pilonera a partir de micelio de hongos**

La comparación del material orgánico contra el testigo siendo este el poliestireno expandido, se hizo en las mismas condiciones, colocados en un cuarto cerrado con ventilación a una temperatura ambiente de 20°C.

Tabla 54. Crecimiento de planta en bandeja de poliestireno expandido

| Pilonera Poliestireno Expandido |                   |            |                   |            |                   |            |                   |            |                   |            |
|---------------------------------|-------------------|------------|-------------------|------------|-------------------|------------|-------------------|------------|-------------------|------------|
| # de muestras                   | 1                 |            | 2                 |            | 3                 |            | 4                 |            | 5                 |            |
| Días                            | crecimiento tallo | # de hojas |
| 1                               | -----             | -----      | -----             | -----      | -----             | -----      | -----             | -----      | -----             | -----      |
| 2                               | -----             | -----      | -----             | -----      | -----             | -----      | -----             | -----      | -----             | -----      |
| 3                               | -----             | -----      | -----             | -----      | -----             | -----      | -----             | -----      | -----             | -----      |
| 4                               | -----             | -----      | -----             | -----      | -----             | -----      | -----             | -----      | -----             | -----      |
| 5                               | 0,3mm             | 1          | 0,2mm             | 1          | 0,3mm             | 1          | -----             | -----      | 3mm               | 1          |
| 6                               | 0,5mm             | 1          | 0,5mm             | 1          | 0,8mm             | 2          | 0,2mm             | 1          | 5mm               | 1          |
| 7                               | 1cm               | 2          | 0,7mm             | 1          | 1,5cm             | 2          | 0,4mm             | 1          | 1,3cm             | 1          |
| 8                               | 2cm               | 3          | 1,3cm             | 2          | 2,1cm             | 2          | 0,9mm             | 1          | 1,6cm             | 1          |
| 9                               | 2,6cm             | 3          | 1,8cm             | 2          | 2,6cm             | 3          | 1,4cm             | 2          | 2,4cm             | 2          |
| 10                              | 4cm               | 3          | 2,4cm             | 3          | 3,4cm             | 3          | 2,3cm             | 2          | 3,1cm             | 2          |
| 11                              | 5,3cm             | 4          | 3,5cm             | 3          | 3,8cm             | 3          | 2,8cm             | 2          | 4cm               | 3          |
| 12                              | 6cm               | 4          | 3,8cm             | 3          | 4,2cm             | 4          | 3,3cm             | 3          | 4,8cm             | 3          |
| 13                              | 6cm               | 4          | 3,8 cm            | 4          | 4,2cm             | 4          | 4,2cm             | 3          | 4,8cm             | 3          |
| 14                              | 6cm               | 5          | 4cm               | 4          | 4,4cm             | 5          | 4,5cm             | 4          | 5cm               | 4          |
| 15                              | 6cm               | 5          | 4cm               | 4          | 4,4cm             | 5          | 4,5cm             | 4          | 5cm               | 4          |

Tabla 55. Crecimiento de planta en pilonera removible a partir de micelio del hongo

| Pilonera Materia Orgánico |                   |            |                   |            |                   |            |                   |            |                   |            |
|---------------------------|-------------------|------------|-------------------|------------|-------------------|------------|-------------------|------------|-------------------|------------|
| # de muestras             | 1                 |            | 2                 |            | 3                 |            | 4                 |            | 5                 |            |
| Días                      | crecimiento tallo | # de hojas |
| 1                         | -----             | -----      | -----             | -----      | -----             | -----      | -----             | -----      | -----             | -----      |
| 2                         | -----             | -----      | -----             | -----      | -----             | -----      | -----             | -----      | -----             | -----      |
| 3                         | -----             | -----      | -----             | -----      | -----             | -----      | -----             | -----      | -----             | -----      |
| 4                         | -----             | -----      | -----             | -----      | -----             | -----      | -----             | -----      | -----             | -----      |
| 5                         | -----             | -----      | -----             | -----      | -----             | -----      | -----             | -----      | -----             | -----      |
| 6                         | 0,2mm             | 1          | -----             | -----      | -----             | -----      | -----             | -----      | 0,2mm             | 1          |
| 7                         | 0,5mm             | 1          | -----             | -----      | -----             | -----      | -----             | -----      | 0,7mm             | 1          |
| 8                         | 0,9mm             | 3          | -----             | -----      | -----             | -----      | 0,3mm             | 1          | 1,1cm             | 2          |
| 9                         | 1,3cm             | 4          | -----             | -----      | 0,2mm             | 1          | 0,6mm             | 1          | 1,3cm             | 3          |
| 10                        | 1,6cm             | 4          | 0,3mm             | 1          | 0,4mm             | 2          | 1cm               | 2          | 1,9cm             | 3          |
| 11                        | 2cm               | 4          | 0,8mm             | 1          | 1,1cm             | 2          | 1,2cm             | 2          | 2,4cm             | 3          |
| 12                        | 2,3 cm            | 4          | 1,4cm             | 2          | 1,8cm             | 3          | 1,7cm             | 2          | 2,9cm             | 4          |
| 13                        | 2,8cm             | 5          | 1,6cm             | 2          | 2,3cm             | 3          | 2,3cm             | 3          | 3,3cm             | 4          |
| 14                        | 3,4cm             | 5          | 2,1cm             | 3          | 2,7cm             | 3          | 2,6cm             | 3          | 3,8cm             | 4          |
| 15                        | 3,9cm             | 5          | 2,5cm             | 3          | 3cm               | 4          | 3,1cm             | 3          | 4,3cm             | 5          |

En su primera etapa, se regó con agua pasando un día hasta el quinto día. A partir del sexto día, se regaban diariamente las piloneras.

Como se puede observar en la tabla 54 el crecimiento de la planta fue acelerado, llegando a un tamaño de 6 cm al día quince para su trasplante, comparando con el material orgánico como se aprecia en la tabla 55 el crecimiento fue menos acelerado obteniendo resultados en cuanto a tamaño, menores que los del testigo.

Durante el crecimiento se pudo observar que en el material testigo (poliestireno expandido), la planta creció con más facilidad que en la pilonera removible, sin embargo, obteniendo resultados similares en cuanto a cantidad ya que de las 5 semillas que se sembraron crecieron el 90% en los dos materiales.

#### **2.9.5 Trasplantado**

El trasplantado se realizó al mismo tiempo y en las mismas condiciones para no tener variación en el desarrollo de cada planta a macetas y al material de soporte respectivamente.

Para determinar el estrés de la planta desde la primera hora hasta la tercera semana de su crecimiento se consideró el tamaño del tallo, número de hojas y tasa de mortalidad.

Como se puede observar en la figura 19 a la hora de trasplantado no se obtuvo ningún cambio, tanto en la pilonera de poliestireno expandido como en la pilonera removible, se observaron a las muestras después de una hora del trasplantado sin tener resultados variables entre ellos.

Se observó a las cuatro horas del trasplantado que las características en la planta N 5 de la pilonera de poliestireno expandido, las hojas empezaron a

marchitarse por lo que sufrió estrés al momento de la manipulación como se puede observar en la figura 19.



Figura 19. Cuatro horas de trasplantado

Se mantuvo a las plantas en las mismas condiciones ambientales al aire libre para su crecimiento, al cuarto día se pudo contemplar que una de las muestras de la pilonera en poliestireno expandido se murió, a la semana se observó número de hojas en las muestras y tamaño de tallo como también mortalidad, como se puede ver en la tabla 56

Tabla 56. Primera semana de trasplante

| # de muestras | Pilonera Poliestireno Expandido |           | Pilonera Removible Micelio |           |
|---------------|---------------------------------|-----------|----------------------------|-----------|
|               | Tamaño de tallo                 | #de hojas | Tamaño de tallo            | #de hojas |
| 1             | 7cm                             | 7         | 4,4cm                      | 6         |
| 2             | 5,5cm                           | 7         | 3cm                        | 6         |
| 3             | 5,8cm                           | 6         | 3,3cm                      | 7         |
| 4             | 5,5cm                           | 7         | 3,8cm                      | 6         |
| 5             | -----                           | -----     | 5cm                        | 7         |

En la segunda semana se observó abundancia en el crecimiento de hojas por tallo como se puede ver en la tabla 57, en la muestra 4 de la pilonera en

poliestireno expandido, las hojas se tornaron de un color amarillo como se puede observar en la figura 20.



Figura 20. Segunda semana de trasplantado

Tabla 57. Segunda semana de trasplante

| Pilonera Poliestireno Expandido |                 |           | Pilonera Removible Micelio |           |
|---------------------------------|-----------------|-----------|----------------------------|-----------|
| # de muestras                   | Tamaño de tallo | #de hojas | Tamaño de tallo            | #de hojas |
| 1                               | 7,5cm           | 10        | 5cm                        | 8         |
| 2                               | 6cm             | 9         | 5cm                        | 8         |
| 3                               | 6,5cm           | 9         | 4,5cm                      | 9         |
| 4                               | 7cm             | 11        | 5cm                        | 9         |
| 5                               | -----           | -----     | 6,5cm                      | 8         |

En la tercera semana se observó que una de las plantas en pilonera de poliestireno expandido empezó a marchitarse tornando sus hojas de color amarillo verdoso como se puede observar en la figura 21.



Figura 21. Tercera semana de trasplantado

En la tabla 58 se muestra el número de hojas y tamaño de tallo al que se llegó como último resultado.

Tabla 58. Tercera semana de trasplante

| Pilonera Poliestireno Expandido |                 |           | Pilonera Removible Micelio |           |
|---------------------------------|-----------------|-----------|----------------------------|-----------|
| # de muestras                   | Tamaño de tallo | #de hojas | Tamaño de tallo            | #de hojas |
| 1                               | 8cm             | 10        | 5,5cm                      | 8         |
| 2                               | 6cm             | 9         | 6cm                        | 8         |
| 3                               | 6,8cm           | 9         | 6cm                        | 10        |
| 4                               | marchita        | marchita  | 5,7cm                      | 9         |
| 5                               | -----           | -----     | 6,8cm                      | 8         |

En la figura 22, se puede observar que la planta en la pilonera removible empieza tornar sus primeras hojas de un color amarillento.



Figura 22. Tercera semana de trasplantado

### 3. Capítulo III. DISCUSIONES

#### 3.1 Discusiones resultado fase 1

En los resultados andeva del desarrollo micelial, la óptima opción de crecimiento para este experimento es *Pleurotus ostreatus* en tamo de cebada con cepa en grano. A pesar que el nivel de proteína en la cáscara de café (16,10%) fue el más elevado, no influyó en el desarrollo de micelio durante el proceso de desarrollo. Un factor fundamental del desarrollo del micelio es la fibra, el sustrato que presenta mayor porcentaje de fibra es la hoja de plátano con 30,59 mg por su composición química, sin embargo, no determinó directamente el desarrollo micelial.

Por otro lado, lo que promueve y tiene una relación directa en el incremento micelial del hongo es el nitrógeno y los carbohidratos ya que constituyen la mayor parte del mismo. El aporte del nitrógeno y carbohidratos del tamo de cebada fue significativamente mayor que el de los otros sustratos con valores de 68,4% y 68,33% respectivamente. Esto asegura el desarrollo efectivo del micelio, es decir, optimiza el crecimiento del mismo y cumple con el objetivo de la dureza del micelio.

Se tomaron en consideración las variaciones de los macro y micronutrientes mencionados anteriormente ya que son factores clave en un óptimo crecimiento micelial. Con una misma cantidad de sustrato, bajo las mismas condiciones se logró obtener un mayor porcentaje de micelio. Por otro lado, se obtuvo una calidad de micelio robusta, permitiendo continuar con la siguiente fase del experimento.

#### 3.2 Discusiones resultado fase 2

La segunda fase consiste en la comprobación de los materiales de soporte obtenidos a partir del micelio de *Pleurotus ostreatus*. Las variables que fueron

puestas a prueba fueron la tensión de compresión por deformación y tensión de compresión de perforación. Respectivamente, en comparación al poliestireno expandido presentaron mayor resistencia en cuanto a perforación. Al haberse usado el tamo de cebada como sustrato para el crecimiento micelial, el aporte nutricional que este brindó al micelio fue en porcentajes elevados.

Factores determinantes de la dureza del micelio. Como se aprecia en la fase de resultados, el coeficiente de tensión por compresión de deformación varió por el recubrimiento de las bandejas, sin embargo, una variable concluyente viene de la mano de los nutrientes componentes del micelio. Por otro lado, el recubrimiento tuvo una afectación microbiológica en el tomate que estuvo en contacto directo con las bandejas en distinto recubrimiento. A pesar de ser todas de grado alimenticio e inhibir la maduración de los vegetales ninguna logro obtener un resultado positivo en cuanto a la proliferación bacteriana, de mohos y levaduras.

En teoría, la cera carnauba retarda procesos de deterioro en los frutos (Elika, 2007). Al obtener los resultados de anaerobios totales de *Solanum lycopersicum*, el recubrimiento de carnauba obtuvo un promedio de 25,8 UFC en las muestras tomadas cada 24 y 48 horas. Este indicador permite debatir sobre la efectividad de este recubrimiento. Al ser inhibidor de deterioro, no evitó la proliferación bacteriana en su totalidad por maduración ni por mohos y levaduras ya que el resultado que presentó fue incontable.

#### 4. Capítulo VI. ANÁLISIS COSTO BENEFICIO

Se justifican los resultados mediante un análisis comparativo frente a los contaminantes evitados al utilizar el producto alternativo al poliestireno expandido. Para la elaboración de los materiales agroindustriales desarrollados mediante el presente trabajo de investigación se incurrieron, tanto en costos directos como costos indirectos de fabricación y a su vez gastos secundarios (transporte, combustible, impresiones. etc.)

En la tabla 59, se puede observar un listado de todos los costos y gastos implementados para la realización de la investigación, tomando en cuenta que la finalidad del proyecto, fue la obtención de productos agroindustriales que podrían ingresar al mercado como idea innovadora.

Tabla 59. Listado de costos y gastos

| NO. | Descripción                                  | Valor (USD)      |
|-----|--|------------------|
| 1   | Alquiler primera fase                        | \$ 50,00         |
| 2   | Semilla Pleurotus Ostreatus y Pleurotus Deya | \$ 78,00         |
| 3   | Alquiler Espacio Almacenaje                  | \$ 84,00         |
| 4   | Alquiler Segunda Fase                        | \$ 50,00         |
| 5   | Semilla Pleurotus Ostreatus                  | \$ 66,00         |
| 6   | Alquiler Espacio Almacenaje                  | \$ 72,00         |
| 7   | Alquiler Repetición fase dos                 | \$ 50,00         |
| 8   | Semilla Pleurotus Ostreatus                  | \$ 54,00         |
| 9   | Alquiler Espacio Almacenaje                  | \$ 30,00         |
| 10  | Diseño de Moldes                             | \$ 20,00         |
| 11  | Impresión de Moldes                          | \$ 175,00        |
| 12  | Ceras de abeja y carnauba                    | \$ 62,00         |
| 13  | Afrechillo                                   | \$ 4,00          |
| 14  | Carbonato                                    | \$ 0,98          |
| 15  | Gastos Varios                                | \$ 30,00         |
|     | <b>Total</b>                                 | <b>\$ 825,98</b> |

Nota: como se puede observar en la tabla se duplica el costo de la fase dos debido a que el material se contaminó en la etapa de inactivación del hongo, causando un costo adicional.

### 3.3 Cálculo de Valor de Ventas Anual

Se determinó un costo de producción individual de las piloneras y también bandejas, añadiendo el del 30 al 40% del costo de producción y así determinar el valor de venta al público.

Tabla 60. Costo de venta

|                       |                |
|-----------------------|----------------|
| <b>Costo de Venta</b> | <b>\$ 1,05</b> |
|-----------------------|----------------|

La producción diaria de material agroindustrial se calculó en base a la experiencia adquirida en la realización de la investigación, es decir 100 unidades en dos horas por lo que son 300 unidades al día, 6000 mensual y 72000 anual tomando en cuenta cinco días laborables a la semana, que multiplicado por mi costo de venta al público se obtuvo el valor de venta anual como se puede observar en la tabla 60.

Tabla 61. Costo de producción

|                   | <b>Bandejas</b> | <b>Piloneras</b> |
|-------------------|-----------------|------------------|
|                   | \$ 16,30        | \$ 65,22         |
| <b>Costo Unit</b> | \$ 0,82         | \$ 0,82          |

Se puso como indicador una venta del 80% durante el año tomando en cuenta que se desarrollan los productos de manera artesanal, obteniendo un valor anual de venta constante siendo una simulación de ingreso al mercado.

Para la elaboración de los materiales las utilidades disminuyen pero la inversión es mínima.

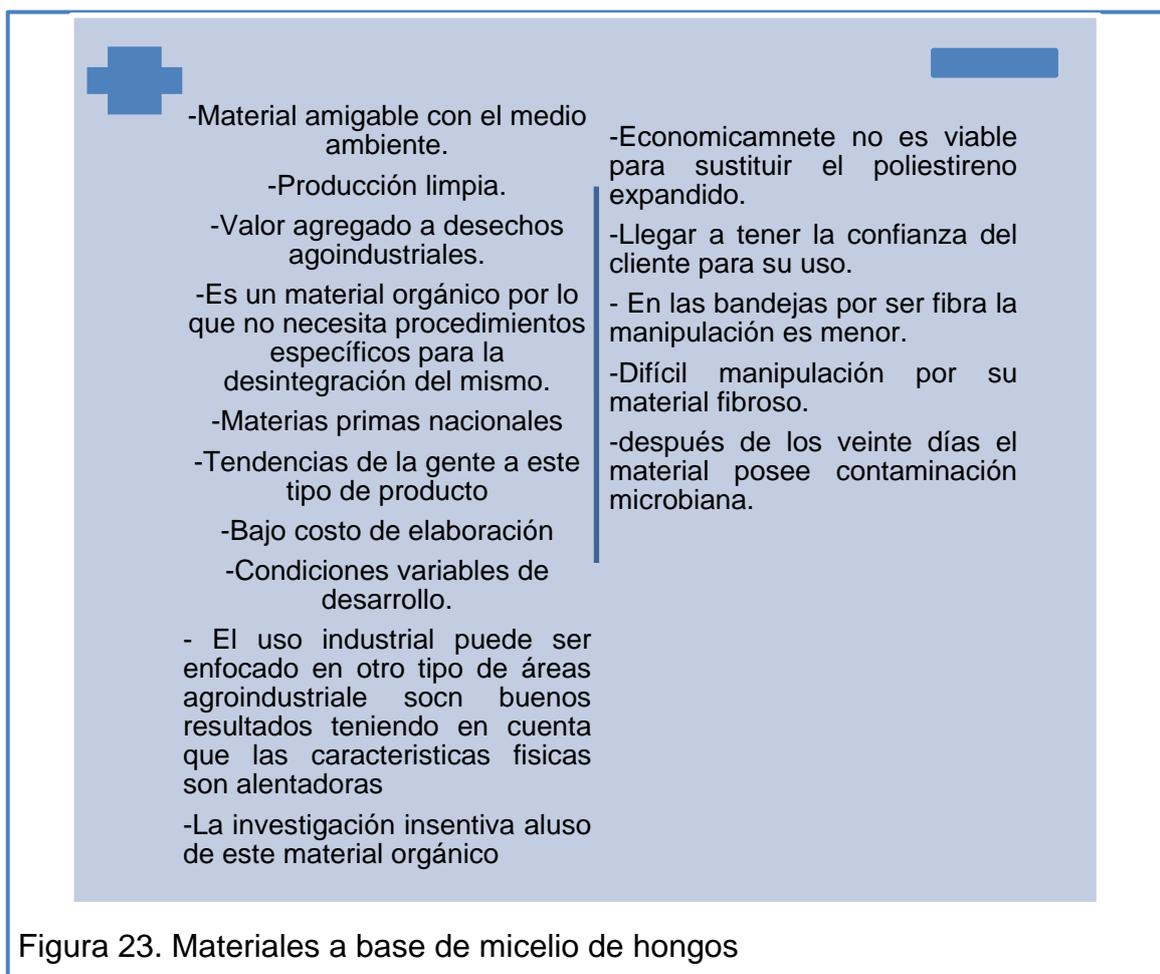
En cuanto al producto testigo que son piloneras en plancha, ya que no existen piloneras removibles de espuma flex, se determinó su precio actual en el mercado de dos medidas, bandejas de 60 germinadores y de 30 germinadores donde el precio varía por su tamaño, en cuanto a bandejas transportadoras se tomó el precio individual, como se muestra en la tabla 61.

Tabla 62. Precio de venta

|                        | Precio de venta (\$) |
|------------------------|----------------------|
| Pilonera 60 unidades   | 5,25                 |
| Pilonera 30 unidades   | 3,10                 |
| Bandeja transportadora | 0,50                 |

### 3.3.1 Comparación cualitativa del material desarrollado frente al poliestireno expandido

Se realizó una comparación de los materiales destacando el valor agregado de cada uno, y de esta manera poder sacar la diferencias cualitativas de cada uno de ello, definiendo cuál es el mejor en cuanto a aspectos positivos como podemos observar en la figura 23.



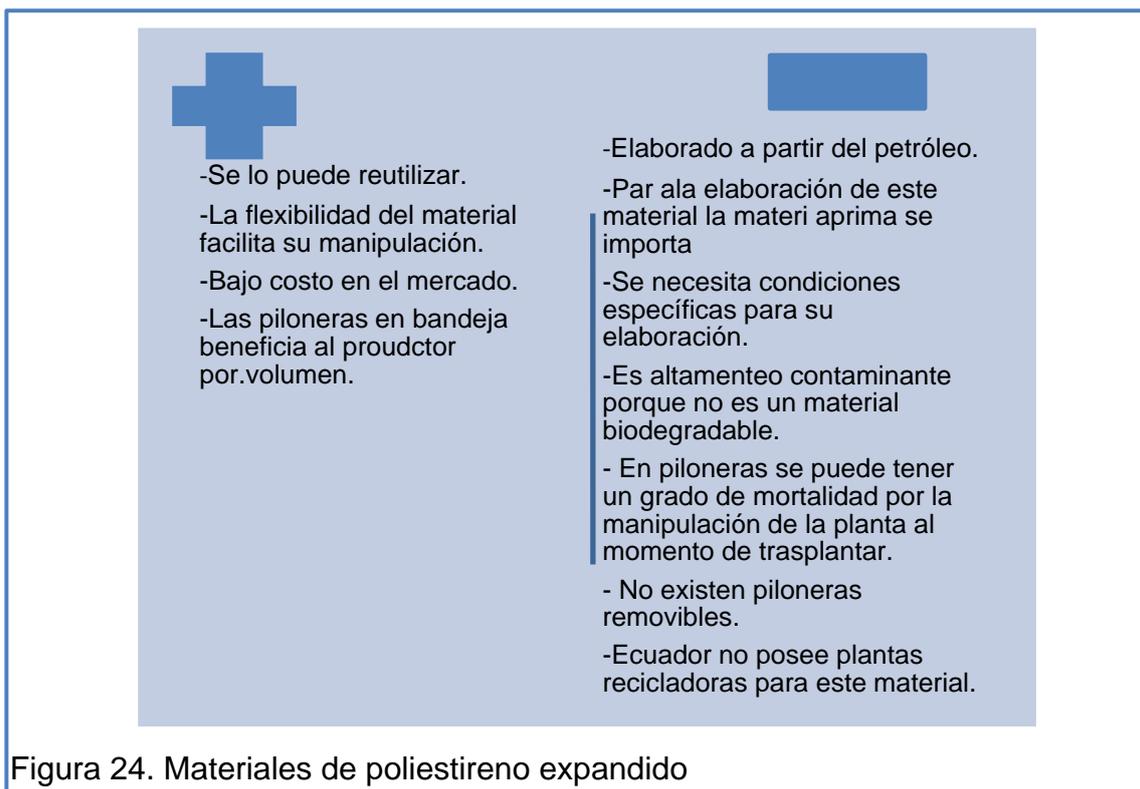


Figura 24. Materiales de poliestireno expandido

Para el análisis costo beneficio de este proyecto se puede observar que la diferencia en precios es significativa por lo que nuestro material no competiría por precio si no que lo haría por valor agregado, nuestro material en cuanto a piloneras reduciría la mortalidad de las plantas al momento de trasplantar, como también el costo de mano de obra ya que se necesitaría menos mano de obra al ya no realizaría la operación de trasplante, el producto elaborado genera un impacto al medio ambiente mínimo ya que por ser elaborado con desechos naturales se descompondría directamente en la tierra, eliminando de esta manera el gasto de gestores para la destrucción de materiales y también la contaminación ambiental.

## 5. Capítulo V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### 5.1 Conclusiones

Con el sustrato tamo de cebada, hongo *Pleurotus ostreatus* y cepa en grano, se obtuvo la mejor eficiencia biológica de 70,7%, con una biomasa que llega a 2,6 kg. Estos valores son significativamente más elevados que aquellos obtenidos con los otros sustratos empleados en este estudio, siendo la eficiencia biológica de 50,8% para el sustrato hoja plátano con una biomasa de 1,8 kg y 42,3% para el sustrato de cáscara de café con una biomasa de 1,5 kg. En consecuencia, se concluye que el hongo más adecuado, el sustrato y método de siembra para obtener la mayor eficiencia biológica es *Pleurotus ostreatus* en tamo de cebada con la cepa en grano.

El sustrato tamo de cebada obtuvo la mayor eficiencia biológica con un valor de 70,7%, este sustrato presenta los siguientes nutrientes: lignina 8,2 %, celulosa 34,8% y hemicelulosa 25,39%. En el sustrato hoja de plátano que el crecimiento micelial posee una eficiencia biológica del 50,8%, posee los siguientes nutrientes: lignina 12,79%, celulosa 23,84% y hemicelulosa de 17,37%. Por otro lado, el sustrato cáscara de café con una eficiencia biológica del crecimiento micelial del 42,3% posee los siguientes nutrientes: lignina 7,96%, celulosa 30,95% y hemicelulosa de 5,1%. Al analizar estos resultados, se puede inferir que la composición nutricional de los sustratos influye sobre la eficiencia biológica del crecimiento micelial, siendo el tamo de cebada el que presenta mejores características nutricionales lo cual promueve una mayor eficiencia biológica en comparación de los otros sustratos.

El material obtenido como bandeja alternativa resultó adecuada para el uso planteado debido que resiste a las condiciones hasta los quince días, después de los veinte días fue sometido a un análisis microbiológico, tanto el material de soporte como el tomate en contacto con las bandejas, contemplaron resultados incontables de UFC en anaerobios totales y una invasión total de mohos y

levaduras. Por lo tanto, se concluyó que este material debe pasar por procedimientos donde el recubrimiento sea totalmente estéril y específicamente para contacto con ciertos alimentos, para que su resistencia microbiológica supere los veinte días.

La resistencia mecánica en las bandejas transportadoras se obtuvo con el fin de determinar las fuerzas internas y capacidad para deformación, las cuales fueron resultados similares en todas las muestras, demostrando que la resistencia con todos los recubrimientos funciona, comparando con el testigo que se deformó con más rapidez que las muestras empleadas para el proyecto, por lo que el resultado final dio cero varianza entre muestra, indicando que el tamaño y recubrimiento son fuertes para formar un material de soporte para transporte, en este caso transporte de frutas.

El material elaborado con tamo de cebada y micelio de hongos que se lo llamó pilonera removible, tuvo resultados favorables al momento de la siembra y trasplante, donde se observó un cambio notorio con el testigo, es decir con la pilonera removible, el estrés de la planta fue mínimo a comparación del material testigo donde se obtuvo la mortalidad de una muestra, demostrando así la efectividad para el uso planteado de este material.

El método para obtención de costo beneficio entre materiales mediante comparaciones cualitativas y con precios reales en el mercado, fue favorable en cuanto a la comparación de características del material generado y el testigo, sin embargo el precio en el que se lo planteó sacar a la venta supera al que el testigo se vende actualmente en el mercado siendo este de \$1.05 por cada uno tomando en cuenta los beneficios que brindaría específicamente hablando de la pilonera removible.

## 5.2 Recomendaciones

Si bien el sustrato de tamo de cebada se estableció como el óptimo para el cultivo de hongos ostra, luego de haber sido comparado con sustratos como hoja de plátano y cáscara de café; aún existen otros subproductos o residuos agroindustriales que son subutilizados como la cáscara de *Hylocereus Costaricensis* con altas concentraciones de carbohidratos como lignina, celulosa y hemicelulosa. Es recomendable realizar la evaluación usando otros sustratos para determinar el desarrollo micelial del hongo ostra *Pleurotus ostreatus*, mismos que podrían presentar mayor eficiencia biológica en el desarrollo micelial.

El desarrollo micelial de *Pleurotus ostreatus* se realizó en la zona de Collaqui, sin embargo, es recomendable realizar una evaluación de otras zonas para establecer un cultivo que presente mejores resultados y así promover el desarrollo del cultivo de este producto a nivel industrial que podría ser empleado por grupos menos favorecidos de la sociedad.

De igual manera, es recomendable realizar pruebas con distintas concentraciones de siembra, es decir, el porcentaje de semilla y sustrato; así se apalancan costos de producción y se podría obtener una mayor rentabilidad. Se recomienda la complementación de este proyecto con el desarrollo de otros materiales agroindustriales a partir del hongo ostra; evaluando parámetros tecnológicos, financieros y de uso, para vender productos con una mayor rentabilidad y maximizando utilidades del mismo.

Existe la oportunidad de buscar otros tipos de recubrimientos que eviten la proliferación bacteriana, asegurando el uso total del material alternativo.

## REFERENCIAS

- Aguilar, V. (2012). *Evaluación de crecimiento de Pleurotus pulmonarius y Pleurotus ostreatus en dos sustratos bajo condiciones naturales en la granja el hangar del municipio de Piedecuesta (Santander)*. Bucaramanga: Universidad industrial de Santander. Recuperado el 12 de febrero de 2016, de <http://repositorio.uis.edu.co/jspui/bitstream/123456789/11659/2/145128.pdf>
- Aguinaga, P. (2012). *Evaluación de cuatro sustratos para la producción de hongo ostra (Pleurotus Ostreatus), en tres ciclos de producción de la zona de Tambillo, Provincia de Pichincha*. Quito. Recuperado el 25 de mayo 2015, de <http://bibdigital.epn.edu.ec/handle/15000/4663>
- Andrade, Acosta, Bucheli y Osori. (2014). *Desarrollo de un recubrimiento comestible compuesto para la conservación del tomate de árbol*. Nariño: Universidad de Nariño. Recuperado el 21 de agosto 2015, de <http://www.scielo.cl/pdf/infotec/v25n6/art08.pdf>
- Ardon, C. (2004). *Evaluación del pericarpio de jacarama y pasto estrella para el cultivo artesanal de hongos ostra*. Recuperado el 12 de Noviembre de 2015, de [http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/01/01\\_2138pdf](http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/01/01_2138pdf)
- Bilbao, M. D. (2013). *Patente nº WO2013004873 A1*. Recuperado el 2 de enero de 2016 <http://www.google.com/patents/WO2013004873A1?cl=en>
- Caram, J. (2011). *Materiales que garantizan el futuro: micelio*. Recuperado el 6 de Junio de 2015, de <http://www.unaus.eu/blog/19-materiales-que-garantizan-futuro-micelio-cuerpo-vegetativo-de-hongos>
- Carvajal, G. (2010). *Evaluación de la producción de hongos Pleuritus ostreatus sobre cinco sustratos*. Ibarra. Recuperado el 10 de diciembre 2015 [https://www.google.com/search?tbm=pts&q=Evaluacion+de+la+produccion+de+hongos+Pleuritus+ostreatus+sobre+cinco+sustratos&gws\\_rd=ssl#q=Evaluacion+de+la+produccion+de+hongos+Pleurotus+ostreatus+sobre+cinco+sustratos++carvajal](https://www.google.com/search?tbm=pts&q=Evaluacion+de+la+produccion+de+hongos+Pleuritus+ostreatus+sobre+cinco+sustratos&gws_rd=ssl#q=Evaluacion+de+la+produccion+de+hongos+Pleurotus+ostreatus+sobre+cinco+sustratos++carvajal)

- Castillo, M. (2014). *Informe Ejecutivo - Consultoría para la realización de un Estudio de Caracterización de Residuos Sólidos Urbanos Domésticos y Asimilables a Domésticos para el Distrito Metropolitano de Quito*. Recuperado el 5 de Septiembre de 2015, de [http://www.emaseo.gob.ec/documentos/pdf/Caracterizacion\\_residuos.pdf](http://www.emaseo.gob.ec/documentos/pdf/Caracterizacion_residuos.pdf)
- Crucita, G., Dalmiro, Z., & García, A. (2007). Influencia de la actividad del agua, pH y temperatura en el crecimiento de *aspergillus penicillioides* y *a. Terreus* aialdos de la carne seca y salada de atún listado. *Revista científica scielo*. Recuperado el 12 de febrero 2016 [http://www.scielo.org.ve/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0798-22592007000200014](http://www.scielo.org.ve/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0798-22592007000200014)
- Diana Granda, A. M. (2005). *SCIELO*. Recuperado el 7 de Enero de 2016, de Utilización de residuos de plátano para la producción de metabolitos secundarios por fermentación en el estado sólido con el hongo: <http://www.scielo.org.co/pdf/vitae/v12n2/v12n2a02.pdf>
- Elika. (2007). *Agentes de recubrimientos comestibles*. Recuperado el 12 de febrero de 2016, de [http://www.elika.net/datos/articulos/Archivo652/berezia\\_agentes%20de%20recubrimiento.pdf](http://www.elika.net/datos/articulos/Archivo652/berezia_agentes%20de%20recubrimiento.pdf)
- Enciclopédico, D. (2015). *Web Conocimiento*. Recuperado el 18 de octubre de 2015 <http://elantivirus.com/letra-p/poliestireno.php>
- Excipients, P. (s.f). *Acofarma*. Recuperado el 24 de Octubre de 2015, de [http://www.acofarma.com/admin/uploads/descarga/6418-2e4f1f167e9f26ad19e0b060856fbdc86717ec19/main/files/Cera\\_carnauba.pdf](http://www.acofarma.com/admin/uploads/descarga/6418-2e4f1f167e9f26ad19e0b060856fbdc86717ec19/main/files/Cera_carnauba.pdf)
- FAO. (s.f). *Matéria orgánica y actividad biológica*. Recuperado el 24 de Octubre de 2015, de [http://www.fao.org/ag/ca/training\\_materials/cd27-spanish/ba/organic\\_matter.pdf](http://www.fao.org/ag/ca/training_materials/cd27-spanish/ba/organic_matter.pdf)
- FEDNA . (s.f.). *Pajas de trigo y cebada*. Recuperado el 6 de Junio de 2015, de [http://www.fundacionfedna.org/ingredientes\\_para\\_piensos/paja-de-cereales-trigo-y-cebada](http://www.fundacionfedna.org/ingredientes_para_piensos/paja-de-cereales-trigo-y-cebada)

- Gaintan, Salmones, Perez, Mata. (2006). *Manual práctico del cultivo de setas*. Recuperado el 12 de Julio de 2015, de [http://www1.inecol.edu.mx/inecol/libros/manual\\_setas.pdf](http://www1.inecol.edu.mx/inecol/libros/manual_setas.pdf)
- Garcia, H. (2009). *Referencias historicas y evolucion de los plasticos*. Recuperado el 6 de Noviembre de 2015, de <http://www.ehu.eus/reviberpol/pdf/ENE09/garcia.pdf>
- Garcia, N., & Bermudez, C. G. (2006). *Revista mexicana de micologia*. Recuperado el 7 de mayo de mayo de 2015, de <http://revistamexicanademicologia.org/wp-content/uploads/2009/10/15.%20RMM%20TR-077.pdf>
- Garzon, J. P. (2008). *Producción de Pleurotus ostreatus sobre residuos*. Recuperado el 6 de Junio de 2015, de [http://www.unicolmayor.edu.co/invest\\_nova/NOVA/NOVA10\\_ARTORIG2\\_pleur.pdf](http://www.unicolmayor.edu.co/invest_nova/NOVA/NOVA10_ARTORIG2_pleur.pdf)
- Garzon, J., & Cuervo, J. (2008). *Producción de Pleurotus ostreatus sobre residuos lignocelulósicos de diferente procedencia*. Bogotá. Recuperado el 13 de abril 2015, de [http://www.unicolmayor.edu.co/invest\\_nova/NOVA/NOVA10\\_ARTORIG2\\_pleur.pdf](http://www.unicolmayor.edu.co/invest_nova/NOVA/NOVA10_ARTORIG2_pleur.pdf)
- Gomez, E. (2011). *Recubrimiento para frutas y hortalizas*. Recuperado el 15 de Enero de 2016, de [http://www.deccopostharvest.com/pdf/newsletter/11\\_04\\_2011/recubrimientos\\_frutas\\_hortalizas.pdf](http://www.deccopostharvest.com/pdf/newsletter/11_04_2011/recubrimientos_frutas_hortalizas.pdf)
- Guanin, S. (2006). *Capitulo 1 Generalidades*. Recuperado el 17 de Diciembre de 2015, de <http://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/2523/1/CD-0239.pdf>
- Guzman, G., Mata, G., Salmones, D., & Montoya, L. (1994). The varieties off *P. ostreatus*-complex based in the interbreeding strains and in the study of basidiomata obtained in culture. En G. Guzman, G. Mata, D. Salmones, & L. Montoya, *Micotaxon*.
- Harvard, U. (2008). *Polyestyrene Fast Facts*. Recuperado el 6 de Junio de 2015, de

- <http://isites.harvard.edu/fs/docs/icb.topic967858.files/PolystyreneFactSheets.pdf>
- Hernandez, M. (2002). *Universidad Veracruzana*. Recuperado el 22 de Diciembre de 2015, de Cambios en la actividad enzimatica del Pleurotus spp.: <http://www.uv.mx/iif/files/2014/10/Tesis-Dulce-Murrieta-MC.pdf>
- Hernandez, R., & López, C. (2008). *Evaluacion del crecimiento y produccion de Pleurotus ostreatus sobre diferentes residuos agroindustriales del departamento de Cundinamarca*. Bogota: Pontificie Universidad Javeriana. Recuperado el 20 de abril 2015, de <http://revistas.javeriana.edu.co/index.php/scientarium/article/view/1417>
- Institute, E. a. (2004). *Bioenergy, biofuels and biomass*. Recuperado el 30 de enero 2016, de <http://www.eesi.org/topics/bioenergy-biofuels-biomass/description>
- Insulfoam. (s.f.). *Properties, perfomance and design fundamentals of expanded polystyrene*. Recuperado el 20 de Octubre de 2015, de <http://insulfoam.com/wp-content/uploads/2014/05/Properties-Performance-and-Design-Fundamentals-of-Expanded-Polystyrene-Packaging.pdf>
- Job, D. (2004). La utilizacion de la borra de café como subsatrato de base para cultivo de Pleurotus ostratus. *revista iberoamericana*, 195. Recuperado el 15 de noviembre 2015, de <http://www.reviberoammicol.com/2004-21/195197.pdf>
- Lopez, L. (2007). *LA PRODUCCIÓN DE LOS HONGOS COMESTIBLES*. Recuperado el 19 de Diciembre de 2015, de [http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/07/07\\_1932.pdf](http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/07/07_1932.pdf)
- Mae. (s.f). *TEXTO UNIFICADO LEGISLACION SECUNDARIA, MEDIO AMBIENTE*. Recuperado el 20 de diciembre 2015, de [http://www.agua.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2012/07/TEXTO\\_UNIFICADO\\_LEGISLACION\\_SECUNDARIA\\_i.pdf](http://www.agua.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2012/07/TEXTO_UNIFICADO_LEGISLACION_SECUNDARIA_i.pdf)
- Mae. (s.f). *Ministerio del Ambiente del Ecuador*. Recuperado el 25 de mayo 2015, de <http://www.ambiente.gob.ec/programa-pngids-ecuador/>

- Martinez, A. (2009). *Cultivando hongos*. Recuperado el 22 de Enero de 2016, de <http://cultivandohongos.blogspot.com/2009/01/gua-bsica-para-la-produccion-de-setas.html>
- Moran, P. (2011). *Uso terapéutico del látex de la hoja de plátano (Musa X paradisiaca L. (pro sp.)) para las aftas y fuegos bucales*. Recuperado el 6 de Junio de 2015, de [http://www.tlahui.com/medic/medic32/platano\\_latex.htm](http://www.tlahui.com/medic/medic32/platano_latex.htm)
- Muñoz, E. (2013). *Comisión de proyectos y transferencia de tecnología ESPOCH. Recuperado el 17 de julio 2015, de* [http://www.esPOCH.edu.ec/index.php?action=vic\\_investigacion&idr=4](http://www.esPOCH.edu.ec/index.php?action=vic_investigacion&idr=4)
- Newman, J. (2015). *Control de algas*. Recuperado el 6 de Junio de 2015, de <http://www.aaa.org.ar/articulos.php?articulo=articulos/240203-controlalgas01.html>
- Nova chemical. (s.f.). *Expandable polystyrene*. Recuperado el 6 de Junio de 2015, de [http://www.novachem.com/Product%20Documents/DYLITE-EPS\\_Guide\\_AMER\\_EN.pdf](http://www.novachem.com/Product%20Documents/DYLITE-EPS_Guide_AMER_EN.pdf)
- Nova Chemicals. (s.f.). *Expandable polystyrene*. Recuperado el 6 de Junio de 2015, de [http://www.novachem.com/Product%20Documents/DYLITE-EPS\\_Guide\\_AMER\\_EN.pdf](http://www.novachem.com/Product%20Documents/DYLITE-EPS_Guide_AMER_EN.pdf)
- Organización Internacional del Café. (s.f.). *Composición Química del Café*. Recuperado el 6 de Junio de 2015, de <http://www.ico.org/documents/ed1967c.pdf>
- Pastor, N. (2000). *datateca.unad*. Recuperado el 7 de mayo de mayo de 2015, de [http://datateca.unad.edu.co/contenidos/30161/Curso\\_AVA\\_2014-2\\_/Unidad\\_1/Referencias\\_bibliograficas\\_requeridas/Utilizacion\\_de\\_sustratos\\_en\\_viveros.pdf](http://datateca.unad.edu.co/contenidos/30161/Curso_AVA_2014-2_/Unidad_1/Referencias_bibliograficas_requeridas/Utilizacion_de_sustratos_en_viveros.pdf)
- Pérez, R. (2005). *Revista mexicana de micología*. Recuperado el 7 de mayo de mayo de 2015, de [evistamexicanademicologia.org/wp-content/uploads/2009/10/Vol20%20\(9\).pdf](http://evistamexicanademicologia.org/wp-content/uploads/2009/10/Vol20%20(9).pdf)
- Pishgram. (2011). *Pishgram Industrial Group*. Recuperado el 27 de julio 2015, de <http://www.pishgamgroup.com/en/history/Expandehistory>

- Plastics Europe. (s.f.). *Historia del poliestireno expandido*. Recuperado el 7 de Junio de 2015, de <http://www.plasticseurope.org/what-is-plastic/types-of-plastics-11148/expanded-polystyrene.aspx>
- Ramirez, R. (2014). Inversión del estado en rubros de investigación. Recuperado el 1 de septiembre 2015, de <http://www.uneditorial.net/uflip/Proyectos-de-inversion-competitivos-formulacion-y-evaluacion/pubData/source/Proyectos-de-inversion-competitivos-formulacion-y-evaluacion.pdf>
- Ripsnort. (2010). *Pf substrate formula's biological efficiency Pf*. Recuperado el 9 de Febrero de 2016, de <http://www.fanaticus.com/ripsnort.htm>
- Ripsnort. (Abril de 2010). *Pf substrate formula's biological efficiency*. Recuperado el 13 de agosto de 2015, de <http://www.fanaticus.com/ripsnort.htm>
- Rodriguez, Gonzalo. (2007). *Fruticultura y Diversificación*, 13. Recuperado el 30 de mayo 2015, de [http://www.fao.org/fileadmin/user\\_upload/ags/publications/AGSF\\_WD6s.pdf](http://www.fao.org/fileadmin/user_upload/ags/publications/AGSF_WD6s.pdf)
- Rogoberto, I. (2008). *Scielo*. Recuperado el 18 de Enero de 2016, de [http://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S0187-31802008000100007&script=sci\\_arttext](http://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S0187-31802008000100007&script=sci_arttext)
- Roman, D. (2010). *Evaluacion de cinco sustratos convinados contres concentraciones de ceniza colcánica en dos tipos de bandejas para la obtencion de plantulas de uvilla bajo invernadero*. Riobamba. Recuperado el 20 de agosto 2015, de <file:///D:/GabrielaEspinosa/Downloads/13T0667%20ROMAN%20DANIEL.pdf>
- Ruilova, M. (2014). *Noticias de Bebidas y Alimentos Para Latinoamérica*. Recuperado el 8 de Febrero de 2016, de <http://www.foodnewslatam.com/biotecnolog%C3%ADa/59-ingredientes/1274-evaluacion-de-residuos-agricolas-para-la-produccion-del-hongo-pleurotus-ostreatus.html>

- Salazar, A. (2015). Producción de Hongos Pleurotus spp. Quito, Pichincha, Ecuador.
- Salmones, D. P. (2009). *Manual práctico de cultivo de setas, aislamiento, siembra y producción*. Recuperado el 11 de Noviembre de 2015, de [http://www1.inecol.edu.mx/inecol/libros/manual\\_setas.pdf](http://www1.inecol.edu.mx/inecol/libros/manual_setas.pdf)
- Sanchez, J. (. (2001). *La biología y el cultivo de Pleurotus spp.* Mexico. Recueprado del 25 de agosto 2015, de <http://mushroomtime.org/wp-content/uploads/2014/06/01-La-biologia-y-el-cultivo-de-Pleurotus-spp.-S%C3%83%C2%81NCHEZ-J.-y-ROYSE-D.-ECOSUR-.pdf>
- Silva, B. M. (2011). *PRODUÇÃO DE POLIESTIRENO DE PROPÓSITO GERAL*. Recuperado el 19 de diciembre 2015, de UNIVERSIDADE REGIONAL DE BLUMENAU: [http://www.bc.furb.br/docs/MO/2011/349015\\_1\\_1.pdf](http://www.bc.furb.br/docs/MO/2011/349015_1_1.pdf)
- Society, A. (2015). *Chemical Landmarks*. Recuperado el 23 de Octubre de 2015, de <http://www.acs.org/content/acs/en/education/whatischemistry/landmarks/staudingerpolymerscience.html>
- Song, B. (2005). Manual de cultivo de hongo Pleurotus ostreatus. Ambato: Minerva, Ambato-Ecuador. Recuperado el 14 de julio 2015, de <http://www.hongoscomestibles-latinoamerica.com/P/P/oyster%20bien/capitulo%205%20pag.%2083-93.pdf>
- Tocagón, M. (2010). *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*. Ibarra. Recuperado el 26 de julio 2015, de [https://www.google.com/#q=.+Evaluaci%C3%B3n+de+la+producci%C3%B3n+del+Hongo+Pleurotus+ostreatus+sobre+cinco+tipos+de+sustratos+\(tamo+de+trigo%2C+tamo+de+cebada%2C+tamo+de+vicia%2C+tamo+de+avena+y+paja+de+p%C3%A1ramo\):+enriquecidos+con+tuza+molida%2C+afrecho+de+cebada+y+carbonato+de+calcio](https://www.google.com/#q=.+Evaluaci%C3%B3n+de+la+producci%C3%B3n+del+Hongo+Pleurotus+ostreatus+sobre+cinco+tipos+de+sustratos+(tamo+de+trigo%2C+tamo+de+cebada%2C+tamo+de+vicia%2C+tamo+de+avena+y+paja+de+p%C3%A1ramo):+enriquecidos+con+tuza+molida%2C+afrecho+de+cebada+y+carbonato+de+calcio)

- Vásquez, J. (1994). *Producción de hongos comestibles*. México: Centro de investigaciones ecológicas del sureste. Recueprado el 11 de septiembre 2015, de [http://www2.tap-ecosur.edu.mx/hongos/Potros/19%20\(2010\)%20HC%20en%20el%20SE%20Me%CC%81xico.pdf](http://www2.tap-ecosur.edu.mx/hongos/Potros/19%20(2010)%20HC%20en%20el%20SE%20Me%CC%81xico.pdf)
- Viziteu, G. (2005). *Sustrato*. Rumania: Copyright Mushworld. Recuperado el 29 de junio de 2015, de <http://www.hongoscomestibles-latinoamerica.com/P/P/oyster%20bien/capitulo%205%20pag.%2094-98.pdf>
- Williams, T. I. (1990). *Historia de la teconología*. Madrid: Siglo XXI de España Editores S.A. Recuperado el 3 de octubre de 2015, de <http://www.oei.es/salactsi/santander4.htm>

## **ANEXOS**

## ANEXO 1. Glosario y Abreviaturas

### Abreviaturas

|       |                                    |
|-------|------------------------------------|
| ANOVA | Análisis de varianza               |
| C/N   | Relación carbono nitrógeno         |
| %E.B  | Porcentaje de eficiencia biológica |
| Ho    | Hipótesis nula                     |
| Hi    | Hipótesis alternativa              |
| pH    | Potencial hidrógeno                |

### Glosario

|                        |   |
|------------------------|---|
| Micelio                | Parte vegetativa del hongo.                   |
| Sustrato               | Medio de desarrollo para una planta o animal. |
| <i>Pleurotus spp</i>   | Hongo genero fungi                            |
| Poliestireno expandido | Material plástico espumado (espuma flex)      |

## Anexo 2. Preparación del sustrato para cultivo del hongo



a. Homogenización de sustrato



b. Pesaje se materia prima



c. Mezcla de sustratos



d. Pasteurización de sustratos

### Anexo 3. Crecimiento del hongo en tres sustratos

Las fotografías muestran la etapa final de crecimiento micelial en cada sustrato.



a. Sustrato Cáscara de Café



b. Sustrato Tamo de Cebada



b. Sustrato Hoja de Plátano

#### Anexo 4. Transformación de materias primas en materiales de soporte



a. Pilonera removible



b. Bandeja transportadora

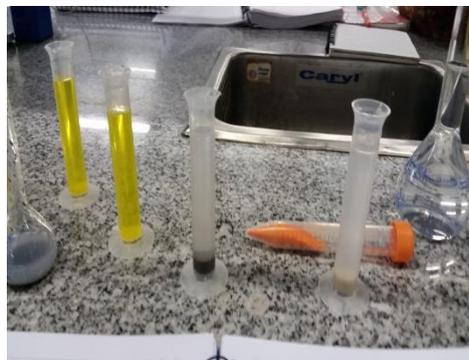
#### Anexo 5. Obtención de nutrientes de los sustratos



a. Preparación de sustrato



b. Obtención de proteína

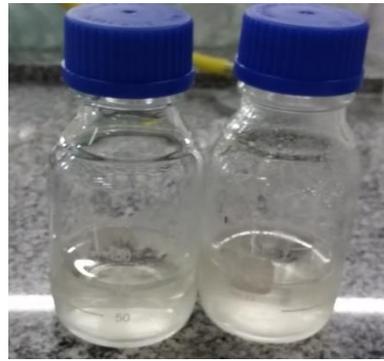


c. Titulación de muestras

## Anexo 6. Pruebas microbiológicas



a. Muestras de fruta en bandeja



b. Caldo para determina mohos



c. Caldo para determinar levaduras



d. Muestras bañadas en los caldos

## Anexo 7. Determinación de Minerales

### Cloruros

#### Materiales

- Titulador
- Vaso de precipitación

#### Reactivos

- Dicromato de potasio ( $K_2Cr_2O_4$ )
- Nitrato de plata ( $AgNO_3$ )

#### Procedimiento

Preparar las soluciones:

- a. 10 ml de solución al % de ceniza.
- b. 10 ml  $K_2Cr_2O_4$  5%
- c. 100ml  $AgNO_3$

Se prepararon las soluciones para proceder a titular y observar el cambio de color que determinó el porcentaje de minerales que cada sustrato contenía.

### Calcio

#### Materiales

- Titulador
- Vaso de precipitación

#### Reactivos

- Ácido etildiaminotetraacético (EDTA)
- Hidróxido de sodio (NaOH)

#### Procedimiento

Preparación de soluciones

1. 10ml NaOH 1N
2. 100ml EDTA 0,01u

Realizar la mezcla para proceder a titular y obtener el porcentaje de calcio en cada sustrato

## Anexo 8. Propuesta de plan financiero en caso de creación de empresa

### 1. Cálculo del costo de producción del material a base de micelio de hongos

Para poder determinar un costo de producción dentro de parámetros estándar, se planteó un nuevo proyecto de inversión mediante una proyección a cinco años, para la producción de dos tipos de materiales agroindustriales a base de micelio de hongos, como se puede observar en la tabla se estimaron valores de inversión (ingresos), y costos de producción directos e indirectos (egresos), determinando la rentabilidad del proyecto establecido.

#### Cálculo del costo de producción

|                       |                 | <b>AÑO 0</b>          | <b>Año 1</b>        | <b>Año 2</b>        | <b>Año 3</b>        | <b>Año 4</b>        | <b>Año 5</b>        |
|-----------------------|-----------------|-----------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|
| Ventas                |                 |                       | \$ 66.225,66        | \$ 66.225,66        | \$ 66.225,66        | \$ 66.225,66        | \$ 66.225,66        |
| <b>TOTAL INGRESOS</b> |                 |                       | \$ 66.225,66        | \$ 66.225,66        | \$ 66.225,66        | \$ 66.225,66        | \$ 66.225,66        |
| Materia Prima         | \$ 11,33        |                       | \$ 8.973,36         | \$ 9.152,83         | \$ 9.335,88         | \$ 9.522,60         | \$ 9.713,05         |
| Mano de Obra          | \$ 4,41         |                       | \$ 4.764,13         | \$ 4.952,54         | \$ 5.140,96         | \$ 5.329,37         | \$ 5.517,78         |
| Alquiler              | \$ 50,00        |                       | \$ 18.000,00        | \$ 18.360,00        | \$ 18.727,20        | \$ 19.101,74        | \$ 19.483,78        |
| Varios                | \$ 15,78        |                       | \$ 3.960,00         | \$ 4.159,20         | \$ 4.239,98         | \$ 4.322,38         | \$ 4.406,43         |
| <b>TOTAL COSTOS</b>   | <b>\$ 81,52</b> |                       | <b>\$ 35.697,49</b> | <b>\$ 36.624,57</b> | <b>\$ 37.444,02</b> | <b>\$ 38.276,10</b> | <b>\$ 39.121,04</b> |
| <b>UTILIDAD</b>       |                 | <b>\$ (27.000,00)</b> | <b>\$ 30.528,17</b> | <b>\$ 29.601,09</b> | <b>\$ 28.781,64</b> | <b>\$ 27.949,57</b> | <b>\$ 27.104,62</b> |

Se puede observar en la tabla que la inversión es de \$27000 dólares, se tomó en cuenta aquí la inversión de moldes por año siendo \$12000 el cual sería solo una vez, posteriormente se toma el 1% de inversión anual tomando en cuenta daños en moldes a los que se tenga que reparar y si es el peor escenario restituirlos.

Los \$15000 restantes será la inversión de maquinaria básica que se necesita para mantener los galpones con temperaturas y humedad adecuada, es decir se necesitan calefactores y ventiladores industriales, y también la infraestructura interna que sería la colocación de racks específicamente para el crecimiento micelial directamente en los moldes, como también en la sala de

incubación la compra de mecheros y utensilios para utilización esterilizada. Tomando en cuenta que es una elaboración artesanal.

## 2. Cálculo de Materia Prima Requerida

Para determinar el costo de materia prima, se lo calculó a partir de los requerimientos de acuerdo a lo implementado en el desarrollo de la investigación, para el proceso de producción de los materiales agroindustriales como se puede observar en la tabla...., tomando en cuenta que los que se realizó mediante la investigación fue un material orgánico, se vio también la posibilidad de ser un material competitivo en el mercado frente al poliestireno expandido y en el caso de piloneras el plástico.

Cálculo de materia prima requerida

| Mat. Prima | Sepa pleurotus ostreatus | Tamo    | carbonato | afrechillo | TOTAL    |
|------------|--------------------------|---------|-----------|------------|----------|
| Año 1      | 6,00                     | \$ 0,35 | \$ 0,98   | \$ 4,00    | \$ 11,33 |
| Año 2      | 6,12                     | 0,36    | 1,00      | 4,08       | \$ 11,56 |
| Año 3      | 6,24                     | 0,36    | 1,02      | 4,16       | \$ 11,79 |
| Año 4      | 6,37                     | 0,37    | 1,04      | 4,24       | \$ 12,02 |
| Año 5      | 6,49                     | 0,38    | 1,06      | 4,33       | \$ 12,26 |

Observando en la anualmente se añadió un valor de inflación a los materiales para estimar su costo del 1,02% con una proyección de cinco años, los costos de la materia prima fueron obtenidos de los costos reales dentro del a investigación, las unidades son en quintales exceptuando la sepa que se lo determino por plancha de semilla.

La materia prima se calculó tomando en cuenta un volumen de producción estimada, misma que se desarrolló en la investigación.

Como se puede verificar en la tabla las cantidades requeridas no son las mismas, esto se da porque en la producción del material agroindustrial son necesarias distintas cantidades para la producción del mismo

### 3. Cálculo de Mano de Obra Directa Requerida

Este cálculo se lo realizó identificando la mano de obra necesaria para la producción proyectada, se lo determinó en base al número de horas trabajadas que nuestro caso sería una jornada normal de ocho horas diarias de lunes a viernes considerando un salario básico, en este salario no se toma en cuenta horas extras.

Se calculó también tomando en cuenta un estimado de producción de 100 unidades para determinar el salario diario con base en el salario básico del operario, y descontando lo que el gobierno actual nos pide que en este caso sea el seguro social (IESS), como se puede ver la tabla.

Según como se avanzó en la investigación se proyectó que las actividades son básicas, y la empresa empezaría a realizar los materiales de manera artesanal como fue desarrollada la investigación actual de este tema, por esta razón un operario puede realizar la labor percibiendo una remuneración básica mensual, de igual manera se estimó un aumento anual como lo designa el gobierno que en este caso es de catorce dólares como se puede ver en la tabla

Como se mencionó a la producción proyectada el tiempo de mano de obra necesario en el mínimo lo cual se consideró el no remunerar con horas extra a menos que exista un caso extraordinario.

#### Cálculo de Mano de Obra Directa Requerida

| MOD                    | Año 1         | Año 2         | Año 3         | Año 4         | Año 5         |
|------------------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|
| Salario Básico Mensual | 354,00        | 368,00        | 382,00        | 396,00        | 410,00        |
| 12.15% IESS            | 43,01         | 44,71         | 46,41         | 48,11         | 49,82         |
| <b>Total</b>           | <b>397,01</b> | <b>412,71</b> | <b>428,41</b> | <b>444,11</b> | <b>459,82</b> |
| Valor Diario           | 13,23         | 13,76         | 14,28         | 14,80         | 15,33         |
| Total por 100 unidades | 4,41          | 4,59          | 4,76          | 4,93          | 5,11          |

Nota: el cálculo se lo elaboró para un solo operarios, en un número estimado de producción, cálculo que se puede duplicar o triplicar dependiendo el número de operarios extra que se necesiten.

#### 4. Cálculo de Alquiler y Gastos Varios

Los cálculos de alquileres se estimaron de acuerdo a lo que se desarrolló a lo largo del a investigación y que fue necesario realizar, por lo que se determinaron costos anuales como se puede ver en la tabla, se determinó un aumento por la tasa de inflación anual, tal cual se lo realizo en materia prima.

En cuanto a gastos varios se midió un consumo estimado de servicios básicos como se observa en la tabla, tomando en cuenta el tipo de producción y cantidad que se va a elaborar, se tomó también en cuenta gas que tendría un consumo mensual.

En cuanto a moldes se lo tiene dentro de gastos varios ya que para esto se realizó una inversión, que requerirá arreglos o si es el caso remplazo de moldes, el costo estimado se lo dio al 1% anual de la cantidad necesaria por día como se lo puede ver en la tabla.

#### Cálculo de Alquiler y Gastos Varios

| Varios       | Año 1           | Año 2           | Año 3           | Año 4           | Año 5           |
|--------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| moldes       | -               | 120,00          | 120,00          | 120,00          | 120,00          |
| gas          | 360,00          | 367,20          | 374,54          | 382,03          | 389,68          |
| agua         | 600,00          | 612,00          | 624,24          | 636,72          | 649,46          |
| luz          | 3.000,00        | 3.060,00        | 3.121,20        | 3.183,62        | 3.247,30        |
| <b>TOTAL</b> | <b>3.960,00</b> | <b>4.159,20</b> | <b>4.239,98</b> | <b>4.322,38</b> | <b>4.406,43</b> |

#### 5. Determinación de la rentabilidad del proyecto

Al momento que se habla de rentabilidad es porque se quiere definir el valor neto que se obtuvo como ganancia en un proyecto independientemente la situación, midiendo de la misma manera la productividad que el proyecto genera.

Se calculó la tasa interna de retorno (retorno porcentual sobre la inversión) y el valor neto actual los mismos que nos indican que el proyecto es rentable y que la inversión se recuperara en el año uno como se muestra en la tabla.

|                          |               |
|--------------------------|---------------|
| <b>TIR</b>               | 108%          |
| <b>Valor Actual Neto</b> | \$ 104.155,02 |

La tasa interna de retorno nos indica cuanto es el porcentaje de retorno que se tendría en la realización del proyecto, como se puede observar la tasa es de 108% demostrando que la elaboración del proyecto es rentable y se recuperara la inversión en el primer año.

El valor actual neto indica lo que nuestra empresa artesanal costaría actualmente después de la inversión realizada, siendo otro indicador importante para demostrar que el proyecto es viable teniendo recuperación de la inversión y a su vez ganancias.

En cuanto a las utilidades de los siguientes años dado que se da una venta del 80% los cinco años y se tomó en cuenta la inflación de los materiales a utilizarse.

## Anexo 9. Guía práctica para producción micelial



# GUIA PRACTICA PARA PRODUCCION MICELIAL

*Pleurotus ostreatus y pleurotus djamor*

### DESCRIPCIÓN

Análisis comparativo de tres sustratos usando como materia prima residuos agroindustriales con relevancia económica, seleccionando el mejor sustrato para crecimiento micelial de dos hongos *pleurotus*.

### Autores

Víctor Pazmiño

Gabriela Espinosa

## Introducción

Globalmente, se conciben considerables cuantías de desperdicios de origen agrícola, estos residuos son empleados en diferentes áreas de acuerdo al país y región; alrededor del ochenta por ciento de estos residuos son incinerados en países subdesarrollados. También, son empleados para alimentación de especies menores, reincorporación al suelo sin descomposición previa y como materia prima en industria papelera. No solamente son subutilizados estos residuos, al ser incinerados, generan gran suma de emisiones gaseosas como: dióxido de nitrógeno, dióxido de carbono, monóxido de carbono, entre otros que tienen un impacto contaminante sobre la atmósfera, asistiendo al efecto invernadero. Con la premisa del uso ineficiente de los residuos, que son elementos básicos como parte de input del proceso de producción micelial (primera fase de crecimiento del hongo) como punto de partida para el desarrollo del cultivo de *Pleurotus spp.* (Ruilova, 2014) En la actualidad, Ecuador no realiza una producción significativa de hongos como *Pleurotus spp.* con la finalidad de ser consumido como alimento, sin embargo, el hongo posee otras cualidades que permiten aprovechar su micelio. En la composición química del micelio, contiene 57% de carbohidratos. Este macronutriente es determinante en la formación micelial del hongo ya que contiene pentosas, hexosas, sacarosa y amino-azúcares como quitina que forman parte de la pared del hongo. Estos carbohidratos son responsables de dar la rigidez al conjunto de hifas (Gaintan, Salmones, Perez, Mata, 2006).

*Pleurotus spp* es un hongo versátil con facilidad de crecimiento en medios lignocelulósicos, condición térmica de rango variable, brindando facilidad de crecimiento en comparación a los otros hongos cultivados con fines comerciales (Lopez, 2007).

Tras la investigación realizada en la presente investigación con la meta de otorgarle valor agregado a los desechos agroindustriales más comunes que en el Ecuador se ha venido realizando la gestión de manera artesanal con el fin de

crear nuevos productos utilizando el micelio de los hongos *Pleurotus ostreatus* y *Pleurotus djamor*, donde objetivo general de este proyecto es llegar a un producto final tangible que se lo pueda usar como alternativo al poliestireno expandido.

La selección de la materia orgánica que será parte fundamental para el crecimiento micelial, dependería del lugar geográfico donde se vaya a desarrollar el crecimiento, tomando en cuenta la disponibilidad del material, el costo para la obtención y transporte del mismo, para de esa manera dar rentabilidad al proyecto (Ardon, 2004).

El poliestireno expandido conocido como espuma flex tiene una composición baja en cuanto a toxinas, pero en el Ecuador genera contaminación visual, del suelo, del agua en los alrededores, siendo esta una de las razones por la que se incentivó a la elaboración de este proyecto dando alternativa a este producto y generando nuevas aplicaciones a los desechos del país y de la misma manera impulsando a la generación de semillas del hongo *Pleurotus spp.* Actualmente las prácticas con las que se trata al poliestireno expandido en el país han hecho que sea realmente una amenaza para el medio ambiente, ya que se lo considera como un desecho común, mas no como un producto que se puede reciclar. Al momento de desecharlo genera un impacto negativo al medio ambiente porque su degradación puede tomar años. (Muñoz, 2013)

El aumento del deterioro ambiental por el excesivo uso de material derivado del petróleo para embalaje o recubrimiento de alimentos, ha impulsado a investigaciones que involucren el desarrollar nuevos materiales que puedan ser una alternativa al poliestireno expandido, (Andrade, Acosta, Bucheli y Osori, 2014), razón por la cual en esta investigación se utilizaron ceras de origen natural como la de abeja, o carnauba para el recubrimiento de los materiales alternativos al poliestireno expandido, consiguiendo una fácil degradación, amigable al medio ambiente.

### **Cultivo de *Pleurotus spp.***

El cultivo del hongo *Pleurotus spp* perteneciente al reino fungí, ha crecido a nivel mundial por su rápido desarrollo en especial el *Pleurotus ostreatus* siendo actualmente un hongo comercial. Se los reconoce por su enzima celulósica que le facilita la degradación de nutrientes del medio donde crecen, generalmente utilizados como sustrato para crecimiento desechos agroindustriales (Garcia & Bermudez, 2006). Por otro lado, el hongo *Pleurotus spp* tiene facilidad de adaptación para su crecimiento, por esta razón su cultivo no es costoso y las técnicas para el mismo son básicas, obteniendo un alimento saludable y utilizado en la cocina gastronómica y tablas nutricionales por su alto contenido de proteína, mayores a los de la carne roja (Aguilar, 2012).

El cultivo del hongo ostra se lo realiza en un sustrato con características nutricionales altas para que la cepa se alimente del mismo el cual se lo incuba en un promedio de 15 a 20 días para su crecimiento micelial y de ahí es trasladado a un invernadero donde fructificará para el consumo humano. (Pérez, 2005), (Garcia & Bermudez, 2006)

Características de sustratos seleccionados Para esta investigación se seleccionó desechos orgánicos actualmente utilizados en su mayoría como abono o compost, estos desechos son provenientes de cultivos importantes dentro del Ecuador, los cuales mediante esta investigación se les quiere sumar una aplicación dentro de la industria.

### **Cáscara de café (*Coffea canephora*):**

La cáscara de café en el Ecuador es muy subutilizada ya que únicamente es empleada para extracción de nutrientes y como abono. En consecuencia, no se hace un correcto uso ni aprovechamiento completo de todas las propiedades químicas que este posee (Organización Internacional del Café, 2005). De acuerdo con (Bilbao, 2013), la cáscara de café presenta altas cantidades de compuestos fenólicos los cuales permiten acelerar el

metabolismo de la absorción de nutrientes en el caso que se emplee para el crecimiento de hongos.

#### **Hoja de plátano (*Musa paradisiaca*):**

Las hojas de plátano presentan actualmente un uso medicinal. Sus hojas sometidas a procesos químicos de los cuales se extrae el latex y es empleado para tratar afecciones como aftas y fuegos bucales (Moran, 2011). Se toma en cuenta este residuo agroindustrial para que forme parte de un sustrato por sus características parecidas a la paja de caña.

#### **Tamo de cebada (*Hordeum vulgare*):**

El tamo de cebada es empleado para controlar el crecimiento de algas. Esto se debe a que en el proceso de pudrición dentro del agua el tamo libera cantidades sustanciales de carbono que afectan la propagación de algas (Newman, 2015). No obstante, el tamo de cebada posee propiedades nutricionales que pueden ser favorables para el crecimiento de hongos. Presenta una gran cantidad de polímeros con alta cantidad de carbono siendo este componente principal en la fase micelial del hongo. Estos polímeros constituyen un 25% de hemicelulosa, un 8% de lignina y un 0,2% de cutina (Pajas de trigo y cebada, 2011).

#### **Siembra y producción micelial**

La cepa del hongo *Pleurotus ostreatus* y *Pleurotus djamor*, se obtuvo de productores comerciales ubicados en el valle de Quito, quienes cuentan con la cepa madre del hongo *Pleurotus ostreatus* gris y *Pleurotus dejamor*, de las cuales se obtuvo los hongos con lo que se trabajó. Estas cepas se inocularon en medio de cultivo elaborado con aserrín y semilla de cebada.

Por otro lado se utilizó los residuos de cultivos con relevancia económica: hojas de banano (*Musa paradisiaca*), cascarilla de café (*Coffea canephora*) y tamo de cebada (*Hordeum vulgare*). Antes de ser inoculado el hongo, los sustratos estuvieron sujetos a un análisis de humedad, materia orgánica, y pH.

Se establecen los siguientes tratamientos experimentales con 5 repeticiones cada uno.

|

Tabla 1. Diseño experimental de crecimiento del hongo *Pleurotus ostreatus* y *Pleurotus djamor*

| Tratamiento | Descripción | Factor 1                       | Factor 2            | Factor 3            |
|-------------|-------------|--------------------------------|---------------------|---------------------|
| 1           | H1M1C1      | H1: <i>Pleurotus ostreatus</i> | M1: Cáscara de café | C1: Cepa en aserrín |
| 2           | H1M1C2      |                                |                     | C2: Cepa en grano   |
| 3           | H1M2C1      |                                | M2: Hoja de plátano | C1: Cepa en aserrín |
| 4           | H1M2C2      |                                |                     | C2: Cepa en grano   |
| 5           | H1M3C1      |                                | M3: Tamo de cebada  | C1: Cepa en aserrín |
| 6           | H1M3C2      |                                |                     | C2: Cepa en grano   |
| 7           | H2M1C1      | H2: <i>Pleurotus djamor</i>    | M1: Cáscara de café | C1: Cepa en aserrín |
| 8           | H2M1C2      |                                |                     | C2: Cepa en grano   |
| 9           | H2M2C1      |                                | M2: Hoja de plátano | C1: Cepa en aserrín |
| 10          | H2M2C2      |                                |                     | C2: Cepa en grano   |
| 11          | H2M3C2      |                                | M3: Tamo de cebada  | C1: Cepa en aserrín |
| 12          | H2M3C2      |                                |                     | C2: Cepa en grano   |

Nota: se propuso el desarrollo de un análisis estadístico de diseño experimental en bloques completamente al azar, con cinco réplicas por tratamiento en las mismas condiciones de humedad relativa, temperatura y luz.

### Elaboración de los sustratos

Se desarrollaron tres diferentes sustratos con cinco repeticiones como se planteó el diseño experimental.

Se elaboró el mismo procedimiento para los tres sustratos, en la primera fase, se colocó el material agroindustrial en una tina para mezclar los componentes de acuerdo a la formulación que se observa en la Tabla 2

Tabla 2. Formulación de sustrato para el cultivo de *Pleurotus spp.*

| Materia prima           | Cantidad |
|-------------------------|----------|
| Material agroindustrial | 1 kg     |
| Afrechillo de arroz     | 20%      |
| Agua                    | 2 litros |
| Yeso                    | 7%       |

Se coloca el afrechillo en un 20% al peso seco del material agroindustrial y se lo mezcló durante cinco minutos, para posteriormente aumentar poco a poco agua y lograr una mezcla homogénea como se observa en la figura 4.



Figura 4. Mezcla homogénea, sustrato de café

Al momento de colocar el agua se debe realizar la prueba de guante en la que se determina la humedad del sustrato, la prueba consiste en que al momento de tomar en puño el sustratos deben quedar residuos pegados en la mano y no debe chorrear el agua como se aprecia en la figura 5.



Figura 5. Prueba de guante

Teniendo la humedad óptima que esta entre el 50 a 80% se coloca el yeso en un 7% del material en seco como se observa en la figura 6, el yeso es muy importante para mantener el pH que el sustrato necesita para el crecimiento micelial.



Figura 6. Proceso de mezcla con el yeso

La mezcla con el yeso se debe realizar durante 10 minutos para asegurar que el yeso se haya mezclado en su totalidad y se procede a colocar en la fundas de polipropileno como se aprecia en la figura 7, que fueron seleccionadas ya que este material aguanta temperaturas elevadas necesario para la pasteurización, para esta investigación se pesó fundas de 1 kg para las cinco repeticiones como se observa en la figura 8.

Para asegurar el sustrato en el interior de la funda se amarra con una liga y se continúa con la pasteurización del sustrato.



Figura 7. Sustrato en funda de polipropileno



Figura8. Pesaje de sustrato

## Pasteurización

La pasteurización es una etapa muy importante porque se asegura el sustrato confirmando que el medio este estéril y no se contamine o padezca de algún tipo de enfermedad que provoque la muerte de la cepa, por lo que se debe pasteurizar durante dos horas a una temperatura de 95°C por dos horas, como se observa en la figura 9



Figura 9. Pasteurización de sustrato

## Siembra

El proceso de siembra de la cepa tanto de *Pleurotus ostreatus* y *Pleurotus djamor* se inicia con una esterilización de la mesa donde se realizará el procedimiento. La mesa se esteriliza con alcohol completamente, toda la superficie. Además se prenden mecheros para mantener un ambiente estéril en caso de presencia de esporas que puedan contaminar la siembra. Como se puede observar en la figura 10 se muestra la mesa esterilizada con mechero está completamente estéril listo para iniciar con el proceso de siembra.

Una vez esterilizada la mesa se procede a poner en una solución de alcohol las argollas que después servirán para dar la aireación necesaria a los sustratos.



Figura 10. Mesa estéril con mechero

En la figura 11 están las argollas en la solución siendo esterilizadas.



Figura 11. Argollas en la solución siendo esterilizadas

A continuación se procede a verificar la cepa que esté libre de mohos o contaminada, en la figura 12 se puede apreciar la cepa completamente limpia.



Figura 12. Cepa del hongo

La siguiente fase consiste en suavizar el sustrato, es decir que hayan espacios de aireación entre las partículas de cada medio de crecimiento. Esto es para evitar que el crecimiento sea localizado en ciertos puntos y que pueda el hongo colonizar completamente el sustrato, como se aprecia en la figura13.



Figura 13. Suavizar la cepa antes de inocular

Para asegurar que no exista ningún tipo de contaminación cruzada, se somete a esterilización la pinza que estará en contacto directo con la cepa y el medio como se observa en la figura 14.



Figura 14. Esterilización de pinzas

Se puede apreciar en la figura 15, la siembra de la cepa directamente en el sustrato para luego mediante agitación mezclar la cepa inoculada con el sustrato.

Para finalizar la siembra, se procede a colocar una argolla con una tapa de aluminio que permita la aireación anaerobia necesaria del medio para el proceso adecuado de crecimiento, como se muestra en la figura 16.



Figura 15. Siembra de la cepa en sustrato



Figura 16. Aplicación de sistema de aireación

### **Incubación**

Una vez culminado el proceso de siembra, se procede a la incubación de los medios. Los parámetros del ambiente en el cual se realiza la incubación son de una temperatura de 27 °C, sin presencia de luz, en la figura 17, podemos observar los medios en el proceso de incubación dentro de la



Figura 17. Incubación

## Comparación de variables de crecimiento micelial

Crecimiento de *Pleurotus djamor* con cepa en grano.

Como resultados de la primera fase de experimentación se determinó el medio óptimo para el desarrollo de *Pleurotus djamor* con cepa en grano por diferenciación de eficiencia biológica.

Como se puede apreciar en la tabla 11 se determinó la biomasa por diferencia de pesos, se buscó una diferencia entre sustratos demostrando que la biomasa con mayor peso es el que más nutrientes absorbió, en este caso tenemos al tamo de cebada como mejor resultado.

Según (Ripsnort, 2010) la eficiencia biológica es un término que se refiere al potencial de crecimiento de un hongo en varios subproductos agrícolas.

$$Eficiencia\ biol\acute{o}gica = \frac{Peso\ micelio}{Peso\ sustrato\ inicial} * 100$$

Tabla 11. Eficiencia biológica *Pleurotus djamor* en grano.

| Comparación del desarrollo de <i>Pleurotus djamor</i> cepa en grano |              |            |              |                        |
|---|--------------|------------|--------------|------------------------|
| Medio de crecimiento  | Peso inicial | Peso final | Biomasa (kg) | Eficiencia biológica % |
| Cáscara de café   | 3,68         | 2,124      | 1,556        | 42,3%                  |
| Hoja de plátano   | 3,68         | 1,811      | 1,869        | 50,8%                  |
| Tamo de cebada  | 3,68         | 1,079      | 2,601        | 70,7%                  |

El medio óptimo de crecimiento fue el tamo de cebada, la biomasa del hongo en este medio fue de 2,601 kg. En la figura 12 se puede apreciar el desarrollo micelial de *P. djamor* al culminar su desarrollo en los distintos medio.

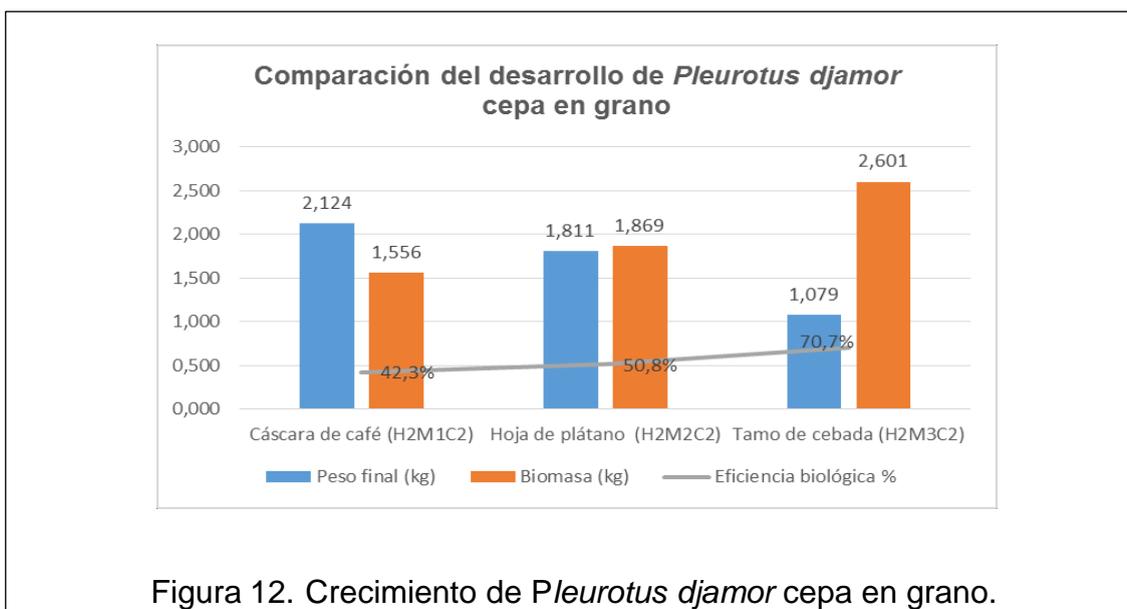


Figura 12. Crecimiento de *Pleurotus djamor* cepa en grano.

### Crecimiento de *Pleurotus djamor* con cepa en aserrín

Como resultados de la primera fase de experimentación se determinó el medio óptimo para el desarrollo de *Pleurotus djamor* con cepa en aserrín por diferenciación de biomasa entre medios como se observa en la tabla 12:

Tabla 12. Eficiencia biológica *Pleurotus djamor* en aserrín

| Peso inicial (kg) | Medio de crecimiento | Peso final (kg) | Biomasa (kg) | Eficiencia biológica |
|-------------------|----------------------|-----------------|--------------|----------------------|
| 3,68              | Cáscara de café      | 1,162           | 2,518        | 68,4%                |
| 3,68              | Hoja de plátano      | 1,106           | 2,574        | 69,9%                |
| 3,68              | Tamo de cebada       | 1,119           | 2,561        | 69,6%                |

El medio óptimo de crecimiento fue la hoja de plátano, la biomasa del hongo en este medio fue de 2,561 kg. En la figura N 13 se puede apreciar el desarrollo micelial de *P. djamor* al culminar su desarrollo en los distintos medios:

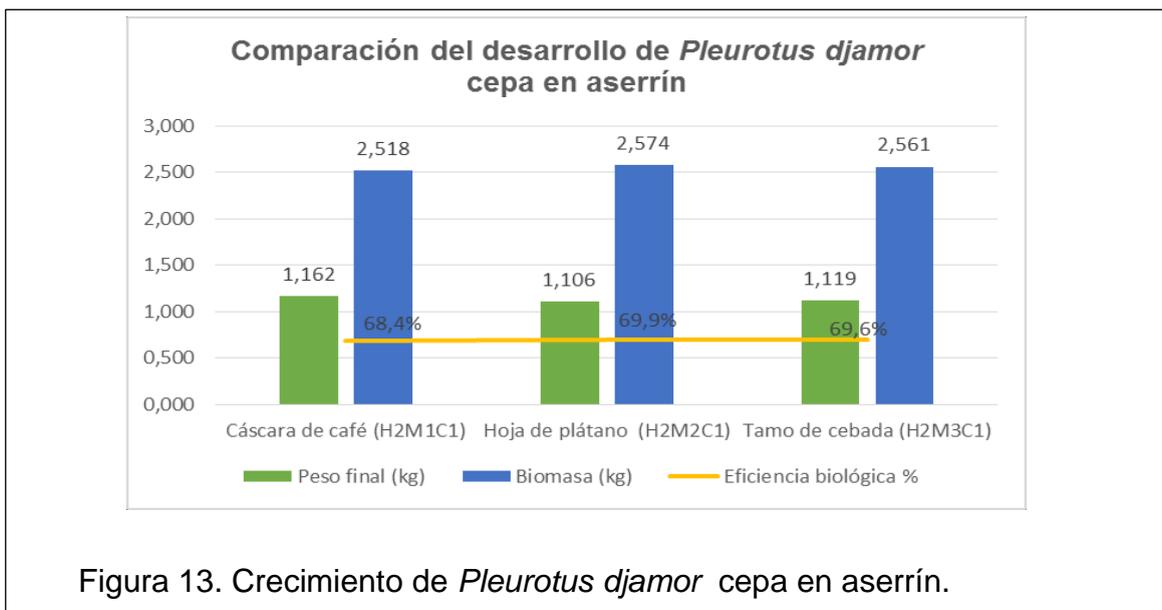


Figura 13. Crecimiento de *Pleurotus djamor* cepa en aserrín.

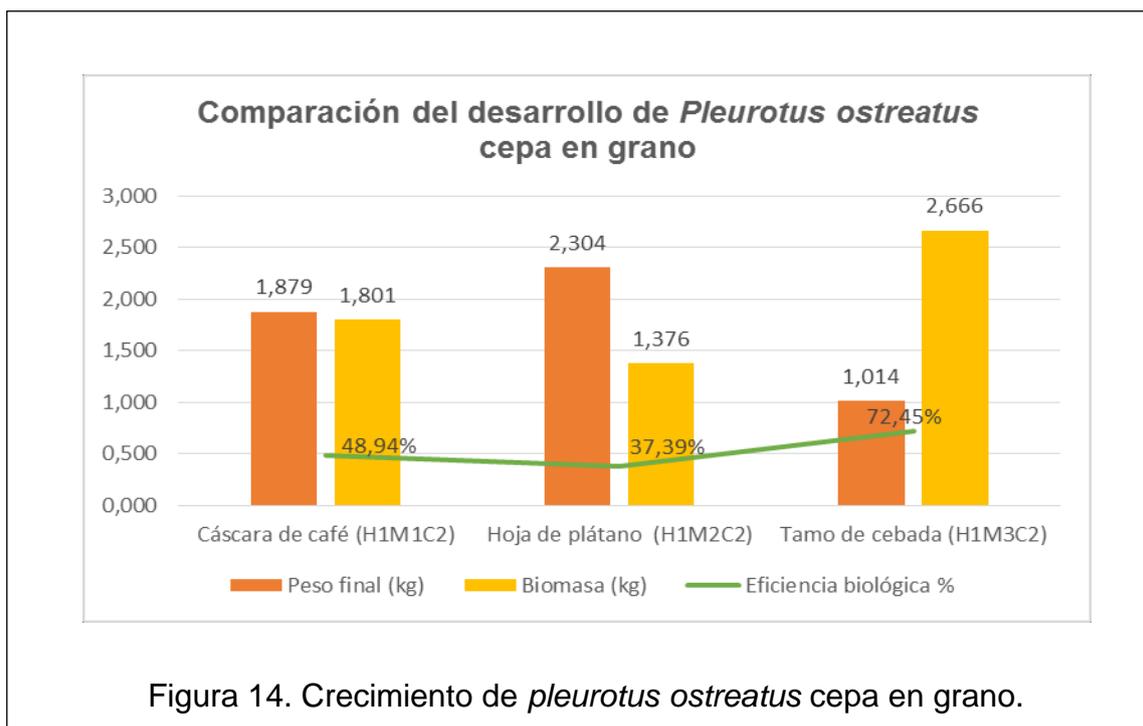
### Crecimiento de *Pleurotus ostreatus* con cepa en grano

Como resultados de la primera fase de experimentación se determinó el medio óptimo para el desarrollo de *Pleurotus ostreatus* con cepa en aserrín por diferenciación de biomasa entre medios como se observa en la tabla 13.

Tabla 13. Crecimiento de *Pleurotus ostreatus* cepa en grano.

| Peso inicial (kg) | Medio de crecimiento     | Peso final (kg) | Biomasa (kg) | Eficiencia biológica % |
|-------------------|--------------------------|-----------------|--------------|------------------------|
| 3,68              | Cáscara de café (H1M1C2) | 1,879           | 1,801        | 48,94%                 |
| 3,68              | Hoja de plátano (H1M2C2) | 2,304           | 1,376        | 37,39%                 |
| 3,68              | Tamo de cebada (H1M3C2)  | 1,014           | 2,666        | 72,45%                 |

El medio óptimo de crecimiento fue el tamo de cebada, la biomasa del hongo en este medio fue de 2,666 kg. En la figura N 14 se puede apreciar el desarrollo micelial de *P. ostreatus* al culminar su desarrollo en los distintos medios.



### Crecimiento de *Pleurotus ostreatus* con cepa en aserrín

Como resultados de la primera fase de experimentación se determinó el medio óptimo para el desarrollo de *Pleurotus ostreatus* con cepa en aserrín por diferenciación de biomasa entre medios como se observa en la tabla 14

Tabla 14. Eficiencia biológica *Pleurotus ostreatus* en aserrín.

| Comparación del desarrollo de <i>Pleurotus ostreatus</i> cepa en aserrín |                          |                 |              |                        |
|--|--------------------------|-----------------|--------------|------------------------|
| Peso inicial (kg)  | Medio de crecimiento     | Peso final (kg) | Biomasa (kg) | Eficiencia biológica % |
| 3,68   | Cáscara de café (H1M1C1) | 1,181           | 2,499        | 67,91%                 |
| 3,68   | Hoja de plátano (H1M2C1) | 2,138           | 1,542        | 41,90%                 |
| 3,68   | Tamo de cebada (H1M3C1)  | 1,067           | 2,613        | 71,01%                 |

El medio óptimo de crecimiento fue el tamo de cebada, la biomasa del hongo en este medio fue de 2,613 kg. En la figura N15 se puede

apreciar el desarrollo micelial de *P. ostreatus* al culminar su desarrollo en los distintos medios:

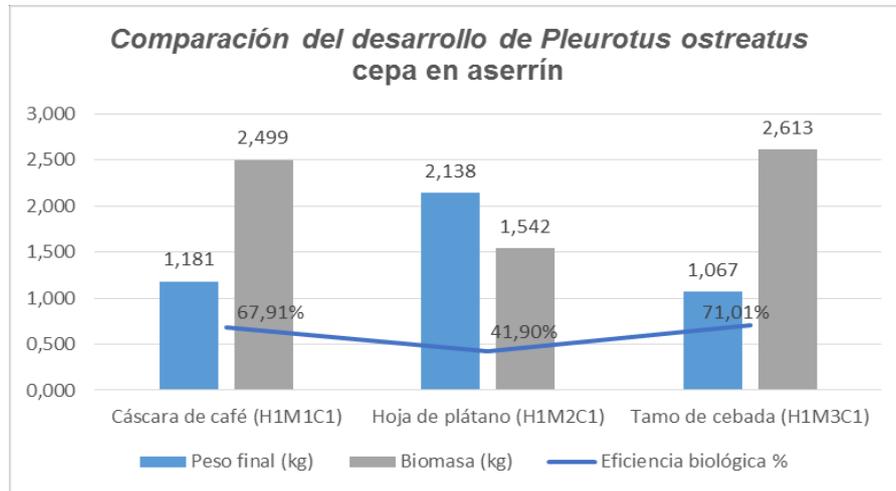


Figura 15. Crecimiento de *Pleurotus ostreatus* cepa en aserrín