

Universidad de El Salvador  
Facultad de Ciencias Agronómicas  
Escuela de Posgrado y Educación Continua



“Estrategias de adaptación en el desarrollo, rendimiento, calidad nutricional y sensorial del hongo comestible (*Pleurotus ostreatus*) y su cadena de valor en El Salvador”

Por:

Oscar Alonso Rodríguez Gracias

Requisito para optar al título de:

Maestro en Ciencias en Agricultura Sostenible

Ciudad Universitaria, agosto 2023

Universidad de El Salvador  
Facultad de Ciencias Agronómicas  
Escuela de Posgrado y Educación Continua



“Estrategias de adaptación en el desarrollo, rendimiento, calidad nutricional y sensorial del hongo comestible (*Pleurotus ostreatus*) y su cadena de valor en El Salvador”

Por:

Oscar Alonso Rodríguez Gracias

Requisito para optar al título de:

Maestro en Ciencias en Agricultura Sostenible

Ciudad Universitaria, agosto 2023

**UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR**

**RECTOR**

Lic. M. Sc. ROGER ARMANDO ARIAS ALVARADO

**SECRETARIO GENERAL**

Ing. FRANCISCO ANTONIO ALARCÓN SANDOVAL

**FACULTAD DE CIENCIAS AGRONOMICAS**

**DECANO**

Dr. FRANCISCO LARA ASCENCIO

**SECRETARIO**

Ing. BALMORE MARTÍNEZ SIERRA

**DIRECTOR DE LA ESCUELA DE POSGRADO Y EDUCACIÓN CONTINUA:**

---

Ing. M. Sc. JUAN FRANCISCO ALVARADO PANAMEÑO

**SUPERVISOR PRINCIPAL:**

---

Ing. M. Sc. EFRAÍN ANTONIO RODRÍGUEZ URRUTIA

**SUPERVISOR(ES) ASOCIADOS:**

---

Lic. M. Sc. FREDDY ALEXANDER CARRANZA ESTRADA

---

ING. M. SC. JOSÉ MIGUEL SERMEÑO CHICAS

**COORDINADOR DE LA MAESTRÍA EN CIENCIAS EN AGRICULTURA**

**SOSTENIBLE:**

---

Ing. M. Sc. MODESTO ANTONIO JUÁREZ VÁSQUEZ

## RESUMEN

La investigación se realizó de septiembre 2022 a marzo 2023 en la Estación Experimental y de Prácticas de la Facultad de Ciencias Agronómicas, de la Universidad de El Salvador, con el objetivo de evaluar diferentes estrategias de adaptación en el desarrollo, rendimiento, calidad nutricional y sensorial del hongo comestible *Pleurotus ostreatus* cepa comercial 3015 y su cadena de valor en El Salvador. Se evaluaron los sustratos de olote de maíz, tusa de maíz, rastrojo de frijol y pasto pangola con dosis de inóculo de 60 g, 70 g y 80 g. Se aplicó estadística descriptiva simple, análisis de correlación de Pearson y arreglos factoriales combinatorios, con probabilidad estadística del 5%; haciendo uso de hojas de cálculo de Microsoft Excel® e Infostat® 2020. Las dosis de inóculo de 70 g y 80 g mostraron el mejor periodo de invasión con una media de 18 días. El rastrojo de frijol presentó los mejores resultados con un periodo de invasión de 17 días, un promedio de 45 primordios, 30 racimos o carpóforos, peso fresco de carpóforos de 559.44 g, mejor eficiencia biológica con 121.87% y una tasa de producción de 2.86%. En los carpóforos el tratamiento T9 (rastrojo de frijol + 80 g de inóculo) presentó el mayor contenido de proteína cruda base seca con 37.54 g/100 g, fósforo 7,444.66 mg/100 g, calcio 102.19 mg/100 g, y magnesio con 1,322.52 mg/100 g. En el análisis sensorial de la crema del hongo el tratamiento T8 (salmuera con dos meses de almacenamiento) presentó la mayor puntuación y aceptabilidad del panel de catadores en olor, color, sabor y consistencia (textura). En relación al sondeo de mercado del hongo ostra, en El Salvador existe demanda de hongos comestibles como champiñón común, portobello y pleurotus; pero solo dos empresas se dedican a la producción y comercialización, Z'ETAS comercializa hongos frescos y deshidratados, y la empresa TUTALYU comercializa el hongo ostra a un precio promedio de 6.00 USD/libra. Los eslabones que representan la comercialización del hongo pleurotus en El Salvador está representada por el productor, importador o distribuidor, y los supermercados.

**Palabras claves:** Hongo ostra, cepa comercial, análisis nutricional, análisis sensorial, sondeo de mercado.

## ABSTRACT

The research was carried out from September 2022 to March 2023 at the Experimental and Practice Station of the Faculty of Agronomic Sciences, of the University of El Salvador, with the objective of evaluating different adaptation strategies in development, yield, nutritional and sensory quality. of the edible mushroom *Pleurotus ostreatus* commercial strain 3015, and its value chain in El Salvador. The corn cob, corn cob, bean stubble and pangola grass substrates were evaluated with inoculum doses of 60 g, 70 g and 80 g. Simple descriptive statistics, Pearson correlation analysis and combinatorial factorial arrangements were applied, with a statistical probability of 5%; using spreadsheets from Microsoft Excel® and Infostat® 2020. The inoculum doses of 70 g and 80 g showed the best invasion period with a mean of 18 days. The bean stubble presented the best results with an invasion period of 17 days, an average of 45 primordia, 30 clusters or carpophores, fresh weight of carpophores of 559.44 g, better biological efficiency with 121.87% and a production rate of 2.86%. . In the carpophores, the T9 treatment (bean stubble + 80 g of inoculum) presented the highest content of crude dry base protein with 37.54 g/100 g, phosphorus 7,444.66 mg/100 g, calcium 102.19 mg/100 g, and magnesium with 1,322.52 mg/100g. In the sensory analysis of the cream of the fungus, the T8 treatment (brine with two months of storage) presented the highest score and acceptability of the panel of tasters in smell, color, flavor and consistency (texture). In relation to the oyster mushroom market survey, in El Salvador there is a demand for edible mushrooms such as common mushroom, portobello and pleurotus; but only two companies are dedicated to the production and marketing, Z'ETAS markets fresh and dehydrated mushrooms, and the company TUTALYU markets oyster mushrooms at an average price of USD 6.00/pound. The links that represent the commercialization of the pleurotus mushroom in El Salvador are represented by the producer, importer or distributor, and the supermarkets.

**Keywords:** Oyster mushroom, commercial strain, nutritional analysis, sensory analysis, market survey.

## **Agradecimientos**

A Dios por su fidelidad, sabiduría y salud en esta etapa de formación académica.

A mi esposa Yesenia Esmeralda Rodríguez de Rodríguez y a mi hijo Samuel Enoc Rodríguez Rodríguez, por su apoyo y ser mi inspiración durante todo el proceso de la maestría.

A mis asesores de tesis Ing. M. Sc. Efraín Antonio Rodríguez Urrutia, Lic. M. Sc. Freddy Alexander Carranza Estrada, Ing. M. Sc. José Miguel Sermeño Chicas, por el apoyo técnico y administrativo durante todo el proceso de investigación.

A la Facultad de Ciencias Agronómicas y a la Universidad de El Salvador, por financiar mi formación en la Maestría en Ciencias en Agricultura Sostenible.

Al Departamento de Fitotecnia, por el apoyo durante todo el proceso de investigación: Sra. Roxana Guadalupe Gutiérrez de Salazar, Ing. M. Sc. Fidel Ángel Parada Berríos, Ing. Héctor Manuel Parada Flores, Ing. Keny Zenaida Orellana Martínez, Ing. Elías Antonio Vásquez Osegueda, Lic. Santos Wilmar Morales Arévalo.

A la Secretaría de Investigaciones Científicas de la Universidad de El Salvador, por el apoyo financiero para llevar a cabo esta investigación.

A la Estación Experimental y de Prácticas de la Facultad de Ciencias Agronómicas, por facilitar el espacio y apoyar con personal en la construcción del módulo de producción del hongo *Pleurotus ostreatus*.

Al Banco de Desarrollo de El Salvador (BANDESAL), por el apoyo financiero con el análisis de laboratorio para llevar a cabo esta investigación.

Al Ing. M. Sc. Juan Milton Flores Tensos, Lic. Guillermo Jacob Pineda Magaña y al Ing. Wilmer Vladimir López Avilés, por el apoyo en cada uno de los procesos realizados en el laboratorio de Química Agrícola de la Facultad de Ciencias Agronómicas.

A la Escuela de Posgrado y Educación Continua de la Facultad de Ciencias Agronómicas de la Universidad de El Salvador, por la formación técnica y apoyo administrativo durante todo el proceso de la maestría.

A los ingenieros, estudiantes de horas sociales y emprendedoras, por su apoyo en el montaje de la investigación y análisis sensorial del hongo *Pleurotus ostreatus*: Ing. Juan de Dios Chávez Santamaría, Br. Yesenia Guadalupe Urbina, Br. Gabriela de los Ángeles Cornejo Barahona, Br. Nancy Xiomara Urbina Canales, Lic. Claudia Verónica Sibrián Quinteros, Sra. Marta Rosa Ortiz viuda de Turcios, Sra. Sonia Luz Gutiérrez Figueroa, Br. Fredy Noe Ortiz Mejía.

Al Sr. Maximiliano Alberto Magaña Díaz de la empresa ZETAS y Gustavo Adolfo Pérez León de la empresa TUTALYU de El Salvador, por su apoyo en el sondeo de mercado del hongo *Pleurotus ostreatus*.

**Oscar Alonso Rodríguez Gracias**

## **Dedicatoria**

A Dios, por su fidelidad, sabiduría y salud en esta etapa de formación académica.

A mi esposa Yesenia Esmeralda Rodríguez de Rodríguez y a mi hijo Samuel Enoc Rodríguez Rodríguez, por su apoyo y ser mi inspiración durante todo el proceso de la maestría, y en todas las etapas de mi vida, los amo con todo mi corazón.

A mis asesores de tesis Ing. M. Sc. Efraín Antonio Rodríguez Urrutia, Lic. M. Sc. Freddy Alexander Carranza Estrada, Ing. M. Sc. José Miguel Sermeño Chicas, por el apoyo técnico y administrativo durante todo el proceso de investigación.

A la Facultad de Ciencias Agronómicas y a la Universidad de El Salvador, por financiar mi formación en la Maestría en Ciencias en Agricultura Sostenible.

A las emprendedoras Lic. Claudia Verónica Sibrián Quinteros, Sra. Marta Rosa Ortiz viuda de Turcios, Sra. Sonia Luz Gutiérrez Figueroa, por su amistad y apoyo en esta investigación.

**Oscar Alonso Rodríguez Gracias**

## ÍNDICE

Contenido	Página
RESUMEN .....	iv
Agradecimientos .....	vi
Dedicatoria.....	viii
1. INTRODUCCIÓN .....	ix
2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA .....	2
3. OBJETIVOS .....	4
3.1. Objetivo General .....	4
3.2. Objetivos Específicos.....	4
4. HIPÓTESIS.....	4
5. MARCO TEÓRICO CONCEPTUAL .....	5
5.1. Objetivos de Desarrollo Sostenible .....	5
5.2. Agricultura Sostenible .....	5
5.3. Aspectos generales de los hongos comestibles .....	5
5.4. Producción mundial de hongos comestibles .....	6
5.5. Partes del hongo y de una seta .....	7
5.6. Los basidiomicetos.....	8
5.7. Hongo <i>Pleurotus ostreatus</i> .....	8
5.7.1. Clasificación taxonómica del hongo <i>Pleurotus ostreatus</i> .....	10
5.7.2. Características fisiológicas y morfológicas de <i>Pleurotus ostreatus</i> .....	10
5.7.3. Ciclo reproductivo de <i>Pleurotus ostreatus</i> .....	12
5.7.4. Dosis o cantidad de inóculo .....	13
5.7.5. Parámetros de calidad del hongo .....	14
5.7.6. Manejo poscosecha del hongo .....	15
5.8. Sustratos agrícolas para la producción del hongo ostra .....	15
5.9. Indicadores de producción del hongo <i>Pleurotus ostreatus</i> .....	16
5.10. Análisis bromatológico proximal de alimentos .....	17
5.11. Evaluación sensorial .....	17
5.11. Vida de anaquel.....	18
5.12. Comercialización del hongo <i>Pleurotus ostreatus</i> .....	19
6. METODOLOGÍA .....	20
6.1. Ubicación de la investigación .....	20

6.2.	Metodología de campo.....	20
6.2.1.	Producción del hongo .....	20
6.2.2.	Métodos de conservación del hongo <i>Pleurotus ostreatus</i> .....	26
6.2.3.	Formulación de la crema del hongo <i>Pleurotus ostreatus</i> .....	29
6.2.4.	Evaluación sensorial de la crema del hongo <i>Pleurotus ostreatus</i> .....	30
6.2.5.	Sondeo de mercado.....	32
6.3.	Metodología estadística .....	34
6.3.1.	Diseño experimental.....	34
6.3.2.	Modelo estadístico .....	34
6.3.3.	Tratamientos .....	36
7.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....	38
7.1.	Invasión micelial.....	38
7.2.	Periodo de invasión.....	40
7.3.	Periodo de formación de primordios.....	42
7.4.	Número de primordios .....	44
7.5.	Número de racimos o carpóforos.....	47
7.6.	Peso fresco de racimos o carpóforos.....	50
7.7.	Diámetro promedio de estípites.....	52
7.8.	Longitud promedio del estípites .....	54
7.9.	Diámetro promedio del sombrero .....	55
7.10.	Periodo de cosecha.....	58
7.11.	Eficiencia biológica .....	59
7.12.	Ciclo del cultivo .....	62
7.13.	Tasa de producción del hongo .....	64
7.14.	Análisis nutricional de los sustratos antes de la inoculación .....	66
7.15.	Análisis nutricional de los sustratos al finalizar el ciclo de producción .....	67
7.16.	Análisis bromatológico base seca de los carpóforos del hongo.....	68
7.16.1.	Humedad.....	68
7.16.2.	Materia seca.....	69
7.16.3.	Ceniza .....	69
7.16.4.	Proteína cruda.....	70
7.16.5.	Extracto etéreo.....	70
7.16.6.	Fibra cruda.....	71
7.16.7.	Carbohidratos.....	71
7.17.	Contenido de minerales base seca de los carpóforos del hongo .....	73

7.17.1.	Fósforo.....	73
7.17.2.	Calcio.....	74
7.17.3.	Sodio.....	74
7.17.4.	Hierro.....	75
7.17.5.	Potasio.....	76
7.17.6.	Zinc.....	76
7.17.7.	Magnesio.....	77
7.18.	Evaluación sensorial de una crema del hongo <i>Pleurotus ostreatus</i> con diferentes tiempos de almacenamiento según métodos de conservación.....	78
7.18.1.	pH.....	78
7.18.2.	Grados Brix.....	79
7.18.3.	Olor.....	80
7.18.4.	Color.....	81
7.18.5.	Sabor.....	82
7.18.6.	Consistencia (textura).....	83
7.19.	Sondeo de mercado del hongo <i>Pleurotus ostreatus</i> .....	85
7.19.1.	Tiempo que tienen de producir y comercializar hongos comestibles.....	85
7.19.2.	Especies de hongos comestibles que comercializan y su precio de venta.....	85
7.19.3.	Principales clientes y especies de hongos de mayor demanda.....	85
7.19.4.	Cadena de distribución del hongo <i>Pleurotus ostreatus</i> .....	85
8.	CONCLUSIONES.....	87
9.	RECOMENDACIONES.....	88
10.	BIBLIOGRAFÍA.....	90
11.	ANEXOS.....	95

## ÍNDICE DE CUADROS

<b>Contenido</b>	<b>Página</b>
Cuadro 1. Clasificación del hongo <i>Pleurotus ostreatus</i> .....	10
Cuadro 2. Duración media de un ciclo de cultivo de <i>Pleurotus ostreatus</i> . .....	13
Cuadro 3. Escala hedónica para el análisis sensorial de una crema del hongo <i>Pleurotus ostreatus</i> .....	31
Cuadro 4. Atributos sensoriales evaluados en la crema del hongo <i>Pleurotus ostreatus</i> .....	31
Cuadro 5. Tratamientos evaluados en la producción del hongo <i>Pleurotus ostreatus</i> .....	36
Cuadro 6. Tratamientos evaluados en el análisis sensorial de la crema del hongo. ....	37
Cuadro 7. Medidas resumen de la dosis de inóculo en invasión micelial del hongo .....	38
Cuadro 8. Medidas resumen de los sustratos agrícolas en la invasión micelial del hongo .....	39

Cuadro 9. Medidas resumen del efecto de diferentes dosis de inóculo en el periodo de invasión del hongo .....	40
Cuadro 10. Medidas resumen del efecto de diferentes sustratos agrícolas en el periodo de invasión del hongo .....	41
Cuadro 11. Medidas resumen del efecto de diferentes dosis de inóculo en el periodo de formación de primordios del hongo.....	43
Cuadro 12. Medidas resumen del efecto de diferentes sustratos en el periodo de formación de primordios del hongo.....	43
Cuadro 13. Medidas resumen del efecto de diferentes dosis de inóculo en el número de primordios del hongo.....	45
Cuadro 14. Medidas resumen del efecto de diferentes sustratos en el número de primordios del hongo comestible.....	45
Cuadro 15. Medidas resumen del efecto de diferentes dosis de inóculo en el número de racimos del hongo.....	47
Cuadro 16. Medidas resumen del efecto de diferentes sustratos en el número de racimos.....	48
Cuadro 17. Medidas resumen de diferentes dosis de inóculo en el peso fresco de carpóforos del hongo .....	50
Cuadro 18. Medidas resumen de diferentes sustratos agrícolas en el peso fresco de carpóforos del hongo .....	50
Cuadro 19. Medidas resumen de diferentes dosis de inóculo en el diámetro promedio del estípite del hongo.....	52
Cuadro 20. Medidas resumen de diferentes sustratos agrícolas en el diámetro del estípite del hongo comestible.....	53
Cuadro 21. Medidas resumen de diferentes dosis de inóculo en la longitud promedio del estípite del hongo.....	54
Cuadro 22. Medidas resumen del efecto de sustratos agrícolas en la longitud promedio del estípite del hongo.....	54
Cuadro 23. Medidas resumen del efecto de diferentes dosis de inóculo en el diámetro promedio del sombrero del hongo .....	56
Cuadro 24. Medidas resumen del efecto de sustratos agrícolas en el diámetro promedio del sombrero del hongo .....	56

Cuadro 25. Medidas resumen del efecto de diferentes dosis de inóculo en el periodo de cosecha del hongo.....	58
Cuadro 26. Medidas resumen del efecto de diferentes sustratos en el periodo de cosecha del hongo comestible. ....	58
Cuadro 27. Medidas resumen de dosis de inóculo en la eficiencia biológica del hongo .....	60
Cuadro 28. Medidas resumen de diferentes sustratos en la eficiencia biológica del hongo.....	60
Cuadro 29. Medidas resumen del efecto de dosis de inóculo en el ciclo del cultivo. ....	62
Cuadro 30. Medidas resumen de sustratos agrícolas en el ciclo del cultivo del hongo.....	63
Cuadro 31. Medidas resumen de dosis de inóculo en la tasa de producción del hongo .....	65
Cuadro 32. Medidas resumen de sustratos en la tasa de producción del hongo .....	65
Cuadro 33. Análisis nutricional de los sustratos antes de la inoculación del hongo. ....	67
Cuadro 34. Análisis nutricional de los sustratos al finalizar el ciclo de producción .....	68
Cuadro 35. Análisis bromatológico de los carpóforos del hongo <i>Pleurotus ostreatus</i> . ....	72
Cuadro 36. Contenido de minerales de los carpóforos del hongo <i>Pleurotus ostreatus</i> . ....	78

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Contenido</b>	<b>Página</b>
Figura 1. Producción de setas <i>Pleurotus</i> spp. en países iberoamericanos. ....	7
Figura 2. Estructura interna del carpóforo de un basidiomiceto.....	8
Figura 3. Basidias y basidiosporas. ....	8
Figura 4. Morfología de <i>Pleurotus ostreatus</i> .....	12
Figura 5. Ciclo reproductivo de <i>Pleurotus ostreatus</i> .....	13
Figura 6. Cadena de distribución de hongos comestibles en El Salvador. ....	19
Figura 7. Ubicación de la Estación Experimental y de Prácticas. ....	20
Figura 8. Sustratos agrícolas. A: tusa de maíz, olote de maíz y rastrojo de frijol; B: pasto pangola .....	21
Figura 9. Compra de cepa de inóculo comercial 3015 a empresa Hongos del Campo. ....	21
Figura 10. Limpieza y nivelado del terreno para construcción del módulo de producción del hongo ostra. ....	22
Figura 11. Construcción del módulo para producción del hongo ostra. ....	22
Figura 12. Pasteurización de los sustratos agrícolas en cal hidratada. ....	23

Figura 13. Inoculación o siembra del hongo ostra.....	24
Figura 14. Incubación o colonización de los sustratos agrícolas .....	24
Figura 15. Fructificación y cosecha del hongo ostra .....	25
Figura 16. Fructificación del hongo ostra según los sustratos agrícolas .....	25
Figura 17. Registro de variables del hongo ostra a nivel de campo. ....	26
Figura 18. Limpieza y pesaje de carpóforos del hongo ostra .....	27
Figura 19. Selección de los carpóforos del hongo ostra. ....	27
Figura 20. Pesaje y empaclado .....	28
Figura 21. A: refrigeración de los carpóforos del hongo ostra.....	28
Figura 22. A: congelación de carpóforos del hongo ostra.....	29
Figura 23. Carpóforos del hongo ostra en salmuera durante.....	29
Figura 24. Escaldado de carpóforos .....	30
Figura 25. Registro de variables del análisis sensorial de la crema del hongo ostra.....	32
Figura 26. Análisis sensorial de la crema del hongo ostra. ....	32
Figura 27. Sondeo de mercado en la empresa Z'ETAS. ....	33
Figura 28. Sondeo de mercado en la empresa Tutalyu.....	33
Figura 29. Sondeo de mercado en los super mercados Walmart y Super Selectos. ....	33
Figura 30. Arreglo espacial de los tratamientos que se evaluaron en la investigación. ....	37
Figura 31. Efecto de la interacción de los sustratos agrícolas y las dosis de inóculo en la invasión micelial.....	40
Figura 32. Efecto de los sustratos y dosis de inóculo en el periodo de invasión.....	42
Figura 33. Efecto de la combinación de sustratos agrícolas y dosis de inóculo en la formación de primordios .....	44
Figura 34. Efecto de la combinación de sustratos y dosis de inóculo en el número de primordios.....	46
Figura 35. Efecto los sustratos y dosis de inóculo en el número de racimos .....	49
Figura 36. Efecto de la combinación de sustratos agrícolas y dosis de inóculo en el peso fresco de carpóforos .....	51
Figura 37. Efecto de la combinación de sustratos agrícolas y dosis de inóculo en el diámetro promedio del estípite .....	53
Figura 38. Efecto de sustratos agrícolas y dosis de inóculo en la longitud del estípite.....	55

Figura 39. Efecto de la combinación de sustratos agrícolas y dosis de inóculo en el diámetro promedio del sombrero .....	57
Figura 40. Efecto de los sustratos y dosis de inóculo en el periodo de cosecha.....	59
Figura 41. Efecto de la combinación de sustratos agrícolas y dosis de inóculo en la eficiencia biológica .....	61
Figura 42. Efecto de la combinación de sustratos y dosis de inóculo en el ciclo de cultivo .....	64
Figura 43. Efecto de la combinación de sustratos y dosis de inóculo en la tasa de producción.....	66
Figura 44. Combinación de sustratos y dosis de inóculo en la humedad .....	68
Figura 45. Combinación de sustratos y dosis de inóculo en el contenido de materia seca .....	69
Figura 46. Combinación de sustratos y dosis de inóculo en el contenido de ceniza .....	69
Figura 47. Combinación de sustratos y dosis de inóculo en el contenido de proteína cruda .....	70
Figura 48. Combinación de sustratos y dosis de inóculo en el contenido de extracto etéreo.....	71
Figura 49. Combinación de sustratos y dosis de inóculo en el contenido de fibra cruda.....	71
Figura 50. Combinación de sustratos y dosis de inóculo en el contenido de carbohidratos .....	72
Figura 51. Combinación de sustratos y dosis de inóculo en el contenido de fósforo.....	74
Figura 52. Combinación de sustratos y dosis de inóculo en el contenido de calcio.....	74
Figura 53. Combinación de sustratos y dosis de inóculo en el contenido de sodio.....	75
Figura 54. Combinación de sustratos y dosis de inóculo en el contenido de hierro del hongo.....	75
Figura 55. Combinación de sustratos y dosis de inóculo en el contenido de potasio.....	76
Figura 56. Combinación de sustratos y dosis de inóculo en el contenido de zinc.....	77
Figura 57. Combinación de sustratos y dosis de inóculo en el contenido de magnesio .....	77
Figura 58. Efecto de la combinación de tiempos de almacenamiento y métodos de conservación en el pH.....	79
Figura 59. Efecto de la combinación de diferentes tiempos de almacenamiento y métodos de conservación en el contenido de grados brix .....	80
Figura 60. Efecto de la combinación de diferentes tiempos de almacenamiento y métodos de conservación en el olor .....	81
Figura 61. Efecto de la combinación de diferentes tiempos de almacenamiento y métodos de conservación en el color .....	82
Figura 62. Efecto de la combinación de diferentes tiempos de almacenamiento y métodos de conservación en el sabor.....	83

Figura 63. Efecto de la combinación de diferentes tiempos de almacenamiento y métodos de conservación en la consistencia .....	84
Figura 64. Cadena de distribución del hongo <i>Pleurotus ostreatus</i> en El Salvador. ....	86

## ÍNDICE DE ANEXOS

<b>Contenido</b>	<b>Página</b>
Anexo 1. Composición química de algunos hongos comestibles cultivados .....	95
Anexo 2. Partes del hongo y de una seta. ....	95
Anexo 3. Etapas de producción de hongos comestibles. ....	96
Anexo 4. Porcentaje de proteína de los sustratos y los carpóforos de <i>Pleurotus ostreatus</i> .....	96
Anexo 5. Composición bromatológica del carpóforo de <i>Pleurotus ostreatus</i> .....	97
Anexo 6. Composición química y eficiencia biológica de sustratos .....	97
Anexo 7. Composición en porcentaje de los componentes de lignocelulosa en diferentes materiales residuales. ....	98
Anexo 8. Análisis de varianza de las variables evaluadas en el desarrollo y producción del hongo ostra ( <i>Pleurotus ostreatus</i> ).....	98
Anexo 9. Análisis de correlación de Pearson del desarrollo y rendimiento del hongo <i>Pleurotus ostreatus</i> .....	99
Anexo 10. Análisis de varianza del análisis sensorial y aceptabilidad de la crema del hongo <i>Pleurotus ostreatus</i> con diferentes tiempos de almacenamiento según métodos de conservación. ....	100
Anexo 11. Instrumento utilizado en el estudio sensorial del hongo <i>Pleurotus ostreatus</i> .....	102
Anexo 12. Instrumento utilizado en el sondeo de mercado del hongo <i>Pleurotus ostreatus</i> en supermercados. ....	103
Anexo 13. Instrumento utilizado en el sondeo de mercado del hongo <i>Pleurotus ostreatus</i> con productores. ....	104
Anexo 14. Resultados del análisis nutricional de los sustratos antes de la inoculación y después de la cosecha de los carpóforos.....	105
Anexo 15. Resultados del análisis nutricional de carpóforos del hongo <i>Pleurotus ostreatus</i> . ....	107

## 1. INTRODUCCIÓN

De acuerdo con Cueva *et al.* (2014:55), “*Pleurotus ostreatus* es un hongo comestible conocido como hongo ostra, orellanas, o gírgolas, que aprovecha residuos orgánicos ricos en celulosa y lignina, siendo estos de origen agrícola, forestal, industrial, entre otros. Se desarrolla en zonas geográficas con temperaturas que oscilan entre 22° C y 30° C, humedad relativa entre 70% y 80%; siendo una tecnología con excelente adaptabilidad, buena bioconversión ambiental al no requerir de grandes extensiones para su cultivo y bajos costos de producción”.

El hongo pleurotus es importante para la alimentación humana al poseer excelente contenido de nutrientes y ser bajo en grasa, con un promedio de proteína cruda de 29.71 g/100 g, estrato etéreo de 2.64 g/100 g, y carbohidratos de 44.57 g/100 g; además es rico en minerales como fósforo y potasio, entre otros. Posee diversos usos culinarios con excelentes atributos organolépticos (color, olor, sabor y textura), siendo la materia prima de diversos platillos como crema de hongos, hongos al ajillo, setas empanizadas, ceviche de hongos, entre otros.

En El Salvador el cultivo del hongo pleurotus se puede realizar aprovechando los residuos de la actividad agrícola como olote de maíz, tusa de maíz, caña de sorgo, rastrojo de frijol, entre otros, permitiendo incidir sistemáticamente en la mejora de la Seguridad Alimentaria y Nutricional (SAN), la igualdad entre los géneros empoderando a los/as jóvenes y mujeres; favoreciendo el emprendimiento de la familia rural, y la reducción de la migración en el ámbito nacional.

Por lo anterior, el objetivo de la investigación consistió en evaluar diferentes estrategias de adaptación en el desarrollo, rendimiento, calidad nutricional y sensorial del hongo comestible *Pleurotus ostreatus* cepa comercial 3015 y su cadena de valor en El Salvador

## 2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

FAO (2021), menciona que, “según el panorama regional de seguridad alimentaria y nutricional 2021, el hambre en América Latina y el Caribe se encuentra en su punto más alto desde el año 2000, luego de un aumento del 30 por ciento en el número de personas que padecen hambre entre 2019 y 2020. En tan solo un año, y en el contexto de la pandemia COVID-19, el número de personas que viven con hambre aumentó en 13,8 millones, alcanzando un total de 59,7 millones de personas. Cuatro de cada diez personas en la región ; 267 millones experimentaron inseguridad alimentaria moderada o severa en 2020, 60 millones más que en 2019, un aumento de 9 puntos porcentuales, el más pronunciado en relación con otras regiones del mundo”.

Según la ONU (2019:19), en El Salvador, “812 mil personas (162 mil hogares) se encuentran en condición de inseguridad alimentaria. Los datos de la Estrategia Nacional de Seguridad Alimentaria y Nutricional (ENSAN) 2019 y 2020, permiten contrastar que se ha dado un aumento de 182 mil personas y 34 mil familias en esa condición”.

Ante la realidad anteriormente mencionada es urgente investigar diferentes alternativas tecnológicas que garanticen el alimento de la población, entre estas tecnologías está el cultivo de hongos comestibles que es de fácil manejo, se cultivan en pequeñas áreas y sobre todo amigable con el medio ambiente.

“En El Salvador, a finales de la década de los 80 se inició un proyecto de producción de hongos del género *Pleurotus*, el cual alcanzó la producción de adecuadas cantidades de producto, sin embargo, cerró operaciones sin antes obtener la sistematización de resultados y evaluación financiera que diera mayor información al respecto” (Calderón y Calles 2006:15).

“Entre 1990 y 1996 el Centro Nacional de Tecnología Agropecuaria y Forestal (CENTA) estableció un proyecto de investigación y cultivo de *Pleurotus ostreatus* con el objetivo de buscar alternativas de solución a los problemas alimenticios, determinar los

requerimientos mínimos para establecer cultivos de hongos en el país y contribuir a la diversificación agrícola; sin embargo, el proyecto fue abandonado y reducido a la producción de inóculo a nivel de laboratorio” (Calderón y Calles 2006:15).

Actualmente en El Salvador el cultivo de hongos comestibles es limitado, siendo cultivado de manera oficial por los señores Gustavo Pérez y Camilo Melara, dos profesionales emprendedores y productores de hongos a través de su empresa Tutalyu, ubicada en los Planes de Renderos, municipio de Panchimalco, San Salvador, quienes se dedican a la siembra y comercialización del hongo ostra, para ello adquieren la semilla en el laboratorio de Parasitología Vegetal del CENTA. El mismo comportamiento ocurre con el consumo de hongos en El Salvador, siendo considerado un alimento Gourmet que solamente es consumido por un reducido grupo de la población.

El problema del reducido cultivo y consumo del hongo *Pleurotus* en El Salvador se atribuye a una serie de causas, siendo las principales: falta de investigaciones que sistematicen resultados concretos de los mejores residuos agrícolas según su relación carbono-nitrógeno y dosis de inóculo para su producción; desconocimiento de la rentabilidad del hongo *Pleurotus ostreatus*, su costo en el mercado y al poco conocimiento sobre sus propiedades nutritivas, saludables y forma de preparación; y a la falta de estudios de la cadena de valor del hongo, entre otras.

### 3. OBJETIVOS

#### 3.1. Objetivo General

Evaluar diferentes estrategias de adaptación en el desarrollo, rendimiento, calidad nutricional y sensorial del hongo comestible *Pleurotus ostreatus* cepa comercial 3015 y su cadena de valor en El Salvador.

#### 3.2. Objetivos Específicos

- Comparar el desarrollo y rendimiento del hongo *Pleurotus ostreatus* al cultivarse en diferentes residuos agrícolas y dosis de inóculo.
- Determinar la calidad nutricional, evaluación sensorial y aceptabilidad del hongo comestible con diferentes tiempos de almacenamiento según métodos de conservación.
- Realizar sondeos de mercado del hongo comestible en los principales supermercados y empresas que lo comercializan en El Salvador.

### 4. HIPÓTESIS

Los residuos agrícolas y las dosis de inóculo del hongo comestible *Pleurotus ostreatus* presentarán diferencias estadísticas significativas en el desarrollo, rendimiento, calidad nutricional y sensorial de los carpóforos de la cepa comercial 3015.

En relación a la hipótesis anterior, Garzón y Cuervo (2008:126), “evaluaron el efecto de cuatro residuos sólidos de diferente procedencia usados como sustratos. Éstos fueron bagazo de caña de azúcar, tallo de maíz, aserrín y sobras de café de consumo humano. El rendimiento de los sustratos que tuvieron café tanto individualmente como en las mezclas varió entre 265 g a 409 g y fueron significativamente más altos ( $p < 0.05$ ) que los sustratos que no lo tenían en los cuales varió entre 1.5 g y 154 g”.

## **5. MARCO TEÓRICO CONCEPTUAL**

### **5.1. Objetivos de Desarrollo Sostenible**

“Los Objetivos de Desarrollo Sostenible, también conocidos como Objetivos Mundiales, fueron adoptados por todos los estados miembros en 2015 como un llamado universal para acabar con la pobreza, proteger el planeta y garantizar que todas las personas disfruten de paz y prosperidad para 2030” (PNUD 2023).

Con este proyecto de investigación se espera contribuir al cumplimiento de los siguientes Objetivos de Desarrollo Sostenible: Objetivo 2, Hambre cero y Objetivo 5, Igualdad de género.

### **5.2. Agricultura Sostenible**

“Se entiende como aquello que, a lo largo del tiempo, conduce o contribuye a mejorar la calidad del medio ambiente y de los recursos naturales asociados a la agricultura, satisfaciendo las necesidades humanas básicas de fibra y nutrición, manteniendo la sostenibilidad económica y mejorando la calidad de vida de los productores y la sociedad” (TEC 2023).

### **5.3. Aspectos generales de los hongos comestibles**

De acuerdo con Ardón (2007:7), “la micología es la ciencia que estudia los hongos. El término hongo se deriva del latín “fungus” que significa seta y del griego “sphongos” que significa esponja. Se ha demostrado que los hongos son el grupo de organismos más numeroso en la Tierra después de los insectos”.

“Los hongos son clasificados en el reino Fungí. La parte del hongo que se ve es solamente el “fruto” del organismo. La parte viviente del hongo es un micelio constituido por un tejido de filamentos delgados llamados hifas. El micelio está oculto debajo del suelo, en madera o en otras fuentes de alimento. Estos tejidos crecen hasta que aparecen los cuerpos fructíferos” (Kobold, citado por Ardón 2007:7).

De acuerdo con Ardón (2007:5), “el cultivo de hongos comestibles es un sistema de bioconversión ecológica, pues lo que a las personas les es poco útil y que desechan como

las pajas, bagazos, cascarillas y pulpas, los hongos lo transforman en alimento proteínico y en mercancía para venta. Además, una vez que se obtuvo el producto comestible, del sustrato residual se puede obtener abono orgánico mediante procesos de composteo y vermicompost para la producción de plantas y hortalizas; dado el efecto directo en la conservación y mejora de la calidad de los suelos. Esta alternativa de producción ha sido explotada con éxito desde hace mucho tiempo en otros países, principalmente en Asia, donde se ha desarrollado toda una tecnología para la producción y conservación de los hongos comestibles como el champiñón, el hongo ostra y el Shiitake”.

#### **5.4. Producción mundial de hongos comestibles**

Según Sánchez y Royse (2017:19), “los hongos silvestres, los cultivados comestibles y medicinales son los tres mayores componentes de la industria mundial de los macromicetos. En 2013, la industria fue valuada en 63,000 millones de dólares estadounidenses. Los hongos comestibles cultivados aportaron 54%, es decir, aproximadamente 34,000 millones; los medicinales contribuyeron con 38%, 24,000 millones, mientras que los silvestres contabilizaron 5,000 millones de dólares, 8% del total. Cinco géneros comprenden cerca del 85% de la oferta mundial de hongos: *Lentinula edodes* (shiitake) es ahora el más ampliamente cultivado con 22% de la producción mundial en 2013; le siguen muy de cerca *Pleurotus* spp. y *Auricularia* spp., que cuentan con 19% y 18%, respectivamente; *Agaricus bisporus* ocupa el cuarto lugar en términos de producción mundial con 15% del total. Esta situación demuestra que un cambio sustancial ha ocurrido en cuanto a los géneros que constituyen la oferta mundial de hongos comestibles, hace solo 30 años *Agaricus bisporus* contabilizaba cerca de 55.8% del total”.

“En Iberoamérica España, Brasil y México son los máximos productores del hongo *Pleurotus* spp. Aunque existe interés de producir setas *Pleurotus* spp. en casi todos los países de América Latina, los esfuerzos no son suficientes para que se registren en las estadísticas nacionales. Países como Guatemala, Colombia y Argentina han desarrollado iniciativas que podrían consolidarse en los años venideros, pero por el momento la producción global de América Latina es pequeña y difícil de evaluar” (Sánchez y Royse 2017:22).

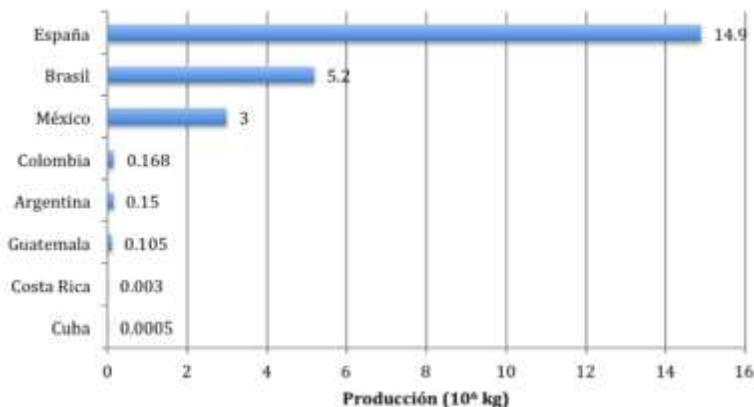


Figura 1. Producción de setas *Pleurotus* spp. en países iberoamericanos para el año 2015.

**Fuente:** Tomado de Sánchez y Royse 2017:24.

### 5.5. Partes del hongo y de una seta

“En el hongo hay que diferenciar dos partes fundamentales: el cuerpo vegetativo y el cuerpo reproductor. El cuerpo vegetativo se encuentra bajo el suelo, está formado por filamentos llamados hifas que pueden ser unicelulares (con sucesión de núcleos). Al conjunto de todas las hifas se le llama micelio, el cual se encarga de absorber las sustancias minerales del suelo para alimento del hongo” (Mendivil, citado por Ardón 2007:10).

“El micelio en realidad es el hongo, ya que la seta (a la que comúnmente se la llama hongo) es su aparato reproductor. Por lo tanto, el carpóforo es la parte que sale al exterior y constituye el tejido fúngico de los hongos superiores, especializado en garantizar la perpetuación de la especie. El sombrero o píleo es la parte superior, generalmente tiene forma de paraguas, aunque pueden adoptar diversas formas. Bajo el sombrero se encuentra el himenio que es una membrana que envuelve a los elementos fértiles. El himenio puede presentarse de diferentes formas: como láminas, tubos, agujijones, pliegues. En ciertas setas, cuando son jóvenes, el sombrero se ve envuelto en una telilla que se rompe cuando este aumenta de tamaño, quedando restos en el pie (estípite), dando lugar al anillo. La volva es como una envoltura en la parte inferior del estípite” (Mendivil, citado por Ardón 2007:9-10).

### 5.6. Los basidiomicetos

“Forman un grupo de hongos muy grande y diverso que se caracteriza porque produce esporas sexuales en cuerpos fructíferos llamados basidiocarpos (del griego basidion que significa base pequeña y basidion más karpos que significa fruto), también conocidos como basiomatas, basidiomas o carpóforos, los cuales portan estructuras especializadas conocidas como basidias. En la mayoría de especies cada basidia produce cuatro basidiosporas, que son fuertemente expulsadas al ambiente al llegar a su madurez” (Ardón 2007:10).

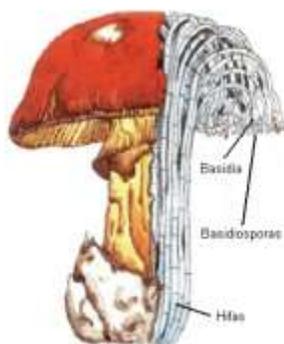


Figura 2. Estructura interna del carpóforo de un basidiomiceto.

**Fuente:** Kobold 2000, citado por Ardón 2007:10.

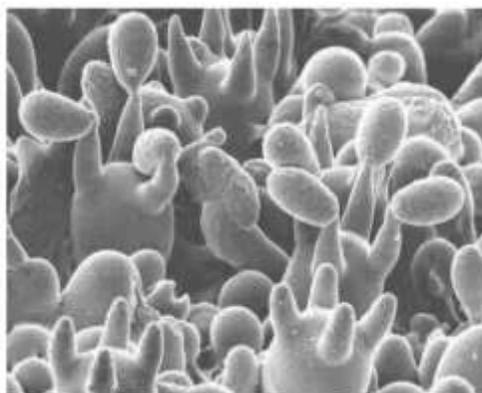


Figura 3. Basidias y basidiosporas.

**Fuente:** Deacon 2005, citado por Ardón 2007:10.

### 5.7. Hongo *Pleurotus ostreatus*

“Los hongos se distribuyen por todo el mundo, existen aproximadamente 10,000 especies de las cuales solo el 10% son comestibles, *Pleurotus* es una de ellas. Dentro de este género se distingue la especie *Pleurotus ostreatus* de origen húngaro, también llamada Orellana,

gírgola, seta de ostra, seta de chopo, entre otros” (Gaytan 2016:16).

Según Stamets 2000, citado por Hernández y López (s.f.:27), “(...) la palabra *Pleurotus* viene del griego “pleuro”, que significa formado lateralmente o en posición lateral, refiriéndose a la posición del estípite respecto al píleo. La palabra *ostreatus* en latín quiere decir en forma de ostra y en este caso se refiere a la apariencia y al color del cuerpo fructífero”.

“El primer reporte de producción de setas fue realizado en Alemania en 1917 (producido en tocones y troncos), pero a mediados de los años 50 iniciaron las investigaciones para la producción en sustrato artificial, en países como Hungría, Alemania y Checoslovaquia, extendiéndose después por toda Europa. La difusión del cultivo sobre paja de cereales tuvo lugar en los años setenta y el proceso ha progresado de tal manera que en países como Italia y Hungría puede hablarse de cultivo en plan industrial, con producciones de miles de toneladas” (García y Rodríguez 2007, citado por Huamán y Mendoza 2015:25).

Wang *et al.* (2001) y Salas *et al.* (2004), citado por Huamán y Mendoza (2015:28), “mencionan que, en comparación con otros alimentos, *Pleurotus ostreatus* resalta por su alto contenido proteico; estas proteínas contienen todos los aminoácidos esenciales, y puede ser incluido en la dieta diaria”.

“El contenido de proteína es casi dos veces más alto que la mayoría de vegetales” (Romero *et al.* s.f; Alcalde y Salgado 2001, citado por Huamán y Mendoza 2015:28).

“*P. ostreatus* también es rico en carbohidratos, vitaminas, fibra y minerales” (Manzi *et al.* 1999; Gaitán y Hernández *et al.* 2006, citado por Huamán y Mendoza 2015:28).

Según Manzi *et al.* 1999; Romero *et al.* s.f; Roupas, Keogh, Noakes, Margetts y Taylor 2012, citado por Huamán y Mendoza (2015:28), “el bajo contenido de grasa y sodio que presenta, unido al relativamente alto contenido de potasio, hacen que este hongo tenga importancia para padecimientos cardiovasculares, artríticos y estados de hipertensión, así

como para combatir la obesidad”.

“Sus compuestos biológicamente activos poseen actividades terapéuticas, sus metabolitos exhiben características antitumorales, antiinflamatorias, hipocolesterolémicas, antioxidantes (compuestos polifenólicos con capacidad de eliminar radicales libres por transferencia de un solo electrón) y de moduladores inmunológicos” (Chang 2007; Roupas *et al.* 2012; Salas *et al.* 2004, citado por Huamán y Mendoza 2015:28).

### 5.7.1. Clasificación taxonómica del hongo *Pleurotus ostreatus*

Según Barba y López (2017), la diversidad del género *Pleurotus* abarca al menos 30 especies, entre ellas *P.djamor*, *P. florida*, *P. ulmonarius*, *P. sajor-cajou*, *P. citrinopileatus* y *P. ostreatus*.

Cuadro 1. Clasificación del hongo *Pleurotus ostreatus*

Reino	Fungi
División	Basidiomycota
Subdivisión	Basidiomycotina
Clase	Basidiomycetes
Subclase	Holobasidiomycetidae
Orden	Agaricales
Familia	Tricholomataceae
Género	<i>Pleurotus</i>
Especie	<i>ostreatus</i> (Jacq. Fr) Kummer.

**Fuente:** Tomado de Barba y López 2017:10.

### 5.7.2. Características fisiológicas y morfológicas de *Pleurotus ostreatus*

“Los hongos del género *Pleurotus* son saprofiticos, descomponedores de madera, se alimentan de la materia orgánica en la que están creciendo, degradando las sustancias con enzimas que liberan al medio húmedo que les rodea, por ello la importancia de suministrar un sustrato adecuado cuando se le intente cultivar” (Belt 1998, citado por Ardón 2007).

Según Cueva y Hernández (2014:3), “para los procesos de crecimiento y fructificación los hongos requieren de la combinación de factores físicos como temperatura, humedad, luz, aireación, oxígeno y dióxido de carbono, cuyos valores y concentraciones óptimas varían en función de la etapa en que se encuentran (fase de incubación y de fructificación), además de un adecuado pH en un intervalo entre 5.5 a 7.0. Para su crecimiento adecuado

los residuos agrícolas proveen la fuente de minerales. El carbono es la fuente directa de energía para su metabolismo. Las especies de *Pleurotus* son potentes agentes biológicos capaces de degradar materiales ricos en lignina, celulosa y hemicelulosa”.

“En el hongo hay que diferenciar dos partes fundamentales: el cuerpo vegetativo y el cuerpo reproductor. El cuerpo vegetativo, que se encuentra colonizando el sustrato o en algunos hongos silvestres se encuentra bajo el suelo, está formado por unos filamentos llamados hifas que pueden ser unicelulares, están formados por septos conteniendo dos núcleos, que se comunican entre sí a través de un conducto llamado fíbula. Al conjunto de todas las hifas es a lo que se le llama micelio. La función del micelio es absorber las substancias minerales del suelo para alimento propio, excretando enzimas con acción sobre el rompimiento enzimático de los compuestos como la lignina y la celulosa, a través de la cooperación de enzimas como las ligninasas y celulasas. El micelio en realidad es el hongo, ya que la seta (comúnmente llamado hongo), es su aparato reproductor. Por lo tanto, la seta (carpóforo) es la parte reproductora que sale al exterior de los hongos superiores. El carpóforo está conformado por un sombrero o píleo es la parte superior, generalmente tiene forma de paraguas, aunque pueden adoptar diversas formas. Bajo el sombrero se encuentra el himenio que es una membrana que cubre a los elementos fértiles que son los basidios, que a su vez contienen a las esporas. Es por ello que a la mayoría de los hongos que poseen estas estructuras se les llama basidiomicetos. El himenio puede presentar diferentes ornamentaciones: tubos, pliegues, entre otros, en el género *Pleurotus* como en muchos otros están acomodadas en forma de láminas. En ciertas especies de hongos, cuando son jóvenes, el sombrero se ve envuelto en una telilla, que se rompe cuando éste aumenta de tamaño, quedando restos en el pie (estípite), dando lugar a lo que se denomina el anillo. La volva es como una envoltura en la parte inferior del pie” (Cueva y Hernández 2014:10).

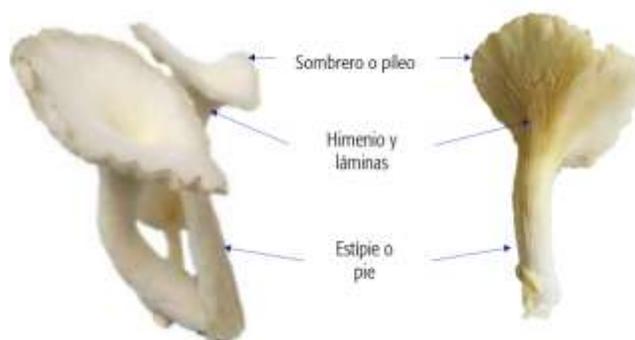


Figura 4. Morfología de *Pleurotus ostreatus*.

**Fuente:** Cueva y Hernández 2014:10.

### 5.7.3. Ciclo reproductivo de *Pleurotus ostreatus*

“El *Pleurotus ostreatus* se cosecha dos o tres veces por ciclo. La primera fructificación se presenta unos 14 días después de la aparición de los primeros primordios, esta dura unos 4 días, transcurriendo otros 8 días, se presenta la segunda cosecha y así sucesivamente. El volumen de hongos cortados en la primera cosecha es más o menos del 70% del total. Para determinar el momento preciso de la cosecha, se debe observar el desarrollo del hongo, y no su tamaño, otra característica es cuando la circunferencia del sombrero del hongo empieza a levantarse, es el momento más oportuno de cortar. El corte se debe hacer con un instrumento muy filoso al ras del sustrato, para disminuir la superficie de infección” (Goszczyñscy 1992, citado por García *et al.* s.f.:5).

De acuerdo con León (2001), citado por García *et al.* (s.f.:5), “en unas siete o nueve semanas se pueden producir entre 100 y 200 kilos de *Pleurotus* por tonelada de sustrato preparado y húmedo. Los ejemplares para la venta se recogen cuando son jóvenes ya que luego su carne se vuelve correosa. Los sombreros más aceptados por el consumidor son los que pesan menos de 70 g. Los pies y los ejemplares adultos se destinan a la preparación de sopas, salsas o platos preparados con sabor a setas. La producción se escalona a lo largo del año, concentrándose entre 2 y 4 meses que es el ciclo de producción de los hongos seta” (cuadro 2 y anexo 3).



Figura 5. Ciclo biológico general de un hongo basidiomiceto  
**Fuente:** Tomado de Cardillo 1991, citado por Ardón 2007.

Cuadro 2. Duración media de un ciclo de cultivo de *Pleurotus ostreatus*.

Fase del cultivo	Descripción	Tiempo en días
Acondicionamiento de salas	Desinfección y vaciado del ciclo anterior	4
Preparación del sustrato	Picado	1
	Humectación	2
Siembra e incubación	Siembra	1
	Incubación	15
Fructificación	Inducción - apareamiento de primordios	3
Cosecha	Primordios - primera cosecha	5
	Hasta la tercera cosecha	18
TOTAL		49

**Fuente:** Tomado de Sánchez *et al.* 2007, citado por Ardón 2007:112.

#### 5.7.4. Dosis o cantidad de inóculo

La cantidad de inóculo a utilizar depende de la especie que se quiera producir, pero generalmente se calcula con base al peso húmedo del sustrato a utilizar. Regularmente la cantidad de inóculo oscila entre 2 y 10 por ciento de su peso húmedo. Durante el proceso de cultivo, la fase de inoculación es importante ya que se requiere de un buen manejo del sustrato y micelio para no tener problemas de contaminación en la siguiente fase de incubación (Ardón 2007:30).

La cantidad de semilla secundaria utilizada para inocular el sustrato definitivo no afecta directamente el rendimiento (la cantidad de setas cosechadas). Sin embargo, el uso de más semilla puede acelerar la colonización. En el caso de bolsas con residuos agrícolas para fructificación que hayan sido pasteurizadas por vapor, el adicionar más semilla reducirá el efecto de organismos contaminantes. Entre más grande sea la cantidad de semilla más rápida será la

colonización. Como resultado de esto el crecimiento de los organismos competidores que hayan sobrevivido al proceso de pasteurización se disminuye y el rendimiento será el esperado (Quimio 2002, citado por Ardón 2007:56).

#### **5.7.5. Parámetros de calidad del hongo**

Ardón (2007), citado por Rojas y Romero (2016:45), “asegura que la calidad de los carpóforos de *Pleurotus ostreatus*, radica básicamente en hacer la cosecha a tiempo y mantener control en la iluminación y ventilación para evitar estípites largos. Señala que los indicadores para juzgar la calidad de los carpóforos son: estípite corto, píleo convexo con margen liso (10 cm de diámetro aproximadamente), himenio con lamillas absolutamente blancas, consistencia dura y seco al tacto, sin restos de sustrato, daños mecánicos o provocados por insectos. Los carpóforos con características de calidad disminuida; presentan aspecto blando, traslúcidos y amarillentos. En cuanto al tamaño tanto grandes como pequeños son igualmente aceptables”.

Gaitán *et al.* (2006), citado por Rojas y Romero (2016:45), “sostienen que una vez cosechados los hongos se pueden consumir, comercializar en fresco o almacenar, pero si el objetivo es la comercialización en fresco, ésta debe realizarse inmediatamente después de la cosecha, poniendo especial atención en el empaque: elegir un método que evite el maltrato ya que este disminuye la calidad y con ello el costo”.

Rodríguez y Jaramillo (2005), citado por Rojas y Romero (2016:45), “recomiendan que para prolongar la vida de los hongos para su comercialización pueden refrigerarse entre 1 y 4°C usando bandejas de icopor cubiertas con plástico cristaflex, conservándose hasta 10 días. Si deseamos conservarlo por más tiempo pueden secarse al sol durante 2 o 3 días o usando aire caliente a una temperatura de 38-43 °C, la humedad final no debe ser menor del 4%. Por último, otro método de conservación es poner los hongos en conserva (salmuera, vinagre, etc.)”.

### **5.7.6. Manejo poscosecha del hongo**

“La conservación del carpóforo del hongo ostra, como la de cualquier otro alimento, se realiza con el fin de mantener durante un tiempo más o menos prolongado sus capacidades nutricionales y organolépticas, así como de proporcionar una apariencia general del producto que sea aceptable por el consumidor. La vida de anaquel de *Pleurotus ostreatus* se puede prolongar y su pérdida de humedad se reduce al mantener dichos cuerpos en lugares a concentraciones de CO<sub>2</sub> del 25% en bolsas de plástico o en cámaras de almacenamiento con hielo y temperaturas de 1. 5° - 5° C. Los métodos de conservación son refrigeración, congelado, secado o deshidratación, conservas y enlatado” (Sánchez 1994, citado por Ardón 2007:114).

### **5.8. Sustratos agrícolas para la producción del hongo ostra**

Según García 2002b, citado por Sánchez y Royse (2017:85), “el sustrato es el material sobre el que se va a desarrollar el micelio aportado por el inóculo hasta su completa fructificación. En este medio de cultivo el hongo tendrá que competir selectivamente por los nutrientes con bacterias, actinomicetos y otros hongos presentes en el medio”.

“Un sustrato es apropiado para el crecimiento de un hongo si contiene todos los requerimientos nutritivos en cantidad suficiente para que este sintetice sus metabolitos y tome de él la energía que requiere” (Grappelli *et al.* 1991, Sánchez 2002, citado por Sánchez y Royse 2017:85).

Gaitán-Hernández *et al.* (2002), citado por Sánchez y Royse (2017:85), “las especies de *Pleurotus* son saprófitas, por lo que toman los nutrientes necesarios para su alimentación de los materiales sobre los que crecen”.

“Tienen la capacidad de degradar celulosa y lignina presente en diversos residuos agrícolas y desechos agroindustriales como pajas, rastrojos, bagazo de caña, maguey, henequén, pulpa de café, aserrín de madera y estopa de coco, entre otros” (Burgos 1995, Enjamio y Rodríguez Hernández 1995, Gaitán-Hernández y Mata 1995, Salmones *et al.* 1997, Velázquez-Cedeño *et al.* 1999, Rodríguez Valencia y Gómez 2001, Gaitán-Hernández *et al.* 2002, García Mendoza 2002a, France y Cañumir 2003, citados por Sánchez y Royse 2017:85 ). (anexo 5).

En general, *Pleurotus ostreatus* se cultiva en materiales de desechos lignocelulósicos provenientes de las plantas (Sánchez y Royse 2017:85).

“Dentro de la variedad de sustratos que pueden utilizarse para producir el hongo ostra están: pulpa de café (*Coffea arabica*), pasto jaragua (*Hyparrhenia rufa*), pasto estrella africana (*Cynodon plectostachyus K schum pilg*), pasto bermuda (*Cynodon dactylon*), olote de maíz (*Zea mays*), desechos de algodón (*Gossypium sp.*), bagazo de caña de azúcar, paja de cereales de trigo y arroz, rastrojo de maíz, rastrojo y vainas de frijol, semilla de algodón, mazorcas de cacao (*Theobroma cacao* L), pulpa de coco (*Cocos nucifera*), otras” (anexo 6 y 7) (Sánchez y Royse 2002, citado por Ardón 2007:101).

## **5.9. Indicadores de producción del hongo *Pleurotus ostreatus***

### **5.9.1. Eficiencia biológica (EB)**

“Para expresar el grado de bioconversión de energía a partir de la biodegradación del sustrato, el concepto generalmente aceptado es la eficiencia biológica; que es la relación en porcentaje, entre el peso fresco de hongos producidos y el peso seco de sustrato empleado. Por ejemplo, si en tres cosechas se registran 7.5 Kg de hongo fresco en un cultivo que contiene un equivalente de paja de 4.0 kg húmedos al 50% (es decir 2.0 Kg de paja seca), la eficiencia biológica calculada con la ecuación resulta de 375%. Este indicador relaciona la naturaleza biológica del hongo respecto a su metabolismo y aprovechamiento del sustrato donde crece. La eficiencia biológica depende esencialmente, de las características fisicoquímicas del sustrato a utilizar. La calidad productiva de un sustrato se percibe como aceptable a partir de eficiencias biológicas arriba del 100 por ciento” (Barba y López 2017:30).

### **5.9.2. Tasa de producción de hongos (TP)**

“Este indicador provee información importante del recambio que existe entre cada lote que se cultiva y se relaciona con la efectividad del proceso, a través del tiempo de siembra, incubación, fructificación y cosecha. La tasa de producción es la relación en porcentaje, entre la eficiencia biológica y el tiempo requerido para la cosecha, es decir, representa la

eficiencia biológica diaria. Retomado el ejemplo anterior donde se obtuvo una eficiencia biológica del 200% en tres cosechas. Si el tiempo que paso al obtener estas tres cosechas es de 35 días, la tasa de producción es 571.4%. Esto es indicativo que al obtener un valor porcentual mayor la tasa es mejor y las cosechas totales se dan en un intervalo menor de tiempo, lo que indica que los procesos de siembra, incubación y fructificación, metabolismo del sustrato se están desarrollando adecuadamente” (Barba y López 2017:30).

#### **5.10. Análisis bromatológico proximal de alimentos**

Según el CENTA (2021:1), “el análisis bromatológico determina la calidad de los alimentos por los componentes nutricionales que forman parte de la dieta alimenticia, tales como: proteína en macrokjeldahl y FOSS, cenizas, fibra cruda, extracto etéreo, carbohidratos, humedad, calcio, magnesio, fósforo, sodio y potasio, microelementos como hierro, cobre, manganeso y zinc, entre otros”.

#### **5.11. Evaluación sensorial**

“El análisis sensorial es una ciencia multidisciplinaria en la que se utilizan panelistas humanos que utilizan los sentidos de la vista, olfato, gusto, tacto y oído para medir las características sensoriales y la aceptabilidad de los productos alimenticios, y de muchos otros materiales” (Watts *et al.* 1992:17).

“Debido a la consistencia de las setas, con frecuencia se les denomina como «carne vegetal», dicho apelativo denota una característica muy importante de estos hongos, ya que pueden adecuarse con facilidad a diferentes preparaciones culinarias y su valor nutritivo comparado con otros alimentos es aceptable. Estas características hacen de las setas un complemento alimenticio de gran valor” (Gaitán *et al.* 2006:9).

Según Bello (2000:197), los principales atributos que determinan las propiedades sensoriales son los siguientes:

**a) Color**

Propiedad que se aprecia por el sentido de la vista cuando le estimula la luz reflejada por un alimento, que contiene sustancias con grupos cromóforos capaces de absorber parte de sus radiaciones luminosas, dentro de unas determinadas longitudes de onda.

**b) Sabor**

Sensación recibida en respuesta al estímulo provocado por sustancias químicas solubles sobre las papilas gustativas.

**c) Olor**

Conjunto de sensaciones que se producen en el epitelio olfativo, localizado en la parte superior de la cavidad nasal, cuando es estimulado por determinadas sustancias químicas volátiles.

**d) Textura**

Propiedad organoléptica que resulta de la disposición y combinación entre sí de elementos estructurales y diversos componentes químicos, dando lugar a unas micro y macroestructuras, definidas por diversos sistemas fisicoquímicos.

**e) Flavor**

Conjunto de percepciones constituidas por estímulos olfato gustativos, táctiles y cinestésicos (experiencia sensorial percibida a través de los músculos de la cavidad bucal), que permite caracterizar lo específico de un alimento e identificarlo como tal.

**5.11. Vida de anaquel**

Hough y Fiszman (2005:14), “afirmaron que la vida útil de un alimento representa aquel período de tiempo durante el cual el alimento se conserva apto para el consumo desde el punto de vista sanitario, manteniendo las características sensoriales, funcionales y nutricionales por encima de los límites de calidad previamente establecidos como aceptables”.

### 5.12. Comercialización del hongo *Pleurotus ostreatus*

Según Calderón y Calles (2006:19), la demanda de hongos frescos se concentra principalmente en supermercados, hoteles y restaurantes; la cadena de distribución es la siguiente:



Figura 6. Cadena de distribución de hongos comestibles en El Salvador.

**Fuente:** Tomado de Calderón y Calles 2006:19.

“Dentro de los principales países productores que abastecen al mercado salvadoreño se encuentran Guatemala, Colombia, China y Estados Unidos. Los supermercados comercializan hongos frescos y conservados que adquieren de los importadores y distribuidores. Los volúmenes de compra dependen principalmente de la ubicación y el tamaño de la sala de venta” (Calderón y Calles 2006:20).

## 6. METODOLOGÍA

### 6.1. Ubicación de la investigación

La investigación se realizó durante los meses de septiembre de 2022 a marzo de 2023 en la Estación Experimental y de Prácticas de la Facultad de Ciencias Agronómicas de la Universidad de El Salvador, ubicada en el cantón Tecualuya, municipio de San Luís Talpa, departamento de La Paz, a una elevación de 50 metros sobre el nivel del mar (msnm), con coordenadas geográficas 13°28'3" Latitud Norte y 89°05'8" Longitud Oeste; temperaturas que oscilan entre 24.6° C y 35° C, precipitación pluvial anual de 1,607 mm/año.

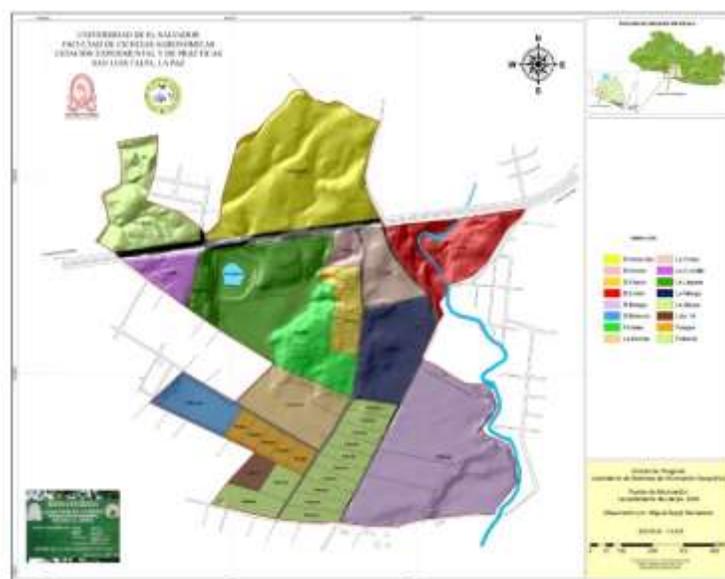


Figura 7. Ubicación de la Estación Experimental y de Prácticas.

### 6.2. Metodología de campo

#### 6.2.1. Producción del hongo

##### 6.2.1.1. Sustratos agrícolas y semilla (inóculo) del hongo pleurotus

En la investigación se utilizaron sustratos lignocelulósicos de las cosechas agrícolas del año 2022, como son: olote de maíz (*Zea mays*), tusa de maíz (*Zea mays*) y rastrojo de frijol (*Phaseolus vulgaris*), que se colectaron de agricultores del municipio de Mejicanos, departamento de San Salvador; el pasto pangola (*Digitaria eriantha*) fue proporcionado por la Estación Experimental y de Prácticas.



Figura 8. Sustratos agrícolas. A: tusa de maíz, olote de maíz y rastrojo de frijol; B: pasto pangola.

El inóculo o semilla del hongo ostra se compró la cepa comercial 3015 a la empresa Hongos del Campo de Guatemala, la cual se dedica a la producción de inóculo, cultivo y comercialización de hongos comestibles. Además, se compraron bolsas plásticas de 12.5 libras para el cultivo del hongo pleurotus.



Figura 9. Compra de cepa de inóculo comercial 3015 a empresa Hongos del Campo.

#### 6.2.1.2. Construcción de módulo para producción del hongo

Previo al montaje del experimento se construyó en la Estación Experimental y de Prácticas en San Luis Talpa, La Paz, un módulo polietápico de producción de hongos o setas comestibles para completar las fases de incubación o colonización, fructificación y cosecha; las dimensiones fueron 3.50 m de ancho, 6.50 m de largo y 3 m de altura.



Figura 10. Limpieza y nivelado del terreno para construcción del módulo de producción del hongo ostra.



Figura 11. Construcción del módulo para producción del hongo ostra. A: colocación de estructura metálica; B: instalación de tela antiviral; C: colocación de nylon negro; D: módulo terminado.

### **6.2.1.3. Pasteurización de sustratos por inmersión en agua con cal hidratada**

Esta fase inició con la inmersión de los sustratos de olote de maíz, tusa de maíz, rastrojo de frijol y pasto pangola en barriles de lámina industrial y de plástico de 55 galones de capacidad, conteniendo una solución de cal hidratada en una relación de un kilogramo de cal por 10 galones de agua, por un tiempo de 48 horas.



Figura 12. Pasteurización de los sustratos agrícolas en cal hidratada.

### **6.2.1.4. Escurrimiento o semi-secado**

Luego de pasteurizados los sustratos agrícolas se colocaron a escurrimiento durante 48 horas bajo condiciones de sombra, hasta alcanzar una humedad de 70% para su manejo.

### **6.2.1.5. Inoculación o siembra**

Este procedimiento inició con la limpieza y, esterilización de los materiales y la mesa de trabajo con etanol 90%, el cual se aplicó con un rociador manual. La siembra de la semilla del hongo (micelio activo) se realizó utilizando bolsas de plástico de 12.5 libras, en las cuales se colocaron 4 kilogramos de cada uno de los residuos agrícolas en estudio con su respectiva dosis de inóculo, dispuestos en capas en el borde u orilla de cada capa de sustrato.



Figura 13. Inoculación o siembra del hongo ostra sobre los sustratos.

#### 6.2.1.6. Incubación o colonización

A los 3 o 4 días después de la siembra las bolsas se perforaron cada 5 cm con una aguja de disección desinfectada, para facilitar la ruptura en la etapa de fructificación y favorecer el intercambio gaseoso en la bolsa. Dentro de los siguientes tres días las bolsas se monitorearon diariamente con la finalidad de detectar la recuperación del micelio; la incubación duró aproximadamente de 3 a 4 semanas.

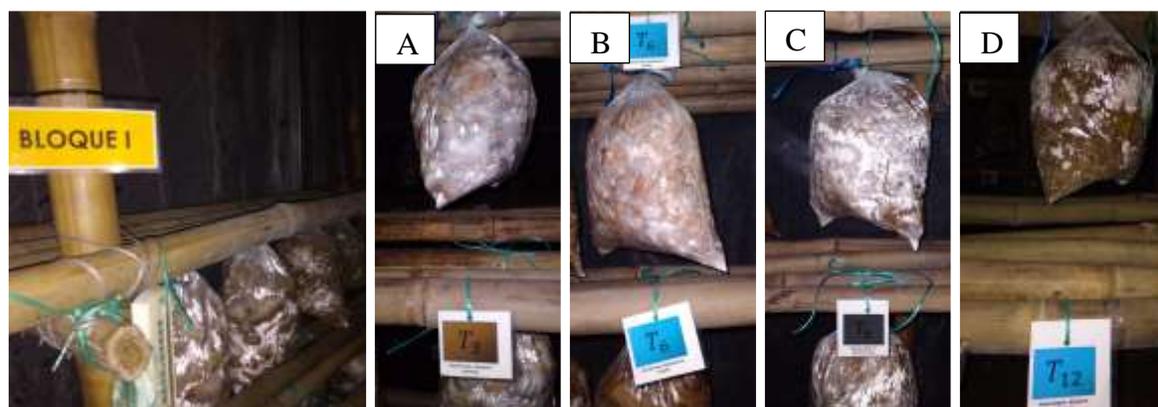


Figura 14. Incubación o colonización de los sustratos agrícolas. A: olote de maíz; B: tusa de maíz; C: rastrojo de frijol; D: pasto pangola.

#### 6.2.1.7. Fructificación y cosecha

Esta fase inició con el apareamiento de los primordios sobre los sustratos en estudio. Al inicio los primordios son masas algodonosas que aparecen pocos días después de la siembra en las bolsas, con el tiempo se diferencian en pequeñas protuberancias que salen del sustrato hasta formar los cuerpos fructíferos adultos y esporular. Se realizaron perforaciones de mayor tamaño

en las zonas que presenten primordios. Los primordios requirieron en promedio una semana para llegar a ser hongos adultos, y estar listos para cosecharse cuando el carpóforo se observó compacto, turgente, no flácido y antes de que sus orillas se enrollen hacia arriba.

Se trabajó con dos indicadores de cosecha que permitieron garantizar setas de calidad según las exigencias comerciales: uno fue cosechar las setas a los dos días después de iniciada la esporulación; el otro consistió en hacer la cosecha a los cuatro días después de haber emergido los primordios. Esta fase duró un aproximado de dos a tres meses. Se controló la temperatura manteniéndola entre 20° a 30° C y la humedad relativa en 70% a 80%, aplicando riego con una bomba de mochila tres veces/día.

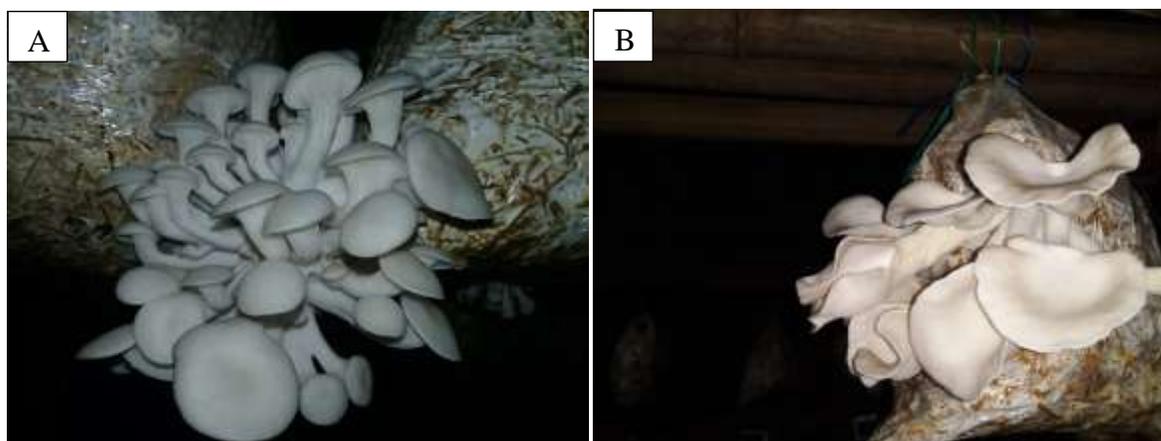


Figura 15. Fructificación y cosecha del hongo ostra: A: primordios a los 2 días de su formación; B: racimos o carpóforos.



Figura 16. Fructificación del hongo ostra según los sustratos agrícolas. A: olote de maíz; B: tusa de maíz; C: rastrojo de frijol; D: pasto pangola.

### 6.2.1.8. Toma de datos

En la producción del hongo *Pleurotus ostreatus* se registró el número de días para una completa invasión, invasión micelial (%), número de días para la aparición de primordios, número de primordios, número de racimos por bolsa y el periodo de cosecha. Con un Pie de rey digital se midió el diámetro del estípite, longitud del estípite y el diámetro del sombrero; con una báscula digital se obtuvo el peso del racimo o cuerpo fructífero en fresco. Se calculó la eficiencia biológica (EB) y la tasa de producción (TP) aplicando la siguiente fórmula (Barba y López 2017:30):

$$EB = \frac{\text{Peso de los cuerpos fructíferos frescos}}{\text{Peso seco del sustrato}} \times 100$$

$$TP = \frac{EB}{\text{Tiempo en días (desde la inoculación a la cosecha)}}$$



Figura 17. Registro de variables del hongo ostra a nivel de campo. A: datos de incubación; B: datos de fructificación; C: peso de carpóforos; D: diámetro de sombrero y longitud de estípite.

### 6.2.2. Métodos de conservación del hongo *Pleurotus ostreatus*

Previo a evaluar los métodos de conservación del hongo comestible se hicieron los siguientes pasos:

- **Recepción de los hongos**

En esta etapa se verificó la calidad de los hongos comestibles *Pleurotus ostreatus* producidos en la investigación, estos deben estar sanos, limpios y en buenas condiciones para procesarse.

La temperatura de almacenamiento es de 2° a 4° C. Los ingredientes que se utilizaron en los métodos de conservación como la leche en polvo, el almidón modificado, maltodextrina, goma xantana, manteca vegetal, especias y preservantes se inspeccionaron, evaluando el color, olor, fecha de procesamiento; luego se pesaron de acuerdo a la formulación.



Figura 18. Limpieza y pesaje de carpóforos del hongo ostra

- **Selección de los hongos**

Los hongos frescos fueron clasificados manualmente, eliminando aquellos que presentaron signos de deterioro visible como magulladuras, restos de material orgánico (sustrato), perforaciones provocadas por insectos o cualquier otro signo visible que pudiera interferir posteriormente en la calidad del producto final.



Figura 19. Selección de los carpóforos del hongo ostra.

- **Lavado, pesado y empacado**

Los hongos seleccionados fueron lavados por inmersión en agua potable para eliminar contaminantes y todo material presente en la superficie; en seguida se desinfectaron

sumergiendo los hongos en una solución de hipoclorito de sodio a 25 ppm por 5 minutos, para eliminar la carga microbiana que pueda acompañar a los carpóforos. Luego se pesó los hongos en muestras de 56 gramos, finalizando con el empaque de las 27 muestras a utilizar en la investigación.



Figura 20. Pesaje y empackado de carpóforos en bandejas desechables.

#### 6.2.2.1. Método de conservación por refrigeración

Este método consistió en colocar 9 muestras del hongo *Pleurotus otreatus* en condiciones de refrigeración con temperatura de 15° C. La vida de anaquel del hongo ostra con este método fue de 4 semanas (un mes).



Figura 21. A: refrigeración de los carpóforos del hongo ostra con un mes de almacenamiento; B: refrigeración con tres meses de almacenamiento.

#### 6.2.2.2. Método de conservación por congelación

Este método consistió en colocar 9 muestras del hongo *Pleurotus otreatus* en condiciones de congelación con temperaturas de -18° C. La vida de anaquel del hongo ostra con este método fue de 12 semanas (3 meses).



Figura 22. A: congelación de carpóforos del hongo ostra con un mes de almacenamiento; B: congelación con tres meses de almacenamiento.

### 6.2.2.3. Método de conservación por salmuera

Este método inició con el escaldado del hongo ostra con agua al 3% de sal, luego se colocaron 9 muestras del hongo escaldado en envases de vidrio de 8 onzas y se le agregó a cada frasco salmuera al 7% de sal, inmediatamente los frascos se cerraron y se esterilizaron por 30 minutos en agua con temperatura de 100° C. La vida de anaquel del hongo ostra con este método fue de 12 semanas (3 meses).



Figura 23. Carpóforos del hongo ostra en salmuera durante uno, dos y tres meses de almacenamiento.

### 6.2.3. Formulación de la crema del hongo *Pleurotus ostreatus*

Con muestras del hongo ostra de 1, 2 y 3 meses de almacenamiento, se elaboró una crema. Los ingredientes que se usaron para una libra (454 g) fueron: una cebolla picada, una cucharada de harina de trigo, sal y pimienta al gusto, una libra de hongo ostra,  $\frac{3}{4}$  de taza de agua, 100 ml de crema, y una lata de leche evaporada.

El procedimiento que se desarrolló fue el siguiente: en 4 cucharadas de aceite se procedió a sofreír las setas, en el aceite residual se realizó la cocción de la cebolla y luego se agregaron las setas removiendo hasta que reducir su volumen, agregar más aceite si fuera necesario, salpimentar y agregar la cucharada de harina de trigo, continuar removiendo y trasladar a una olla incorporando los jugos que soltaron las setas con ayuda del agua/caldo y cocinarlos por 20 minutos, luego agregar la leche evaporada y la crema, apagar el fuego y triturar; poner a hervir por 5 minutos más y servir decorando con las setas fritas y cebolla de verdeo picada.



Figura 24. Escaldado de carpóforos y licuado de materias primas para elaborar la crema del hongo ostra.

#### 6.2.4. Evaluación sensorial de la crema del hongo *Pleurotus ostreatus*

Se realizaron tres evaluaciones sensoriales a la formulación de la crema del hongo *Pleurotus ostreatus* al mes, 2 meses y 3 meses de almacenamiento o vida de anaquel, con los métodos de conservación refrigerado, congelado y en salmuera; y un panel de cinco catadores no entrenados que evaluaron los atributos color, olor, sabor y textura; se tomó en cuenta que no fueran alérgicos al hongo comestible y que consuman habitualmente este alimento o similares a otra especie de hongo.

Previo a la caracterización sensorial, se les explicó a los catadores la metodología a seguir. Las muestras fueron presentadas a los evaluadores de manera simultánea múltiple y en orden aleatorio. Se utilizó una prueba afectiva de aceptación, a través de una ficha de catación con una escala hedónica de 3 puntos por atributo, siendo el 1 “no me gusta”; 2 “me es indiferente (no le gusta/no le disgusta)”; y 3 “me gusta”. Para cada atributo evaluado en la ficha de catación, el

valor numérico se estableció según el punto marcado por el panelista en el instrumento.

Cuadro 3. Escala hedónica para el análisis sensorial de una crema del hongo *Pleurotus ostreatus*.

<b>Puntaje (escala)</b>	<b>Categoría</b>
1	No me gusta
2	Me es indiferente (no le gusta/no le disgusta)
3	Me gusta

Cuadro 4. Atributos sensoriales evaluados en la crema del hongo *Pleurotus ostreatus*, según los tratamientos en estudio.

<b>Código</b>	<b>Calificación para cada atributo</b>			
	<b>Olor</b>	<b>Color</b>	<b>Sabor</b>	<b>Consistencia</b>

Para las evaluaciones sensoriales se utilizaron los siguientes materiales: fichas de catación, bolígrafo, bandejas desechables de aluminio, recipientes de papel plisado para degustación de 30 cc, paletas de madera para degustación, platos desechables de papel de 6 onzas, servilletas, hongo comestible, guantes de polietileno, mascarilla y redecilla.

Previo al desarrollo de cada evaluación sensorial se llevó a cabo la limpieza y acondicionamiento del aula de estudios, así también la desinfección de las mesas utilizadas para la catación y preparación de muestras.

Se codificaron los recipientes de degustación según el cuadro de códigos establecido para cada tratamiento, se colocaron aproximadamente 10 gramos de crema del hongo comestible *Pleurotus ostreatus* en cada plato, acondicionándolo en bandejas de aluminio por tratamiento.

A cada panelista se le entregó una ficha de catación, un lapicero, nueve muestras de crema de hongo comestible, una por cada repetición por tratamiento. Los panelistas recibieron instrucción de tomar agua entre las evaluaciones de las muestras.



Figura 25. Registro de variables del análisis sensorial de la crema del hongo ostra.



Figura 26. Análisis sensorial de la crema del hongo ostra.

#### 6.2.5. Sondeo de mercado

Se realizó a través de visitas a los supermercados Walmart y Super Selectos; y a las empresas Tutaly ubicada en los Planes de Renderos, y ZETAS ubicada en el municipio de San Salvador, para hacer un diagnóstico de precios de los hongos comestibles que se comercializan en El Salvador y conocer la cadena de distribución del hongo *Pleurotus ostreatus* a nivel nacional.



Figura 27. Sondeo de mercado de los hongos comestibles que comercializa la empresa Z'ETAS.



Figura 28. Sondeo de mercado de los hongos comestibles que produce y comercializa la empresa Tutalyu.



Figura 29. Sondeo de mercado en los super mercados Walmart y Super Selectos.

### **6.3. Metodología estadística**

#### **6.3.1. Diseño experimental**

##### **6.3.1.1. Producción del hongo *Pleurotus ostreatus***

Los datos se analizaron mediante estadística descriptiva simple, análisis de correlación de Pearson (r), análisis de varianza para un arreglo factorial bajo un diseño de Bloques Completos al Azar (DBCA), con una probabilidad estadística del 5% (P-valor = 0.05); las diferencias entre tratamientos se determinaron utilizando la prueba de comparación múltiple de medias de Tukey, haciendo uso de hojas de cálculo de Microsoft Excel® e Infostat® 2020.

##### **6.3.1.2. Análisis sensorial del hongo *Pleurotus ostreatus***

Se aplicó análisis de varianza para un arreglo factorial bajo un diseño Completamente al Azar (DCA), con una probabilidad estadística del 5% (P-valor = 0.05), haciendo uso de hojas de cálculo de Microsoft Excel® e Infostat® 2020.

##### **6.3.1.3. Sondeo de mercado del hongo *Pleurotus ostreatus***

Para el sondeo de mercado se aplicó el muestreo no probabilístico según criterio del investigador, basados en la experiencia científica de los docentes asesores y del investigador, para lo cual se administró un cuestionario con preguntas abiertas a los principales supermercados y empresas productoras y comercializadoras del hongo *Pleurotus ostreatus* en El Salvador (anexo 12 y 13).

#### **6.3.2. Modelo estadístico**

##### **6.3.2.1. Modelo estadístico utilizado en la producción del hongo *Pleurotus ostreatus***

El modelo que corresponde a un arreglo combinatorio dispuesto en un diseño en bloques completos al azar fue el siguiente:

$$Y_{ijk} = \mu + \beta_k + A_i + B_j + (AB)_{ij} + \varepsilon_{ijk}$$

Donde:

$I = 1, 2, \dots, a$ ;  $a$  es el número de niveles del factor A

$J = 1, 2, \dots, b$ ;  $b$  es el número de niveles del factor B

$K = 1, 2, \dots, r$ ;  $r$  es el número de bloques

$Y_{ijk}$  = Valor de la variable respuesta correspondiente al nivel  $i$  del factor A (dosis de inoculo) y al nivel  $j$  del factor B (sustratos agrícolas) en el bloque  $k$

$\mu$  = efecto de la media general

$\beta_k$  = efecto atribuido al bloque  $k$

$A_i$  = efecto atribuido al nivel  $i$  del factor A (dosis de inoculo de 60 g, 70 g y 80 g)

$B_j$  = efecto atribuido al nivel  $j$  del factor B (sustratos agrícolas olote de maíz, tusa de maíz, rastrojo de frijol y pasto pangola)

$(AB)_{ij}$  = efecto atribuido a la interacción entre el nivel  $i$  del factor A y el nivel  $j$  del factor B

$\varepsilon_{ijk}$  = error experimental.

### 6.3.2.2. Modelo estadístico utilizado en análisis sensorial del hongo *Pleurotus ostreatus*

El modelo que corresponde a un arreglo combinatorio dispuesto en un diseño completamente al azar fue el siguiente:

$$Y_{ijk} = \mu + A_i + B_j + (AB)_{ij} + \varepsilon_{ijk}$$

Donde:

$I = 1, 2, \dots, a$ ;  $a$  es el número de niveles del factor A

$J = 1, 2, \dots, b$ ;  $b$  es el número de niveles del factor B

$K = 1, 2, \dots, r$ ;  $r$  es el número de repeticiones

$Y_{ijk}$  = Valor de la variable respuesta correspondiente al nivel  $i$  del factor A

(métodos de procesamiento y conservación refrigeración, congelado y salmuera) y al nivel  $j$  del factor B (periodo de catación durante 1, 2 y 3 meses)

$\mu$  = efecto de la media general

$A_i$  = efecto atribuido al nivel  $i$  del factor A (métodos de procesamiento y conservación refrigeración, congelado, y salmuera)

$B_j$  = efecto atribuido al nivel  $j$  del factor B (periodo de catación durante 1, 2 y 3 meses)

$(AB)_{ij}$  = efecto atribuido a la interacción entre el nivel  $i$  del factor A y el nivel  $j$  del factor B

$\varepsilon_{ijk}$  = error experimental

### 6.3.3. Tratamientos

#### 6.3.3.1. Producción del hongo *Pleurotus ostreatus*

Se evaluaron los siguientes sustratos agrícolas: olote de maíz, tusa de maíz, rastrojo de frijol y pasto pangola con dosis de inóculo de 60 g, 70 g y 80 g; cada dosis se aplicó a 4 kg de sustrato agrícola.

Cuadro 5. Tratamientos evaluados en la producción del hongo *Pleurotus ostreatus*.

<b>Tratamiento</b>	<b>Dosis</b>
Tratamiento 1 (T1)	3 kg de olote de maíz + 60 g de inóculo del hongo ostra
Tratamiento 2 (T2)	3 kg de olote de maíz + 70 g de inóculo del hongo ostra
Tratamiento 3 (T3) o Testigo relativo	3 kg de olote de maíz + 80 g de inóculo del hongo ostra
Tratamiento 4 (T4)	3 kg de tusa de maíz + 60 g de inóculo del hongo ostra
Tratamiento 5 (T5)	3 kg de tusa de maíz + 70 g de inóculo del hongo ostra
Tratamiento 6 (T6)	3 kg de tusa de maíz + 80 g de inóculo del hongo ostra
Tratamiento 7 (T7)	3 kg de rastrojo de frijol + 60 g de inóculo del hongo ostra
Tratamiento 8 (T8)	3 kg de rastrojo de frijol + 70 g de inóculo del hongo ostra
Tratamiento 9 (T9)	3 kg de rastrojo de frijol + 80 g de inóculo del hongo ostra
Tratamiento 10 (T10)	3 kg de pasto pangola + 60 g de inóculo
Tratamiento 11 (T11)	3 kg de pasto pangola + 70 g de inóculo del hongo ostra
Tratamiento 12 (T12)	3 kg de pasto pangola + 80 g de inóculo del hongo ostra

La distribución espacial de los tratamientos en campo fue bajo el diseño de bloques completos al azar:

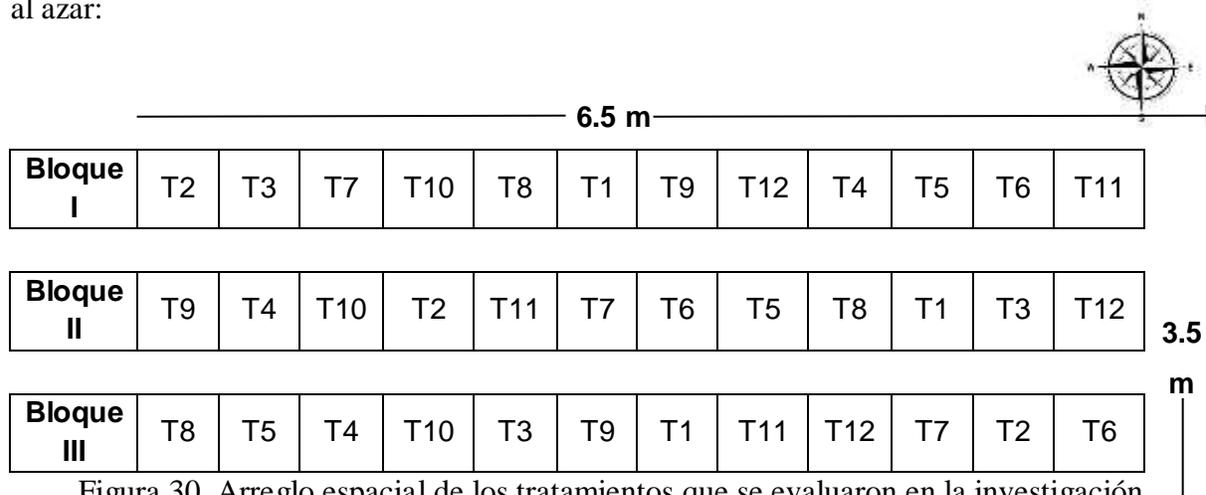


Figura 30. Arreglo espacial de los tratamientos que se evaluaron en la investigación.

### 6.3.3.2. Caracterización sensorial de la crema del hongo *Pleurotus ostreatus*

Para el análisis sensorial de la crema del hongo *Pleurotus ostreatus* se evaluaron los métodos de procesamiento y conservación de refrigeración, congelado y salmuera en distintos periodos de catación (durante 1, 2 y 3 meses de almacenamiento o vida de anaquel).

Cuadro 6. Tratamientos evaluados en el análisis sensorial de la crema del hongo.

Tratamientos	Dosis
Tratamiento 1 (T1) o Testigo relativo	Refrigeración con 1 mes de almacenamiento
Tratamiento 2 (T2)	Refrigeración con 2 meses de almacenamiento
Tratamiento 3 (T3)	Refrigeración con 3 meses de almacenamiento
Tratamiento 4 (T4)	Congelado con 1 mes de almacenamiento
Tratamiento 5 (T5)	Congelado con 2 meses de almacenamiento
Tratamiento 6 (T6)	Congelado con 3 meses de almacenamiento
Tratamiento 7 (T7)	Salmuera con 1 mes de almacenamiento
Tratamiento 8 (T8)	Salmuera con 2 meses de almacenamiento
Tratamiento 9 (T9)	Salmuera con 3 meses de almacenamiento

## 7. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 7.1. Invasión micelial

La dosis de inóculo de 70 g presentó la mejor invasión micelial del hongo *Pleurotus ostreatus* con 99.58%, seguido por la dosis de 80 g con 94.58% y la menor fue con la dosis de 60 g con 92.92%.

Cuadro 7. Medidas resumen de la dosis de inóculo en invasión micelial del hongo (*Pleurotus ostreatus*).

Factor A (dosis de inóculo)	Variable	Media	Desviación estándar	Coefficiente de variación
D1: 60 gramos		92.92 <sup>a</sup>	7.82	8.42
D2: 70 gramos	Invasión micelial (%)	99.58 <sup>a</sup>	1.44	1.45
D3: 80 gramos		94.58 <sup>a</sup>	14.37	15.2

\*Medias con letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0.05$ ).

Actualmente no hay trabajos similares que reporten la evaluación de diferentes dosis de inóculo del hongo *Pleurotus ostreatus*.

Mata *et. al.* (2011:1), afirman lo siguiente:

“El inóculo adecuado debe tener la capacidad de crecer e invadir rápidamente el sustrato, sobre todo en sustratos pasteurizados”.

Según Pilar *et. al.* (2010:2), “para la propagación y cultivo de *pleurotus* se requiere de inóculo desarrollado en granos de cereales con pH entre 4 y 7, con un óptimo de 5 y 6, que varía entre cepas y especies; sustrato que debe suministrar carbono (a partir de celulosa, hemicelulosa y lignina), nitrógeno y compuestos inorgánicos como fuentes nutritivas; adecuado contenido de humedad sin afectar la disponibilidad de nutrientes y de oxígeno; tamaño de partícula (entre 2 y 5 cm) apropiada para el crecimiento y la fructificación”.

El sustrato rastrojo de frijol mostró la mayor invasión micelial en 100%, seguido por el olote de maíz con 97.22%, el pasto pangola con 95% y por último la tusa de maíz con 90.56%.

Cuadro 8. Medidas resumen de los sustratos agrícolas en la invasión micelial del hongo *Pleurotus ostreatus*.

FB (sustratos agrícolas)	Variable	Media	Desviación estándar	Coefficiente de variación
S1: Olote de maíz	Invasión micelial (%)	97.22 <sup>a</sup>	3.63	3.74
S2: Pasto pangola		95 <sup>a</sup>	7.07	7.44
S3: Rastrojo de frijol		100 <sup>a</sup>	0	0
S4: Tusa de maíz		90.56 <sup>a</sup>	17.04	18.81

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0.05$ )

Para garantizar una excelente invasión micelial mayor al 90% es importante hacer una buena selección del sustrato agrícola, en el caso de esta investigación cualquiera de los sustratos utilizados es adecuado para el cultivo del hongo Ostra.

Goszczyński (1992), citado por García *et al.* (s.f.:4) señalan lo siguiente:

“Para el óptimo desarrollo del inóculo es necesario que la temperatura del sustrato sea de 25 a 28°C, ya que una temperatura mayor de 30°C frena el desarrollo y las temperaturas menores de 5°C provocan que el micelio deje de crecer, aunque no se muere. En el área donde tiene lugar la incubación, la temperatura ambiental debe estar entre 18 y 25°C, para que la temperatura del sustrato sea mayor en unos grados y la humedad relativa debe estar aproximadamente de 80 a 90%. También es muy importante una alta concentración de CO<sub>2</sub> para estimular el crecimiento del micelio”.

Al analizar las interacciones entre dosis de inóculo y sustrato, los tratamientos T5: tusa de maíz + 70 g, T7: rastrojo de frijol + 60 g, T8: rastrojo de frijol + 70 g, T9: rastrojo de frijol + 80 g y T11: pasto pangola + 70 g, presentaron la mayor invasión micelial en 100%; seguido por los tratamientos T2: olote de maíz + 70 g y T3: olote de maíz + 80 g con 98.33%, el resto de los tratamientos mostraron una invasión micelial del 83.33%.

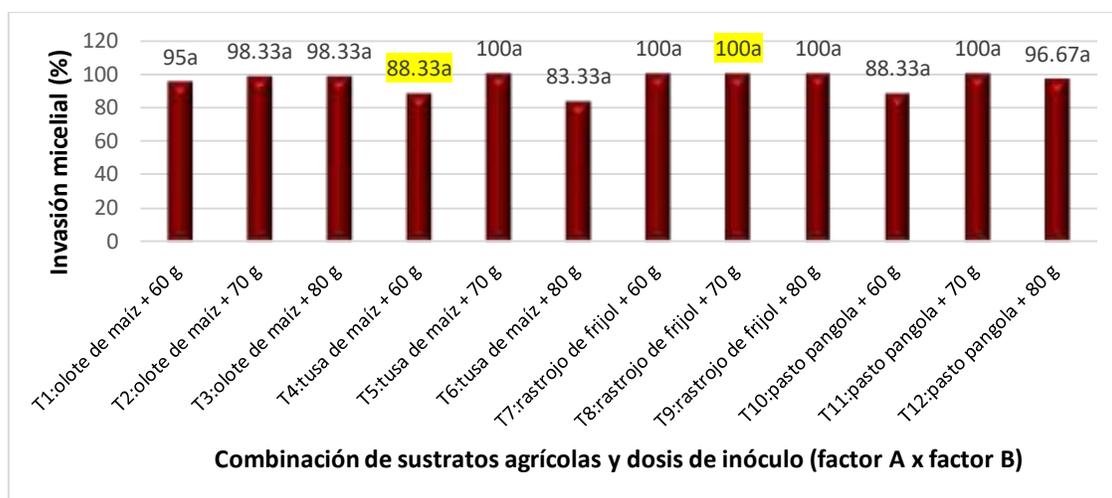


Figura 31. Efecto de la interacción de los sustratos agrícolas y las dosis de inóculo en la invasión micelial del hongo.

Al aplicar el análisis de varianza (ANOVA) se demostró estadísticamente con probabilidad (p-valor) mayor a la significancia estadística ( $\alpha$ ) de 0.05, que las dosis de inóculo de 60 g, 70 g y 80 g; los sustratos olote de maíz, pasto pangola, rastrojo de frijol y tusa de maíz; y su interacción no presentaron diferencias estadísticas significativas en la invasión micelial del hongo *Pleurotus ostreatus* (anexo 8).

## 7.2. Periodo de invasión

Las dosis de inóculo de 70 g y 80 g mostraron el mejor periodo de invasión con una media de 19 días, seguido por la dosis de 60 g con el mayor periodo para la colonización de los sustratos con 22 días.

Cuadro 9. Medidas resumen del efecto de diferentes dosis de inóculo en el periodo de invasión del hongo comestible.

Factor A (dosis de inóculo)	Variable	Media	Desviación estándar	Coficiente de variación
D1: 60 gramos	Periodo de invasión (días)	21.92 <sup>b</sup>	3.12	14.22
D2: 70 gramos		18.92 <sup>ab</sup>	2.61	13.8
D3: 80 gramos		18.67 <sup>b</sup>	4.12	22.07

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0.05$ )

El sustrato rastrojo de frijol mostró el mejor periodo de invasión con 17 días, seguido por el olote de maíz con 19 días; finalmente los sustratos tusa de maíz y pasto pangola con 21 días.

Cuadro 10. Medidas resumen del efecto de diferentes sustratos agrícolas en el periodo de invasión del hongo comestible.

FB (sustratos agrícolas)	Variable	Media	Desviación estándar	Coefficiente de variación
S1: Olote de maíz		19.67 <sup>ab</sup>	4.44	22.6
S2: Pasto pangola	Periodo de invasión (días)	21.44 <sup>b</sup>	3.21	14.95
S3: Rastrojo de frijol		17.22 <sup>a</sup>	1.79	10.38
S4: Tusa de maíz		21 <sup>ab</sup>	3.24	15.43

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0.05$ )

En la producción del hongo Ostra se buscan sustratos donde la invasión micelial ocurra en el menor tiempo posible, esto garantizará excelente producción de carpóforos o cuerpos fructíferos. Los resultados obtenidos en la investigación reflejan mejor comportamiento a lo manifestado por Garzón y Cuervo (2008:8), quienes evaluaron la producción de *Pleurotus ostreatus* sobre residuos sólidos lignocelulósicos de diferente procedencia. “Se puede apreciar que en los sustratos donde más rápidamente se completó la invasión del micelio, fueron las mezclas de café con o sin aserrín junto con el bagazo de la caña de azúcar y/o el tallo de maíz (tratamientos 8, 9, 10, 11 y 12) con finalización del periodo de incubación a los 26 días después de la inoculación, los cuales presentaron diferencias significativas ( $P < 0.05$ ) con los demás tratamientos, a excepción del tratamiento 9 que no tuvo diferencias estadísticamente significativas con los tratamientos 1, 5 y 6 y los cuales presentan una alta proporción de café respecto de los tratamientos 8, 10, 11 y 12; éste tratamiento tampoco presentó diferencias estadísticamente significativas respecto de los tratamientos 3 y 4. También se puede apreciar que los sustratos donde más se demoró la invasión micelial con diferencias estadísticamente significativas respecto de los demás, fueron los tratamientos 2 y 7 que tuvieron el aserrín en alta proporción pero sin bagazo de caña de azúcar o tallo de maíz con 42 días después de la inoculación”.

Los resultados en el periodo de invasión son similares a lo obtenido por Romero *et al.* (2010:4), en una investigación en el municipio de Tetela de Ocampo, Puebla, México, obtuvieron buen crecimiento micelial en 18 días promedio de incubación para cubrir los sustratos en residuos de hoja de plátano deshidratada, en contraste con otros sustratos agrícolas como paja de trigo (*T. aestivum*), paja de cebada (*H. vulgare*), pajilla de frijol (*P. vulgaris*) y rastrojo de maíz (*Z. mays*).

En la interacción sustrato y dosis de inóculo el tratamiento T10: pasto pangola + 60 g presentó el mayor periodo de invasión micelial con 24 días; seguido por el tratamiento T4: tusa de maíz + 60 g con 23 días; luego el tratamiento T1: olote de maíz + 60 g con 22 días, el resto de los tratamientos mostraron el menor periodo de invasión micelial con 18 días, 17 días y 16 días respectivamente.

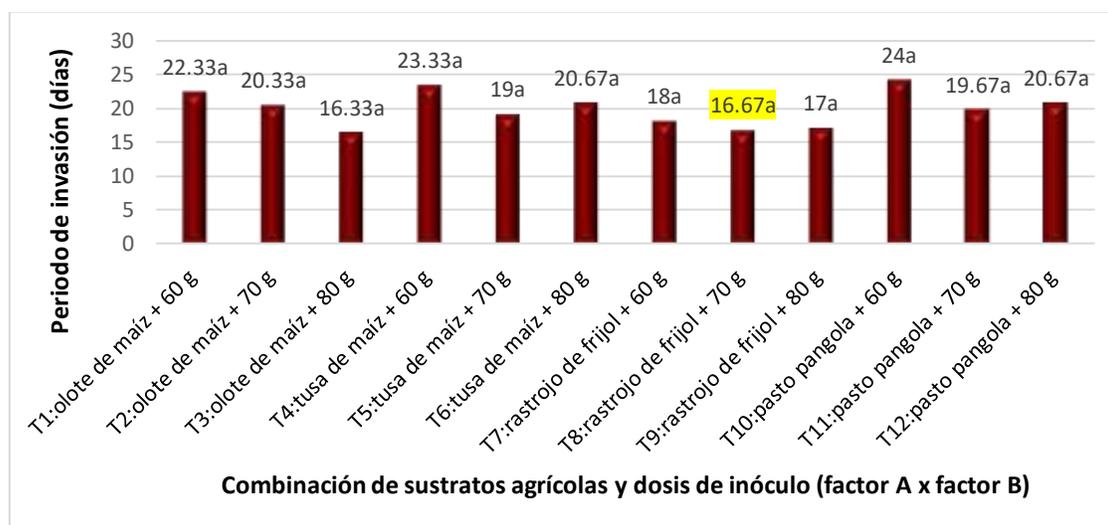


Figura 32. Efecto de la combinación de sustratos y dosis de inóculo en el periodo de invasión del hongo.

Al aplicar el análisis de varianza se demostró estadísticamente con probabilidad (p-valor) menor a la significancia estadística ( $\alpha$ ) de 0.05, que las dosis de inóculo de 60 g, 70 g y 80 g; y los sustratos olote de maíz, pasto pangola, rastrojo de frijol, y tusa de maíz, presentaron diferencias estadísticas significativas en el periodo de invasión del hongo *Pleurotus ostreatus*. En el caso de las interacciones o combinaciones los tratamientos no mostraron diferencias significativas en el periodo de invasión, al presentar una probabilidad (p-valor) mayor a la significancia estadística ( $\alpha$ ) de 0.05 (anexo 8).

### 7.3. Periodo de formación de primordios

La dosis de inóculo de 80 g obtuvo el mejor tiempo en la formación de primordios con una media de 32.92 días; el menor periodo se obtuvo con las dosis de 60 g y 70 g con 31 días.

Cuadro 11. Medidas resumen del efecto de diferentes dosis de inóculo en el periodo de formación de primordios del hongo comestible.

Factor A (dosis de inóculo)	Variable	Media	Desviación estándar	Coefficiente de variación
D1: 60 gramos	Periodo de formación de primordios (días)	31.08 <sup>a</sup>	14.68	47.23
D2: 70 gramos		31 <sup>a</sup>	8.2	26.46
D3: 80 gramos		32.92 <sup>a</sup>	10.67	32.42

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0.05$ )

El sustrato olote de maíz mostró el mayor periodo de formación de primordios con 38 días, seguido por la tusa de maíz con 35 días; finalmente los sustratos pasto pangola y rastrojo de frijol con 30 y 24 días respectivamente.

Cuadro 12. Medidas resumen del efecto de diferentes sustratos en el periodo de formación de primordios del hongo comestible.

FB (sustratos agrícolas)	Variable	Media	Desviación estándar	Coefficiente de variación
S1: Olote de maíz	Periodo de formación de primordios (días)	38.22 <sup>b</sup>	15.01	39.28
S2: Pasto pangola		29.78 <sup>ab</sup>	7.46	25.06
S3: Rastrojo de frijol		23.89 <sup>a</sup>	1.96	8.23
S4: Tusa de maíz		34.78 <sup>ab</sup>	11.52	33.12

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0.05$ )

De los sustratos agrícolas evaluados, el olote de maíz mostró el mayor número de primordios, no obstante producto de la granulometría o tamaño del olote la mayoría de primordios se deshidrataron y murieron no llegando a la etapa adulta. Los resultados en el periodo de formación de primordios difieren a los encontrados por Romero *et al.* (2010:4) en una investigación en el municipio de Tetela de Ocampo, Puebla, México, obtuvieron primordios a los 22 días de incubación en el sustrato hoja de plátano deshidratada. En la paja de cebada y paja de trigo fue de 3 a 5 días más para alcanzar la etapa adulta que es la condición en que fueron recolectados en la primera cosecha. Las muestras de pajilla de frijol y rastrojo de maíz no desarrollaron fructificaciones en este periodo, sus estadios requirieron más de 28 días de incubación y 3 días más para su etapa adulta.

Al analizar las interacciones el tratamiento T3: olote de maíz + 80 g obtuvo el mayor periodo de formación de primordios en 46 días; seguido por los tratamientos T2: olote de maíz + 70 g y T4: tusa de maíz + 60 g en 40 días.

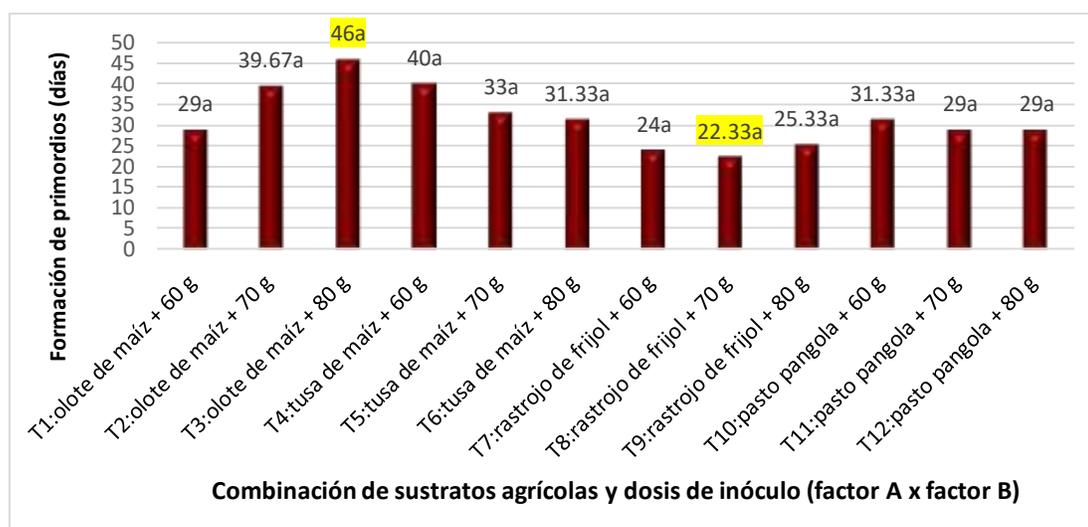


Figura 33. Efecto de la combinación de sustratos agrícolas y dosis de inóculo en la formación de primordios del hongo.

Al aplicar el análisis de varianza se demostró estadísticamente con probabilidad (p-valor) mayor a la significancia estadística ( $\alpha$ ) de 0.05, que las dosis de inóculo de 60 g, 70 g y 80 g; los sustratos agrícolas olote de maíz, pasto pangola, rastrojo de frijol y tusa de maíz, y su interacción o combinación no presentaron diferencias estadísticas significativas en el periodo de formación de primordios del hongo *Pleurotus ostreatus* (anexo 8).

#### 7.4. Número de primordios

La dosis de inóculo de 70 g mostró el mayor número de primordios con una media de 34.75 primordios, seguido por la dosis de 80 g con 27.17 primordios; finalmente la dosis de 60 g con 25.08 primordios.

Cuadro 13. Medidas resumen del efecto de diferentes dosis de inóculo en el número de primordios del hongo comestible.

<b>Factor A (dosis de inóculo)</b>	<b>Variable</b>	<b>Media</b>	<b>Desviación estándar</b>	<b>Coefficiente de variación</b>
D1: 60 gramos	Número total de primordios	25.08 <sup>a</sup>	20.97	83.62
D2: 70 gramos		34.75 <sup>a</sup>	21.76	62.62
D3: 80 gramos		27.17 <sup>a</sup>	15.8	58.18

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0.05$ )

El sustrato rastrojo de frijol mostró el mayor número de primordios con una media de 45 primordios, seguido por el pasto pangola con 33 primordios, la tusa de maíz con 25 primordios; finalmente el olote de maíz con 13 primordios.

Cuadro 14. Medidas resumen del efecto de diferentes sustratos en el número de primordios del hongo comestible.

<b>FB (sustratos agrícolas)</b>	<b>Variable</b>	<b>Media</b>	<b>Desviación estándar</b>	<b>Coefficiente de variación</b>
S1: Olote de maíz	Número total de primordios	13.33 <sup>a</sup>	9.89	74.15
S2: Pasto pangola		32.89 <sup>ab</sup>	19.79	60.17
S3: Rastrojo de frijol		45.11 <sup>b</sup>	21.27	47.15
S4: Tusa de maíz		24.67 <sup>ab</sup>	11.36	46.05

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0.05$ )

Está comprobado científicamente que los sustratos con excelente relación carbono/nitrógeno son ideales para la producción del hongo *Ostra*, en esta investigación los sustratos que cumplen estas características son el rastrojo de frijol y el pasto pangola. De acuerdo con Cueva *et al.* (2014:4-5), en su investigación evaluación de residuos agrícolas para la producción del hongo *Pleurotus ostreatus* en el contenido de nitrógeno resaltan los residuos de lenteja, bagazo de caña de azúcar, paja de cebada y cascarilla de arroz (1.29; 1.11; 0.84 y 0.77 % respectivamente), los valores más bajos se reportan para la paja de trigo y el rastrojo de maíz (0.46 y 0.38 %). Se considera que para el cultivo del hongo *Pleurotus* el contenido de nitrógeno puede estar entre 0.7-0.9 % en peso seco, aunque también se menciona entre 0.5-1.5 %.

Los resultados obtenidos en el número total de primordios superan lo obtenido por Varnero *et al.* (2010:6), en una investigación en Santa Cruz, a 40 km de la ciudad de San Fernando, Chile, estudiaron el potencial de los residuos forestales astillas de álamo, astillas de eucalipto, mezcla

de paja de trigo y eucalipto y paja de trigo (testigo), como sustrato para el cultivo del hongo *Pleurotus ostreatus*. La paja de trigo presentó el mayor número de primordios con 18.20, seguido por la mezcla de paja de trigo y eucalipto con 15.20 primordios, eucalipto con 10.20 primordios y las astillas de álamo con 3.40 primordios.

Al analizar las interacciones los tratamientos T7: rastrojo de frijol + 60 g y T8: rastrojo de frijol + 70 g mostraron el mayor número de primordios con 47, seguido por T9: rastrojo de frijol + 80 g con 42 primordios.

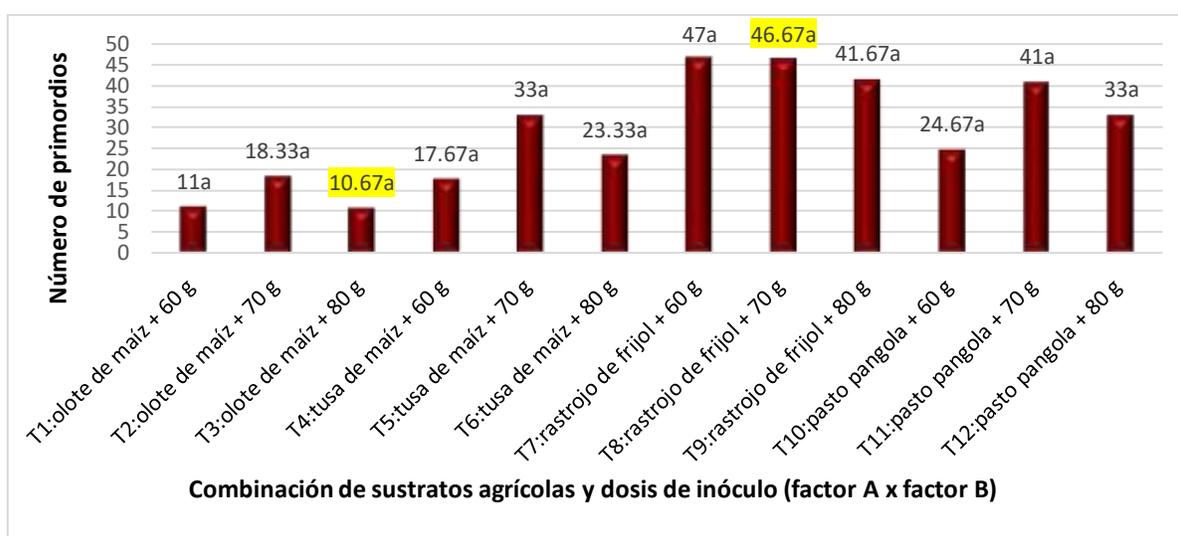


Figura 34. Efecto de la combinación de sustratos y dosis de inóculo en el número de primordios del hongo.

Al aplicar el análisis de varianza se demostró estadísticamente con probabilidad (p-valor) mayor que la significancia estadística ( $\alpha$ ) de 0.05, que las dosis de inóculo de 60 g, 70 g y 80 g, no presentaron diferencias estadísticas significativas en el número de primordios del hongo *Pleurotus ostreatus*.

En el caso de los sustratos agrícolas se demostró con probabilidad (p-valor) menor a la significancia estadística ( $\alpha$ ) de 0.05, que el olote de maíz, pasto pangola, rastrojo de frijol y tusa de maíz, presentaron diferencias estadísticas significativas en el número de primordios del hongo.

Al analizar las interacciones se demostró con una probabilidad (p-valor) mayor que la significancia estadística ( $\alpha$ ) de 0.05, que las combinaciones de dosis de inóculo y sustratos no presentaron diferencias estadísticas significativas en el número de primordios (anexo 8).

Al aplicar el análisis de correlación de Pearson ( $r$ ), se demostró con probabilidad (p-valor) de 0.0001 menor que la significancia estadística ( $\alpha$ ) de 0.05, que existen correlaciones lineales significativas entre las variables número de primordios y número de racimos con  $r = 0.87$ ; peso fresco de carpóforos  $r = 0.67$ , periodo de cosecha  $r = 0.59$ , eficiencia biológica (%)  $r = 0.76$  y la tasa de producción (%)  $r = 0.69$  (anexo 9).

### 7.5. Número de racimos o carpóforos

La dosis de inóculo de 70 g mostró el mayor número de racimos o carpóforos con una media de 21.5 racimos, seguido por la dosis de 80 g con 17.5 racimos; finalmente la dosis de 60 g con 17.13 racimos.

Cuadro 15. Medidas resumen del efecto de diferentes dosis de inóculo en el número de racimos del hongo comestible.

Factor A (dosis de inóculo)	Variable	Media	Desviación estándar	Coficiente de variación
D1: 60 gramos	Número total de racimos	13.75 <sup>a</sup>	12.3	89.46
D2: 70 gramos		21.5 <sup>a</sup>	13.81	64.25
D3: 80 gramos		17.5 <sup>a</sup>	10.93	62.48

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0.05$ )

El sustrato rastrojo de frijol mostró el mayor número de racimos con una media de 30 racimos, seguido por el pasto pangola con 23 racimos, la tusa de maíz con 10 racimos; finalmente el olote de maíz con 8 racimos.

Cuadro 16. Medidas resumen del efecto de diferentes sustratos en el número de racimos del hongo comestible.

FB (sustratos agrícolas)	Variable	Media	Desviación estándar	Coefficiente de variación
S1: Olote de maíz		7.78 <sup>a</sup>	5.85	75.18
S2: Pasto pangola	Número total de racimos	23.11 <sup>b</sup>	12.55	54.32
S3: Rastrojo de frijol		29.78 <sup>b</sup>	8.01	26.91
S4: Tusa de maíz		9.67 <sup>a</sup>	6.6	68.23

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0.05$ )

De los sustratos evaluados en esta investigación el rastrojo de frijol presentó el mayor contenido de nitrógeno existiendo una relación directa con el número de racimos o carpóforos. Los resultados en el número total de racimos superan lo reportado por Varnero *et al.* (2010:8), en una investigación en Santa Cruz, a 40 km de la ciudad de San Fernando, Chile, estudiaron el potencial de los residuos forestales astillas de álamo, astillas de eucalipto, mezcla de paja de trigo y eucalipto y paja de trigo (testigo), como sustrato para el cultivo del hongo *Pleurotus ostreatus*. La mezcla de paja de trigo y eucalipto presentó el mayor número de racimos con 6.8, seguido por la paja de trigo con 5.2 racimos, eucalipto con 4.6 racimos y las astillas de álamo con 2.8 racimos.

El número total de racimos obtenido en esta investigación es superado por los resultados obtenidos por Romero *et al.* (2010:5), en el municipio de Tetela de Ocampo, Puebla, México, cosecharon 283 hongos en el sustrato de paja de trigo, 250 en paja de cebada, 218 en hoja de plátano deshidratada, 182 en el rastrojo de maíz y 143 hongos en la pajilla de frijol.

Al analizar las interacciones el tratamiento T8: rastrojo de frijol + 70 g, presentó el mayor número de racimos con 33 racimos; seguido por los tratamientos T7: rastrojo de frijol + 60 g y T9: rastrojo de frijol + 80 g con 28 racimos; luego el tratamiento T11: pasto pangola + 70 g con 27 racimos.

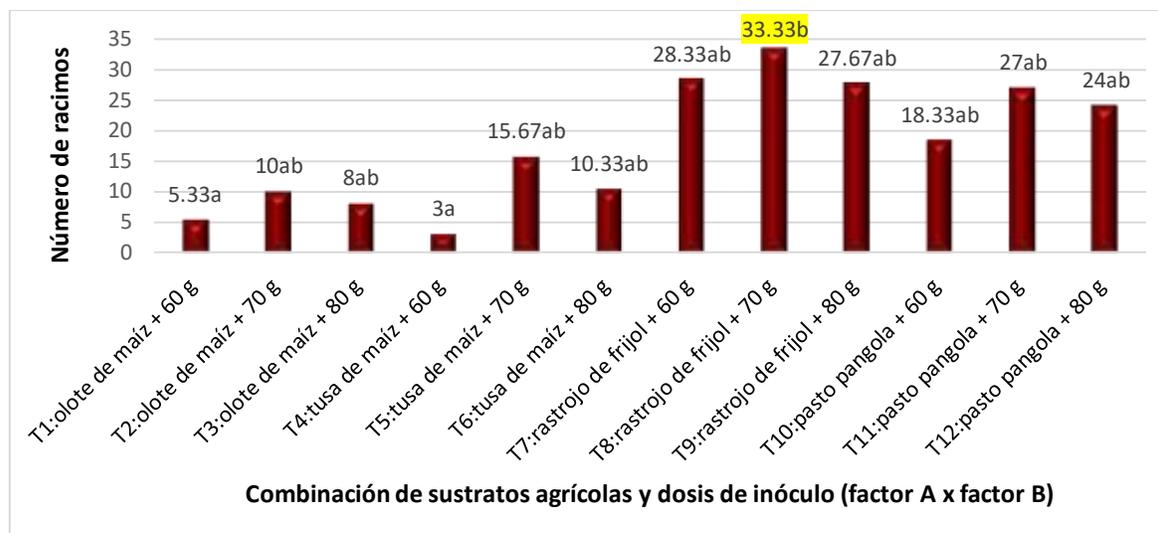


Figura 35. Efecto de la combinación de sustratos y dosis de inóculo en el número de racimos del hongo.

Al aplicar el análisis de varianza se demostró estadísticamente con probabilidad (p-valor) mayor que la significancia estadística ( $\alpha$ ) de 0.05, que las dosis de inóculo de 60 g, 70 g y 80 g, no presentaron diferencias estadísticas significativas en el número de racimos del hongo *Pleurotus ostreatus*.

En los sustratos agrícolas se demostró con probabilidad (p-valor) menor a la significancia estadística ( $\alpha$ ) de 0.05, que el olote de maíz, pasto pangola, rastrojo de frijol y tusa de maíz, presentaron diferencias estadísticas significativas en el número de racimos del hongo.

Al analizar las interacciones se demostró con probabilidad (p-valor) mayor que la significancia estadística ( $\alpha$ ) de 0.05, que las combinaciones de dosis de inóculo y sustratos agrícolas no presentaron diferencias estadísticas significativas en el número de racimos del hongo (anexo 8).

Al aplicar el análisis de correlación de Pearson (r), se demostró con probabilidad (p-valor) de 0.0001 y 0.0006 menores que la significancia estadística ( $\alpha$ ) de 0.05, que existen correlaciones lineales altamente significativas entre las variables número de racimos y peso fresco de carpóforos con  $r = 0.81$ , periodo de cosecha  $r = 0.54$ , eficiencia biológica (%)  $r = 0.88$  y la tasa de producción (%)  $r = 0.84$  (anexo 9).

### 7.6. Peso fresco de racimos o carpóforos

La dosis de inóculo de 70 g, generó el mayor peso fresco de carpóforos con una media de 409.42 g, seguido por la dosis de 80 g con 392.67 g; finalmente la dosis de 60 g con 298.5 g.

Cuadro 17. Medidas resumen de diferentes dosis de inóculo en el peso fresco de carpóforos del hongo comestible.

Factor A (dosis de inóculo)	Variable	Media	Desviación estándar	Coefficiente de variación
D1: 60 gramos	Peso fresco total de carpóforos (g)	298.5 <sup>a</sup>	218.82	73.31
D2: 70 gramos		409.42 <sup>a</sup>	267.25	65.28
D3: 80 gramos		392.67 <sup>a</sup>	151.59	38.6

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0.05$ )

El sustrato rastrojo de frijol mostró el mayor peso fresco de carpóforos con una media de 559.44 g, seguido por el pasto pangola con 409.78 g, olote de maíz con 278.89 g; finalmente la tusa de maíz con 219.33 g.

Cuadro 18. Medidas resumen de diferentes sustratos agrícolas en el peso fresco de carpóforos del hongo comestible.

FB (sustratos agrícolas)	Variable	Media	Desviación estándar	Coefficiente de variación
S1: Olote de maíz	Peso fresco total de carpóforos (g)	278.89 <sup>a</sup>	244.87	87.8
S2: Pasto pangola		409.78 <sup>ab</sup>	193.56	47.23
S3: Rastrojo de frijol		559.44 <sup>b</sup>	138.25	24.71
S4: Tusa de maíz		219.33 <sup>a</sup>	113.29	51.65

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0.05$ )

El peso fresco total de los carpóforos obtenidos en esta investigación tienen cierta similitud a los resultados expresados por Vargas *et al.* (2012:6), en los tratamientos : T1: bagazo 100%, T2: roble 100%, T3: roble 75% y 25% de bagazo, T4: roble 50% y 50% bagazo y T5: roble 25% y 75% bagazo en la producción de *Pleurotus ostreatus*, “el tratamiento T1 arrojó 248.33 g por unidad experimental de 2 kg de sustrato, siendo mayor a 228.33 g y 121.67 g en cosechas posteriores, con comportamiento similar en los otros tratamientos. La producción de setas tuvo disminución durante las cosechas por el agotamiento del sustrato que pierde peso y materia orgánica, implicando una disminución en la cantidad de nutrientes y por tanto disminución en el rendimiento. La producción promedio de hongos en sustrato de pulpa de café en la primera

cosecha fue de 248.33 g, pero con unidades experimentales de 3 kg, lo que indica 86 g/kg de sustrato, mientras que el bagazo de caña en la primera cosecha arrojó 248.33 g con una unidad experimental de 2 kg, con un valor de 124.17g/kg de sustrato, valor mayor que el de pulpa de café; otros sustratos como la pulpa y el pasto King Grass arrojaron valores de 385 g/kg de sustrato y 128.33 g/kg de sustrato respectivamente, valor mayor que los mencionados, por lo que se puede deducir que la producción promedio de hongos es diferente en cada sustrato por lo que debe ser evaluado según su naturaleza física y química”.

De igual manera, el peso fresco total de los carpóforos obtenidos en esta investigación es concordante a los resultados de Garzón y Cuervo (2008:12), en Colombia cultivaron el hongo *Pleurotus ostreatus* en los siguientes sustratos: bagazo de caña de azúcar, tallo de maíz, aserrín y sobras de café de consumo humano. El rendimiento de los sustratos que tuvieron café y en mezclas varió entre 265 g a 409 g, y fueron significativamente más altos ( $p < 0.05$ ) que los sustratos que no lo tenían en los cuales varió entre 1.5 g y 154 g de peso fresco de carpóforos.

En las interacciones el tratamiento T8: rastrojo de frijol + 70 g, obtuvo el mayor peso fresco de carpóforos con 587 g, seguido por el tratamiento T7: rastrojo de frijol + 60 g con 554 g; luego el tratamiento T9: rastrojo de frijol + 80 g con 538 g.

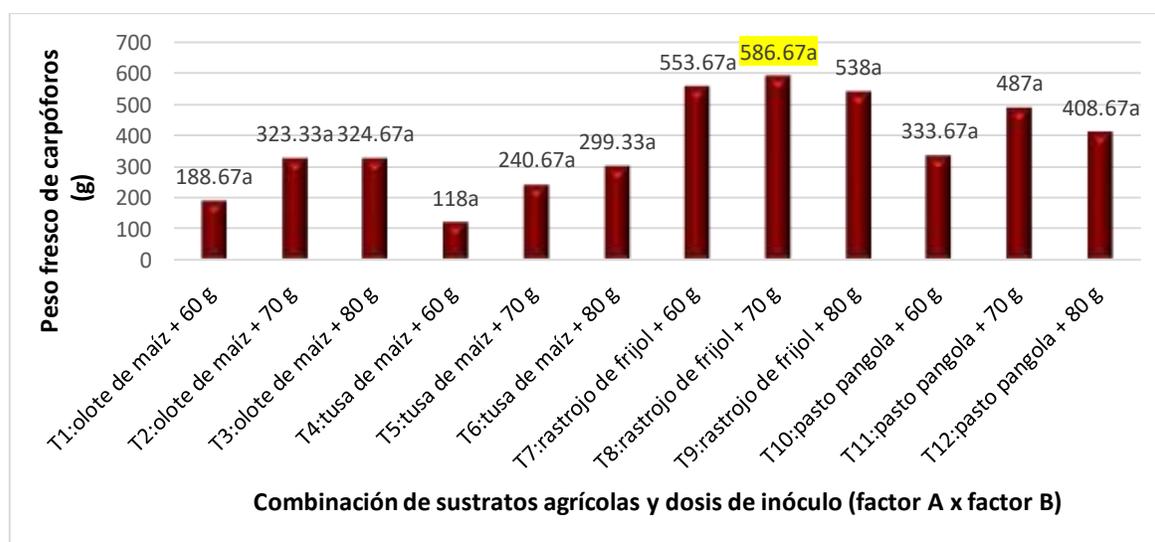


Figura 36. Efecto de la combinación de sustratos agrícolas y dosis de inóculo en el peso fresco de carpóforos del hongo.

Al aplicar el análisis de varianza se demostró estadísticamente con probabilidad (p-valor) mayor que la significancia estadística ( $\alpha$ ) de 0.05, que las dosis de inóculo de 60 g, 70 g y 80 g, no presentaron diferencias estadísticas significativas en el peso fresco de racimos o carpóforos del hongo *Pleurotus ostreatus*.

En los sustratos se demostró con probabilidad (p-valor) menor a la significancia estadística ( $\alpha$ ) de 0.05, que el olote de maíz, pasto pangola, rastrojo de frijol y tusa de maíz, presentaron diferencias estadísticas significativas en el peso fresco de carpóforos del hongo.

Al analizar las interacciones se demostró con probabilidad (p-valor) mayor que la significancia estadística ( $\alpha$ ) de 0.05, que las combinaciones de dosis de inóculo y sustratos no presentaron diferencias estadísticas significativas en el peso fresco de los carpóforos del hongo (anexo 8).

Al aplicar el análisis de correlación de Pearson ( $r$ ), se demostró con probabilidad (p-valor) de 0.0001 menor que la significancia estadística ( $\alpha$ ) de 0.05, que existen correlaciones lineales altamente significativas entre el peso fresco de carpóforos con la eficiencia biológica (%) con  $r = 0.78$  y la tasa de producción (%)  $r = 0.83$  (anexo 9).

### 7.7. Diámetro promedio de estípite

Las dosis de inóculo de 70 g y 80 g, generaron el mayor diámetro promedio del estípite con 9.59 cm y 9.49 cm, respectivamente; finalmente la dosis de 60 g con 8.08 cm.

Cuadro 19. Medidas resumen de diferentes dosis de inóculo en el diámetro promedio del estípite del hongo comestible.

Factor A (dosis de inóculo)	Variable	Media	Desviación estándar	Coefficiente de variación
D1: 60 gramos	Diámetro promedio de estípite (cm)	8.08 <sup>a</sup>	4.04	50.05
D2: 70 gramos		9.59 <sup>a</sup>	2.23	23.27
D3: 80 gramos		9.49 <sup>a</sup>	1.25	13.13

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0.05$ )

El sustrato pasto pangola mostró el mayor diámetro promedio del estípite con 10.12 cm, seguido por el rastrojo de frijol con 9.7 cm, olote de maíz con 8.59 cm; finalmente la tusa de maíz con 7.8 cm.

Cuadro 20. Medidas resumen de diferentes sustratos agrícolas en el diámetro del estípite del hongo comestible.

FB (sustratos agrícolas)	Variable	Media	Desviación estándar	Coefficiente de variación
S1: Orote de maíz	Diámetro de estípite (cm)	8.59 <sup>a</sup>	3.36	39.1
S2: Pasto pangola		10.12 <sup>a</sup>	2.69	26.54
S3: Rastrojo de frijol		9.7 <sup>a</sup>	1.11	11.42
S4: Tusa de maíz		7.8 <sup>a</sup>	3.18	40.76

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0.05$ )

Al analizar las interacciones, el tratamiento T10: pasto pangola + 60 g, mostró el mayor diámetro promedio del estípite con 11.14 cm, seguido del tratamiento T11: pasto pangola + 70 g con 10.91 cm, luego el tratamiento T3: orote de maíz + 80 g con 10.23 cm.

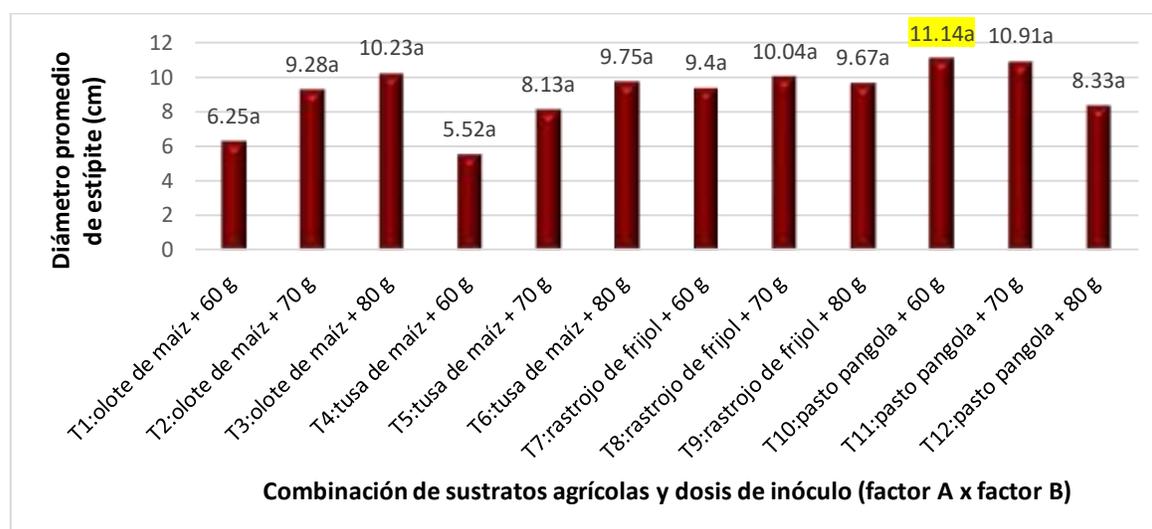


Figura 37. Efecto de la combinación de sustratos agrícolas y dosis de inóculo en el diámetro promedio del estípite del hongo.

Al aplicar el análisis de varianza se demostró estadísticamente con probabilidad ( $p$ -valor) mayor a la significancia estadística ( $\alpha$ ) de 0.05, que las dosis de inóculo de 60 g, 70 g y 80 g; los sustratos olote de maíz, pasto pangola, rastrojo de frijol y tusa de maíz, y su interacción no presentaron diferencias estadísticas significativas en el diámetro promedio del estípite del hongo *Pleurotus ostreatus* (anexo 8).

Al aplicar el análisis de correlación de Pearson ( $r$ ), se demostró con probabilidad ( $p$ -valor) de 0.0001 menor que la significancia estadística ( $\alpha$ ) de 0.05, que existen correlaciones lineales altamente significativas entre el diámetro promedio del estípite con la longitud promedio del estípite con  $r = 0.75$ , y el diámetro promedio del sombrero  $r = 0.83$  (anexo 9).

### 7.8. Longitud promedio del estípite

Las dosis de inóculo de 80 g y 70 g, expresaron la mayor longitud promedio del estípite con 47.68 cm y 44.01 cm, respectivamente; finalmente la dosis de 60 g con 38.29 cm.

Cuadro 21. Medidas resumen de diferentes dosis de inóculo en la longitud promedio del estípite del hongo comestible.

Factor A (dosis de inóculo)	Variable	Media	Desviación estándar	Coefficiente de variación
D1: 60 gramos	Longitud promedio de estípite (cm)	38.29 <sup>a</sup>	19.08	49.82
D2: 70 gramos		44.01 <sup>a</sup>	7.08	16.1
D3: 80 gramos		47.68 <sup>a</sup>	7.84	16.45

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0.05$ )

El sustrato olote de maíz mostró la mayor longitud promedio del estípite con 46.81 cm, seguido por el rastrojo de frijol con 45.15 cm, pasto pangola con 43.34 cm; finalmente la tusa de maíz con 38 cm.

Cuadro 22. Medidas resumen del efecto de sustratos agrícolas en la longitud promedio del estípite del hongo comestible.

FB (sustratos agrícolas)	Variable	Media	Desviación estándar	Coefficiente de variación
S1: Olote de maíz	Longitud promedio de estípite (cm)	46.81 <sup>a</sup>	19.28	41.19
S2: Pasto pangola		43.34 <sup>a</sup>	7.19	16.59
S3: Rastrojo de frijol		45.15 <sup>a</sup>	5.68	12.57
S4: Tusa de maíz		38 <sup>a</sup>	14.7	38.69

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0.05$ )

Al analizar las interacciones, el tratamiento T3: olote de maíz + 80 g, manifestó la mayor longitud promedio del estípite con 57.64 cm; seguido del tratamiento T2: olote de maíz + 70 g con 4.38 cm; luego el tratamiento T8: rastrojo de frijol + 70 g con 46.57 cm.

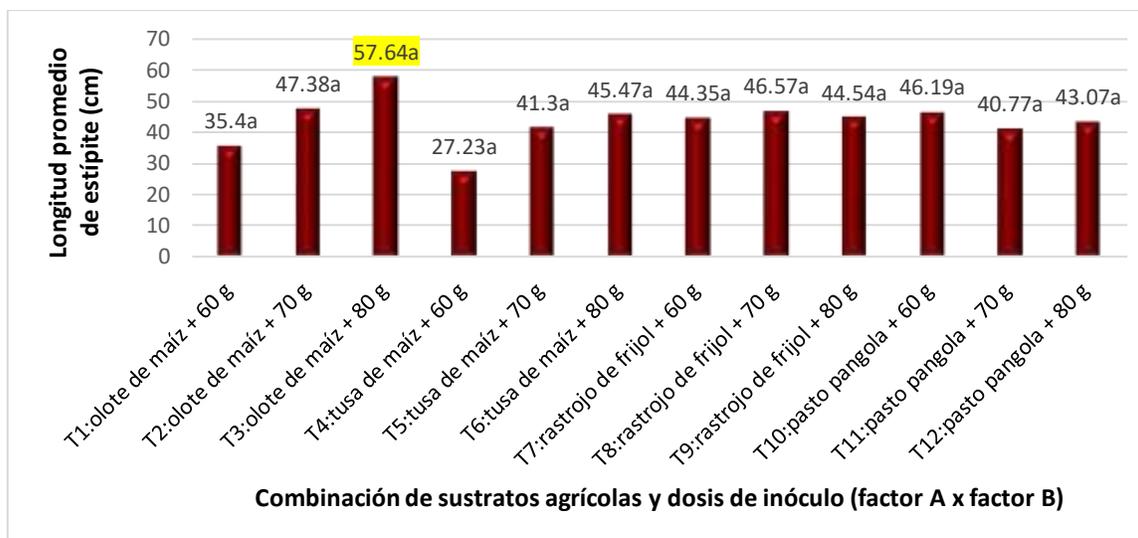


Figura 38. Efecto de sustratos agrícolas y dosis de inóculo en la longitud promedio del estípite del hongo.

Al aplicar el análisis de varianza se demostró estadísticamente con probabilidad (p-valor) mayor a la significancia estadística ( $\alpha$ ) de 0.05, que las dosis de inóculo de 60 g, 70 g y 80 g; los sustratos olote de maíz, pasto pangola, rastrojo de frijol y tusa de maíz; y su interacción no presentaron diferencias estadísticas significativas en la longitud promedio del estípite del hongo *Pleurotus ostreatus* (anexo 8).

Al aplicar el análisis de correlación de Pearson ( $r$ ), se demostró con probabilidad (p-valor) de 0.0001 menor que la significancia estadística ( $\alpha$ ) de 0.05, que existe correlación lineal altamente significativa entre las variables longitud promedio del estípite y el diámetro promedio del sombrero  $r = 0.89$  (anexo 9).

### 7.9. Diámetro promedio del sombrero

Las dosis de inóculo de 80 g y 70 g, mostraron el mayor diámetro promedio del sombrero con 62.86 cm y 59.47 cm, respectivamente; finalmente la dosis de 60 g con 51.94 cm.

Cuadro 23. Medidas resumen del efecto de diferentes dosis de inóculo en el diámetro promedio del sombrero del hongo comestible.

Factor A (dosis de inóculo)	Variable	Media	Desviación estándar	Coficiente de variación
D1: 60 gramos	Diámetro promedio de sombrero (cm)	51.94 <sup>a</sup>	26.54	51.1
D2: 70 gramos		59.47 <sup>a</sup>	8.89	14.94
D3: 80 gramos		62.86 <sup>a</sup>	7.6	12.09

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0.05$ )

El sustrato pasto pangola mostró el mayor diámetro promedio del sombrero con 61.85 cm, seguido por el rastrojo de frijol con 61.24 cm, olote de maíz con 58.31 cm; finalmente la tusa de maíz con 50.96 cm.

Cuadro 24. Medidas resumen del efecto de sustratos agrícolas en el diámetro promedio del sombrero del hongo comestible.

FB (sustratos agrícolas)	Variable	Media	Desviación estándar	Coficiente de variación
S1: Olote de maíz	Diámetro promedio de sombrero (cm)	58.31 <sup>a</sup>	23.93	41.04
S2: Pasto pangola		61.85 <sup>a</sup>	11.72	18.95
S3: Rastrojo de frijol		61.24 <sup>a</sup>	6.26	10.23
S4: Tusa de maíz		50.96 <sup>a</sup>	20.42	40.06

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0.05$ )

Según Magae *et al.* (1995), citado por López *et al.* (2008:7), “el diámetro de los carpóforos de los hongos producidos por bolsa no es relevante como su peso fresco, ya que lo importante de un sustrato es el rendimiento y la productividad en cuanto al peso fresco que éste pueda generar”.

Al analizar las interacciones, el tratamiento T10: pasto pangola + 60 g, expresó el mayor diámetro promedio del sombrero con 73.82 cm, seguido del tratamiento T3: olote de maíz + 80 g con 70.66 cm; luego el tratamiento T8: rastrojo de frijol + 70 g con 67.59 cm.

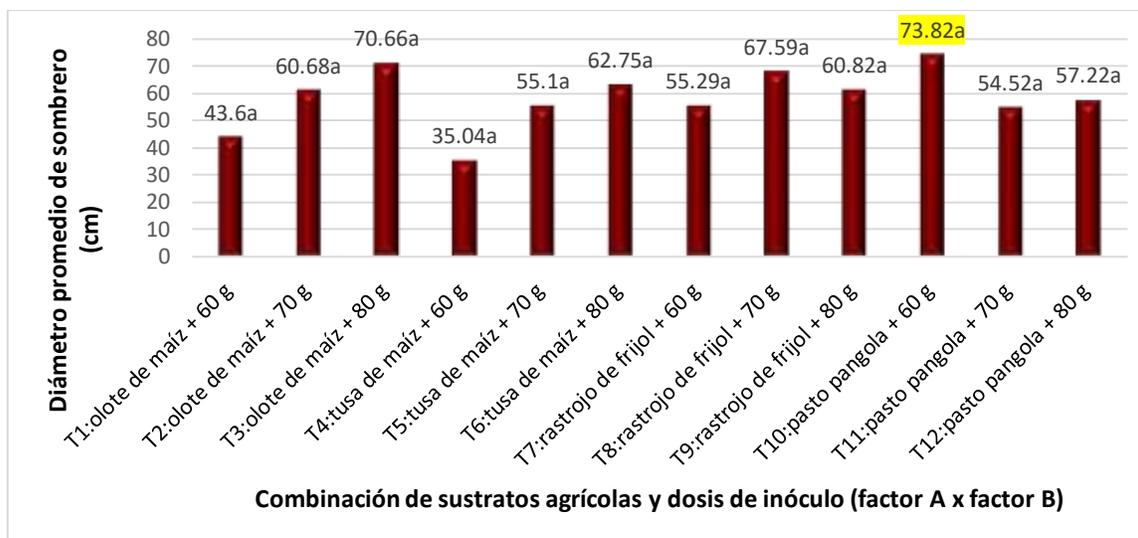


Figura 39. Efecto de la combinación de sustratos agrícolas y dosis de inóculo en el diámetro promedio del sombrero del hongo.

Al aplicar el análisis de varianza se demostró estadísticamente con probabilidad (p-valor) mayor a la significancia estadística ( $\alpha$ ) de 0.05, que las dosis de inóculo de 60 g, 70 g y 80 g; los sustratos olote de maíz, pasto pangola, rastrojo de frijol y tusa de maíz; y su interacción no presentaron diferencias estadísticas significativas en el diámetro promedio del sombrero del hongo *Pleurotus ostreatus* (anexo 8).

Al no presentar diferencias estadísticas significativas en los diámetros del sombrero obtenidos en esta investigación, estos coinciden con lo encontrado por López *et al.* (2008:7), quienes argumentan que “los datos obtenidos del tamaño de los carpóforos se pudo determinar por medio de ANOVA que no hubo diferencia estadísticamente significativa con una probabilidad igual a 0.003 y con la prueba t de student se determinó que ninguno de los residuos analizados como eran capacho de uchuva ( $p=0.437$ ), cáscara de arveja ( $p=0.120$ ) y tusa de maíz ( $p=0.180$ ) superaron al cultivo control, ya que no existió diferencia estadísticamente significativa entre éstos, indicando que el sustrato no influyó en el desarrollo del diámetro de los carpóforos. En la investigación realizada se observó que el tamaño de los carpóforos en todos los residuos evaluados era similar entre sí, con un promedio de 5 a 6 cm de diámetro, y tampoco existía una diferencia significativa con respecto al sustrato control”.

### 7.10. Periodo de cosecha

Las dosis de inóculo de 70 g y 80 g, reportaron el mayor periodo de cosecha con medias de 24.67 días y 20.67 días, respectivamente; finalmente la dosis de 60 g con 17.08 días.

Cuadro 25. Medidas resumen del efecto de diferentes dosis de inóculo en el periodo de cosecha del hongo comestible.

Factor A (dosis de inóculo)	Variable	Media	Desviación estándar	Coefficiente de variación
D1: 60 gramos	Periodo de cosecha (días)	17.08 <sup>a</sup>	11.8	69.06
D2: 70 gramos		24.67 <sup>a</sup>	12.04	48.81
D3: 80 gramos		20.67 <sup>a</sup>	10.49	50.76

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0.05$ )

El sustrato tusa de maíz expresó el mayor periodo de cosecha con una media de 27 días, seguido por el rastrojo de frijol con 26 días, pasto pangola con 23 días; finalmente el olote de maíz con 8 días.

Cuadro 26. Medidas resumen del efecto de diferentes sustratos en el periodo de cosecha del hongo comestible.

FB (sustratos agrícolas)	Variable	Media	Desviación estándar	Coefficiente de variación
S1: Olote de maíz	Periodo de cosecha (días)	8 <sup>a</sup>	4	50
S2: Pasto pangola		22.67 <sup>b</sup>	11.31	49.91
S3: Rastrojo de frijol		25.89 <sup>b</sup>	7.56	29.19
S4: Tusa de maíz		26.67 <sup>b</sup>	11.31	42.43

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0.05$ ).

Los resultados en el periodo de cosecha de esta investigación son inferiores a lo reportado por Romero *et al.* (2010:4), quienes expresan que “el periodo de producción total más corto fue de 63 días en el sustrato de paja de trigo, en cebada fue de 68 días, en el sustrato de la hoja de plátano fue de 72 días, en el rastrojo de maíz 84 días y el mayor periodo de producción lo obtuvo la pajilla de frijol con 95 días, con un total de 3 cosechas por sustrato”.

Al analizar las interacciones, los tratamientos T5: tusa de maíz + 70 g y T8: rastrojo de frijol + 70 g, mostraron el mayor periodo de cosecha con 32 días; seguido del tratamiento T6: tusa de maíz + 80 g con 29 días; luego los tratamientos T7: rastrojo de frijol + 60 g, T11: pasto pangola + 70 g y T12: pasto pangola + 80 g con 24 días.

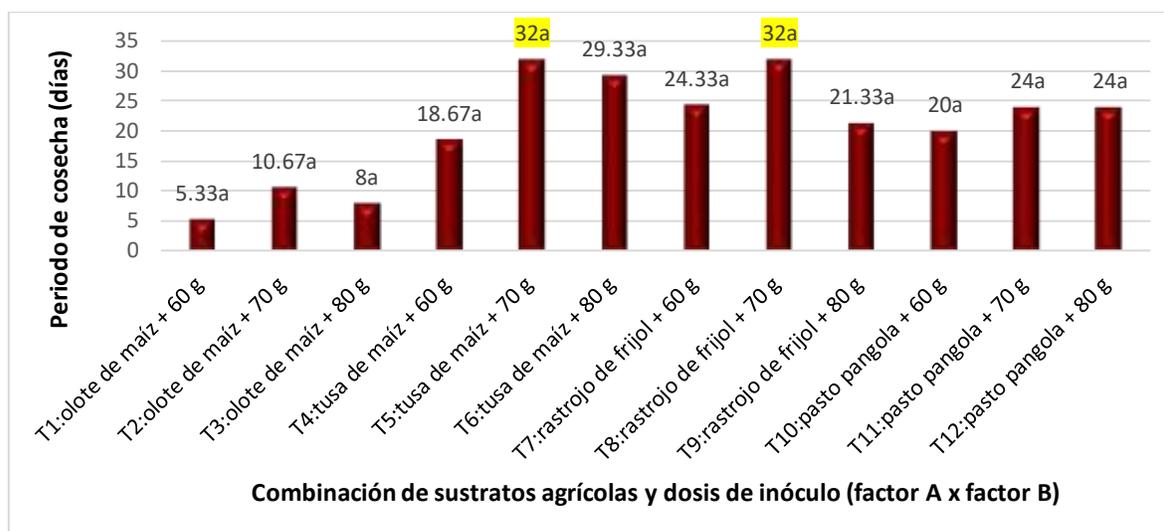


Figura 40. Efecto de los sustratos y dosis de inóculo en el periodo de cosecha del hongo.

Al aplicar el análisis de varianza se demostró estadísticamente con probabilidad (p-valor) mayor que la significancia estadística ( $\alpha$ ) de 0.05, que las dosis de inóculo de 60 g, 70 g y 80 g no presentaron diferencias estadísticas significativas en el periodo de cosecha del hongo.

En los sustratos agrícolas se demostró con probabilidad (p-valor) menor a la significancia estadística ( $\alpha$ ) de 0.05, que el olote de maíz, pasto pangola, rastrojo de frijol y tusa de maíz, presentaron diferencias estadísticas significativas en el periodo de cosecha del hongo.

Al analizar las interacciones se demostró con probabilidad (p-valor) mayor que la significancia estadística ( $\alpha$ ) de 0.05, que las dosis de inóculo y sustratos agrícolas no presentaron diferencias estadísticas significativas en el periodo de cosecha del hongo *Pleurotus ostreatus* (anexo 8).

Al aplicar el análisis de correlación de Pearson (r), se demostró con probabilidad (p-valor) de 0.0001 y 0.0003 menores que la significancia estadística ( $\alpha$ ) de 0.05, que existen correlaciones lineales altamente significativas entre las variables periodo de cosecha con la eficiencia biológica (%)  $r = 0.57$ , y el ciclo del cultivo  $r = 0.95$  (anexo 9).

### 7.11. Eficiencia biológica

Las dosis de inóculo de 70 g y 80 g, expresaron la mayor eficiencia biológica con medias de 78.98% y 71.88%, respectivamente; finalmente la dosis de 60 g con 40.41%.

Cuadro 27. Medidas resumen de dosis de inóculo en la eficiencia biológica del hongo.

Factor A (dosis de inóculo)	Variable	Media	Desviación estándar	Coefficiente de variación
D1: 60 gramos	Eficiencia biológica (%)	40.41 <sup>a</sup>	34.24	84.75
D2: 70 gramos		78.98 <sup>a</sup>	71.16	90.09
D3: 80 gramos		71.88 <sup>a</sup>	50.09	69.69

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0.05$ )

El sustrato rastrojo de frijol manifestó la mayor eficiencia biológica con una media de 121.87%, seguido por el pasto pangola con 75.56%, tusa de maíz con 41.06%; finalmente el olote de maíz con 16.54%.

Cuadro 28. Medidas resumen de diferentes sustratos en la eficiencia biológica del hongo.

FB (sustratos agrícolas)	Variable	Media	Desviación estándar	Coefficiente de variación
S1: Olote de maíz	Eficiencia biológica (%)	16.54 <sup>a</sup>	15.15	91.64
S2: Pasto pangola		75.56 <sup>b</sup> <sup>c</sup>	54.7	72.4
S3: Rastrojo de frijol		121.87 <sup>c</sup>	49.65	40.74
S4: Tusa de maíz		41.06 <sup>ab</sup>	23.62	57.53

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0.05$ )

Los resultados en la eficiencia biológica (EB) de esta investigación tienen similitud a lo encontrado por Vargas *et al.* (2012:7), donde evaluaron “el crecimiento del hongo *P. ostreatus* en hojarasca mezclada con bagazo de caña y 5 sustratos: T1: bagazo 100%, T2: roble 100%, T3: roble 75% y 25% de bagazo, T4: roble 50% y 50% bagazo y T5: roble 25% y 75% bagazo, logrando eficiencias biológicas de 221.1%, 44.35%, 52.78%, 90.30% y 109.12% respectivamente”.

Romero *et al.* (2010:5), en el municipio de Tetela de Ocampo, Puebla, México, evaluaron diferentes sustratos agrícolas con el hongo *Pleurotus ostreatus*, en la cual “la eficiencia biológica (EB) promedio de la cepa CP-50 de *P. ostreatus* en el sustrato de paja de trigo fue de 129.34±9.1%, en el sustrato de paja de cebada 120.41±4.4%, en el tratamiento de la hoja de plátano deshidratada se obtuvo de 123.30±0.7%, cabe señalar que la calidad de las fructificaciones en estos tratamientos son idénticas en comparación con los demás

sustratos que obtuvieron menores cuerpos fructíferos y bajas eficiencias biológicas, en el sustrato de pajilla de frijol alcanzó una eficiencia biológica de  $82.91 \pm 0.4\%$  y en el rastrojo de maíz fue de  $67.77 \pm 9.1\%$ . La mayoría de sustratos presentaron mejor EB a las reportadas en esta investigación a excepción del rastrojo de frijol con una EB promedio del  $121.87\%$ , valor que se le atribuye por ser un sustrato con alto contenido de nitrógeno  $1.64\%$  respectivamente.

Al analizar las interacciones, el tratamiento T8: rastrojo de frijol + 70 g, expresó la mayor eficiencia biológica con  $161.4\%$ ; seguido del tratamiento T9: rastrojo de frijol + 80 g con  $119.47\%$ ; luego el tratamiento T11: pasto pangola + 70 g con  $97.28\%$ .

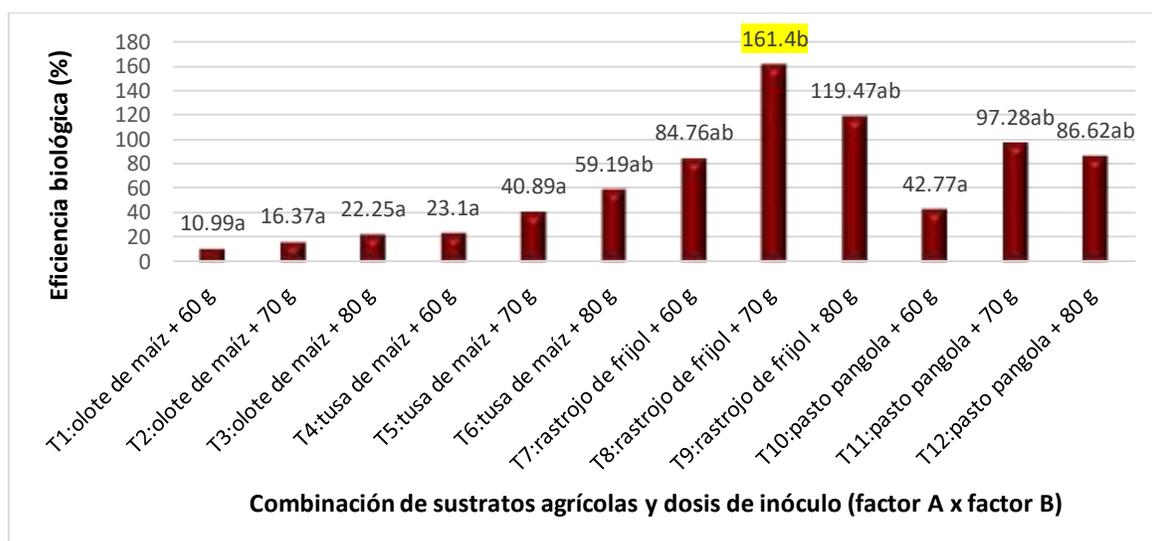


Figura 41. Efecto de la combinación de sustratos agrícolas y dosis de inóculo en la eficiencia biológica del hongo.

Al aplicar el análisis de varianza se demostró estadísticamente con probabilidad (p-valor) mayor que la significancia estadística ( $\alpha$ ) de 0.05, que las dosis de inóculo de 60 g, 70 g y 80 g no presentaron diferencias estadísticas significativas en la eficiencia biológica del hongo.

En el caso de los sustratos se demostró con probabilidad (p-valor) menor a la significancia estadística ( $\alpha$ ) de 0.05, que el olote de maíz, pasto pangola, rastrojo de frijol y tusa de maíz, presentaron diferencias estadísticas significativas en la eficiencia biológica del hongo.

Al analizar las interacciones se demostró con probabilidad (p-valor) mayor que la significancia estadística ( $\alpha$ ) de 0.05, que las dosis de inóculo y sustratos no presentaron diferencias estadísticas significativas en la eficiencia biológica del hongo *Pleurotus ostreatus* (anexo 8).

Olivera *et al.* (s.f.:4), en Veracruz, México, evaluaron los sustratos rastrojo de frijol y caña de azúcar, encontrando significancia estadística en la eficiencia biológica, siendo el rastrojo de frijol el que presentó los mejores resultados con 39.9%; resultados que fueron superados por los obtenidos en esta investigación.

Al aplicar el análisis de correlación de Pearson ( $r$ ), se demostró con probabilidad de error (p-valor) de 0.0001 menor que la significancia estadística ( $\alpha$ ) de 0.05, que existe correlación lineal altamente significativa entre la eficiencia biológica y la tasa de producción  $r = 0.94$  (anexo 9).

### 7.12. Ciclo del cultivo

La dosis de inóculo de 70 g reportó el mayor ciclo del cultivo con una media de 43.58 días; seguido por las dosis de 80 g y 60 g con 39 días.

Cuadro 29. Medidas resumen del efecto de dosis de inóculo en el ciclo del cultivo del hongo.

Factor A (dosis de inóculo)	Variable	Media	Desviación estándar	Coefficiente de variación
D1: 60 gramos	Ciclo del cultivo (días)	39 <sup>a</sup>	11.33	29.05
D2: 70 gramos		43.58 <sup>a</sup>	10.41	23.87
D3: 80 gramos		39.33 <sup>a</sup>	12.34	31.37

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0.05$ )

El sustrato tusa de maíz mostró el mayor ciclo del cultivo con una media de 48 días, seguido por el pasto pangola con 44 días, rastrojo de frijol con 43 días; finalmente el olote de maíz con 27.67 días.

Cuadro 30. Medidas resumen de sustratos agrícolas en el ciclo del cultivo del hongo.

FB (sustratos agrícolas)	Variable	Media	Desviación estándar	Coefficiente de variación
S1: Olote de maíz		27.67 <sup>a</sup>	5.07	18.34
S2: Pasto pangola	Ciclo del cultivo (días)	44.11 <sup>b</sup>	10.84	24.59
S3: Rastrojo de frijol		43.11 <sup>b</sup>	7.82	18.13
S4: Tusa de maíz		47.67 <sup>b</sup>	9.19	19.28

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0.05$ )

Los resultados en el ciclo del cultivo de esta investigación son inferiores a lo reportado por Varnero *et al.* (2010:5), en Santa Cruz, ubicada a 40 km de la ciudad de San Fernando, Chile, estudiaron el potencial de los residuos forestales astillas de álamo, astillas de eucalipto, mezcla de paja de trigo y eucalipto, y la paja de trigo (testigo) como sustrato para el cultivo del hongo *Pleurotus ostreatus*. La paja de trigo presentó el mayor ciclo del cultivo con 104.6 días, seguido por la mezcla de paja de trigo y eucalipto con 85.6 días, eucalipto con 71.2 días, y las astillas de álamo con el menor ciclo del cultivo con 54.8 días.

Romero *et al.* (2010:4), en el municipio de Tetela de Ocampo, Puebla, México, evaluaron sustratos agrícolas con el hongo *Pleurotus ostreatus*, obteniendo que “el periodo de producción más corto fue de 63 días en la paja de trigo, en cebada fue de 68 días, en la hoja de plátano 72 días, rastrojo de maíz 84 días y el mayor periodo de producción lo obtuvo la pajilla de frijol con 95 días, con un total de 3 cosechas por sustrato”. Superando los ciclos del cultivo reportados en esta investigación.

Al analizar las interacciones, el tratamiento T5: tusa de maíz + 70 g, presentó el mayor ciclo del cultivo con 51 días; seguido del tratamiento T6: tusa de maíz + 80 g con 50 días; luego el tratamiento T8: rastrojo de frijol + 70 g con 48 días.

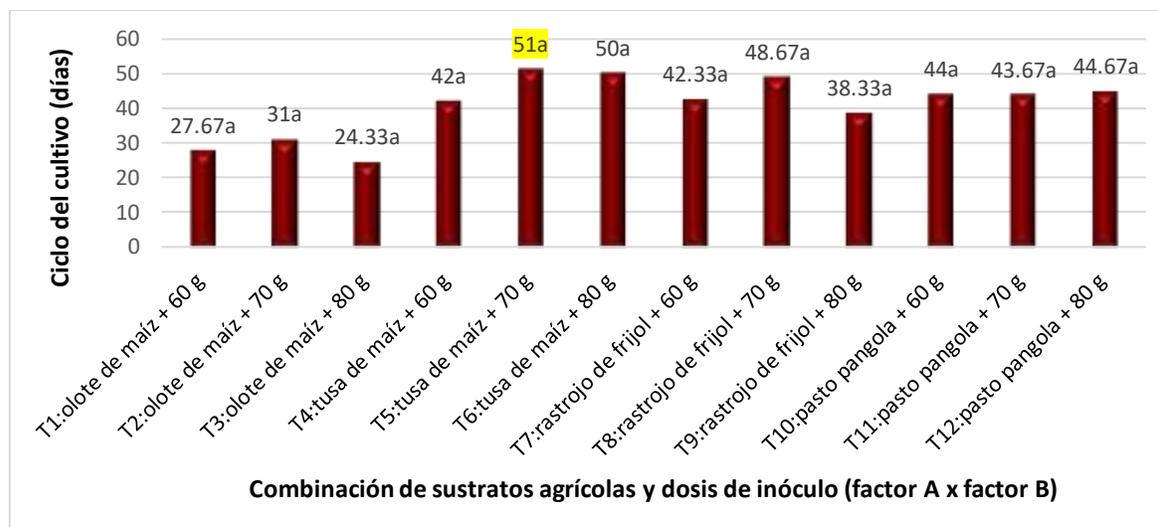


Figura 42. Efecto de la combinación de sustratos y dosis de inóculo en el ciclo de cultivo del hongo.

Al aplicar el análisis de varianza se demostró estadísticamente con probabilidad (p-valor) mayor que la significancia estadística ( $\alpha$ ) de 0.05, que las dosis de inóculo de 60 g, 70 g y 80 g, no presentaron diferencias estadísticas significativas en el ciclo del cultivo del hongo.

En los sustratos se demostró con probabilidad (p-valor) menor a la significancia estadística ( $\alpha$ ) de 0.05, que el olote de maíz, pasto pangola, rastrojo de frijol y tusa de maíz, presentaron diferencias estadísticas significativas en el ciclo de cultivo del hongo.

Al analizar las interacciones se demostró con probabilidad (p-valor) mayor que la significancia estadística ( $\alpha$ ) de 0.05, que las dosis de inóculo y los sustratos no presentaron diferencias estadísticas significativas en el ciclo del cultivo del hongo *Pleurotus ostreatus* (anexo 8).

### 7.13. Tasa de producción del hongo

Las dosis de inóculo de 80 g y 70 g, expresaron la mayor tasa de producción del hongo con medias de 1.85% y 1.66%, respectivamente; finalmente la dosis de inóculo de 60 g con 1.01%.

Cuadro 31. Medidas resumen de dosis de inóculo en la tasa de producción del hongo.

Factor A (dosis de inóculo)	Variable	Media	Desviación estándar	Coefficiente de variación
D1: 60 gramos	Tasa de producción (%)	1.01 <sup>a</sup>	0.96	95.27
D2: 70 gramos		1.66 <sup>a</sup>	1.41	84.55
D3: 80 gramos		1.85 <sup>a</sup>	1.17	63.17

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0.05$ )

El sustrato rastrojo de frijol obtuvo la mayor tasa de producción con una media de 2.86%, seguido por el pasto pangola con 1.71%, tusa de maíz con 0.82%; finalmente el olote de maíz con 0.65%.

Cuadro 32. Medidas resumen de sustratos en la tasa de producción del hongo.

FB (sustratos agrícolas)	Variable	Media	Desviación estándar	Coefficiente de variación
S1: Olote de maíz	Tasa de producción (%)	0.65 <sup>a</sup>	0.69	106.86
S2: Pasto pangola		1.71 <sup>b</sup>	1.05	61.27
S3: Rastrojo de frijol		2.86 <sup>b</sup>	1.09	37.93
S4: Tusa de maíz		0.82 <sup>b</sup>	0.46	56.82

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0.05$ )

La mayoría de los sustratos agrícolas evaluados en esta investigación superaron los resultados obtenidos por Olivera *et al.* (s.f.:4), en Veracruz, México, quienes evaluaron sustratos de rastrojo de frijol y caña de azúcar, “encontrando significancia estadística en la tasa de producción del hongo *Pleurotus ostreatus*, siendo el rastrojo de frijol el que presentó los mejores resultados con 0.7%”.

Romero *et al.* (2010:1), en el municipio de Tetela de Ocampo, Puebla, México, evaluaron diferentes sustratos con el hongo *Pleurotus ostreatus*, “el cual demostró un adecuado crecimiento micelial sobre la hoja de plátano deshidratada con una tasa de producción de  $1.5 \pm 0.1\%$ ”. Siendo similar a la tasa de producción registrada en cada sustrato agrícola evaluado en esta investigación.

Al analizar las interacciones, el tratamiento T8: rastrojo de frijol + 70 g, mostró la mayor tasa de producción con 3.36%; seguido del tratamiento T9: rastrojo de frijol + 80 g con 3.05%, luego el tratamiento T7: rastrojo de frijol + 60 g con 2.18%.

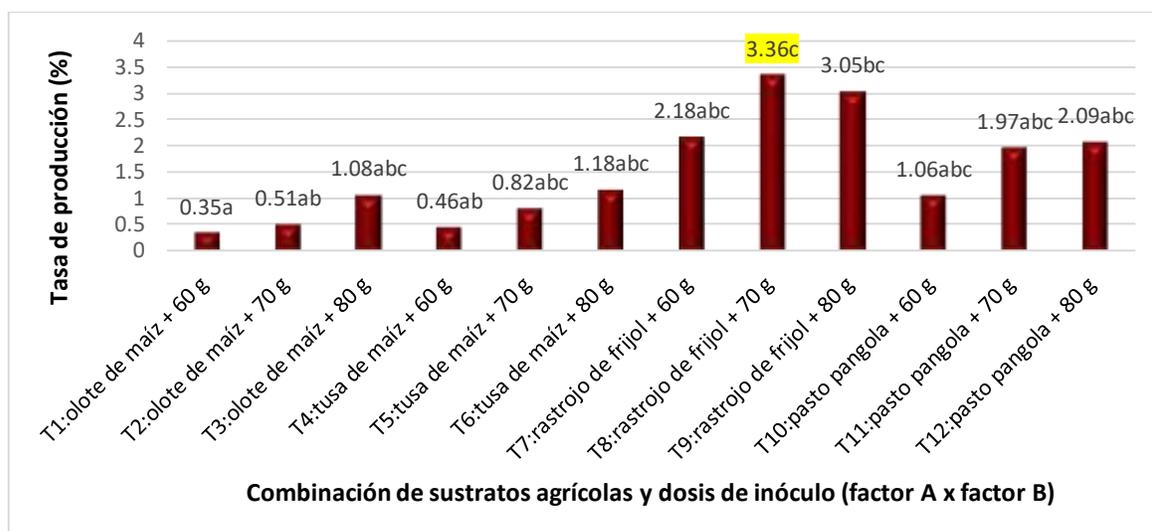


Figura 43. Efecto de la combinación de sustratos y dosis de inóculo en la tasa de producción del hongo.

Al aplicar el análisis de varianza se demostró estadísticamente con probabilidad (p-valor) mayor que la significancia estadística ( $\alpha$ ) de 0.05, que las dosis de inóculo de 60 g, 70 g y 80 g, no presentaron diferencias estadísticas significativas en la tasa de producción del hongo.

En los sustratos se demostró con probabilidad (p-valor) menor a la significancia estadística ( $\alpha$ ) de 0.05, que el olote de maíz, pasto pangola, rastrojo de frijol y tusa de maíz, presentaron diferencias estadísticas significativas en la tasa de producción del hongo.

Al analizar las interacciones se demostró con probabilidad (p-valor) mayor que la significancia estadística ( $\alpha$ ) de 0.05, que las dosis de inóculo y los sustratos no presentaron diferencias estadísticas significativas en la tasa de producción del hongo *Pleurotus ostreatus* (anexo 8).

#### 7.14. Análisis nutricional de los sustratos antes de la inoculación

El rastrojo de frijol mostró el mejor contenido nutricional con una humedad total de 19.38%, calcio con 1,147.02 mg/100 g, magnesio con 206.70 mg/100 g, cobre con 3.41 mg/100 g, hierro con 15 mg/100 g, potasio con 15,582.08 mg/100 g, fósforo con 142.76 mg/100 g, y nitrógeno con 1.64% (cuadro 33).

En el contenido de zinc los sustratos olote de maíz y rastrojo de frijol mostraron los mejores resultados con 0.52 mg/100 g y 0.51 mg/100 g, respectivamente.

Cuadro 33. Análisis nutricional de los sustratos antes de la inoculación del hongo.

Sustrato agrícola	Humedad total (%)	Calcio (mg/100 g)	Magnesio (mg/100 g)	Cobre (mg/100 g)	Hierro (mg/100 g)	Potasio (mg/100 g)	Zinc (mg/100 g)	Fósforo (mg/100 g)	Nitrógeno (%)
Olote de maíz	16.50	19.09	1.68	0.69	12.22	709.67	0.52	38.16	0.67
Tusa de maíz	15.78	57.91	4.77	0.04	11.24	819.10	0.39	18.28	0.49
Rastrojo de frijol	19.38	1147.02	206.70	3.41	15.00	15582.08	0.51	142.76	1.64
Pasto pangola	18.68	476.42	7.39	2.56	10.96	916.45	0.48	124.88	0.80
Media aritmética	17.59	425.11	55.14	1.67	12.36	4506.82	0.48	81.02	0.90
Desviación estándar	1.72	523.92	101.07	1.57	1.84	7383.98	0.06	61.94	0.51
Coefficiente de variación (%)	9.77	123.24	183.31	93.92	14.91	163.84	12.72	76.45	56.60

Los sustratos agrícolas evaluados en esta investigación mostraron mejores resultados en su composición nutricional a lo encontrado por Cueva y Hernández (2014:1), en Bolívar, Ecuador, “caracterizaron residuos agrícolas de maíz, trigo, cebada, lenteja, bagazo de caña de azúcar y cascarilla de arroz, en su composición fisicoquímica para el cultivo del hongo *Pleurotus ostreatus*. Los residuos presentaron valores de humedad entre 9.12% y 13.91% después de dos meses de almacenamiento; el contenido de carbono fluctuó entre 50.12% y 56.55%, que es la fuente de energía para su metabolismo; el contenido de nitrógeno fue entre 0.38% y 1.29%”.

#### 7.15. Análisis nutricional de los sustratos al finalizar el ciclo de producción

El rastrojo de frijol con dosis de inóculo de 70 g y 80 g manifestó el mejor contenido nutricional con humedad total de 78.94% (siendo superado únicamente por el pasto pangola + 80 g de inóculo con una humedad de 82.38%), calcio con 17,788 mg/100 g, magnesio con 917.86 mg/100 g, hierro con 71.84 mg/100 g y nitrógeno con 1.34% (cuadro 34).

El tratamiento T4: tusa de maíz + 60 g, mostró el mayor contenido de cobre con 9.63 mg/100 g; el tratamiento T1: olote de maíz + 60 g presentó el mayor contenido de potasio con 440.18 mg/100 g; y el tratamiento T6: tusa de maíz + 80 g, mostró el mayor contenido de zinc con 0.98 mg/100 g y de fósforo con 79.60 mg/100 g (cuadro 34).

Cuadro 34. Análisis nutricional de los sustratos al finalizar el ciclo de producción

Tratamientos	Humedad (%)	Calcio (mg/100 g)	Magnesio (mg/100 g)	Cobre (mg/100 g)	Hierro (mg/100 g)	Potasio (mg/100 g)	Zinc (mg/100 g)	Fósforo (mg/100 g)	Nitrógeno (%)
T1: Olote + 60 g	53.12	9479.96	454.53	4.92	28.89	440.18	0.51	41.10	0.68
T2: Olote + 70 g	54.50	6601.34	281.43	4.51	37.20	347.20	0.48	35.08	0.74
T3: Olote + 80 g	55.87	3722.72	108.33	4.10	45.50	254.22	0.45	29.05	0.79
T4: Tusa + 60 g	58.43	9460.52	456.25	9.63	25.24	244.68	0.47	47.78	0.82
T5: Tusa + 70 g	69.18	14526.79	606.30	6.90	24.73	259.18	0.35	42.68	0.67
T6: Tusa + 80 g	62.10	9931.58	409.92	7.55	65.80	145.81	0.98	79.60	1.07
T7: Frijol + 60 g	67.15	12391.72	677.45	6.14	52.84	134.98	0.27	31.82	1.05
T8: Frijol + 70 g	78.94	17788.00	917.86	7.04	71.84	144.97	0.27	47.88	1.18
T9: Frijol + 80 g	62.04	11798.61	777.63	5.49	42.94	229.07	0.25	62.81	1.34
T10: Pangola + 60 g	71.38	3421.96	376.27	5.38	51.87	293.85	0.56	68.81	0.66
T11: Pangola + 70 g	71.00	12543.70	692.40	8.44	31.47	325.19	0.39	49.82	0.73
T12: Pangola + 80 g	82.38	10447.28	471.46	8.38	23.55	189.56	0.70	56.36	0.70
Media aritmética	65.51	10176.18	519.15	6.54	41.82	250.74	0.47	49.40	0.87
Desviación estándar	9.47	4169.04	224.92	1.74	16.26	91.71	0.21	15.27	0.23
Coefficiente de variación (%)	14.46	40.97	43.32	26.59	38.89	36.58	43.80	30.91	26.55

## 7.16. Análisis bromatológico base seca de los carpóforos del hongo

### 7.16.1. Humedad

El contenido promedio de humedad de los carpóforos o cuerpos fructíferos del hongo fue 90.83%. El tratamiento T2: olote de maíz + 70 g, obtuvo el mayor contenido de humedad con 98.49%; seguido del tratamiento T8: rastrojo de frijol + 70 g con 97.5%; luego el tratamiento T11: pasto pangola + 70 g con 97.05% (cuadro 35).

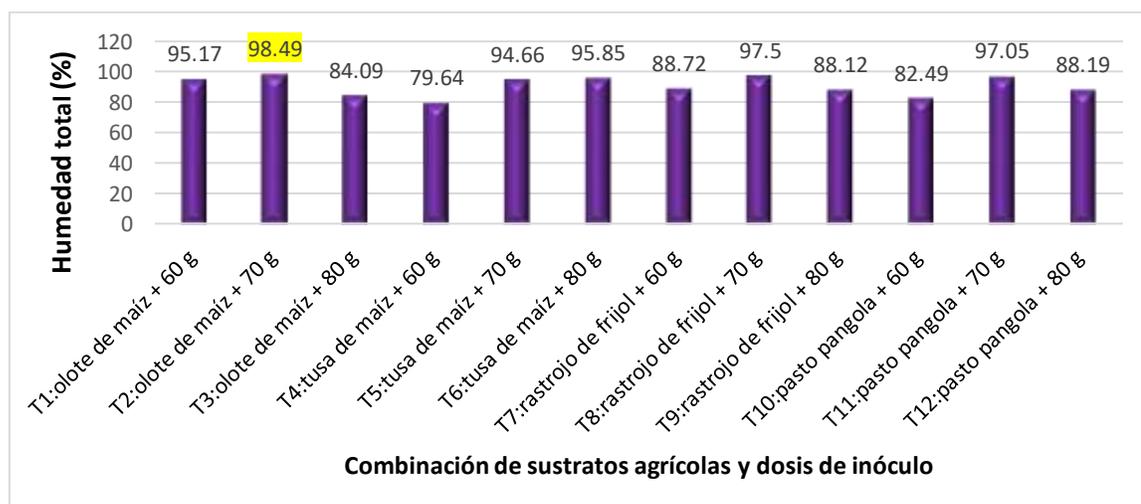


Figura 44. Combinación de sustratos y dosis de inóculo en la humedad del hongo.

### 7.16.2. Materia seca

El contenido promedio de materia seca de los carpóforos del hongo *Pleurotus ostreatus* fue 9.7%. El tratamiento T4: tusa de maíz + 60 g, obtuvo el mayor contenido de materia seca con 20.36%; seguido del tratamiento T10: pasto pangola + 60 g, con 17.51%; luego el tratamiento T3: olote de maíz + 80 g, con 15.91% (cuadro 35).

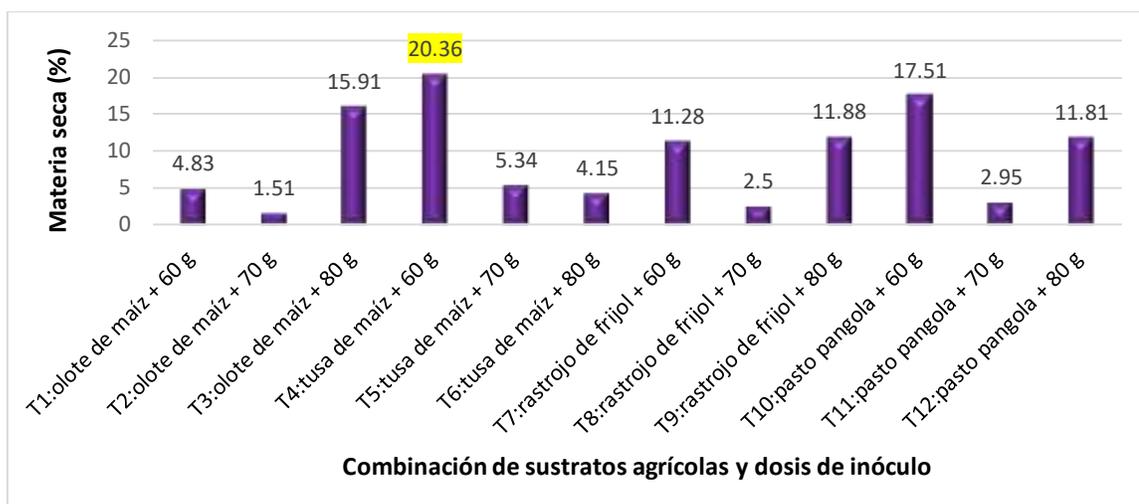


Figura 45. Combinación de sustratos y dosis de inóculo en el contenido de materia seca del hongo.

### 7.16.3. Ceniza

El contenido promedio de ceniza base seca de los carpóforos del hongo fue 8.27%. El tratamiento T2: olote de maíz + 70 g, obtuvo el mayor contenido de ceniza con 10.08%; seguido del tratamiento T3: olote de maíz + 80 g con 9.59%; luego el tratamiento T1: olote de maíz + 60 g con 9.39% (cuadro 35).

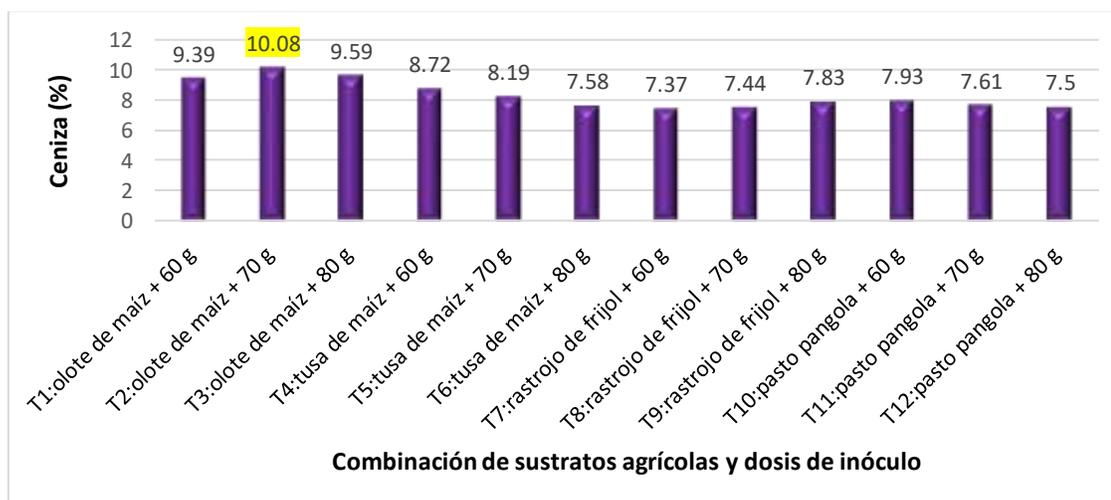


Figura 46. Combinación de sustratos y dosis de inóculo en el contenido de ceniza del hongo.

#### 7.16.4. Proteína cruda

El contenido promedio de proteína cruda base seca de los carpóforos del hongo fue 29.71 g/100 g. El tratamiento T9: rastrojo de frijol + 80 g, obtuvo el mayor contenido de proteína cruda con 37.54 g/100 g; seguido del tratamiento T3: olote de maíz + 80 g con 31.51 g/100 g; luego el tratamiento T12: pasto pangola + 80 g, con 30.89 g/100 g (cuadro 35).

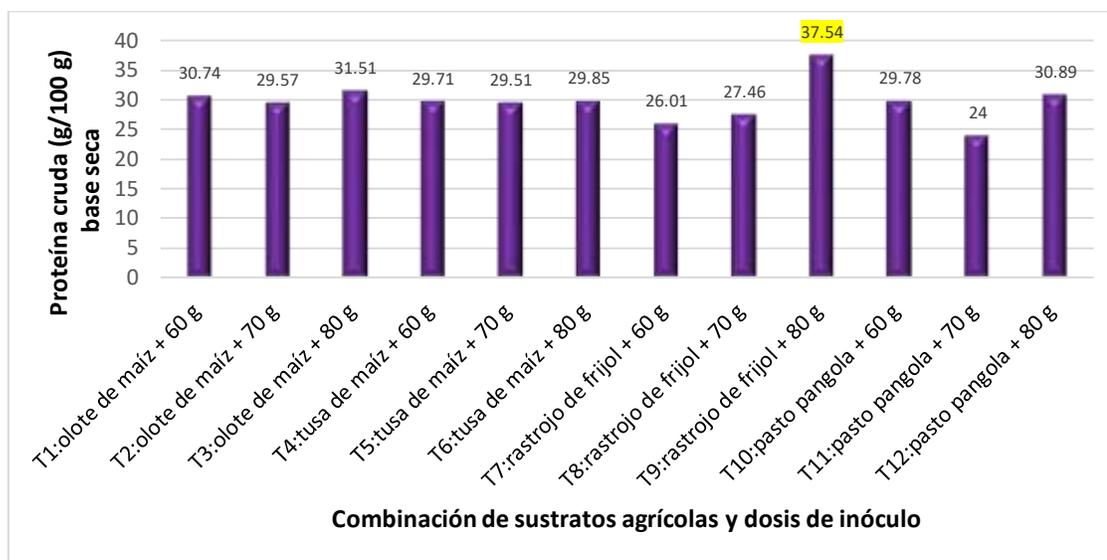


Figura 47. Combinación de sustratos y dosis de inóculo en el contenido de proteína cruda del hongo.

#### 7.16.5. Extracto etéreo

El contenido promedio de extracto etéreo base seca de los carpóforos del hongo fue 2.64 g/100 g. El tratamiento T11: pasto pangola + 70 g, obtuvo el mayor contenido de extracto etéreo con 7.61 g/100 g; seguido del tratamiento T8: rastrojo de frijol + 70 g con 7.44 g/100 g; luego el tratamiento T7: rastrojo de frijol + 60 g con 7.37 g/100 g (cuadro 35).

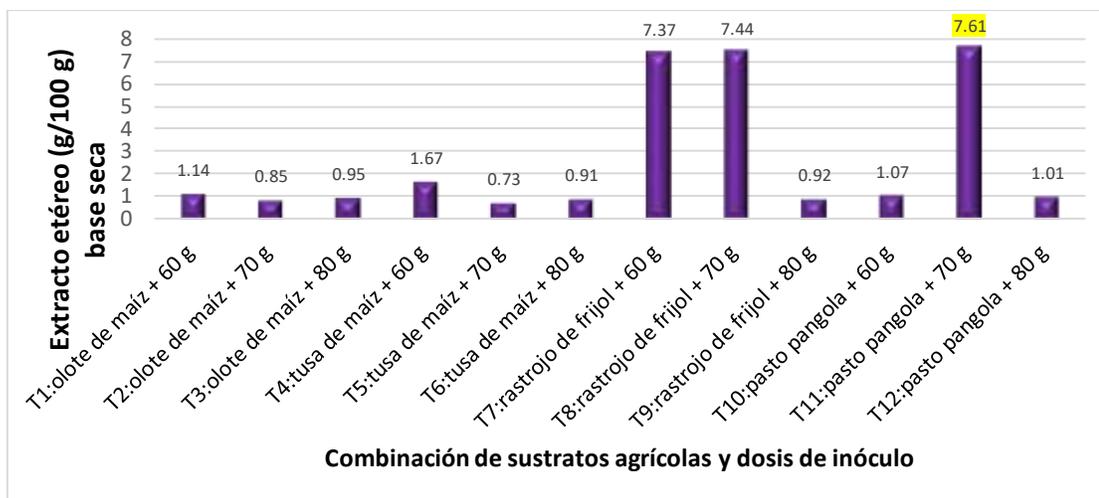


Figura 48. Combinación de sustratos y dosis de inóculo en el contenido de extracto etéreo del hongo.

#### 7.16.6. Fibra cruda

El contenido promedio de fibra cruda base seca de los carpóforos del hongo fue 14.81 g/100 g. El tratamiento T8: rastrojo de frijol + 70 g, obtuvo el mayor contenido de fibra cruda con 22.9 g/100 g; seguido del tratamiento T7: rastrojo de frijol + 60 g, con 22.75 g/100 g; luego el tratamiento T11: pasto pangola + 70 g, con 22.69 g/100 g (cuadro 35).

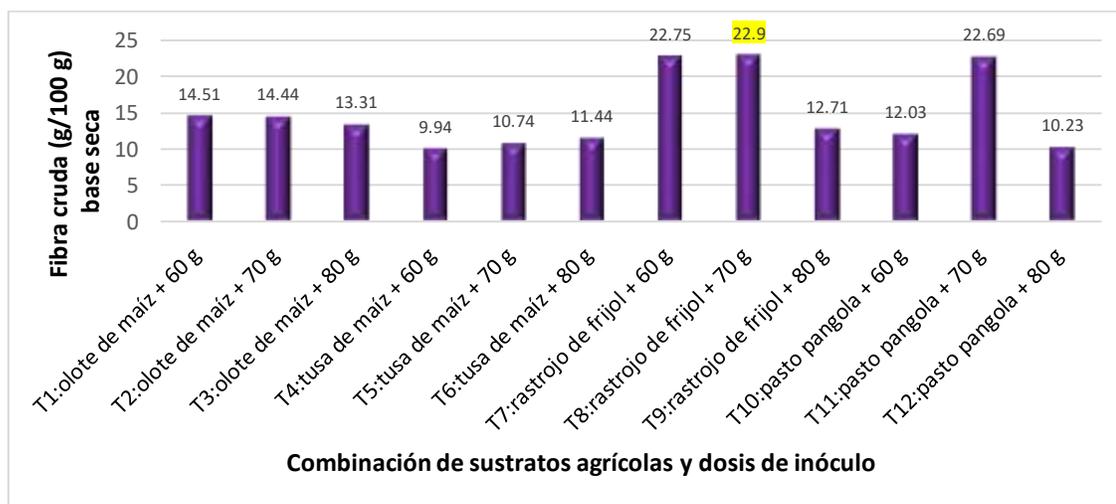


Figura 49. Combinación de sustratos y dosis de inóculo en el contenido de fibra cruda del hongo.

#### 7.16.7. Carbohidratos

El contenido promedio de carbohidratos en base seca de los carpóforos del hongo fue 44.57 g/100 g. El tratamiento T5: tusa de maíz + 70 g, obtuvo el mayor contenido de carbohidratos con 50.83 g/100 g; seguido del tratamiento T12: pasto pangola + 80 g, con 50.37 g/100 g; luego

el tratamiento T6: tusa de maíz + 80 g, con 50.22 g/100 g (cuadro 35).

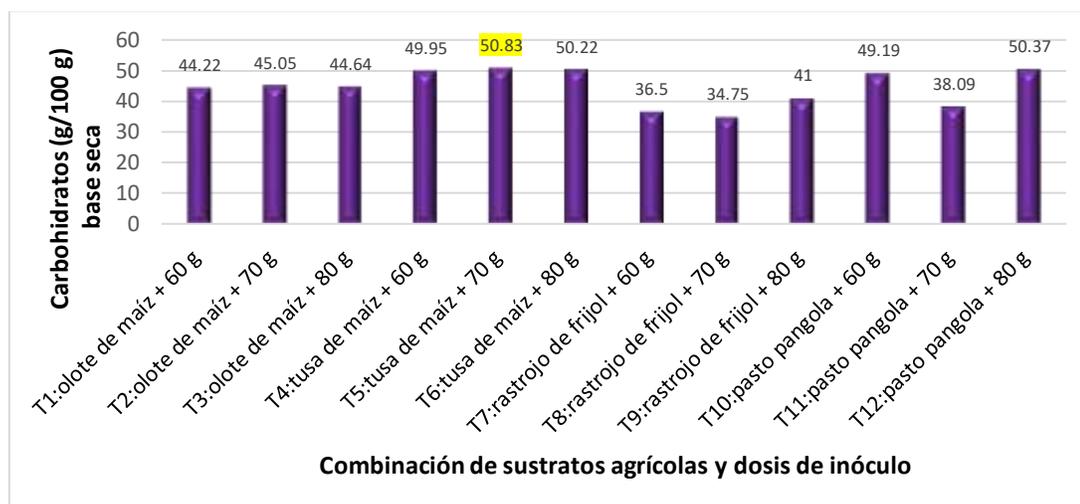


Figura 50. Combinación de sustratos y dosis de inóculo en el contenido de carbohidratos del hongo.

Cuadro 35. Análisis bromatológico de los carpóforos del hongo *Pleurotus ostreatus*.

Tratamientos	Humedad total (g/100 g)	Materia seca (g/100 g)	Ceniza (g/100 g)	Proteína cruda (g/100 g)	Extracto etéreo (g/100 g)	Fibra cruda (g/100 g)	Carbohidratos (g/100 g)
T1: olote de maíz + 60 g	95.17	4.83	9.39	30.74	1.14	14.51	44.22
T2: olote de maíz + 70 g	98.49	1.51	10.08	29.57	0.85	14.44	45.05
T3: olote de maíz + 80 g	84.09	15.91	9.59	31.51	0.95	13.31	44.64
T4: tusa de maíz + 60 g	79.64	20.36	8.72	29.71	1.67	9.94	49.95
T5: tusa de maíz + 70 g	94.66	5.34	8.19	29.51	0.73	10.74	50.83
T6: tusa de maíz + 80 g	95.85	4.15	7.58	29.85	0.91	11.44	50.22
T7: rastrojo de frijol + 60 g	88.72	11.28	7.37	26.01	7.37	22.75	36.50
T8: rastrojo de frijol + 70 g	97.50	2.50	7.44	27.46	7.44	22.90	34.75
T9: rastrojo de frijol + 80 g	88.12	11.88	7.83	37.54	0.92	12.71	41.00
T10: pasto pangola + 60 g	82.49	17.51	7.93	29.78	1.07	12.03	49.19
T11: pasto pangola + 70 g	97.05	2.95	7.61	24.00	7.61	22.69	38.09
T12: pasto pangola + 80 g	88.19	11.81	7.50	30.89	1.01	10.23	50.37
<b>Media aritmética</b>	90.83	9.17	8.27	29.71	2.64	14.81	44.57
<b>Desviación estándar</b>	6.46	6.46	0.94	3.28	2.92	5.03	5.81
<b>Coefficiente de variación (%)</b>	7.12	70.49	11.41	11.04	110.82	33.94	13.04

Los resultados del análisis bromatológico del hongo *P. ostreatus* de esta investigación superaron lo encontrado por Bautista *et al.* (1999:1), quienes evaluaron “la calidad proteínica de los cuerpos fructíferos de tres cepas mexicanas de *Pleurotus ostreatus* (INIREB-8, CDBB-H-896 y CDBB-H-897), donde la concentración de proteína osciló entre 17.26 y 19.97 g/100 g en peso seco. Por su contenido de aminoácidos esenciales las proteínas de la cepa INIREB-8 se complementan con los cereales, por lo cual es recomendable incluirlas en la dieta diaria”.

Nieto *et al.* (2021:1), “el valor proteico de la seta de ostra fue de 47.3% en muestra seca, con un alto contenido de agua (90 %) y bajo contenido en carbohidratos (5.4 %) y grasas (0.2 %) en muestra fresca”. Estos resultados son similares a los encontrados en esta investigación.

“Muchas investigaciones han reportado que el hongo *Pleurotus ostreatus* tiene un alto valor proteico que varían de 10 a 45 % en materia seca, con bajo contenido en carbohidratos (36-48 %) y grasas (0.5-5.0 %), haciéndolo un alimento con una calidad de contribución nutricional alta para la dieta diaria” (Nieto *et al.* 2021:2).

## **7.17. Contenido de minerales base seca de los carpóforos del hongo**

### **7.17.1. Fósforo**

El contenido promedio de fósforo de los carpóforos del hongo fue 1,391.76 mg/100 g. El tratamiento T9: rastrojo de frijol + 80 g, presentó el mayor contenido de fósforo con 7,444.66 mg/100 g (cuadro 36).

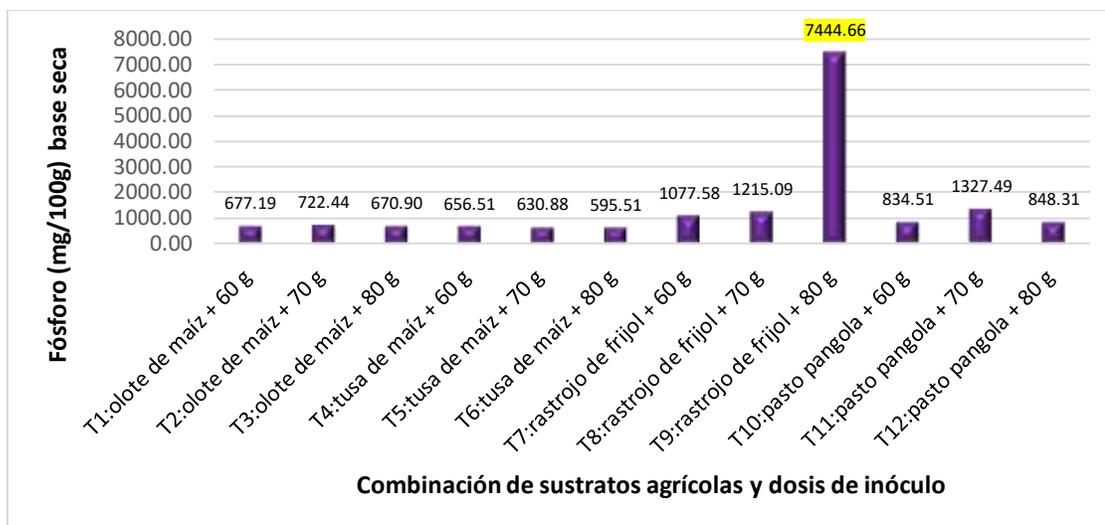


Figura 51. Combinación de sustratos y dosis de inóculo en el contenido de fósforo del hongo.

### 7.17.2. Calcio

El contenido promedio de calcio de los carpóforos del hongo fue 46.73 mg/100 g. El tratamiento T1: olote de maíz + 60 g, obtuvo el mayor contenido de calcio con 129.37 mg/100 g; seguido del tratamiento T9: rastrojo de frijol + 80 g con 102.19 mg/100 g (cuadro 36).

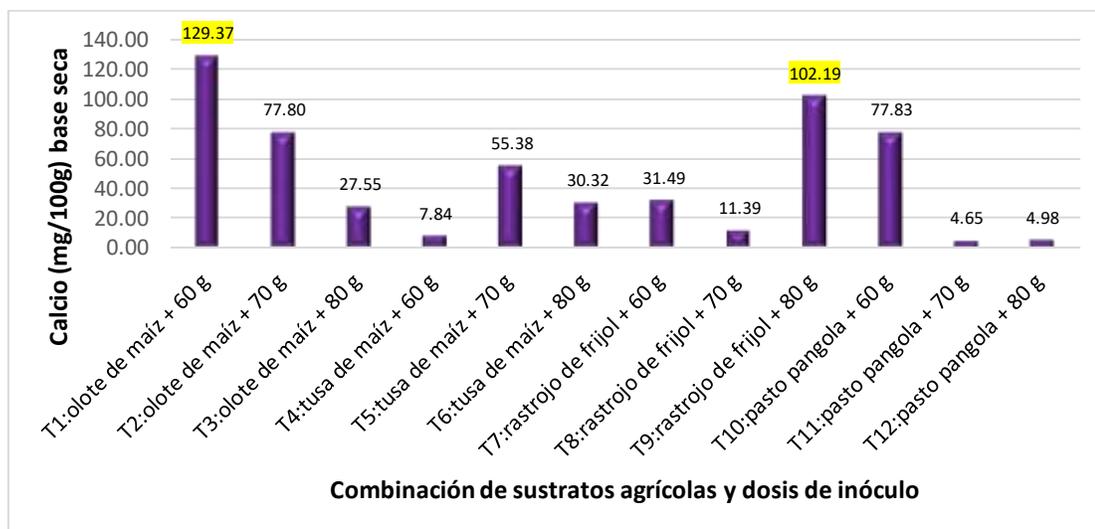


Figura 52. Combinación de sustratos y dosis de inóculo en el contenido de calcio del hongo.

### 7.17.3. Sodio

El contenido promedio de sodio en los carpóforos del hongo fue 27.83 mg/100 g. El tratamiento T11: pasto pangola + 70 g, obtuvo el mayor contenido de sodio con 66.22 mg/100 g; seguido por el tratamiento T12: pasto pangola + 80 g con 49.27 mg/100 g; luego el tratamiento T10:

pasto pangola + 60 g con 44.72 mg/100 g (cuadro 36).

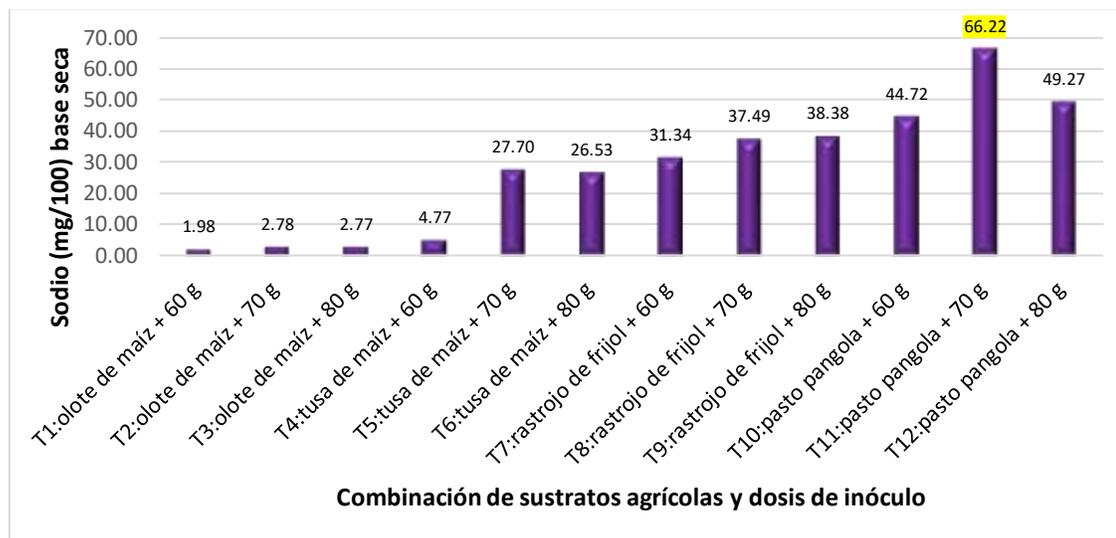


Figura 53. Combinación de sustratos y dosis de inóculo en el contenido de sodio del hongo.

#### 7.17.4. Hierro

El contenido promedio de hierro de los carpóforos del hongo fue 11 mg/100 g. El tratamiento T11: pasto pangola + 70 g, obtuvo el mayor contenido de hierro con 16.47 mg/100 g; seguido del tratamiento T2: olote de maíz + 70 g con 14.44 mg/100 g; luego el tratamiento T3: olote de maíz + 80 g con 14.32 mg/100 g (cuadro 36).

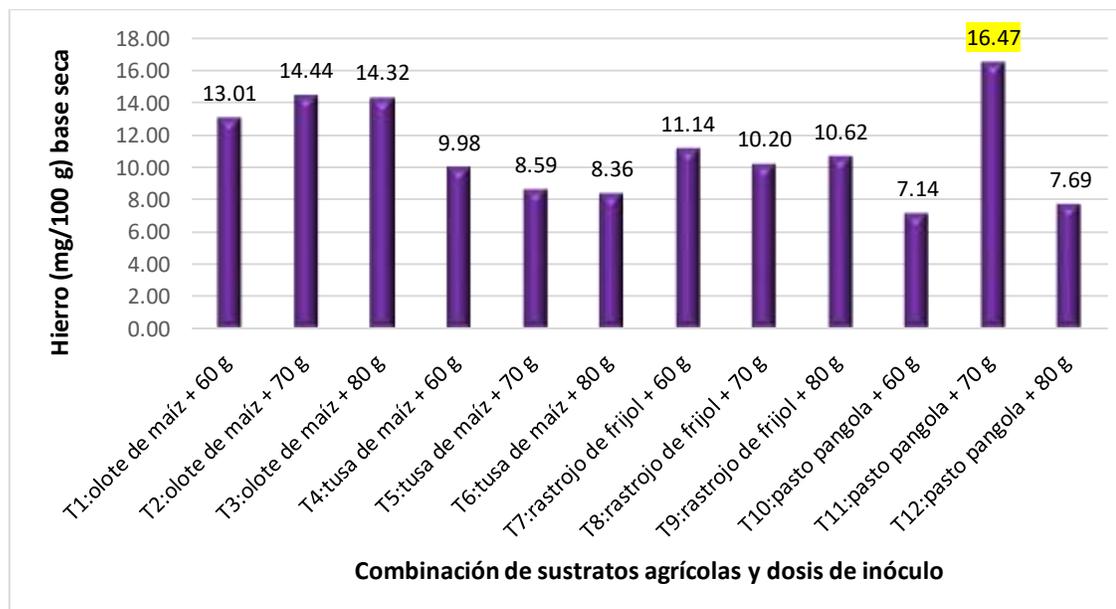


Figura 54. Combinación de sustratos y dosis de inóculo en el contenido de hierro del hongo.

### 7.17.5. Potasio

El contenido promedio de potasio de los carpóforos del hongo fue 2,806.77 mg/100 g. El tratamiento T7: rastrojo de frijol + 60 g, obtuvo el mayor contenido de potasio con 4,172.31 mg/100 g; seguido del tratamiento T8: rastrojo de frijol + 70 g con 3,972.22 mg/100 g; luego el tratamiento T11: pasto pangola + 70 g con 3,834.98 mg/100 g (cuadro 36).

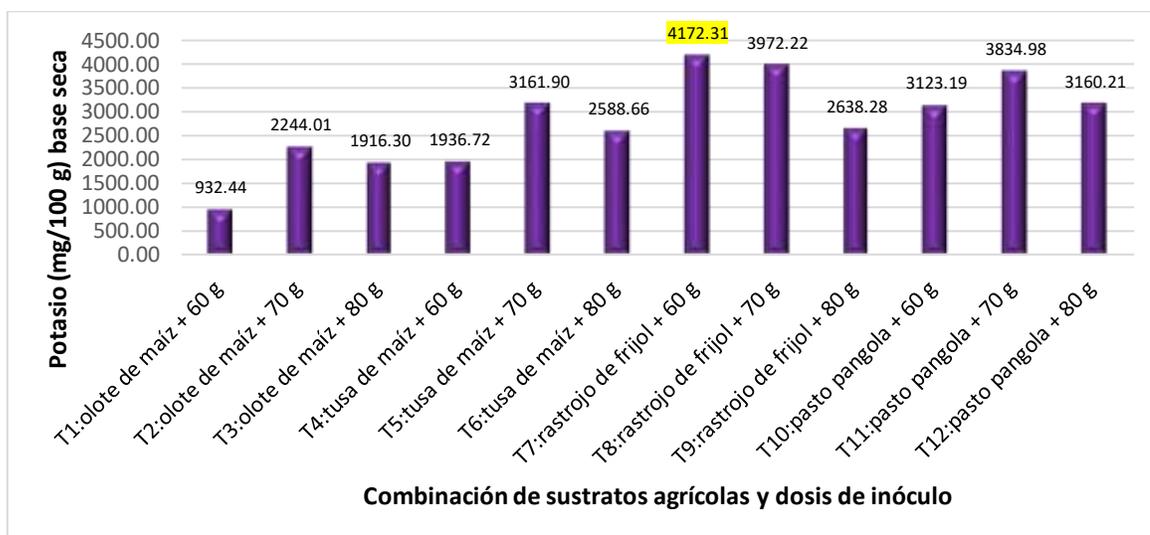


Figura 55. Combinación de sustratos y dosis de inóculo en el contenido de potasio del hongo.

### 7.17.6. Zinc

El contenido promedio de zinc de los carpóforos del hongo fue 1.81 mg/100 g. El tratamiento T10: pasto pangola + 60 g, obtuvo el mayor contenido de zinc con 3.24 mg/100 g; seguido del tratamiento T8: rastrojo de frijol + 70 g con 2.52 mg/100 g; luego el tratamiento T11: pasto pangola + 70 g con 2.34 mg/100 g (cuadro 36).

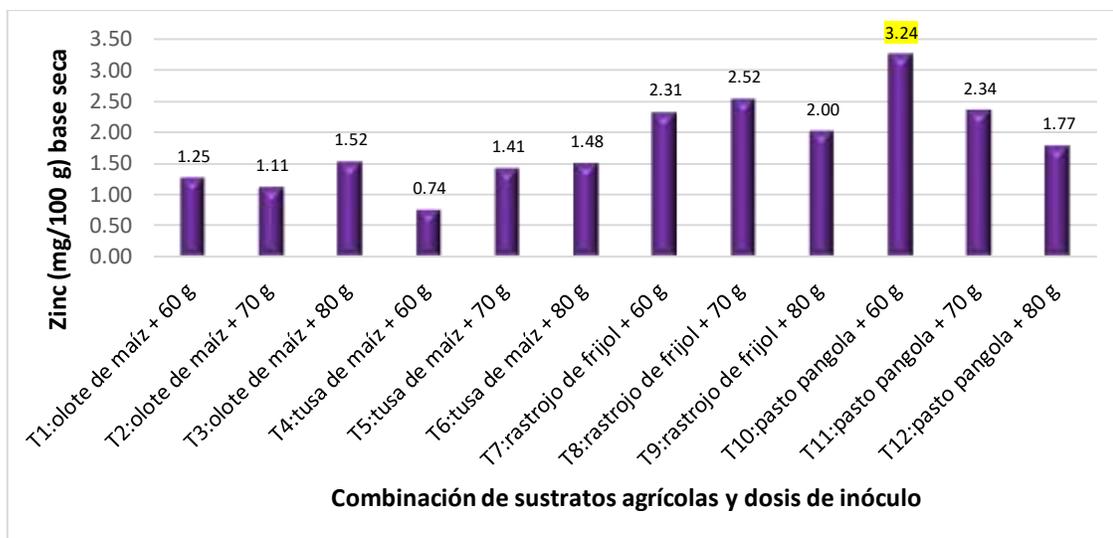


Figura 56. Combinación de sustratos y dosis de inóculo en el contenido de zinc del hongo.

#### 7.17.7. Magnesio

El contenido promedio de magnesio de los carpóforos del hongo fue 570.60 mg/100 g. El tratamiento T9: rastrojo de frijol + 80 g, obtuvo el mayor contenido de magnesio con 1,322.52 mg/100 g; seguido del tratamiento T10: pasto pangola + 60 g con 1,293.62 mg/100 g; luego el tratamiento T12: pasto pangola + 80 g con 1,255.08 mg/100 g (cuadro 36).

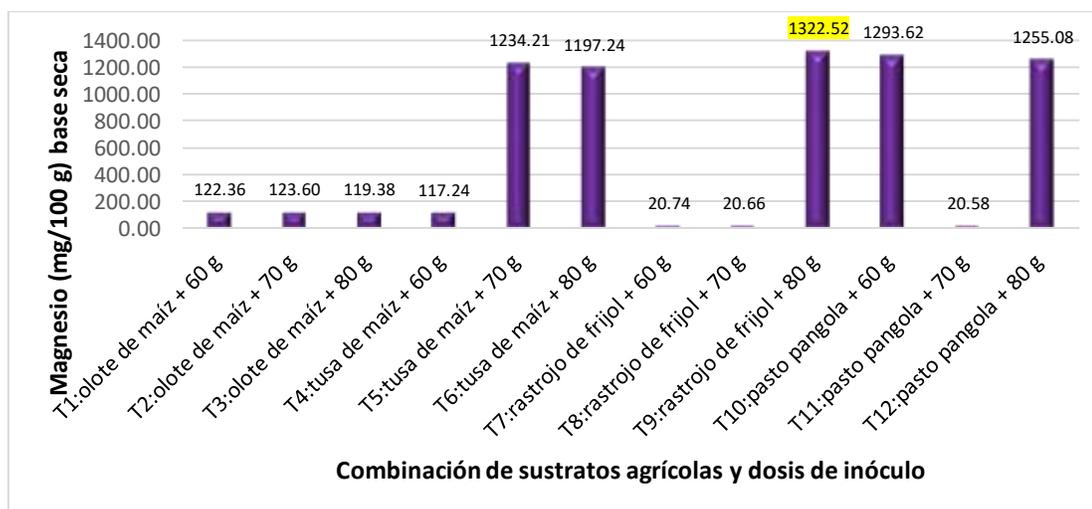


Figura 57. Combinación de sustratos y dosis de inóculo en el contenido de magnesio del hongo.

Cuadro 36. Contenido de minerales de los carpóforos del hongo *Pleurotus ostreatus*.

Tratamientos	Fósforo (mg/100 g)	Calcio (mg/100 g)	Sodio (mg/100 g)	Hierro (mg/100 g)	Potasio (mg/100 g)	Zinc (mg/100 g)	Magnesio (mg/100 g)
T1: olate de maíz + 60 g	677.19	129.37	1.98	13.01	932.44	1.25	122.36
T2: olate de maíz + 70 g	722.44	77.80	2.78	14.44	2244.01	1.11	123.60
T3: olate de maíz + 80 g	670.90	27.55	2.77	14.32	1916.30	1.52	119.38
T4: tusa de maíz + 60 g	656.51	7.84	4.77	9.98	1936.72	0.74	117.24
T5: tusa de maíz + 70 g	630.88	55.38	27.70	8.59	3161.90	1.41	1234.21
T6: tusa de maíz + 80 g	595.51	30.32	26.53	8.36	2588.66	1.48	1197.24
T7: rastrojo de frijol + 60 g	1077.58	31.49	31.34	11.14	4172.31	2.31	20.74
T8: rastrojo de frijol + 70 g	1215.09	11.39	37.49	10.20	3972.22	2.52	20.66
T9: rastrojo de frijol + 80 g	7444.66	102.19	38.38	10.62	2638.28	2.00	1322.52
T10: pasto pangola + 60 g	834.51	77.83	44.72	7.14	3123.19	3.24	1293.62
T11: pasto pangola + 70 g	1327.49	4.65	66.22	16.47	3834.98	2.34	20.58
T12: pasto pangola + 80 g	848.31	4.98	49.27	7.69	3160.21	1.77	1255.08
<b>Media aritmética</b>	1391.76	46.73	27.83	11.00	2806.77	1.81	570.60
<b>Desviación estándar</b>	1921.39	41.62	21.09	2.97	957.60	0.70	611.02
<b>Coefficiente de variación (%)</b>	138.06	89.07	75.79	27.04	34.12	38.85	107.08

Los resultados del contenido de minerales del hongo *P. ostreatus* de esta investigación son similares a los reportados por Nieto *et al.* (2021:1), donde argumentan que “los micronutrientes presentes en la seta de ostra fueron el potasio, como elemento más predominante, seguido de magnesio, calcio y sodio y en trazas tenemos al silicio, hierro, cobre y zinc en muestra seca.

## 7.18. Evaluación sensorial de una crema del hongo *Pleurotus ostreatus* con diferentes tiempos de almacenamiento según métodos de conservación

### 7.18.1. pH

Los tratamientos T9: Salmuera con 3 meses de almacenamiento, T4: Congelado con 1 mes de almacenamiento y T1: Refrigeración con 1 mes de almacenamiento, presentaron el mayor pH en la crema del hongo *Pleurotus ostreatus*, con valores de 6.32, 6.13 y 6.0, respectivamente.

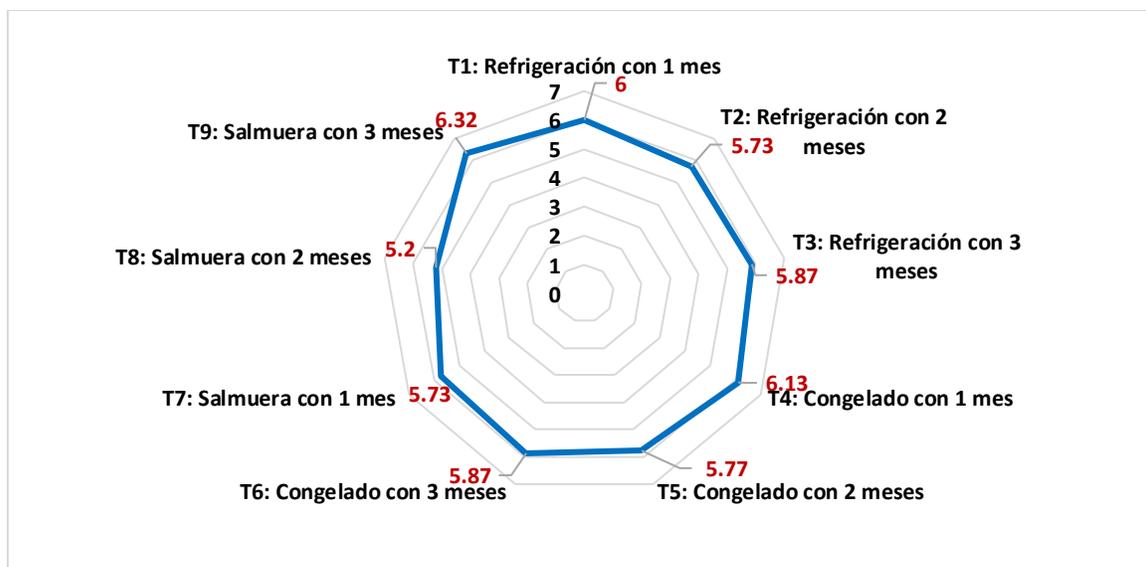


Figura 58. Efecto de la combinación de tiempos de almacenamiento y métodos de conservación en el pH de una crema del hongo.

Al aplicar el análisis de varianza se demostró estadísticamente con probabilidad (p-valor) 0.0001 menor que la significancia estadística ( $\alpha$ ) 0.05, que la combinación de diferentes tiempos de almacenamiento y métodos de conservación presentaron diferencias estadísticas significativas en el pH de la crema del hongo comestible *Pleurotus ostreatus* (anexo 10).

### 7.18.2. Grados Brix

Los tratamientos T8: Salmuera con dos meses de almacenamiento, T1: Refrigeración con un mes de almacenamiento y T7: Salmuera con un mes de almacenamiento, presentaron el mayor contenido de grados brix en la crema del hongo *Pleurotus ostreatus*, con 13.27° Bx, 12.43° Bx, y 12.10° Bx, respectivamente.

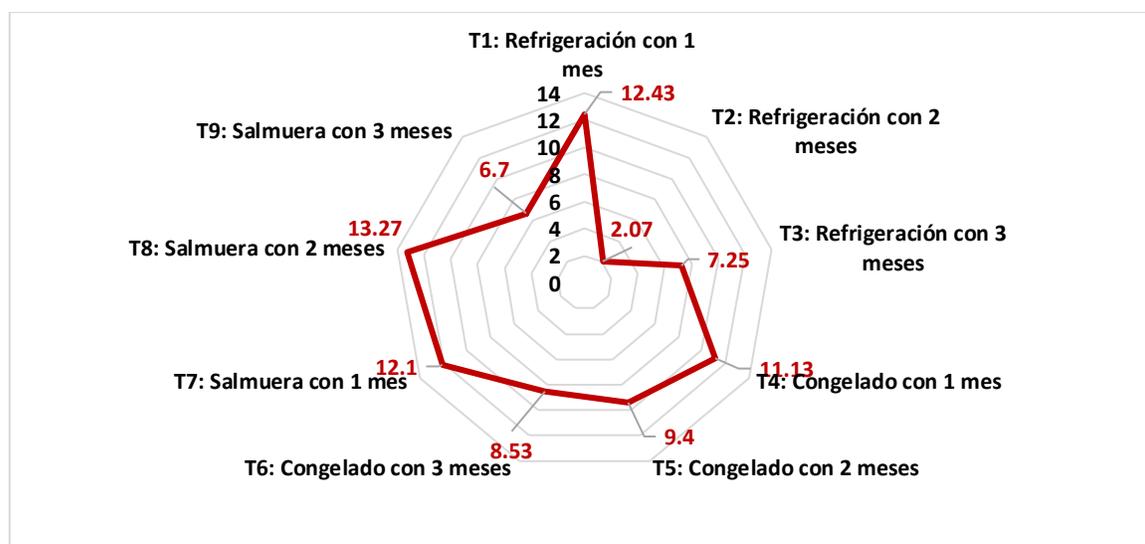


Figura 59. Efecto de la combinación de diferentes tiempos de almacenamiento y métodos de conservación en el contenido de grados brix de una crema del hongo.

Al aplicar el análisis de varianza se demostró estadísticamente con probabilidad (p-valor) de 0.0001 menor que la significancia estadística ( $\alpha$ ) 0.05, que la combinación de diferentes tiempos de almacenamiento y métodos de conservación, presentaron diferencias estadísticas significativas en el contenido de grados brix de la crema del hongo (anexo 10).

### 7.18.3. Olor

Al analizar el olor de la crema del hongo *Pleurotus ostreatus*, los tratamientos T8: Salmuera con dos meses de almacenamiento, T6: Congelado con tres meses de almacenamiento y T1: Refrigeración con un mes de almacenamiento, presentaron la mayor puntuación del panel de catadores con valores de 2.73, 2.67 y 2.60, respectivamente.

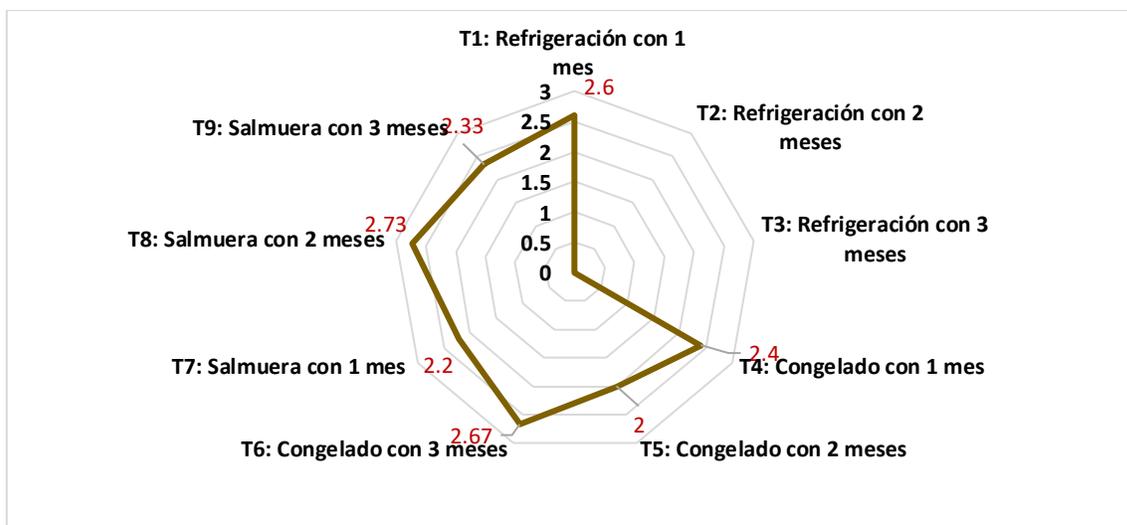


Figura 60. Efecto de la combinación de diferentes tiempos de almacenamiento y métodos de conservación en el olor de una crema del hongo *Pleurotus ostreatus*.

Al aplicar el análisis de varianza se demostró estadísticamente con probabilidad (p-valor) 0.0001 menor que la significancia estadística ( $\alpha$ ) 0.05, que la combinación de diferentes tiempos de almacenamiento y métodos de conservación, presentaron diferencias estadísticas significativas en el olor de la crema del hongo *Pleurotus ostreatus* (anexo 10).

#### 7.18.4. Color

Al analizar el color de la crema del hongo *Pleurotus ostreatus*, los tratamientos T6: Congelado con tres meses de almacenamiento, T8: Salmuera con dos meses de almacenamiento y T4: Congelado con un mes de almacenamiento, presentaron la mayor puntuación del panel de catadores con valores de 2.73, 2.60 y 2.47, respectivamente.

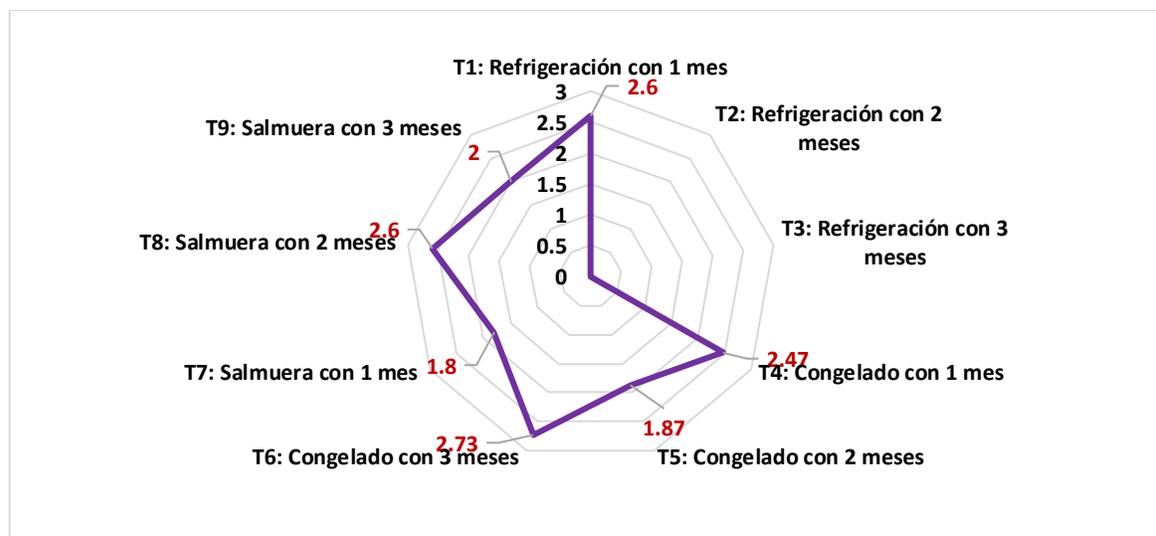


Figura 61. Efecto de la combinación de diferentes tiempos de almacenamiento y métodos de conservación en el color de una crema del hongo *Pleurotus ostreatus*.

Al aplicar el análisis de varianza se demostró estadísticamente con probabilidad (p-valor) 0.0001 menor que la significancia estadística ( $\alpha$ ) 0.05, que la combinación de diferentes tiempos de almacenamiento y métodos de conservación presentaron diferencias estadísticas significativas en el color de la crema del hongo *Pleurotus ostreatus* (anexo 10).

#### 7.18.5. Sabor

Al analizar el sabor de la crema del hongo *Pleurotus ostreatus*, los tratamientos T8: Salmuera con dos meses de almacenamiento, T1: Refrigeración con un mes de almacenamiento y T6: Congelado con tres meses de almacenamiento, presentaron la mayor puntuación del panel de catadores con valores de 2.93, 2.80 y 2.73, respectivamente.

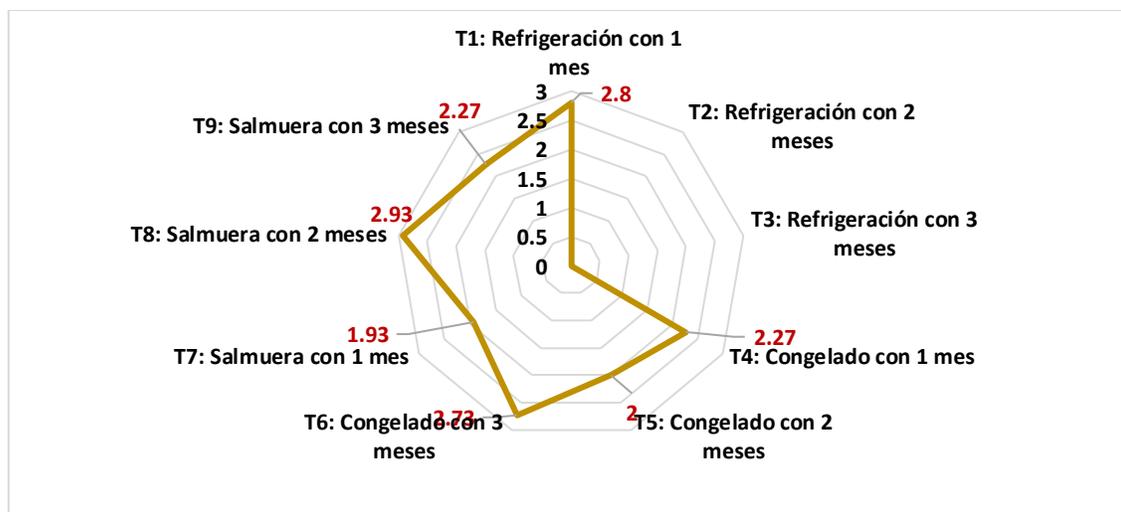


Figura 62. Efecto de la combinación de diferentes tiempos de almacenamiento y métodos de conservación en el sabor de una crema del hongo *Pleurotus ostreatus*.

Al aplicar el análisis de varianza se demostró estadísticamente con probabilidad (p-valor) 0.0001 menor que la significancia estadística ( $\alpha$ ) 0.05, que la combinación de diferentes tiempos de almacenamiento y métodos de conservación presentaron diferencias estadísticas significativas en el sabor de la crema del hongo *Pleurotus ostreatus* (anexo 10).

#### 7.18.6. Consistencia (textura)

Al analizar la consistencia o textura de la crema del hongo *Pleurotus ostreatus*, los tratamientos T8: Salmuera con dos meses de almacenamiento, T9: Salmuera con tres meses de almacenamiento y T1: Refrigeración con un mes de almacenamiento, presentaron la mayor puntuación del panel de catadores con valores de 2.73, 2.65 y 2.33, respectivamente.

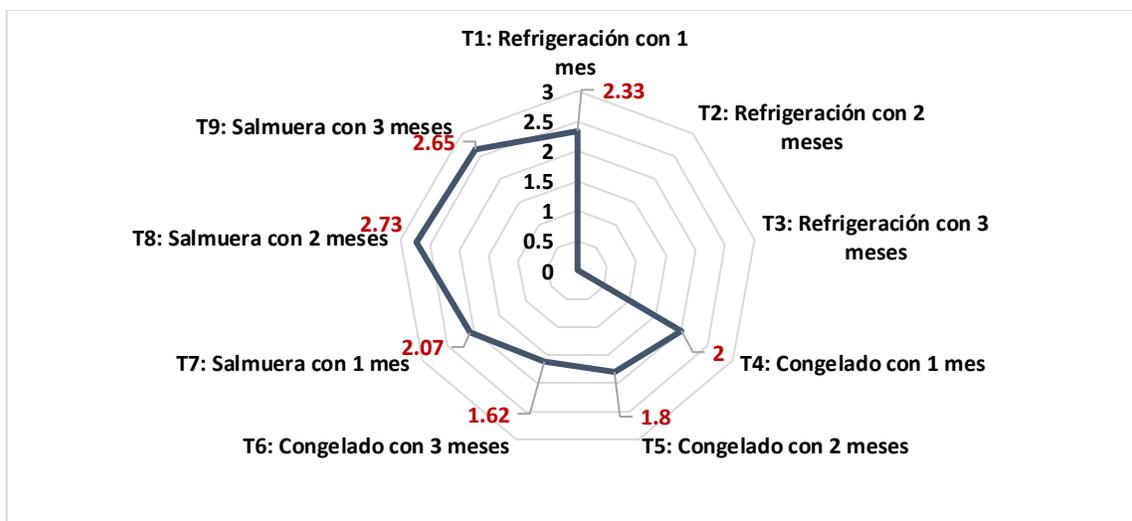


Figura 63. Efecto de la combinación de diferentes tiempos de almacenamiento y métodos de conservación en la consistencia de una crema del hongo *Pleurotus ostreatus*.

Al aplicar el análisis de varianza se demostró estadísticamente con probabilidad (p-valor) 0.0001 menor que la significancia estadística ( $\alpha$ ) 0.05, que la combinación de diferentes tiempos de almacenamiento y métodos de conservación presentaron diferencias estadísticas significativas en la consistencia de la crema del hongo *Pleurotus ostreatus* (anexo 10).

En la actualidad no hay investigaciones en las que se evalúen diferentes métodos de conservación y tiempos de almacenamiento del hongo *P. ostreatus*, sin embargo, Fernel y Pérez (2014:16), afirman que “el hongo *Pleurotus ostreatus* se caracteriza por sus propiedades organolépticas, reflejada en su aspecto, aroma agradable, utilización para la elaboración de numerosos platillos”.

En cuanto a normativas de control de calidad, el CONACYT (s.f.:5), establece en la Norma Salvadoreña NSO 67.01.09:95 sobre productos de imitación de la crema de leche que como características sensoriales “el producto tendrá sabor y olor similar al de la crema de leche y estará libre de cualquier sabor u olor extraño o anormal, tener color blanco a ligeramente amarillento”.

## **7.19. Sondeo de mercado del hongo *Pleurotus ostreatus***

### **7.19.1. Tiempo que tienen de producir y comercializar hongos comestibles**

Al preguntar sobre el tiempo que tienen de producir y comercializar hongos comestibles en El Salvador, la empresa Z'ETAS tiene 17 años de experiencia, seguida por la empresa TUTALYU con 7 años.

### **7.19.2. Especies de hongos comestibles que comercializan y su precio de venta**

La empresa Z'ETAS comercializa hongos frescos de las siguientes especies: hongo ostra con un precio promedio de 5.50 USD la libra, champiñón 5.00 USD/libra, portobello 7.50 USD/libra, cremini 6.50 USD/libra, tenkike 20.00 USD/libra, anakate 15.50 USD/libra; las especie de hongos deshidratados son shiitake 5.00 USD/onza, porcini 5.50 USD/onza y champiñón 5.00 USD/onza.

La empresa TUTALYU comercializa únicamente la especie de hongo ostra a un precio promedio de 6.00 USD/libra.

### **7.19.3. Principales clientes y especies de hongos de mayor demanda**

Los clientes de la empresa Z'ETAS son Super Selectos, Walmart y restaurantes; la especie de mayor demanda es el hongo champiñón. Los clientes de la empresa TUTALYU son restaurantes vegetarianos, tiendas de comida saludable.

### **7.19.4. Cadena de distribución del hongo *Pleurotus ostreatus***

En El Salvador la empresa TUTALYU es la única que produce el hongo *Pleurotus*, las demás empresas son importadoras y distribuidoras como Z'ETAS. El distribuidor vende hongos a los hoteles, restaurantes o directamente al consumidor.

Los supermercados que comercializan hongos frescos son la Despensa de Don Juan: San Benito, Cumbres de la Escalón, Antiguo Cuscatlán, Escalón Norte; y Super Selectos: Paseo, Masferrer, Multiplaza y San Benito. En los supermercados los hongos frescos se ubican en el área de frutas y vegetales, en góndolas refrigeradas que no poseen la temperatura adecuada para su conservación.

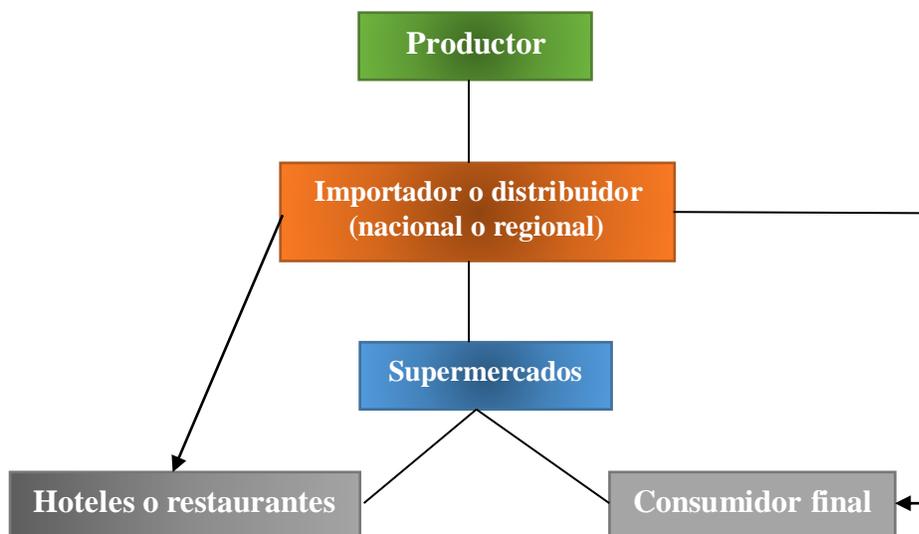


Figura 64. Cadena de distribución del hongo *Pleurotus ostreatus* en El Salvador.

Pérez y Álvarez (2015), afirman que en la producción de hongos comestibles *Pleurotus spp.* participan diversos actores o eslabones de la cadena de valor.

## 8. CONCLUSIONES

Con valores de probabilidad (p-valor) mayores a la significancia estadística ( $\alpha$ ) de 0.05, las dosis de inóculo 60 g, 70 g y 80 g de la cepa comercial 3015 del hongo comestible *Pleurotus ostreatus* presentaron similares efectos en los parámetros morfológicos y fisiológicos invasión micelial, periodo de formación de primordios, número de primordios, número de racimos o carpóforos, peso fresco de racimos, diámetro promedio de estípite, longitud promedio del estípite, diámetro promedio del sombrero, periodo de cosecha, eficiencia biológica (EB), ciclo del cultivo, y tasa de producción (TP); quedando evidente que para el cultivo del hongo *P. ostreatus* se pueden aplicar cualquiera de las dosis evaluadas en esta investigación.

Los sustratos agrícolas olote de maíz, pasto pangola, rastrojo de frijol y tusa de maíz, presentaron diferencias estadísticas significativas en la mayoría de parámetros morfológicos y fisiológicos del hongo comestible *Pleurotus ostreatus* siendo el mejor sustrato según la prueba estadística de comparación múltiple de medias de Tukey el rastrojo de frijol con el cual se obtuvo una producción promedio de 30 racimos o carpóforos, peso fresco total de carpóforos de 559.44 g, la mejor eficiencia biológica con 121.87% y una tasa de producción de 2.86%, resultados que se atribuyen al alto contenido de nitrógeno de este sustrato; el segundo mejor sustrato fue el pasto pangola con una producción de 23 racimos, peso fresco total de carpóforos de 409.78 g, eficiencia biológica de 75.56% y una tasa de producción de 1.71%.

Según los resultados nutricionales en base seca de los carpóforos del hongo *Pleurotus ostreatus* obtenidos en esta investigación, este hongo es una excelente alternativa para la alimentación humana con un promedio de proteína cruda de 29.71 g/100; carbohidratos 44.57 g/100 g; fósforo 1,391.76 mg/100 g; calcio 46.73 mg/100 g; sodio 27.83 mg/100 g; hierro 11 mg/100 g; potasio 2,806.77 mg/100 g; zinc 1.81 mg/100 g y magnesio 570.60 mg/100 g.

Al evaluar la crema del hongo el tratamiento T8: hongo *Pleurotus ostreatus* en Salmuera con dos meses de almacenamiento presentó la mayor puntuación y aceptabilidad del panel de catadores en el olor, color, sabor y consistencia (textura).

En El Salvador existe demanda de hongos comestibles como champiñón común, portobello y pleurotus; pero solo dos empresas se dedican a la producción y comercialización, Z'ETAS comercializa hongos frescos y deshidratados, y la empresa TUTALYU comercializa el hongo ostra a un precio promedio de 6.00 USD/libra. Los eslabones que representan la comercialización del hongo pleurotus en El Salvador está representada por el productor, importador o distribuidor, y los supermercados.

## 9. RECOMENDACIONES

En relación a las dosis de inóculo de 60 g, 70 g y 80 g, de la cepa comercial 3015 del hongo *Pleurotus ostreatus*, utilizar cualquiera de las dosis evaluadas en esta investigación producto que mostraron similar efecto en los parámetros morfológicos y fisiológicos evaluados en el hongo Ostra. Respecto a los sustratos agrícolas, utilizar el sustrato de rastrojo de frijol o de pasto pangola, porque presentaron los mejores resultados en la producción, eficiencia biológica y tasa de producción del hongo *Pleurotus ostreatus*. El rastrojo de frijol se debe adquirir en el periodo de aporreo o cosecha del grano de frijol, en el caso del pasto pangola se recomienda comprar las pacas en las ganaderías del país a un precio de 3.00 USD a 3.50 USD, cada paca de heno le rinde de 20 a 24 bloques o macetas inoculadas de 12" x 18" o 12.5 libras.

Garantizar el cumplimiento de la fase de oscuridad con 15 a 30 días de incubación o colonización en completa ausencia de luz; luego la fase de fructificación y cosecha a partir de los 40 días desde la siembra proporcionando un 80% de ingreso de luz; en las dos fases se debe cumplir con condiciones climáticas con temperaturas que oscilan entre 22° C y 30° C, y humedad relativa entre 70% y 80%; permitiendo tener éxito en el cultivo del hongo *Pleurotus ostreatus*.

Producto del alto contenido nutricional del hongo *Pleurotus ostreatus*, incluirlo como alternativa de alimentación en los centros escolares del país, fomentando la cultura del consumo de hongos comestibles y el conocimiento de las ventajas gastronómicas que presentan, al poseer alto contenido proteico aun mayor que los vegetales, además de contener aminoácidos esenciales importantes para una dieta balanceada, mejorando la nutrición de los estudiantes y su rendimiento académico.

En cuanto al análisis sensorial, con el propósito de alargar la vida de anaquel del hongo *Pleurotus ostreatus* y conservar sus propiedades organolépticas y nutricionales se recomienda aplicar el tratamiento T8: hongo *Pleurotus ostreatus* en salmuera con dos meses de almacenamiento por ser el de mejor puntuación y aceptabilidad del panel de catadores en el olor, color, sabor y consistencia (textura).

Respecto a la comercialización del hongo *Pleurotus ostreatus* se recomienda trabajar en la divulgación del cultivo, sus propiedades nutricionales, conservación y preparación culinaria en los medios de comunicación y redes sociales, por medio de talleres prácticos en la Estación Experimental y de Prácticas (EEP) de la Facultad de Ciencias Agronómicas, en centros escolares, y comunidades de el país.

## 10. BIBLIOGRAFÍA

- Ardón López, CE. 2007. La producción de los hongos comestibles. Tesis M. Sc. Universidad de San Carlos Guatemala, Facultad de Humanidades, departamento de postgrado. 213 p.
- Barba Chávez, JM; López Cruz, JI. 2017. Guía práctica para el cultivo de Setas (en línea). México. Consultado 20 dic. 2021. Disponible en <http://publicacionescbs.izt.uam.mx/DOCS/csetas.pdf>
- Bautista, M; Guzmán, GA; González, E; Díaz, C; Martínez, G; Corona, EB. 1999. Calidad proteínica de tres cepas mexicanas de setas (*Pleurotus ostreatus*). (en línea). México. Consultado 22 dic. 2021. Disponible en <https://www.alanrevista.org/ediciones/1999/1/art-16/>
- Bello, J. 2000. Ciencia Bromatológica: Principios generales de los alimentos. 1ª ed. Madrid, España. Díaz de Santos. 596 p.
- Calderón, AC; Calles, CE. 2006. Estrategia de mercadeo para la comercialización del hongo ostra producido en El Salvador. Caso práctico: empresa Manix, S.A. de C.V. (en línea). Consultado 22 dic. 2021. Disponible en: <https://acortar.link/yRGt6F>
- CENTA (Centro Nacional de Tecnología Agropecuaria y Forestal, El Salvador). 2021. Análisis bromatológico en alimentos (en línea). Consultado 27 mar. 2023. Disponible en: <https://www.centa.gob.sv/download/analisis-bromatologico-en-alimentos/>
- CONACYT (Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología, El Salvador). s.f. Norma Salvadoreña NSO 67.01.09:95 sobre Productos de imitación de la crema de leche (en línea). Consultado 12 feb. 2023. Disponible en: <https://goo.su/ukE2bnm>
- Cueva, MB; Hernández, A. 2014. Evaluación de residuos agrícolas para la producción del hongo *Pleurotus ostreatus*. Ciudad de La Habana, Cuba (en línea). Consultado 22 dic. 2021. Disponible en: <https://www.redalyc.org/pdf/2231/2231313337008.pdf>

- FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura, El Salvador). 2021. América Latina y el Caribe Panorama Regional de la Seguridad Alimentaria y Nutricional: Estadística y Tendencias (en línea). Consultado 19 jun. 2021. Disponible en: <https://www.fao.org/americas/publicaciones-audio-video/panorama/2021/es/>
- Fernel, K; Pérez, R. 2014. Estudio de mercado para la producción y comercialización de hongo *Pleurotus ostreatus* L. En cuatro municipios del departamento de San Marcos. (en línea). Universidad de San Carlos, Guatemala. Consultado 20 mar. 2023. Disponible en: <http://investigacion.cusam.edu.gt/wp-content/uploads/2018/10/ESTUDIO-DE-MERCADO-PARA-LA-PRODUCCI%C3%93N-Y-COMERCIALIZACI%C3%93N.pdf>
- Gaytán, D. 2016. Cinética enzimática del hongo *Pleurotus ostreatus* utilizando como sustrato residuos de forraje de maíz, sorgo y avena. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, Saltillo, Coahuila, México (en línea). Consultado 22 dic. 2021. Disponible en: <http://repositorio.uaaan.mx:8080/xmlui/bitstream/handle/123456789/8003/T20773%20REYE%20GAYTAN%2C%20DIANA%20SARAH%20%2063985.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- García, FE; Medina, EJ; Martínez, PZ; Valencia, BX. s.f. Hongos seta (*Pleurotus ostreatus*): producción y comercialización (en línea). Consultado 22 dic. 2021. Disponible en: <https://repositorio.geotech.cu/jspui/bitstream/1234/3874/1/Hongos%20Seta%20pleurotus%20ostreatus%20producci%C3%B3n%20y%20comercializaci%C3%B3n.pdf>
- Garzón, JP; Cuervo, JL. 2008. Producción de *Pleurotus ostreatus* sobre residuos sólidos lignocelulósicos de diferente procedencia (en línea). Consultado 10 jul. 2023. Disponible en: [https://www.researchgate.net/publication/316652826\\_Produccion\\_de\\_Pleurotus\\_ostreatus\\_sobre\\_residuos\\_solidos\\_lignocelulosicos\\_de\\_diferente\\_procedencia/link/5909fead458515ebb4a41763/download](https://www.researchgate.net/publication/316652826_Produccion_de_Pleurotus_ostreatus_sobre_residuos_solidos_lignocelulosicos_de_diferente_procedencia/link/5909fead458515ebb4a41763/download)
- Hough, G; Fiszman, S. 2005. Estimación de la vida útil sensorial de los alimentos. 1ª ed. Ciencia y Tecnología para el Desarrollo (eds.). Madrid, España. 200 p.

- Hernández, R; López, C. s.f. Evaluación del crecimiento y producción de *Pleurotus ostreatus* sobre diferentes residuos agroindustriales del departamento de Cundinamarca, Pontificia Universidad Javeriana, Bogotá, Colombia (en línea). Consultado 22 dic. 2021. Disponible en: <https://repository.javeriana.edu.co/bitstream/handle/10554/8275/tesis257.pdf;jsessionid=85B0C882FDC4BF2FEFBEEBF6858CDB24?sequence=1>
- Huamán, M; Mendoza, K. 2015. Caracterización sensorial de salsa a base de *Pleurotus ostreatus*, cultivados en mazorcas de cacao (*Theobroma cacao* L.). Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Saltillo, Lima, Perú (en línea). Consultado 22 dic. 2021. Disponible en: <https://core.ac.uk/download/pdf/323342145.pdf>
- López, C; Hernández, R; Suárez, C; Borrero, M. 2008. Evaluación del crecimiento y producción de *Pleurotus ostreatus* sobre diferentes residuos agroindustriales del departamento de Cundinamarca (en línea). Bogotá, Colombia. Consultado 22 jul. 2023. Disponible en: [http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci\\_abstract&pid=S0122-74832008000200004&lng=e&nrm=iso&tlng=es](http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S0122-74832008000200004&lng=e&nrm=iso&tlng=es)
- Mata, G; Ortega, C; Pérez, R; Gómez, M. 2011. Inóculo suplementado: evaluación de un método para optimizar la producción de inóculo para el cultivo de *Pleurotus* en pulpa de café (en línea). Consultado 19 ene. 2023. Disponible en: <https://www.scielo.org.mx/pdf/rmm/v34/v34a8.pdf>
- Nieto, J; Cuzcano, A; Reyes, W. 2021. Evaluación del hongo *Pleurotus ostreatus* y de su composición nutricional en borra de café (en línea). Consultado 19 ene. 2023. Disponible en: [http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci\\_abstract&pid=S2309-04132021000200027&lng=es&nrm=iso](http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S2309-04132021000200027&lng=es&nrm=iso)
- Olivera, A; Aranda, E; Ortega, E; J Diaz, P; Mendoza, G. s.f. Producción de hongo *Pleurotus ostreatus* en residuos de maíz, frijol y caña de azúcar (en línea). Consultado 05 feb. 2023. Disponible en: <https://docplayer.es/106541067-Produccion-de-hongo-pleurotus-ostreatus-en-residuos-de-maiz-frijol-y-cana-de-azucar.html>

- ONU (Organización de las Naciones Unidas, El Salvador). 2019. Seguridad Alimentaria y Nutricional frente al COVID-19 (en línea). Consultado 19 jun. 2021. Disponible en: <https://elsalvador.un.org/sites/default/files/2021-04/Seguridad%20Alimentaria%20y%20Nutricional%20frente%20al%20COVID19%20FINAL%202.pdf>
- Pérez, BA; Álvarez, PE. 2015. Análisis de la cadena de valor de producción de setas (*Pleurotus spp.*) en cuatro municipios de Chiapas (en línea). Consultado 20 feb. 2023. Disponible en: <https://www.scielo.org.mx/pdf/au/v25n6/2007-9621-au-25-06-00051.pdf>
- Pilar, M; Hoyos, JL; Mosquera, SA. 2010. Evaluación de los parámetros productivos de la semilla de *Pleurotus ostreatus* propagada en diferentes medios de cultivo (en línea). Consultado 22 ene. 2023. Disponible en: <http://www.scielo.org.co/pdf/bsaa/v8n2/v8n2a12.pdf>
- PNUD (Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo, s.l.). 2023. Objetivos de desarrollo sostenible (en línea). Consultado 25 ene. 2023. Disponible en <https://www.undp.org/content/undp/es/home/sustainable-development-goals.html>
- Rojas, BJ; Romero, BM. 2016. Producción del hongo comestible (*Pleurotus ostreatus*) en pulpa de café (en línea). Universidad Nacional “Pedro Ruiz Gallo”, Lambayeque, Perú. Consultado 15 abr. 2023. Disponible en: [https://node2.123dok.com/dt02pdf/123dok\\_es/000/635/635032.pdf.pdf?X-Amz-Content-Sha256=UNSIGNED-PAYLOAD&X-Amz-Algorithm=AWS4-HMAC-SHA256&X-Amz-Credential=aa5vJ7sqx6H8Hq4u%2F20230719%2F%2Fs3%2Faws4\\_request&X-Amz-Date=20230719T205656Z&X-Amz-SignedHeaders=host&X-Amz-Expires=600&X-Amz-Signature=2190bc543cef927febc18e45cda97f943574350cc593221c75798feec3ca6d8e](https://node2.123dok.com/dt02pdf/123dok_es/000/635/635032.pdf.pdf?X-Amz-Content-Sha256=UNSIGNED-PAYLOAD&X-Amz-Algorithm=AWS4-HMAC-SHA256&X-Amz-Credential=aa5vJ7sqx6H8Hq4u%2F20230719%2F%2Fs3%2Faws4_request&X-Amz-Date=20230719T205656Z&X-Amz-SignedHeaders=host&X-Amz-Expires=600&X-Amz-Signature=2190bc543cef927febc18e45cda97f943574350cc593221c75798feec3ca6d8e)
- Romero, O; Huerta, M; Damián, MA; Macías, A; Tapia, AM; Parraguirre, JF; Juárez, J. 2010. Evaluación de la capacidad productiva de *Pleurotus Ostreatus* con el uso de hoja de plátano (*Musa paradisiaca* l., cv. Roatán) deshidratada, en relación con otros sustratos Agrícolas. *Agronomía Costarricense*, 34(1), 53-63.

- Sánchez, J; Royse, D. 2017. La biología, el cultivo y las propiedades nutricionales y medicinales de las setas *Pleurotus spp* (en línea). Colegio de la Frontera Sur (ECOSUR), Chiapas, México. Consultado 25 abril. 2022. Disponible en: [https://www.researchgate.net/publication/321686533\\_La\\_Biologia\\_el\\_cultivo\\_y\\_las\\_propiedades\\_nutricionales\\_y\\_medicinales\\_de\\_las\\_setas\\_Pleurotus\\_spp](https://www.researchgate.net/publication/321686533_La_Biologia_el_cultivo_y_las_propiedades_nutricionales_y_medicinales_de_las_setas_Pleurotus_spp)
- TEC (Tecnológico de Costa Rica). 2023. Agricultura sustentable: volver al origen (en línea). Costa Rica. Consultado 25 ene. 2023. Disponible en <https://www.tec.ac.cr/pensis/articulos/agricultura-sustentable-volver-origen>
- Vargas, PS; Hoyos, JL; Mosquera, SA. 2012. Uso de hojarasca de roble y bagazo de caña en la producción de *Pleurotus ostreatus* (en línea). Consultado 25 ene. 2023. Disponible en <http://www.scielo.org.co/pdf/bsaa/v10n1/v10n1a16.pdf>
- Varnero, MT; Quiroz, MS; Álvarez, CH. 2010. Utilización de Residuos Forestales Lignocelulósicos para Producción del Hongo Ostra (*Pleurotus ostreatus*) (en línea). Consultado 25 ene. 2023. Disponible en <https://doi.org/10.4067/S0718-07642010000200003>
- Watt, B; Ylimaki, G; Jeffery, L; Elías, L. 1992. Métodos sensoriales básicos para la evaluación de alimentos. Canadá. Centro Internacional de Investigaciones para el Desarrollo (CIID). 170 p.

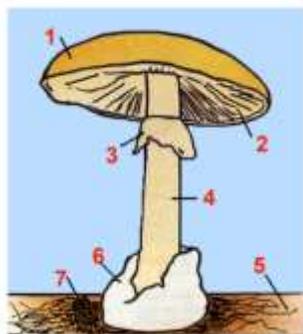
## 11. ANEXOS

Anexo 1. Composición química de algunos hongos comestibles cultivados (datos referidos a 100 g de material fresco).

Componentes importantes	Seta <i>P. ostreatus</i>	Seta reina <i>P. eryngii</i>	Champiñón <i>A. bisporus</i>	Shiitake <i>L. edodes</i>
Materia seca	9.3 g	10.9 g	10.4 g	10.9 g
Agua	90.7 g	89.2 g	89.7 g	89.1 g
Grasa	0.7 g	0.5 g	0.6 g	0.5 g
Proteína	1.9 g	2.3 g	3.0 g	3.1 g
Cenizas	0.67 g	0.74 g	0.96 g	0.77 g
Fibra total	4.6 g	4.8 g	1.3 g	4.5 g
Glucosa	1.01 g	0.93 g	0.33 g	0.22 g
Carbohidratos	1.4 g	2.5 g	4.5 g	2.0 g
Calorías (kcal)	20	24	35	25
Sodio	2.5 mg	1.5 mg	4.8 mg	1.4 mg
Potasio	216.5 mg	265 mg	339 mg	249 mg
Calcio	0.44 mg	0.37 mg	0.43 mg	1.3 mg
Magnesio	10.4 mg	13.9 mg	8.9 mg	12.1 mg
Hierro	0.58 mg	0.65 mg	0.39 mg	1.4 mg
Fósforo	57.8 mg	98.9 mg	91.5 mg	81.7 mg
Zinc	0.38 mg	0.57 mg	0.34 mg	0.95 mg
Cobre	0.09 mg	0.08 mg	0.19 mg	0.15 mg
Selenio	< 0.5 mg	< 0.5 mg	< 0.5 mg	< 0.5 mg
Manganeso	0.05 mg	0.09 mg	< 0.05 mg	0.21 mg
Vitamina A	0.90 µg	0.95 µg	0.75 µg	1.05 µg
Vitamina B <sub>1</sub>	0.08 mg	0.12 mg	0.10 mg	0.03 mg
Vitamina B <sub>2</sub>	0.16 mg	0.16 mg	0.41 mg	0.23 mg
Vitamina B <sub>3</sub>	0.03 mg	0.01 mg	0.04 mg	0.02 mg
Vitamina B <sub>5</sub>	0.31 µg	0.56 µg	0.35 µg	0.23 µg
Ácido pantoténico	1.07 mg	0.94 mg	0.66 mg	0.86 mg
Niacina	2.82 mg	4.96 mg	2.45 mg	3.81 mg
Biotina	0.004 mg	0.010 mg	0.010 mg	0.009 mg
Ácido fólico	0.014 mg	0.034 mg	0.013 mg	0.026 mg
Vitamina K	< 0.10 µg	< 0.10 µg	< 0.10 µg	< 0.10 µg
Vitamina C	0.48 mg	0.38 mg	2.77 mg	1.12 mg
Vitamina D <sub>2</sub>	< 0.05 µg	< 0.05 µg	< 0.05 µg	< 0.05 µg
Vitamina D <sub>3</sub>	< 0.05 µg	< 0.05 µg	< 0.05 µg	< 0.05 µg
Vitamina E (total)	0.008 mg	0.005 mg	0.008 mg	0.008 mg

Fuente: Sánchez y Royle 2017:32.

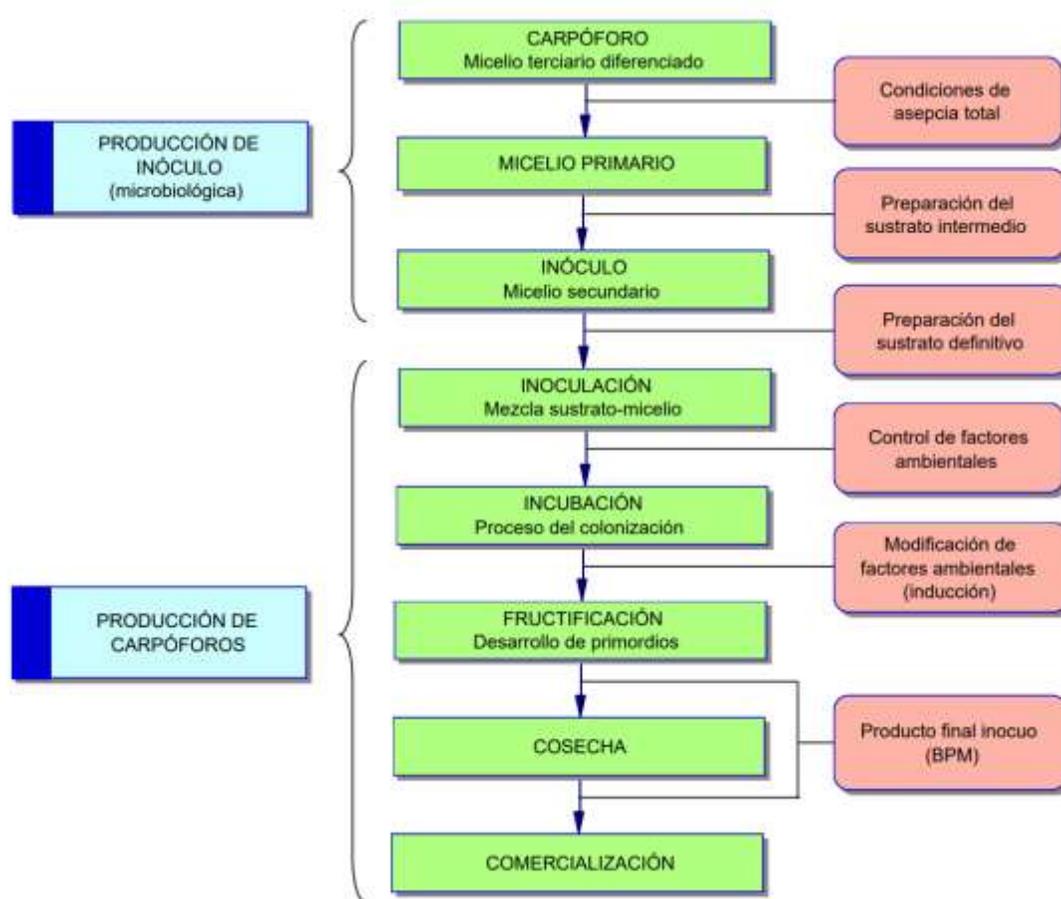
Anexo 2. Partes del hongo y de una seta.



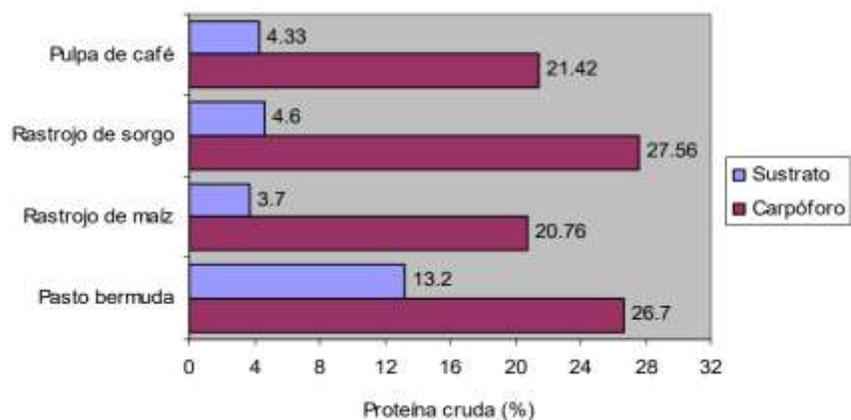
1. Sombrero o pileo
2. Himenio o lamela
3. Anillo
4. Pie, estipe o estípito
5. Hifa
6. Volva
7. Micelio

Fuente: Romero 1998, citado por Ardón 2007:10.

## Anexo 3. Etapas de producción de hongos comestibles.



Fuente: Ardón (2007).

Anexo 4. Porcentaje de proteína de los sustratos y los carpóforos de *Pleurotus ostreatus* IBUG-8.Fuente: Rodríguez *et al.* 2005, citado por Ardón 2007:94.

Anexo 5. Composición bromatológica del carpóforo de *Pleurotus ostreatus* ((porcentaje sobre materia seca).

Componente	Cardona, 2001	Cisterna, 2002	Rodríguez <i>et al.</i> , 2005	Promedio
Agua	87-93%	88-91%	90%	89.83%
Proteína	24.64-30.40	14.40-19.90	15.70-30.0	22.51
Grasas	3.1-9.25	0.8-2.0	1.5-5.0	3.61
Carbohidratos	26.33-30.46	51.6-62	50-57	46.23
Minerales	7.66-8.79	0.83-13.3	7.90-8.0	7.75
Fibra	32.14-36.81	13.70-15.60	8.5-14	20.13
Calorías	345	300	150-350	298.33

Referencia: A excepción de las calorías que están expresadas en kilocalorías por cien gramos de peso seco del hongo, los restantes componentes corresponden a gramos por cien gramos de hongo seco.

Fuente: Hiroi 1982 y Breene 1990, citado por Ardón 2007:95.

Anexo 6. Composición química y eficiencia biológica de sustratos (porcentaje sobre materia seca).

Material	MO	N	GB	FB	ELN	Cen	C/N	EB
Pulpa de café	84.70	0.59	-----	-----	-----	15.30	83.26	175.80
Cáscara de Cacahuete	92.40	2.44	9.70	26.30	41.20	7.60	22.00	100.00
Paja de trigo y broza de encino	93.75	0.86	1.49	-----	17.59	6.25	63.05	91.07
Paja de arroz	84.30	0.69	1.90	35.70	42.40	15.70	70.80	79.20
Magüey tequilero	91.10	0.36	2.80	32.40	53.60	8.90	146.80	65.00
Cascarilla de arroz	82.50	0.63	1.30	48.10	29.20	17.50	75.90	56.10
Jacinto de agua	83.40	1.74	-----	18.00	-----	16.60	27.80	52.00

Referencia: MO: Materia orgánica, N: Nitrógeno, GB: Grasa bruta, FB: Fibra bruta, ELN: Extracto libre de nitrógeno, Cen: Cenizas, C/N: Relación carbono nitrógeno, EB: Eficiencia biológica.

Fuente: Sánchez y Royse 2002, citado por Ardón 2007:101.

Anexo 7. Composición en porcentaje de los componentes de lignocelulosa en diferentes materiales residuales.

Residuos *	Celulosa	Hemicelulosa	Lignina
Bagazo de caña	27-42	19-30	19-23
Rastrojo de maíz	36-40	25-29	13-21
Olote de maíz	28-45	35-43	11-17
Paja de arroz	23-38	18-29	6-18
Paja de trigo	32-40	21-29	6-15
Cascarilla de arroz	28-43	18-21	22-23
Residuos de pasto	25-40	13-38	6-18
Residuos de coco	21-36	12-23	41-48
Desechos de algodón	52-90	5-20	4-12
Cáscara de semilla de girasol	32-43	24-25	23-29
Pulpa de café	23-29	15-17	13-26
Madera de vid	34-61	17-21	20-23
Papel periódico	18-30	25-40	40-55
Desechos de papel	53-70	12-25	11-30
Cáscara de nuez	30-40	25-30	25-30
Cascarilla de avellana	25-38	21-25	30-35
Maderas blandas	38-50	11-35	25-35
Maderas duras	40-55	22-40	18-26

Fuente: Sánchez y Royse (2017).

Anexo 8. Análisis de varianza de las variables evaluadas en el desarrollo y producción del hongo ostra (*Pleurotus ostreatus*).

Factores en estudio	Variables	C.M.E	R <sup>2</sup>	P-valor
Dosis de inóculo	Invasión micelial (%)	144.44	0.37	0.2343 <sup>ns</sup>
Sustratos agrícolas		143.29		0.2325 <sup>ns</sup>
Interacción o combinación		64.81		0.6555 <sup>ns</sup>
Dosis de inóculo	Periodo de invasión (días)	39.25	0.56	0.0241*
Sustratos agrícolas		32.41		0.028*
Interacción o combinación		6.66		0.6147 <sup>ns</sup>
Dosis de inóculo	Formación de primordios (días)	14.08	0.44	0.8826 <sup>ns</sup>
Sustratos agrícolas		350.15		0.0465*
Interacción o combinación		94.34		0.5515 <sup>ns</sup>
Dosis de inóculo	Número total de primordios	310.58	0.45	0.4132 <sup>ns</sup>
Sustratos agrícolas		1616.74		0.0102*
Interacción o combinación		50.99		0.9869 <sup>ns</sup>
Dosis de inóculo	Número total de racimos	180.25	0.66	0.1386 <sup>ns</sup>
Sustratos agrícolas		1014.25		0.0001*
Interacción o combinación		14.81		0.9801 <sup>ns</sup>
Dosis de inóculo	Peso fresco total de carpóforos (g)	42900.86	0.46	0.364 <sup>ns</sup>
Sustratos agrícolas		205301.2		0.0081*

Interacción o combinación		6862.82		0.9824 <sup>ns</sup>
Dosis de inóculo	Diámetro promedio de estípite (cm)	8.6		0.27 <sup>ns</sup>
Sustratos agrícolas		10.08	0.49	0.2115 <sup>ns</sup>
Interacción o combinación		8.53		0.2669 <sup>ns</sup>
Dosis de inóculo	Longitud promedio de estípite (cm)	268.5		0.1435 <sup>ns</sup>
Sustratos agrícolas		131.48	0.52	0.3945 <sup>ns</sup>
Interacción o combinación		134.66		0.4127 <sup>ns</sup>
Dosis de inóculo	Diámetro promedio de sombrero (cm)	375.08		0.2256 <sup>ns</sup>
Sustratos agrícolas		224.76	0.48	0.4312 <sup>ns</sup>
Interacción o combinación		414.19		0.1541 <sup>ns</sup>
Dosis de inóculo	Periodo de cosecha (días)	172.69		0.1805 <sup>ns</sup>
Sustratos agrícolas		682.92	0.56	0.0014*
Interacción o combinación		34.92		0.8873 <sup>ns</sup>
Dosis de inóculo	Eficiencia biológica (%)	5059.01		0.0524 <sup>ns</sup>
Sustratos agrícolas		18785.12	0.69	0.0001*
Interacción o combinación		978.42		0.6866 <sup>ns</sup>
Dosis de inóculo	Ciclo del cultivo (días)	78.36		0.4177 <sup>ns</sup>
Sustratos agrícolas		707.51	0.57	0.0008*
Interacción o combinación		36.73		0.8537 <sup>ns</sup>
Dosis de inóculo	Tasa de producción (%)	2.31		0.0711 <sup>ns</sup>
Sustratos agrícolas		9.3	0.67	0.0001*
Interacción o combinación		0.19		0.9534 <sup>ns</sup>

\*significancia al 0.05 (5%), ns: no significativo.

Cuadrado medio del error (C.M.E), coeficiente de determinación (R<sup>2</sup>) y prueba de significación (p-valor).

#### Anexo 9. Análisis de correlación de Pearson del desarrollo y rendimiento del hongo *Pleurotus ostreatus*.

Variable		Pearson (r)	P-valor
Número total de primordios	Número total de racimos	0.87	<0.0001**
	Peso fresco total de carpóforos (g)	0.67	<0.0001**
	Periodo de cosecha (días)	0.59	0.0001**
	Eficiencia biológica (%)	0.76	<0.0001**
	Tasa de producción (%/día)	0.69	<0.0001**
Número total de racimos	Peso fresco total de carpóforos (g)	0.81	<0.0001**
	Periodo de cosecha (días)	0.54	0.0006**
	Eficiencia biológica (%)	0.88	<0.0001**
	Tasa de producción (%/día)	0.84	<0.0001**
Peso fresco total de carpóforos (g)	Eficiencia biológica (%)	0.78	<0.0001**
	Tasa de producción (%/día)	0.83	<0.0001**
Diámetro promedio de estípite (cm)	Longitud promedio de estípite (cm)	0.75	<0.0001**
	Diámetro promedio de sombrero (cm)	0.83	<0.0001**
Longitud promedio de estípite (cm)	Diámetro promedio de sombrero (cm)	0.89	<0.0001**

Periodo de cosecha (días)	Eficiencia biológica (%)	0.57	0.0003**
	Ciclo del cultivo (días)	0.95	<0.0001**
Eficiencia biológica (%)	Tasa de producción (%/día)	0.94	<0.0001**

Anexo 10. Medidas resumen y análisis de varianza del análisis sensorial y aceptabilidad de la crema del hongo *Pleurotus ostreatus* con diferentes tiempos de almacenamiento según métodos de conservación.

Tratamientos	Variables	Media aritmética	Desviación estándar	Coefficiente de variación (%)	P-valor
T1: Refrigeración con 1 mes	pH	6	0	0	<0.0001**
T2: Refrigeración con 2 meses		5.73	0.15	2.66	
T3: Refrigeración con 3 meses		5.87	0.08	1.3	
T4: Congelado con 1 mes		6.13	0.12	1.88	
T5: Congelado con 2 meses		5.77	0.06	1	
T6: Congelado con 3 meses		5.87	0.06	0.98	
T7: Salmuera con 1 mes		5.73	0.06	1.01	
T8: Salmuera con 2 meses		5.2	0.1	1.92	
T9: Salmuera con 3 meses		6.32	0.11	1.67	
T1: Refrigeración con 1 mes	Grados Brix (°Bx)	12.43	0.31	2.46	<0.0001**
T2: Refrigeración con 2 meses		2.07	0.15	7.39	
T3: Refrigeración con 3 meses		7.25	0.18	2.49	
T4: Congelado con 1 mes		11.13	0.57	5.11	
T5: Congelado con 2 meses		9.4	0	0	
T6: Congelado con 3 meses		8.53	0.4	4.74	
T7: Salmuera con 1 mes		12.1	0	0	
T8: Salmuera con 2 meses		13.27	0.29	2.18	
T9: Salmuera con 3 meses		6.7	0.85	12.7	
T1: Refrigeración con 1 mes	Olor	2.6	0.2	7.69	<0.0001**
T2: Refrigeración con 2 meses		0	0	sd	
T3: Refrigeración con 3 meses		0	0	sd	
T4: Congelado con 1 mes		2.4	0.2	8.33	
T5: Congelado con 2 meses		2	0	0	
T6: Congelado con 3 meses		2.67	0.12	4.33	
T7: Salmuera con 1 mes		2.2	0	0	
T8: Salmuera con 2 meses		2.73	0.12	4.22	
T9: Salmuera con 3 meses		2.33	0.46	19.79	
T1: Refrigeración con 1 mes	Color	2.6	0.2	7.69	<0.0001**
T2: Refrigeración con 2 meses		0	0	sd	
T3: Refrigeración con 3 meses		0	0	sd	
T4: Congelado con 1 mes		2.47	0.23	9.36	

T5: Congelado con 2 meses		1.87	0.12	6.19	
T6: Congelado con 3 meses		2.73	0.23	8.45	
T7: Salmuera con 1 mes		1.8	0	0	
T8: Salmuera con 2 meses		2.6	0	0	
T9: Salmuera con 3 meses		2	0.2	10	
<hr/>					
T1: Refrigeración con 1 mes		2.8	0.2	7.14	
T2: Refrigeración con 2 meses		0	0	sd	
T3: Refrigeración con 3 meses		0	0	sd	
T4: Congelado con 1 mes		2.27	0.42	18.37	
T5: Congelado con 2 meses	Sabor	2	0.2	10	<0.0001**
T6: Congelado con 3 meses		2.73	0.23	8.45	
T7: Salmuera con 1 mes		1.93	0.12	5.97	
T8: Salmuera con 2 meses		2.93	0.12	3.94	
T9: Salmuera con 3 meses		2.27	0.5	22.21	
<hr/>					
T1: Refrigeración con 1 mes		2.8	0.2	7.14	
T2: Refrigeración con 2 meses		0	0	sd	
T3: Refrigeración con 3 meses		0	0	sd	
T4: Congelado con 1 mes		2.27	0.42	18.37	
T5: Congelado con 2 meses	Consistencia (textura)	2	0.2	10	<0.0001**
T6: Congelado con 3 meses		2.73	0.23	8.45	
T7: Salmuera con 1 mes		1.93	0.12	5.97	
T8: Salmuera con 2 meses		2.93	0.12	3.94	
T9: Salmuera con 3 meses		2.27	0.5	22.21	

\*\* significancia al 0.01 (1%).

Anexo 11. Instrumento utilizado en el estudio sensorial del hongo *Pleurotus ostreatus*.



Universidad de El Salvador  
Facultad de Ciencias Agronómicas  
Departamento de Fitotecnia



**Fecha:** \_\_\_\_\_

**Objetivo:** Determinar la calidad sensorial y aceptabilidad del hongo comestible *Pleurotus ostreatus* con tiempo de almacenamiento según métodos de conservación.

#### Indicaciones

Frente a usted se presentan nueve (9) muestras de crema del hongo comestible *Pleurotus ostreatus*. Por favor, observe y pruebe cada una de ellas, yendo de izquierda a derecha. Indique el grado que le gusta o le disgusta en cada atributo de acuerdo al puntaje/categoría, escribiendo el número correspondiente en la línea del código de la muestra. Las muestras no se deben de comparar entre ellas.

**Nota:** Recuerde tomar agua después de degustar una muestra. |

Puntaje	Categoría
1	No me gusta
2	Me es indiferente (no le gusta/no le disgusta)
3	Me gusta

CÓDIGO	Calificación para cada atributo			
	OLOR	COLOR	SABOR	CONSISTENCIA

Observaciones adicionales: \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

Anexo 12. Instrumento utilizado en el sondeo de mercado del hongo *Pleurotus ostreatus* en supermercados.



Universidad de El Salvador  
Facultad de Ciencias Agronómicas  
Departamento de Fitotecnia



2022

**Fecha:** \_\_\_\_\_

**Objetivo:** Desarrollar un sondeo de mercado del hongo comestible *Pleurotus ostreatus* en los principales supermercados y empresas que lo comercializan en El Salvador.

#### Indicaciones

El presente cuestionario está estructurado con preguntas abiertas y cerradas dicotómicas y politómicas referentes a las especies de hongos comestibles que se comercializan, precios y canales de comercialización.

1. ¿Quién es su proveedor de hongos comestibles?

\_\_\_\_\_

2. ¿Cuánto tiempo tiene de comercializar hongos comestibles?

\_\_\_\_\_

3. ¿Cuáles especies de hongos comestibles comercializa?

\_\_\_\_\_

4. ¿A qué precio vende la libra de cada especie de hongos comestibles que comercializa?

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

Observaciones adicionales: \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

Anexo 13. Instrumento utilizado en el sondeo de mercado del hongo *Pleurotus ostreatus* con productores.



Universidad de El Salvador  
Facultad de Ciencias Agronómicas  
Departamento de Fitotecnia



2022

**Fecha:** \_\_\_\_\_

**Objetivo:** Desarrollar un sondeo de mercado del hongo comestible *Pleurotus ostreatus* en los principales supermercados y empresas que lo comercializan en El Salvador.

#### Indicaciones

El presente cuestionario está estructurado con preguntas abiertas y cerradas dicotómicas y politómicas referentes a las especies de hongos comestibles que se comercializan, precios y canales de comercialización.

1. ¿Quién es su proveedor de inóculo o semilla de *Pleurotus ostreatus*?

2. ¿A qué precio compra la libra de inóculo o semilla de *Pleurotus ostreatus*?

3. ¿Cuánto tiempo tiene de cultivar y comercializar el hongo pleurotus?

4. ¿A quién le vende el hongo pleurotus??

5. ¿A qué precio vende la libra del hongo pleurotus?

Observaciones adicionales: \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

Anexo 14. Resultados del análisis nutricional de los sustratos antes de la inoculación y después de la cosecha de los carpóforos.



UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR  
FACULTAD DE CIENCIAS AGRONÓMICAS  
DEPARTAMENTO DE QUÍMICA AGRÍCOLA



RESULTADO DE ANÁLISIS

Fecha de Emisión : Ciudad Universitaria, 17 de agosto de 2022.

Tipos de Muestras: Tratamiento de Sustrato.

Análisis solicitado: Nitrógeno, Fosforo, Potasio, Magnesio, Cobre, Hierro, Zinc y Calcio.

Usuario : Oscar Alonso Rodríguez Gracias.

RESULTADOS DE ANALISIS											
Metodología											
Muestra		%Humedad	ppm Ca	ppm Mg	ppm Cu	ppm Fe	ppm K	ppm Zn	ppm P	% N	
ID interno	Id Usuario	Gravimétrico	Absorción Atómica						UV	micro-Kjedahl	
MXI59	2022	sustrato tx 1	53.12	94799.60	4545.27	49.18	288.89	4401.78	5.06	411.03	0.68
MXI61	2022	sustrato tx 3	55.87	37227.18	1083.33	40.98	455.02	2542.16	4.48	290.50	0.79
MXI62	2022	sustrato tx 4	58.43	94605.20	4562.53	96.28	252.44	2446.79	4.70	477.81	0.82
MXI63	2022	sustrato tx 5	69.18	145267.86	6063.00	69.02	247.33	2591.77	3.51	426.78	0.67
MXI64	2022	sustrato tx 6	62.10	99315.82	4099.16	75.46	657.95	1458.11	9.78	795.96	1.07
MXI65	2022	sustrato tx 7	67.15	123917.17	6774.45	61.38	528.38	1349.80	2.68	318.18	1.05
MXI66	2022	sustrato tx 8	78.94	177879.96	9178.61	70.36	718.35	1449.66	2.70	478.76	1.18
MXI67	2022	sustrato tx 9	62.04	117986.11	7776.29	54.85	429.44	2290.67	2.50	628.14	1.34
MXI68	2022	sustrato tx 10	71.38	34219.60	3762.68	53.83	518.71	2938.45	5.58	688.10	0.66
MXI69	2022	sustrato tx 11	71.00	125437.04	6923.95	84.37	314.67	3251.85	3.90	498.23	0.73
MXI70	2022	sustrato tx 12	82.38	104472.76	4714.64	83.82	235.49	1895.55	7.01	563.58	0.70

Analistas: Lic. Guillermo Jacob Pineda Magaña e

Ing. Wilmer Vladimir Lopez.



UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR  
FACULTAD DE CIENCIAS AGRONÓMICAS  
DEPARTAMENTO DE QUÍMICA AGRÍCOLA



### RESULTADO DE ANÁLISIS

Fecha de Emisión : Ciudad Universitaria, 20 de junio de 2022.

Tipos de Muestras: vegetal

Análisis solicitado: Nitrógeno Total, Fósforo, Potasio, Calcio, Magnesio, Hierro, Cobre y Zinc.

Usuario : Oscar Alonso Rodriguez Gracia.

### RESULTADOS DE ANALISIS

#### Metodología

Muestra		%Humedad	ppm Ca	ppm Mg	ppm Cu	ppm Fe	ppm K	ppm Zn	ppm P	% N
ID interno	Id Usuario	Gravimétrico	Absorción Atómica						UV	micro-Kjedahl
MXI43 2022	Sustrato olote	16.35	190.85	16.84	6.93	122.23	7096.66	5.24	381.57	0.67
MXI44 2022	Sustrato tuza	15.78	579.07	47.71	0.40	112.44	8190.99	3.89	182.81	0.49
MXI45 2022	Sustrato pasto	18.68	4764.22	73.90	25.56	109.61	9164.51	4.81	1248.75	0.80
MXI46 2022	Sustrato rastrojo	19.38	11470.17	2066.98	34.09	149.99	155820.75	5.09	1427.62	1.64

Resultados expresados en base seca

Analista: Lic. Guillermo Jacob Pineda Magaña

"HACIA LA LIBERTAD POR LA CULTURA"

Ing. Juan Milton Flores Tensas

Jefe del Departamento de Química Agrícola



Anexo 15. Resultados del análisis nutricional de carpóforos del hongo *Pleurotus ostreatus*.



UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR  
FACULTAD DE CIENCIAS AGRONÓMICAS  
DEPARTAMENTO DE QUÍMICA AGRÍCOLA



RESULTADO DE ANÁLISIS

Fecha de Emisión : Ciudad Universitaria, 22 de julio de 2022.

Tipos de Muestras: Hongo Comestible *Ostreatus*.

Análisis solicitado: Humedad, cenizas, Proteína, Extracto etéreo, Potasio, Magnesio

Fibra Cruda, Carbohidratos, fósforo, Hierro, Zinc, Calcio, sodio y Materia Orgánica.

Usuario : Oscar Alonso Rodríguez Gracias.

ANÁLISIS BROMATOLÓGICO PROXIMAL

Muestra		Metodología						
		Gravimétrico			micro-Kjedahl	Soxhlet	AnKom	Diferencia
ID interno	ID Usuario	%Humedad Total	%Materia Seca	%Ceniza	%Proteína Cruda	%Extracto Etéreo	%Fibra Cruda	%Carbohidratos
MXI56 2022	Hongo trata 1	95.17	4.83	9.39	30.74	1.14	14.51	44.22
MXI57 2022	Hongo trata 2	98.49	1.51	10.08	29.57	0.85	14.44	45.05
MXI58 2022	Hongo trata 3	84.09	15.91	9.59	31.51	0.95	13.31	44.64
		ppm P	ppm Ca	ppm Na	ppm Fe	ppm K	ppm Zn	ppm Mg
		UV	Absorción Atómica					
		6771.90	1293.74	19.75	130.11	9324.39	12.52	1223.55
		7224.36	777.99	27.78	144.44	22440.12	11.06	1236.03
		6708.99	275.48	27.71	143.15	19163.00	15.22	1193.83

Resultados expresados en Base Seca.

Analistas: Lic. Guillermo Jacob Pineda Magaña e

Ing. Wilmer Vladimir Lopez.



### RESULTADO DE ANÁLISIS

Fecha de Emisión : Ciudad Universitaria, 22 de julio de 2022.

Tipos de Muestras: Hongo Comestible *Ostreatus*.

Análisis solicitado: Humedad, cenizas, Proteína, Extracto etéreo, Potasio, Magnesio

Fibra Cruda, Carbohidratos, fósforo, Hierro, Zinc, Calcio, sodio y Materia Orgánica.

Usuario : Oscar Alonso Rodríguez Gracia.

#### ANÁLISIS BROMATOLÓGICO PROXIMAL

Muestra		Metodología						
		Gravimétrico			micro-Kjedahl	Soxhlet	AnKom	Diferencia
ID interno	ID Usuario	%Humedad Total	%Materia Seca	%Ceniza	%Proteína Cruda	%Extracto Etéreo	%Fibra Cruda	%Carbohidratos
MXI50 2022	Hongo trata 5	94.66	5.34	8.19	29.51	0.73	10.74	50.83
MXI51 2022	Hongo trata 6	95.85	4.15	7.58	29.85	0.91	11.44	50.22
MXI52 2022	Hongo trata 9	88.12	11.88	7.83	37.54	0.92	12.71	41.00
MXI53 2022	Hongo trata 10	82.49	17.51	7.93	29.78	1.07	12.03	49.19
MXI54 2022	Hongo trata 12	88.19	11.81	7.50	30.89	1.01	10.23	50.37
MXI55 2022	Hongo trata 4	79.64	20.36	8.72	29.71	1.67	9.94	49.95
		ppm P	ppm Ca	ppm Na	ppm Fe	ppm K	ppm Zn	ppm Mg
UV		Absorción Atómica						
		6308.80	553.80	277.00	85.89	31618.95	14.11	12342.05
		5955.10	303.24	265.25	83.55	25886.56	14.80	11972.35
		7446.60	1021.88	383.75	106.20	26382.77	19.95	13225.16
		8345.14	778.25	447.23	71.44	31231.92	32.36	12936.16
		8483.09	49.81	492.74	76.94	31602.13	17.72	12550.82
		6565.11	78.43	47.72	99.77	19367.21	7.35	1172.40

Resultados expresados en Base Seca.



### RESULTADO DE ANÁLISIS

Fecha de Emisión : Ciudad Universitaria, 27 de junio de 2022.

Tipos de Muestras: Hongo Comestible *Ostreatus*.

Análisis solicitado: Humedad, cenizas, Proteína, Extracto etéreo,

Fibra Cruda, Carbohidratos, fósforo, Hierro, Zinc, Calcio y sodio.

Usuario : Oscar Alonso Rodríguez Gracia.

#### ANÁLISIS BROMATOLÓGICO PROXIMAL

Muestra		Metodología						
		Gravimétrico			micro-Kjedahl	Soxhlet	AnKom	Diferencia
ID interno	ID Usuario	%Humedad Total	%Materia Seca	%Ceniza	%Proteína Cruda	%Extracto Etéreo	%Fibra Cruda	%Carbohidratos
MXI47 2022	Hongo trata 11	97.05	2.95	7.61	24.00	7.61	22.69	38.09
MXI48 2022	Hongo trata 8	97.50	2.50	7.44	27.46	7.44	22.90	34.75
MXI49 2022	Hongo trata 7	88.72	11.28	7.37	26.01	7.37	22.75	36.50
		ppm P	ppm Ca	ppm Na	ppm Fe	ppm K	ppm Zn	ppm Mg
		UV	Absorción Atómica					
		13274.94	46.47	662.15	164.66	38349.80	23.39	205.79
		12150.93	113.89	374.90	102.04	39722.22	25.20	206.61
		10775.76	314.94	313.35	111.39	41723.11	23.11	207.43

Resultados expresados en Base Seca.

Analista: Lic. Guillermo Jacob Pineda Magaña

"HACIA LA LIBERTAD POR LA CULTURA"

Ing. Juan Milton Flores Tensos.  
Jefe del Departamento de Química Agrícola

