



**UNIVERSIDAD ESTATAL PENÍNSULA DE SANTA ELENA
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
CARRERA DE AGROPECUARIA**

**EVALUACIÓN DEL COMPORTAMIENTO PRODUCTIVO DEL
HONGO OSTRÁ ROSADO (*Pleurotus djamor*), EN CUATRO TIPOS DE
SUSTRATOS, EN LA PROVINCIA DE SANTA ELENA, CANTÓN LA
LIBERTAD**

TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR

Requisito parcial para la obtención del título de:

INGENIERA AGROPECUARIA

Autor: Lorena Jackeline González Espinal

LA LIBERTAD, AGOSTO 2026



**UNIVERSIDAD ESTATAL PENÍNSULA DE SANTA ELENA
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
CARRERA DE AGROPECUARIA**

**EVALUACIÓN DEL COMPORTAMIENTO PRODUCTIVO DEL
HONGO OSTRA ROSADO (*Pleurotus djamor*), EN CUATRO TIPOS DE
SUSTRATOS, EN LA PROVINCIA DE SANTA ELENA, CANTÓN LA
LIBERTAD**

TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR

Requisito parcial para la obtención del título de:

INGENIERA AGROPECUARIA

Autora: Lorena Jackeline González Espinal

Tutor: Ing. Marlon Alexis Mena, Mgtr

LA LIBERTAD, AGOSTO 2026

TRIBUNAL DE GRADO

Trabajo de Integración Curricular presentado por **LORENA JACKELINE GONZÁLEZ ESPINAL** como requisito parcial para la obtención del grado de Ingeniero/a Agropecuario/a de la Carrera de Agropecuaria.

Trabajo de Integración Curricular **APROBADO** el: 12/08/2026

Ing. Zoot. Verónica Andrade Yucailla,
PhD.

**DIRECTORA DE CARRERA
PRESIDENTE DEL TRIBUNAL**

Ing. Agr. Ligia Araceli Solís Lucas,
PhD

**PROFESORA ESPECIALISTA
MIEMBRO DEL TRIBUNAL**



Marlon Alexis Mena
Montoya



Ing. Agr. Marlon A. Mena Montoya,
Mgtr

**PROFESORA TUTORA
MIEMBRO DEL TRIBUNAL**

Ing. Agr. Nadia Rosaura Quevedo
Pinos, PhD.

**PROFESORA GUÍA DE LA UIC
MIEMBRO DEL TRIBUNAL**

Ing. Washigton Perero Vera, Mgtr
**ASISTENTE ADMINISTRATIVO
SECRETARIO**

AGRADECIMIENTOS

Quiero agradecer, en primer lugar, a Dios, por darme la vida, la salud y la fortaleza para seguir adelante. Gracias por acompañarme en cada paso

A la Universidad Estatal Península de Santa Elena, por abrirme sus puertas y brindarme la oportunidad de formarme profesionalmente.

Asimismo, agradezco a la Facultad de Ciencias Agrarias y a todos sus docentes, por contribuir de manera significativa a mi crecimiento académico y personal

Agradezco a mi tutor, Ing. Marlon Mena, Mgtr., por su orientación, paciencia, apoyo y por compartir sus conocimientos durante el desarrollo de esta investigación.

A mi esposo. Gracias por estar a mi lado en los momentos difíciles, por creer siempre en mí y por motivarme a no rendirme.

A mis hijos, quienes son el motivo más grande de mi vida y la inspiración para seguir superándome cada día. Todo este esfuerzo también ha sido por ustedes, con la esperanza de ser un ejemplo de que los sueños se alcanzan con esfuerzo y dedicación.

A mi madre, por todo el amor que me ha brindado, por sus sacrificios, sus consejos. Gracias por enseñarme a ser fuerte, honesta y perseverante.

Quiero recordar con mucho cariño a dos personas que, aunque ya no están físicamente conmigo, siempre vivirán en mi corazón.

Dedico un agradecimiento muy especial a mi padre, Ildauro González, Gracias por todo. Aunque hoy no estés aquí para compartir este momento, sé que de alguna manera me acompañas.

A mi querida amiga, Viviana García, gracias por tu amistad sincera, por las palabras de ánimo que siempre me brindaste.

Finalmente, expreso mi agradecimiento a todos mis compañeros de carrera, con quienes compartí aprendizajes, experiencias, retos y momentos inolvidables durante esta etapa universitaria. Gracias por su compañerismo, colaboración, apoyo y amistad; cada uno de ustedes contribuyó de alguna manera a que este camino fuera más enriquecedor y significativo.

Lorena

DEDICATORIA

Dedico este trabajo, en primer lugar, a Dios, por ser mi apoyo y guía en cada momento de mi vida. Gracias por darme salud, la fortaleza y la certeza de que, aun después de cada caída, siempre existe la oportunidad de levantarse y seguir adelante.

A mi esposo, Kleber, por su amor incondicional, su paciencia y su apoyo constante durante todo este proceso. Gracias por creer en mí incluso cuando yo dudaba.

A mis hijos, por su confianza, comprensión y apoyo permanente.

A mis padres, quienes, con su ejemplo, esfuerzo y dedicación, me enseñaron el valor del trabajo. Gracias por estar siempre a mi lado.

Lorena

RESUMEN

La producción de hongos comestibles ha experimentado un crecimiento significativo a nivel mundial debido a su alto valor nutricional y económico. Por lo tanto, el hongo ostra rosado representa una alternativa sostenible para el aprovechamiento de residuos agrícolas. La presente investigación tiene como objetivo evaluar el comportamiento productivo del mismo, en cuatro diferentes sustratos elaborados a partir de residuos agrícolas, en el cantón La Libertad. Se empleó un diseño DCA, conformado por 4 tratamientos y 6 repeticiones, lo que alcanzó un total de 24 unidades experimentales. Las variables evaluadas fueron: tiempo de aparición de los primordios, diámetro de los carpóforos, velocidad de crecimiento, eficiencia biológica y rendimiento porcentual en cada sustrato. Los resultados evidenciaron que el tratamiento T1 constituyó el sustrato más adecuado para el crecimiento y la producción del hongo ostra rosada. En este tratamiento, los primordios emergieron en un menor tiempo de 34 días. Durante la primera cosecha, los carpóforos alcanzaron un diámetro promedio de 2.6 m, lo que refleja un desarrollo morfológico adecuado. Asimismo, se registró una eficiencia biológica del 74.10% y un rendimiento del 18.53 %, además de setas con excelentes características organolépticas. En conjunto, estos resultados permiten concluir que el tratamiento T1 constituye un sustrato eficiente y adecuado para el cultivo de este hongo.

Palabras clave: eficiencia biológica, residuos agrícolas, fructificación, *Pleurotus djamor*.

ABSTRACT

The production of edible mushrooms has experienced significant growth worldwide due to their high nutritional and economic value; therefore, the pink oyster mushroom represents a sustainable alternative for the utilization of agricultural waste. The objective of this study is to evaluate the productive performance of this mushroom in four different substrates made from agricultural waste in the La Libertad canton. A confirmed DCA design was used, consisting of 4 treatments and 6 replicates, for a total of 24 experimental units. The variables evaluated were: time to primordia emergence, carpophore diameter, growth rate, biological efficiency, and yield (in percent) for each substrate. The results showed that treatment T1 was the most suitable substrate for the growth and production of the pink oyster mushrooms. In this treatment, primordia emerged in the shortest time, 34 days; during the first harvest, the carpophores reached an average diameter of 2.6 mm, reflecting adequate morphological development. Furthermore, a biological efficiency of 74.10% and a yield of 18.53% were recorded, in addition to mushrooms with excellent organoleptic characteristics. Taken together, these results lead to the conclusion that treatment T1 represents an efficient and appropriate substrate for the cultivation of this mushroom.

Keywords: biological efficiency, agricultural waste, fruiting, and *Pleurotus djamor*.

DECLARATORIA DE RESPONSABILIDAD

El presente Trabajo de Integración Curricular titulado **“EVALUACIÓN DEL COMPORTAMIENTO PRODUCTIVO DEL HONGO OSTRA ROSADO (*Pleurotus djamor*), EN CUATRO TIPOS DE SUSTRATOS, EN LA PROVINCIA DE SANTA ELENA, CANTÓN LA LIBERTAD”** y elaborado por **Lorena Jackeline González Espinal**, declara que la concepción, análisis y resultados son originales y aportan a la actividad científica educativa agropecuaria.

Transferencia de derechos autorales.

"El contenido del presente Trabajo de Graduación es de mi responsabilidad; el patrimonio intelectual del mismo pertenece a la Universidad Estatal Península de Santa Elena".



Firma del estudiante

ÍNDICE

INTRODUCCIÓN	1
Problema Científico	2
Objetivos.....	3
Objetivo General:.....	3
Objetivos Específicos:	3
Hipótesis.....	3
1.1 Hipótesis alternativa	3
CAPÍTULO 1. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA.....	4
1.2 Generalidades del hongo ostra rosada (Pleurotus djamor).....	4
1.2.1 Importancia	4
1.3 Descripción taxonómica.....	5
1.4 Cultivo de hongos comestibles: una alternativa agro-productiva sostenible.....	5
1.5 Sostenibilidad y enfoque territorial en la producción de hongos	6
1.6 Generalidades del hongo ostra rosada	6
1.6.1 Morfología del hongo ostra rosada.....	7
1.7 Características generales del hongo Pleurotus djamor	8
1.8 Importancia del uso de sustratos alternativos	9
1.9 Selección del sustrato	9
1.9.1 Tallo de maíz (<i>Zea mays</i>): composición y utilidad como sustrato.....	9
1.9.2 Tusa de maíz: propiedades físicas y potencial biotecnológico.....	10
1.9.3 Café.....	10
1.9.4 Panca de maíz: componente foliar con propiedades estructurales útiles	10
1.9.5 Viruta	10
1.10 Relación entre el tipo de sustrato y el rendimiento del hongo	11
1.11 Reproducción y nutrición de los hongos	11
1.12 Condiciones ambientales	11
1.12.1 pH y humedad	12
1.13 Aireación	12
1.14 Iluminación	12
1.15 Humedad del aire	12

1.16 Plagas y enfermedades	13
1.16.1 <i>Magaselia</i> spp y <i>Lycoriella</i> ssp.....	13
1.16.2 <i>Trichoderma</i> spp.	13
1.17 Producción y cosecha	14
CAPÍTULO 2. MATERIALES Y MÉTODOS	15
2.1 Caracterización del área.....	15
2.2. Materiales, equipos y reactivos	15
2.2.1. Material microbiológico	15
2.3. Tipo de investigación.....	16
2.4. Diseño de investigación	16
2.5. Tratamiento	17
2.6. Croquis experimental.....	17
2.7. Manejo del experimento	19
2.7.1. Duración de la investigación.....	19
2.7.2. Obtención del micelio	19
2.7.3. Recolección de los sustratos.....	19
2.7.4. Desinfección de los sustratos	19
2.7.5. Inoculación de los sustratos.....	20
2.8. Control de plagas y enfermedades.....	20
2.9. Control de temperatura y humedad relativa.....	20
2.10. Fructificación.....	20
2.11. Cosecha	21
2.12. Determinación de las variables de respuesta	21
2.12.1. Tiempo de aparición de los primordios:	21
2.12.2. Diámetro de los basidiomas:	21
2.12.3. Velocidad de crecimiento de los carpóforos:	21
2.12.4. Rendimiento en porcentaje.....	22
2.12.5. Eficiencia biológica	22
2.13. Análisis estadístico	22
CAPÍTULO 3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	23
3.2. Tiempo de aparición de los primordios de la primera cosecha.....	23
3.2.1. Tiempo de aparición de los primordios en la segunda cosecha	24
3.3. Diámetro de los basidiomas (cm).....	26

3.3.1. Diámetro de los basidiomas en la segunda cosecha (cm).	27
3.4. Velocidad de crecimiento de los carpóforos.....	29
3.4.1. Velocidad de crecimiento de los carpóforos en la segunda cosecha.....	30
3.5. Rendimiento en porcentaje (%).....	32
3.5.1. Rendimiento en porcentaje en la segunda cosecha	33
3.6. Eficiencia biológica.....	34
3.6.1. Eficiencia biológica en la segunda cosecha	36
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	38
Conclusiones	38
Recomendaciones	39
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	40
ANEXOS.....	45

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Clasificación taxonómica del hongo ostra rosado (Pleurotus djamor B.)	5
Tabla 2: Descripción de los tratamientos.....	17
Tabla 3: Croquis del diseño experimental.	18
Tabla 4. A1. Cuadro ANOVA para la variable (DAP) en la primera cosecha	47
Tabla 5. A2. Cuadro ANOVA para la variable (DAP) en la segunda cosecha.....	48
Tabla 6.A3. Cuadro ANOVA para la variable rendimiento en porcentaje primera cosecha.....	48
Tabla 7.A4. Cuadro ANOVA para la variable rendimiento en porcentaje segunda cosecha.....	48
Tabla 8.A5. Cuadro ANOVA para la variable E.B % primera cosecha	49
Tabla 9.A6. Cuadro ANOVA para la variable E.B % segunda cosecha.....	49

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Morfología general de un hongo.....	6
Figura 2: Hongo ostra rosada Morfología	8
Figura 3: Ubicación geográfica donde se realizó la producción de hongo ostra rosada ...	15
Figura 4: Tiempo (días) de aparición de primordios del hongo ostra rosado en 4 tipos de sustratos durante la primera cosecha	24
Figura 5: Tiempo (días) de aparición de primordios del hongo ostra rosada en cuatro tipos de sustratos durante la segunda cosecha	25
Figura 6: Diámetro promedio de los basidiomas en la primera cosecha	27
Figura 7: Diámetro promedio de los basidiomas en la segunda cosecha	28
Figura 8: Velocidad de crecimiento de los carpóforos en la primera cosecha	30
Figura 9: Velocidad de crecimiento de los carpóforos en la segunda cosecha.....	32
Figura 10: Rendimiento en porcentaje obtenido en la primera cosecha.....	33
Figura 11: Rendimiento en porcentaje obtenido en la segunda cosecha	34
Figura 12: Porcentaje de eficiencia biológica en la primera cosecha.....	35
Figura 13: Porcentaje de eficiencia biológica en la segunda cosecha	37

ÍNDICE DE ANEXOS

Figura 1A. Bloques de micelio para la inoculación del hongo en los diferentes sustratos.

Figura 2A. Desinfección de los sustratos.

Figura 3A. Inoculación del hongo en los sustratos.

Figura 4A. Formación de primordios y carpóforos a través de los días.

Figura A6: Elaboración del invernadero.

Figura A7: Distribución de los tratamientos.

INTRODUCCIÓN

La producción mundial de hongos comestibles supera los 6,2 millones de toneladas, con un valor económico cercano a los 30 billones de dólares y una tasa de crecimiento anual del 11 %. Este avance responde a los estudios científicos que han demostrado sus propiedades nutricionales y medicinales, incrementando el interés de consumidores y productores. Los hongos comestibles constituyen una importante fuente de proteínas, vitaminas, minerales y compuestos bioactivos que contribuyen a una alimentación saludable y al desarrollo de sistemas de producción sostenibles (Cano & Romero, 2021).

En el Ecuador la producción de hongo ostra rosada posee un consumo moderado, por lo cual, este cultivo es impulsado por el MAG en el año 2008 investigadores nacionales aislaron la semilla para crear un banco de semillas de este, los sustratos que se utilizaron fueron desechos agrícolas como, por ejemplo: paja de arroz, paja de cebada, cacao, café, maíz y caña de azúcar, siendo el, más eficiente los desechos de caña de azúcar y maíz, los cuales fueron utilizados como sustratos para el crecimiento del hongo. Los resultados demostraron que los residuos agrícolas, como el maíz y la caña de azúcar, demostraron mayor eficiencia productiva, la formación de carpóforos, el rendimiento del cultivo, favoreciendo el desarrollo micelial (Lasso, 2019).

Estos estudios muestran el comportamiento del hongo en distintas regiones del país; sin embargo, la mayoría se ha realizado en partes con condiciones climáticas diferentes a las de la provincia de Santa Elena, por lo que sus conclusiones no pueden asumirse como válidas para este territorio. Como señala Lasso (2019), los resultados obtenidos en otras zonas agroecológicas no pueden extrapolarse a territorios con condiciones climáticas distintas. A la fecha, en la provincia de Santa Elena no existen investigaciones que determinen el desempeño de (*Pleurotus djamor*) sobre los residuos disponibles localmente, ni que establezcan qué sustratos o combinaciones presentan mejores resultados bajo las condiciones de temperatura y humedad características de la zona. Se desconoce, por tanto, el potencial productivo de los residuos agrícolas de la región para este cultivo.

En la provincia de Santa Elena, la producción agrícola genera una cantidad considerable de residuos provenientes de los cultivos de maíz y café, entre ellos los tallos, tusas, panca y borra de café, además de otros subproductos. Aunque estos materiales poseen un elevado contenido de celulosa, hemicelulosa y lignina, convirtiéndose en sustratos

potenciales para el cultivo de hongos del género *Pleurotus*, gran parte de estos residuos continúa siendo subutilizada o eliminada mediante prácticas que ocasionan impactos ambientales y pérdidas de recursos no aprovechables (Montoya, 2024).

El hongo ostra rosada (*Pleurotus djamor*) es una especie comestible de alto valor nutricional y ecológico. Su cultivo se ha posicionado de manera alternativa y sostenible por el aprovechamiento de residuos agrícolas como (tallo de maíz, panca de maíz, tusa de maíz, borra de café y viruta), contribuyendo a la economía circular y la seguridad alimentaria en regiones rurales del Ecuador. El cultivo representa una alternativa viable para diversificar la producción agrícola, fortalecer la seguridad alimentaria y generar ingresos adicionales para los productores rurales (Cruz, 2020).

La selección de estos sustratos responde a su amplia disponibilidad en la zona de estudio, a su excelente fuente de nutrientes y a su bajo costo, características que favorecen la rentabilidad y producción del hongo, por ende, promueven estrategias de economía circular mediante la valorización de residuos agrícolas. (Cruz, 2020). Dentro de este contexto, el objetivo de este estudio es evaluar el desempeño productivo del hongo Ostra Rosado (*Pleurotus djamor*) en cuatro tipos de sustratos a base de residuos agrícolas en el cantón La Libertad.

Problema Científico

En Ecuador, el consumo y la producción de hongos comestibles continúan siendo limitados debido al escaso conocimiento sobre sus propiedades nutricionales y beneficios medicinales, así como al predominio de sistemas de cultivo artesanales y al reducido apoyo institucional para impulsar esta actividad. En la provincia de Santa Elena, el aprovechamiento de los residuos agrícolas como sustratos representa una alternativa sostenible para la producción de hongos, permitiendo valorizar estos materiales y promover una actividad productiva con potencial económico y ambiental, por lo que nace la siguiente interrogante:

¿Cuál de los sustratos o combinaciones de sustratos elaborados con residuos agrícolas locales tiene mayor influencia en el comportamiento productivo del hongo ostra rosada (*Pleurotus djamor*), considerando las variables tiempo de aparición de los primordios, diámetro de los basidiomas, velocidad de crecimiento de los carpóforos, rendimiento y eficiencia biológica, bajo las condiciones de la provincia de Santa Elena?

Objetivos

Objetivo General:

❖ Evaluar el comportamiento morfológico y productivo del hongo Ostra Rosado (*Pleurotus djamor*) en cuatro tipos de sustratos en la provincia de Santa Elena, cantón La Libertad.

Objetivos Específicos:

1. Determinar el comportamiento morfológico (tiempo de aparición de los primordios, diámetro de los basidiomas y velocidad de crecimiento de los carpóforos) del hongo ostra rosada (*Pleurotus djamor*) obtenido sobre los diferentes sustratos en el Cantón La Libertad.
2. Identificar el sustrato adecuado para el desarrollo de setas del hongo Ostra Rosado (*Pleurotus djamor*).
3. Calcular la eficiencia y el rendimiento biológico en la producción de setas de (*Pleurotus djamor*) sobre los diferentes sustratos.

Hipótesis

1.1 Hipótesis alternativa

La utilización de diferentes sustratos elaborados a partir de residuos agrícolas influye estadísticamente en el comportamiento morfológico y productivo del hongo ostra (*Pleurotus djamor*).

CAPÍTULO 1. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

1.2 Generalidades del hongo ostra rosada (*Pleurotus djamor*)

La seta ostra rosada (*Pleurotus djamor*) es una especie de origen tropical y subtropical que se desarrolla de manera natural en diversas regiones de Sudamérica y del sudeste asiático, creciendo sobre los troncos de árboles muertos o deteriorados por la madera dura, como palmeras, bambú y árboles de caucho. Asimismo, en los últimos años, su cultivo se ha expandido a países como España, donde se emplean sustratos similares a los utilizados en otras especies del género *Pleurotus* (Roma, 2021).

La especie (*Pleurotus djamor*) se caracteriza por tener una tonalidad rosada en sus cuerpos fructíferos, color que se atenúa de manera progresiva durante la maduración hasta adquirir una tonalidad asalmonada, con una morfología semejante a la ostra común, aunque de menor tamaño, contorno más ondulado y una calidad organoléptica notablemente superior (Roma, 2021). Además, presenta un rápido crecimiento y una buena capacidad de adaptación a diferentes sustratos lignocelulósicos, lo que favorece su producción en sistemas de cultivo con bajos requerimientos tecnológicos. (Roma, 2021).

1.2.1 Importancia

Las proteínas del hongo ostra rosada aportan aminoácidos esenciales como leucina y lisina, siendo una alternativa inocua y relevante a las proteínas de origen animal, por lo cual los productos compuestos con proteínas de hongos han demostrado un potencial para ser implementados como sustituto cárnico. Asimismo, su elevado contenido de fibra, vitaminas y compuestos bioactivos contribuye a una alimentación saludable, incrementando el interés por su producción y consumo tanto a nivel comercial como nutricional (Jayakumar y Santhapur, 2024).

Los hongos del género Ostra son considerados alimentos funcionales por su alta presencia de compuestos bioactivos, entre los que destacan los antioxidantes; por consiguiente, contribuyen al fortalecimiento del sistema inmunológico. De la misma manera, el antioxidante ergotioneína identificado en los hongos ostras actúa como un mitigante al combatir el estrés oxidativo (Tiupova y Olędzki, 2025).

1.3 Descripción taxonómica

En la tabla 1 se observa la descripción taxonómica del hongo ostra rosado, misma que se encuentra representada por su clasificación jerárquica: reino, filo, clase, orden, familia, género, especie y su nombre científico.

Tabla 1: Clasificación taxonómica del hongo ostra rosado (*Pleurotus djamor* B.) según Cruz et al. (2020).

Taxonomía del hongo ostra	
Reino	Fungi
Filo	Basidiomycota
Clase	Agaricomycetes
Orden	Agaricales
Familia	Pleurotaceae
Género	<i>Pleurotus</i>
Especie	<i>P. djamor</i> B.

1.4 Cultivo de hongos comestibles: una alternativa agro-productiva sostenible

En el Ecuador, la región amazónica reúne las condiciones ideales para el cultivo de hongos comestibles gracias a su clima tropical, alta humedad relativa y abundancia de materia prima lignocelulósica (como desechos agrícolas y forestales) a pesar del considerable potencia que presenta esta actividad productiva, en el Ecuador, la producción y comercialización de hongos se encuentra concentrada principalmente en la provincia de Pichincha, donde se localiza la mayor parte de las empresas dedicadas a la producción y comercialización de hongos. El Oriente ecuatoriano, a pesar de sus ventajas comparativas, cuenta con muy pocos emprendimientos especializados en este rubro, lo que representa una oportunidad desaprovechada para el desarrollo económico local y la sostenibilidad ambiental (Lema, 2020).

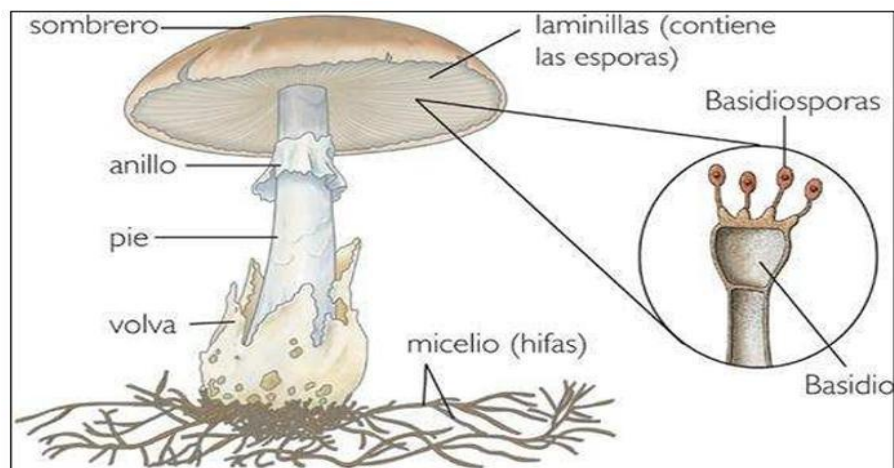


Figura 1: Morfología general de un hongo.

El cultivo de hongos comestibles se considera una alternativa agroecológica esencial y sustentable con múltiples beneficios económicos, ambientales y alimenticios. Dentro de esta categoría, las especies del género (*Pleurotus*) destacan por su adaptabilidad a una amplia gama de residuos lignocelulósicos, su corto ciclo de cultivo y su alto valor nutricional (*Pleurotus djamor*), reconocido como hongo ostra rosado, ha generado interés por su rápido crecimiento y capacidad para desarrollarse en diversos sustratos agrícolas de bajo costo (Saltos, 2025).

1.5 Sostenibilidad y enfoque territorial en la producción de hongos

El aprovechamiento de los residuos agrícolas para el cultivo de hongos comestibles contribuye al desarrollo sostenible de comunidades rurales. En la provincia de Santa Elena, donde predominan las actividades agrícolas estacionales, la valorización de subproductos como el bagazo de caña y restos del maíz puede fomentar cadenas productivas alternativas, reducir la contaminación por quema de residuos y generar nuevas fuentes de empleo local con bajo requerimiento tecnológico (Martillo, 2020).

1.6 Generalidades del hongo ostra rosada

Los hongos pertenecientes al género *Pleurotus*, comúnmente conocidos como orellanas, setas u ostiones, son organismos eucariotas que carecen de clorofila. Según Varnero et al. (2010), esta especie tiene la capacidad de adaptación y se destaca por su notable versatilidad, ya que tolera un rango de temperaturas y presenta resistencia natural frente a enfermedades y plagas. A su vez, las setas representan un papel fundamental en los ecosistemas, como principales agentes descomponedores de materia orgánica y pueden ser

cultivadas sobre diversos sustratos lignocelulósicos como troncos, corteza y aserrín (Reinoso, 2020).

Etimológicamente, el nombre *Pleurotus* proviene del término griego “*pleuro*”, que significa “formado lateralmente” o “en posición lateral”, mientras que “*djamor*”, de origen latino, hace referencia a su semejanza con una ostra y al color rosado del cuerpo fructífero (Cáceres, 2022). Asimismo, las setas del género *Pleurotus* han despertado un creciente interés a nivel mundial, debido a sus valiosas propiedades nutricionales, medicinales, económicas y ecológicas (Aguilar, 2012). Diversos pueblos indígenas les atribuyen hasta 36 propiedades curativas, incluyendo efectos anticólicos, digestivos, cicatrizantes, antiasmáticos, anticancerígenos y antiepilépticos (Lasso, 2019).

1.6.1 Morfología del hongo ostra rosada

Pleurotus djamor B. se caracteriza por estar conformado por filamentos delgados y alargados conocidos como hifas, los cuales están recubiertos por una pared celular rígida compuesta de quitina y carbohidratos complejos. El proceso de ramificación e interconexión de estas hifas da origen al micelio, el cual puede presentar una configuración monocariótica (con un solo núcleo) o dicariótica (con dos núcleos) según su etapa de desarrollo (Cruz et al., 2020).

Según Calero (2018), en los hongos pertenecientes al grupo de los basidiomicetos, el esporóforo está constituido por un estípite o pie que sostiene al píleo o sombrero. En la parte inferior del píleo se localiza el himenio, conformado por laminillas dispuestas radialmente desde el margen hacia el estípite. Estas estructuras están revestidas en ambos lados por basidios, células especializadas en la producción de esporas. La liberación de estas esporas ocurre una vez que el carpóforo ha alcanzado su madurez fisiológica

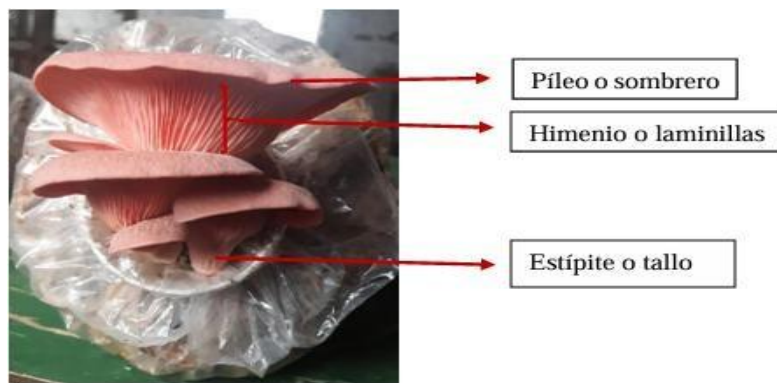


Figura 2: Hongo ostra rosada. Morfología.

El cultivo del hongo ostra rosada (*Pleurotus djamor*) se le realiza un control esencial de los parámetros ambientales para garantizar su óptimo crecimiento. Según Calero (2018), factores como el pH, temperatura, concentración de CO₂, humedad relativa, luminosidad y ventilación influyen significativamente en todas las etapas del ciclo productivo. Especial atención merece el dióxido de carbono (CO₂), cuyos niveles deben mantenerse por debajo del 0.07% para un crecimiento adecuado, ya que incrementos del 0.08% reducen la formación de cuerpos fructíferos, concentraciones entre 0.15 y 0.3% aceleran la mortalidad del cultivo, y valores superiores al 0.2% provocan la muerte del micelio. Estos umbrales críticos demuestran la alta sensibilidad de *P. djamor* a las condiciones gaseosas, lo que hace indispensable implementar sistemas de ventilación controlada y monitoreo constante durante el proceso productivo para mantener condiciones óptimas que aseguren la calidad y el rendimiento del cultivo (Narváez, 2023).

1.7 Características generales del hongo *Pleurotus djamor*

Pleurotus djamor pertenece al grupo de los basidiomicetos y se caracteriza por su color rosado intenso, textura delicada y sabor suave. Este hongo presenta una excelente capacidad enzimática para degradar componentes lignocelulósicos, lo que lo convierte en un organismo ideal para ser cultivado en residuos vegetales como los tallos y hojas de maíz o subproductos de la caña de azúcar. Además, se considera un alimento funcional ya que contiene proteínas de alta calidad, fibra dietética, compuestos antioxidantes y bajo contenido graso (Ayala, 2024).

Según Meng (2022), existen 70.000 especies de hongos, a su vez, cerca de 5.000 son comestibles, sin embargo, únicamente 6 han sido cultivadas a escala industrial. Las cuales son:

- *Agaricus bisporus* (champiñón de París)
- *Lentinula edodes* (Shiitake)
- *Volvarela volvaceae* (Hongo de la paja)
- *Auricularia spp.* (Hongo oreja de los árboles)
- *Pleurotus spp.* (Hongo ostra, Orellana)
- *Flamulina velutipes* (Hongo de Invierno)

1.8 Importancia del uso de sustratos alternativos

El uso de sustratos alternativos provenientes de residuos agroindustriales y forestales permite reducir los costos de producción y minimizar la acumulación de desechos agrícolas. Esta práctica se asocia con los principios de economía circular, incentivando el aprovechamiento integral de biomasa de residuos. En la provincia de Santa Elena, el uso de materiales como la panca de maíz, el tallo, la tusa y el bagazo de caña de azúcar no solo aporta al desarrollo del hongo, sino que también representa una estrategia ambientalmente responsable para obtener residuos locales (Nieto, 2021).

1.9 Selección del sustrato

Al seleccionar el sustrato destinado a cada cultivo, es fundamental identificar varios factores que influyen directamente en el proceso productivo. Entre ellos destacan la posibilidad y abundancia de los materiales, aspectos que pueden verse limitados por la estacionalidad de ciertos residuos agroindustriales, como la pulpa de café y bagazo de caña de azúcar, cuyo acceso depende de las épocas de cosecha y procesamiento. Por otra parte, en el cultivo de hongos del género *Pleurotus* se realiza un tratamiento previo del sustrato mediante la aplicación de calor, con el propósito de reducir la presencia de microorganismos indeseables (Aguinaga, 2024).

1.9.1 Tallo de maíz (*Zea mays*): composición y utilidad como sustrato

El tallo de maíz se considera una fuente rica en celulosa, lignina y hemicelulosa. Estos elementos son fundamentales para la nutrición de hongos saprófitos como *Pleurotus*. Además, su estructura fibrosa favorece la aireación del sustrato y mantiene una buena retención de humedad, factores esenciales para el desarrollo del micelio. Sin embargo, su alto contenido de lignina requiere tratamientos previos con otros residuos para optimizar su degradación (Zervakis, 2021).

1.9.2 Tusa de maíz: propiedades físicas y potencial biotecnológico

La tusa, también conocida como coronta o mazorca de maíz, es un subproducto con alta porosidad y contenido de fibra insoluble. Su disponibilidad estacional y bajo valor comercial la hacen ideal como base para cultivos fúngicos. Diversos estudios han demostrado su eficiencia como sustrato para la producción de *Pleurotus* spp. ya que permite una buena colonización del micelio y contribuye a la formación de cuerpos fructíferos con buen rendimiento biológico (Martillo et al., 2020).

1.9.3 Café

La pulpa de café constituye uno de los principales residuos agrícolas generados durante el proceso del fruto del cafeto; a su vez, representa una alternativa sostenible para su aprovechamiento en sistemas de producción agrícola. Este subproducto se caracteriza por poseer un elevado contenido de materia orgánica, celulosa, hemicelulosa, lignina, carbohidratos y compuestos nitrogenados, elementos que favorecen el crecimiento y desarrollo de micelios de hongos, debido a estas características, la pulpa de café ha sido ampliamente utilizada como sustrato o como componente de mezclas con otros residuos, permitiendo mejorar la eficiencia biológica y reducir el impacto ambiental ocasionado por la acumulación de desechos orgánicos (González et al., 2020).

1.9.4 Panca de maíz: componente foliar con propiedades estructurales útiles

La panca, que corresponde a las hojas secas del maíz que envuelven la mazorca, es otro residuo agrícola ampliamente disponible en los sistemas productivos del litoral ecuatoriano. Su estructura delgada y fibrosa proporciona buena aireación, lo que favorece el desarrollo del micelio. Su contenido moderado de celulosa y hemicelulosa la hace adecuada para ser utilizada sola o en mezclas, actuando además como material estabilizador de la humedad del sustrato (Pozo, 2025).

1.9.5 Viruta

La viruta de madera es uno de los materiales lignocelulósicos más utilizados como sustratos en la producción de hongos comestibles debido a su elevada disponibilidad, bajo costo y adecuada composición química, este producto generado durante los procesos durante los procesos de aserrado y transformación de la madera, está hecho por celulosa, hemicelulosa y lignina, compuestos que representan una importante fuente de carbono,

además, proporciona un medio favorable para el desarrollo del micelio y la formación de cuerpos fructíferos (Mata *et al.*, 2019).

1.10 Relación entre el tipo de sustrato y el rendimiento del hongo

El éxito en el cultivo de (*Pleurotus djamor*) está directamente relacionado con la calidad y composición del sustrato utilizado. Parámetros como el contenido de nutrientes, la capacidad de retención de agua, la aireación, el pH y la relación carbono/nitrógeno influyen significativamente en la tasa de crecimiento del micelio, el tiempo de fructificación y el rendimiento biológico. El uso de residuos locales permite diseñar mezclas balanceadas que potencien la eficiencia productiva sin incurrir en altos costos (Roblero *et al.*, 2021).

1.11 Reproducción y nutrición de los hongos

Los hongos se reproducen mediante esporas, que son estructuras especializadas para su dispersión. En los hongos superiores, existen células reproductoras ubicadas en el himenio encargadas de generar estas esporas. En los basidiomicetos, dichas células se denominan basidios, mientras que en los ascomicetos reciben el nombre de ascos. Tanto en unos como en otros, las esporas son liberadas hacia el exterior con el fin de facilitar la propagación de la especie (Monar, 2024).

Los hongos no presentan exigencias nutricionales complejas; debido a su alta capacidad de adaptación a distintos ambientes de cultivo, pueden desarrollarse mediante técnicas sencillas y de bajo costo. Sin embargo, los residuos agroindustriales constituyen una fuente importante de nutrientes, ya que aportan elementos esenciales como carbono, nitrógeno, azufre y fósforo, indispensables para el adecuado crecimiento de la biomasa fúngica (Monar, 2024).

1.12 Condiciones ambientales

Los niveles de temperatura necesarios dependen de la fase de desarrollo del hongo. Aunque este organismo presenta una amplia capacidad de adaptación que oscila entre los 15 °C y 35 °C, valores fuera de este intervalo pueden provocar su deceso. Durante la etapa de incubación, la temperatura óptima se sitúa alrededor de los 25 °C, mientras que en la fase de fructificación se recomienda un rango entre 14 °C y 25 °C. Es fundamental controlar la temperatura ambiental, ya que esta incide directamente en la del sustrato y en la productividad de las setas. Además, la temperatura del micelio en el sustrato no debe

descender por debajo de los 10 °C, puesto que esto garantiza su crecimiento (Wirth et al., 2019).

1.12.1 pH y humedad

El control del pH es un factor fundamental en el desarrollo de los microorganismos, ya que permite determinar la temperatura adecuada del sustrato en el que crecerá el hongo. En general, un ambiente ligeramente ácido resulta más favorable para su desarrollo. La humedad ambiental constituye un factor clave para lograr una adecuada fructificación en los hongos. Esto se debe a sus cuerpos fructíferos. Se recomienda que, durante la etapa de incubación, la humedad ambiental se mantenga por encima del 70%, mientras que en la fase de inducción debe situarse entre el 85% y el 92% (Amaya, 2022).

1.13 Aireación

El oxígeno constituye un factor fundamental para el crecimiento y desarrollo de los basidiomicetos, debido a que estos organismos poseen un metabolismo estrictamente aeróbico. Sus requerimientos de oxígeno varían de acuerdo a la etapa fisiológica en la que se encuentre. Además, en el género *Pleurotus*, se ha observado que concentraciones elevadas de dióxido de carbono (CO₂) favorecen la germinación de las esporas y el desarrollo de micelio; sin embargo, estas condiciones pueden inhibir la formación de cuerpos fructíferos. La respuesta a las concentraciones de CO₂ puede diferir entre especies, como el hongo (Amaya, 2022).

1.14 Iluminación

Durante la etapa de incubación, el desarrollo del hongo no requiere iluminación, ya que esta fase debe llevarse a cabo en condiciones de oscuridad. A su vez, la fase de fructificación demanda un fotoperiodo aproximado de 12 horas de luz y 12 horas de oscuridad para favorecer una adecuada formación de los cuerpos fructíferos. Una intensidad lumínica puede ocasionar la formación de carpóforos de color blanquecino y estipes excesivamente alargados. Por ello se recomienda proporcionar una iluminación indirecta que permita un crecimiento y desarrollo óptimos de los hongos (Amaya, 2022).

1.15 Humedad del aire

Mantener la humedad dentro de los niveles óptimos constituye un factor esencial durante la fase de fructificación de los hongos. Debido a que su estructura hifal posee una

capacidad limitada para retener agua en condiciones ambientales desfavorables, es indispensable garantizar un equilibrio adecuado entre la humedad relativa del ambiente y el contenido hídrico de los cuerpos fructíferos. Este balance favorece el desarrollo normal del hongo, evita la deshidratación de los tejidos y contribuye a una producción de mayor calidad y rendimiento (Soberao et al., 2023).

1.16 Plagas y enfermedades

Las enfermedades que afectan a las fructificaciones de los hongos son causadas por bacterias y virus. Estos microorganismos se diseminan con facilidad a través del agua, además, de los insectos o herramientas contaminadas lo que dificulta su control y manejo y otros factores como la alta humedad, las temperaturas elevadas y una ventilación inadecuada favorecen su desarrollo, como consecuencia en los púleos pueden aparecer manchas amarillas, anaranjadas o marrones, que se deterioran rápidamente y generan malos olores, reduciendo así el rendimiento de la producción (Juárez et al., 2021).

1.16.1 *Magaselia* spp y *Lycoriella* spp

Estas especies ocasionan diversos daños en el cultivo de hongos, principalmente durante sus fases larvianas. Tanto los fóridos como los esciáridos se alimentan del micelio, y provocan una disminución en la producción. En el caso específico de los esciáridos, sus larvas también consumen los esporóforos ya desarrollados, formando galerías o túneles que favorecen la descomposición y deterioran la calidad del producto; a su vez, estos efectos constituyen daños directos sobre el hongo. Por otro lado, estos insectos actúan como vectores de plagas y enfermedades. Entre los problemas más comunes se encuentran la presencia del ácaro *miceliógafo* *Brennandania lambi* K, así como la enfermedad causada por el hongo *verticillium fungicola* P (Vallejo, 2026).

1.16.2 *Trichoderma* spp.

Estos microorganismos colonizan rápidamente el sustrato, dificultando el desarrollo del micelio; esto ocurre debido a que producen diversas toxinas y compuestos antibióticos, además de provocar una disminución del pH hasta valores entre 4 y 5, condiciones que favorecen su propia proliferación (Arenas et al., 2018).

1.17 Producción y cosecha

En esta fase ya comienzan a formarse los primordios o pequeños sombreros de los hongos, los cuales tardan aproximadamente una semana en desarrollarse hasta alcanzar la madurez. Generalmente, están listos para la cosecha cuando alcanzan un tamaño de entre 10 y 12 cm; sin embargo, esto puede variar según los objetivos productivos, ya que también es posible recolectarlos en etapas más tempranas. Asimismo, la colaboración de los hongos depende de la variedad cultivada (Narváez et al., 2023).

Se ha observado que a partir de la segunda cosecha se produce una disminución en el rendimiento, debido al agotamiento de nutrientes del sustrato, la degradación del micelio y la acumulación de residuos metabólicos del hongo, lo que implica una pérdida progresiva de materia orgánica (Narváez et al., 2023).

La recolección de los hongos no se lleva a cabo en un solo día, ya que se recomienda seleccionar únicamente aquellos que estén maduros. Este proceso se realiza de manera manual, utilizando preferentemente una navaja limpia, con la cual se corta la raíz del hongo lo más cerca posible del sustrato, evitando así daños tanto en el cultivo como en el medio de crecimiento, la primera cosecha suele extenderse entre 1 y 3 días y pueden repetirse tras un intervalo de 1 a 2 semanas, periodo durante el cual es fundamental mantener condiciones ambientales adecuadas de temperatura, iluminación, ventilación y humedad, también, la variedad del hongo y el tipo de sustrato empleado, es posible obtener entre dos y tres cosechas, siendo las primeras las más relevantes, ya que concentran aproximadamente el 90% de la producción total de fructificaciones (Narváez et al., 2023).

CAPÍTULO 2. MATERIALES Y MÉTODOS

El presente proyecto se realizó en el cantón La Libertad, barrio Abdón Calderón Av. 21 provincia de Santa Elena, Las condiciones climáticas de este lugar son humedad relativa de 80 % se caracteriza por tener una temperatura entre los 20 y 26 °C , las precipitaciones en esta localidad de la península son en verano 0.2 mm/mes e invierno 110 mm/mes y luminosidad de esta localidad es de 12-13 horas luz/día, el objetivo es evaluar el crecimiento del hongo Ostra Rosado (*Pleurotus djamor*) en formulaciones de sustratos de residuos agro forestales.

2.1 Caracterización del área



Figura 3: Ubicación geográfica donde se realizó la producción de hongo ostra rosado.

Fuente: Google maps (2021).

2.2. Materiales, equipos y reactivos

2.2.1. Material microbiológico

- Micelio de *Pleurotus djamor*

2.2.2. Material orgánico

- Tallo del maíz
- Tusa del maíz
- Bagazo de maíz
- Panca de maíz
- Viruta

2.2.3. Materiales de laboratorio

- Mandil
- Mascarilla
- Cuadernos y bolígrafos
- Guantes quirúrgicos
- Mecheros de alcohol
- Colador
- Balanza
- Fundas plásticas
- Fundas de polipropileno
- Guantes de caucho
- Toallas de papel
- Bisturí
- Termómetro digital

2.2.4. Equipos

- Computadora
- Celular
- Calculadora
- pH metro
- Termohigrómetro

2.3. Tipo de investigación

La presente investigación es de tipo experimental con un enfoque cuantitativo, ya que se evaluó el efecto de cuatro tipos de sustratos sobre el comportamiento productivo del hongo ostra rosado con la finalidad de observar su influencia en las variables agronómicas del cultivo.

2.4. Diseño de investigación

Se empleó un diseño completamente al azar (DCA), conformado por cuatro tratamientos y seis repeticiones, obteniéndose un total de 24 unidades experimentales. El modelo estadístico utilizado fue:

$$Y_{ij} = \mu + \alpha_i + \varepsilon_{ij}$$

Dónde:

Y_{ij} : Valor de la variable de respuesta

μ : Media general

α_i : Efecto del i-ésimo tratamiento

ε_{ij} : Error experimental

*t = número de tratamientos (4). *r = número de repeticiones (6).

Fuente de variación	Fórmula	Grados de Libertad
Tratamientos	$t - 1$	3
Error	$t * (r - 1)$	20
Total	$(t * r) - 1$	23

2.5. Tratamiento

En la Tabla 2 se detallan los tipos de tratamientos.

Se evaluaron cuatro tratamientos elaborados con residuos agrícolas disponibles en la provincia de Santa Elena, cantón La Libertad.

Tabla 2: Descripción de los tratamientos.

Tratamiento	Descripción	Código
T1	Tallo de maíz + tusa de maíz + café + panca de maíz inoculados con cepas de <i>P. djamor</i>	TM + TM + C + PMCPD
T2	Panca de maíz inoculados con cepas de <i>P. djamor</i>	PM + CPD
T3	La tusa + panca de maíz inoculados con cepas de <i>P. djamor</i>	T + PMCPD
T4	Viruta de madera inoculados con cepas de <i>P. djamor</i>	VM+CPD

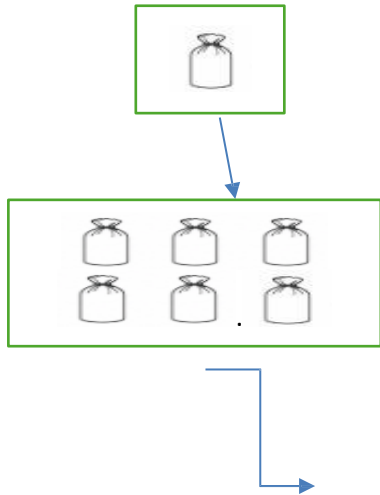
Los tratamientos fueron evaluados mediante las variables: tiempo de aparición de primordios, diámetro de basidiomas, velocidad de crecimiento de los carpóforos, rendimiento (%) y eficiencia biológica (%).

2.6. Croquis experimental

Diseño experimental	DCA
Tratamientos	4
Repeticiones por tratamientos	6
Unidades experimentales	24
Total	144

Tabla 3: Croquis del diseño experimental.

1 unidad Experimental = 6 bolsas



1 UE1 (T3- R1)	2 UE2 (T1- R1)	3 UE3 (T1- R2)	4 UE5 (T3- R3)	3 UE4 (T3- R2)	5 UE6 (T4- R6)
5 UE7 (T1- R3)	6 UE8 (T2- R1)	6 UE9 (T2- R2)	7 UE10 (T1- R6)	8 UE11 (T2-R3)	9 UE12 (T2- R6)
13 UE13 (T3-R1)	13 UE14 (T3-R1)	14 UE15 (T2-R4)	15 UE16 (T3-R6)	16 UE17 (T3-R4)	20 UE18 (T3-R5)
21 UE19 (T4-R2)	22 UE20 (T4-R1)	22 UE21 (T2-R5)	23 UE22 (T4-R3)	23 UE23 (T4-R5)	24 UE24 (T4-R6)

Tratamientos
(T1, T2, T3, T4)

Repeticiones

4 6 UNIDADES
Tratamiento (T) X Repeticiones(R)= 24 EXPERIMENTALES

24 unidades 6
experimentales bolsa (ue)=144 bolsas total
x

2.7. Manejo del experimento

2.7.1. Duración de la investigación

La investigación se llevó a cabo durante un lapso de 170 días y se segmentó en cinco etapas: la elaboración de la propuesta, ejecución de la investigación, procesamiento, revisión de los datos obtenidos y la culminación del informe final.

2.7.2. Obtención del micelio

El micelio utilizado en esta investigación contó con certificación de calidad y condiciones de esterilidad, ya que fue adquirido mediante la empresa (INTIWASI) de producción nacional. Como se muestra en la Figura 1A (Bloques de micelio para la inoculación del hongo en los diferentes sustratos), para el desarrollo del experimento se emplearon 6 kg de semillas, considerando una tasa de inoculación equivalente al 3,75% en relación con el peso húmedo total del sustrato.

2.7.3. Recolección de los sustratos

Las materias primas utilizadas en esta investigación fueron panca de maíz, la tusa del maíz, tallo del maíz y viruta; además, se recolectaron de productores pertenecientes a la zona rural del cantón La Libertad, provincia de Santa Elena. Posteriormente, estos materiales fueron sometidos a un proceso controlado de solarización con el propósito de completar su secado, garantizando las condiciones adecuadas para la utilización en esta investigación.

2.7.4. Desinfección de los sustratos

La desinfección de los sustratos se efectuó mediante un proceso combinado de inmersión alcalina y pasteurización térmica. Inicialmente, los sustratos fueron sumergidos en un tanque con agua y cal, con el propósito de reducir la presencia de microorganismos contaminantes. Posteriormente, los sustratos se dejaron secar durante un periodo de 12 horas hasta alcanzar el nivel de humedad requerido para su manejo adecuado.

Una vez obtenida la humedad requerida, los sustratos fueron sometidos a pasteurización en tanques metálicos de 250 litros. El proceso consistió en mantener los sustratos sumergidos en agua a una temperatura constante de 80 °C durante 4 horas,

garantizando así una adecuada desinfección y acondicionamiento del sustrato para la inoculación.

2.7.5. Inoculación de los sustratos

Una vez finalizado el proceso de pasteurización, se procedió al llenado de las fundas utilizando 2 kg de sustrato por unidad y 75 gramos de micelio, estableciendo una proporción equivalente al 3.75% de inóculo en relación con el peso de cada uno de los sustratos, durante este procedimiento se procuró distribuir proporcionalmente el material especialmente en las esquinas de la base de las fundas, con la finalidad de asegurar una compactación uniforme, Posteriormente, se realizaron 10 perforaciones de aproximadamente 4 mm de diámetro en cada funda con ayuda de una agujeta, con el propósito de favorecer el intercambio gaseoso y, a su vez, estimular el adecuado desarrollo de las hifas (**Figura 3A**. Inoculación del hongo en los sustratos).

2.8. Control de plagas y enfermedades

El adecuado control de plagas y enfermedades se implementó desde la etapa inicial de preparación del área experimental, mediante una adecuada desinfección de las instalaciones y los materiales utilizados. Posteriormente, se realizó la esterilización de los sustratos utilizados en el cultivo, para garantizar condiciones adecuadas para el desarrollo del hongo. También se mantuvo el control constante de factores ambientales como, la humedad relativa, la temperatura y la ventilación dentro del área de producción.

2.9. Control de temperatura y humedad relativa

El control de la temperatura y la humedad relativa se implementó mediante el uso de un termohigrómetro, instrumento que permitió controlar y registrar las condiciones ambientales en el área de cultivo. Durante el desarrollo del ensayo, la temperatura se mantuvo dentro de un rango de entre 14 °C y 22 °C, mientras que la humedad relativa osciló entre 85 y 90 %. Estas condiciones se mantuvieron de forma constante con el propósito de proporcionar un ambiente favorable para el crecimiento micelial, la formación de primordios y el adecuado desarrollo de los carpóforos de *Pleurotus djamor*.

2.10. Fructificación

Una vez que las fundas alcanzaron una colonización micelial del 100%, fueron trasladadas a la sala de fructificación, donde se proporcionaron las condiciones ambientales

necesarias para la formación y desarrollo de los carpóforos. Para ello, se adecuó previamente el área de cultivo, garantizando una adecuada aireación, iluminación indirecta y una humedad relativa comprendida entre 80 y 90%, el suministro de humedad se realizó mediante la aplicación de agua con un atomizador manual, efectuando un riego diario de aproximadamente un minuto por cada funda, con el fin de mantener las condiciones óptimas para la fructificación del hongo (**Figura 4A.** formación de primordios y carpóforos a través de los días).

2.11. Cosecha

La cosecha se efectuó de manera manual, una vez que los carpóforos alcanzaron su madurez fisiológica, identificada por la formación completa y característica de las estructuras semejantes a orejas. Para esta labor, los racimos fueron retirados cuidadosamente con las manos previamente higienizadas, evitando daños en los cuerpos fructíferos. Posteriormente, los hongos cosechados se colocaron en recipientes limpios para su traslado y procesamiento. Finalmente, se realizaron el pesaje correspondiente, la separación individual de los carpóforos y la evaluación de las variables establecidas dentro del ensayo experimental (**Figura 5A.** Cosecha del hongo ostra *Pleurotus djamor*).

2.12. Determinación de las variables de respuesta

2.12.1. Tiempo de aparición de los primordios:

Este dato se reportó en el número de días en que se observó la aparición de los primeros brotes del hongo a partir de la fecha en que se inoculó la semilla en el sustrato (Montenegro, 2021).

2.12.2. Diámetro de los basidiomas:

Se registró el promedio del diámetro de los basidiomas en cm para cada sustrato que se utilizó. Este dato se anotó cada 24 horas a partir de la aparición de los primordios hasta el día de la cosecha (Rubio, 2021).

2.12.3. Velocidad de crecimiento de los carpóforos:

Se calculó la relación en mm/día tomando como referencia el diámetro de los carpóforos (Rubio-Godoy, 2021).

2.12.4. Rendimiento en porcentaje:

El rendimiento en porcentaje es un indicador que expresa la proporción de cuerpos fructíferos obtenidos en relación con el peso del sustrato. Este parámetro se obtuvo mediante la siguiente fórmula y se utilizó para la primera y segunda cosecha (Leifa, Pandey y Soccol, 2001).

$$\text{Rendimiento (\%)} = \frac{\text{Peso(g) de hongos frescos}}{\text{Peso(Kg) del sustrato húmedo}} \times 100$$

2.12.5. Eficiencia biológica

La eficiencia biológica es un indicador que relaciona la producción de cuerpos fructíferos frescos con el peso seco del sustrato utilizado, permitiendo evaluar la capacidad del hongo para transformar el sustrato en biomasa, y se calculó con la fórmula (Ritota y Manzi, 2019).

$$\text{Eficiencia biológica} = \frac{\text{Peso(g) de hongos frescos}}{\text{Peso(kg) del sustrato seco}} \times 100$$

2.13. Análisis estadístico

Los datos obtenidos para cada variable fueron sometidos a un análisis de varianza (ANOVA) junto al diseño completamente al azar (DCA), utilizando el software InfoStat. Previamente, se verificó el cumplimiento de homogeneidad y normalidad de varianzas. Posteriormente, el análisis de varianza identificó diferencias significativas entre tratamientos ($p < 0,05$) y se aplicó la prueba de comparación de medias de Tukey al 5 % de significancia para identificar los tratamientos estadísticamente diferentes.

La interpretación de los resultados se realizó considerando tanto el nivel de significancia estadística como el comportamiento biológico de las variables evaluadas, permitiendo determinar el sustrato con mejor desempeño productivo de *Pleurotus djamor* bajo las condiciones del estudio.

CAPÍTULO 3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.2. Tiempo de aparición de los primordios de la primera cosecha.

La etapa de fructificación inició una vez que el sustrato fue colonizado completamente por el micelio del hongo, observándose la aparición de primordios, estructuras que posteriormente dieron origen a los cuerpos fructíferos. Durante esta fase se mantuvieron condiciones ambientales favorables mediante el incremento controlado de humedad y el control de la exposición a la luz solar, factores que favorecieron la inducción a la fructificación. Asimismo, con el propósito de conservar niveles adecuados de humedad. Se realizaron aplicaciones de agua destilada mediante aspersión entre tres y cuatro veces al día desde la aparición de los primeros primordios hasta el día de cosecha.

La figura 4 presenta el tiempo promedio de aparición de los primeros primordios durante la primera cosecha, registrándose entre 30 y 40 días después de la inoculación. El análisis estadístico evidenció diferencias altamente significativas entre los tratamientos ($P < 0.0001$), con un coeficiente de variación de 2.86%, lo que refleja variabilidad experimental.

El tratamiento T3 (tusa de maíz + panca de maíz) presentó el mayor tiempo de aparición de los primordios, con un promedio de 39 días, mientras que el T1 (tallos de maíz + tusa de maíz + café + panca de maíz) registró el menor tiempo, con aproximadamente 34 días. La prueba de comparación de medias de Tukey, T3 difirió significativamente de T1, mientras que T2 mostró un comportamiento intermedio y T4 no presentó diferencias estadísticamente significativas con T1 ni con T2.

Estas diferencias en los tiempos de aparición de los primordios sugieren que la composición de los sustratos influyó en la velocidad con la que el micelio alcanzó el estado fisiológico necesario para iniciar la fructificación, como señala Inci *et al.* (2025), la formación de primordios en *Pleurotus djamor* depende tanto de la calidad nutricional del sustrato como del mantenimiento de una humedad relativa adecuada. En este estudio, las aplicaciones frecuentes de agua destilada mediante aspersión contribuyeron a mantener condiciones favorables para la inducción de primordios.

Durante la fase de incubación, el micelio utiliza inicialmente carbohidratos solubles y hemicelulosas como fuente de energía, para posteriormente degradar compuestos estructurales más complejos, como la celulosa y la lignina (Escobar, 2024). Por lo tanto, el

mayor tiempo registrado en T3 estuvo asociado a una mayor proporción de componentes lignocelulósicos de difícil degradación, lo que habría retardado la disponibilidad de nutrientes fácilmente asimilables, en consecuencia, prolongando el inicio de la formación de primordios.

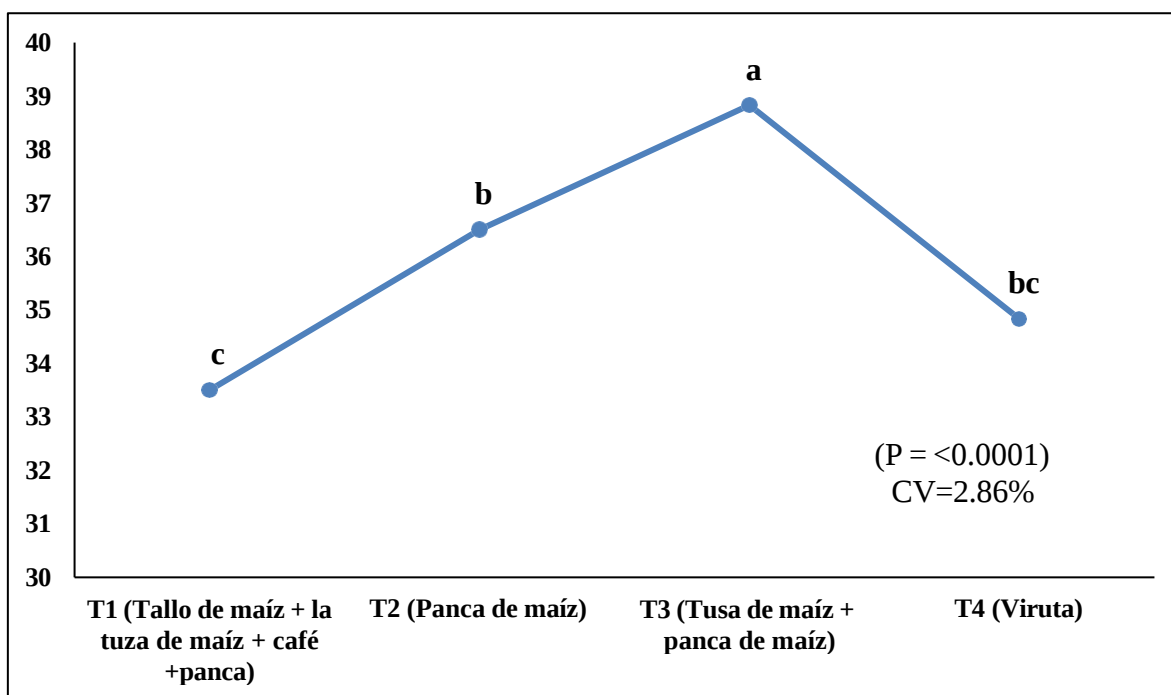


Figura 4: Tiempo (días) de aparición de primordios del hongo ostra rosado en 4 tipos de sustratos durante la primera cosecha.

3.2.1. Tiempo de aparición de los primordios en la segunda cosecha

Durante la segunda cosecha también se observaron diferencias en el tiempo de aparición de los primordios entre los sustratos evaluados (figura 5). El análisis estadístico mostró diferencias altamente significativas ($P = 0.0001$) y un coeficiente de variación de 2.62 %, indicando una adecuada precisión experimental.

El tratamiento T4 (viruta), presentó el menor tiempo de los primordios, con un promedio de 42 días, seguido de T1 (tallos de maíz + la tuza de maíz + café + panca), con aproximadamente 46 días. Por el contrario, T2 (panca de maíz) registró alrededor de 50 días, mientras que en T3 (tusa de maíz y panca de maíz) se evidenció el mayor tiempo de aparición de los primordios, alcanzando 52 días.

De acuerdo con la prueba de Tukey, T3 fue estadísticamente diferente de los demás tratamientos, mientras que T2, T1 y T4 conformaron grupos significativamente distintos.

entre sí, evidenciando que la composición del sustrato influyó en la velocidad de inducción de la fructificación durante la segunda cosecha.

El incremento en el tiempo requerido para la aparición de primordios durante la segunda cosecha pudo atribuirse al agotamiento parcial de los nutrientes disponibles en los sustratos, debido a que una proporción importante de estos fue utilizada durante la primera fructificación. En consecuencia, el micelio necesita un mayor período para degradar los componentes lignocelulósicos restantes y acumular las reservas necesarias para iniciar un nuevo ciclo de producción.

Este comportamiento coincide con lo señalado por Guevara (2018), quien indica que la duración del proceso de fructificación depende no solo de la disponibilidad de nutrientes, sino también de la composición del sustrato, las condiciones ambientales y el manejo del cultivo. En conjunto, estos factores regulan la velocidad de colonización micelial y la posterior inducción de los primordios.

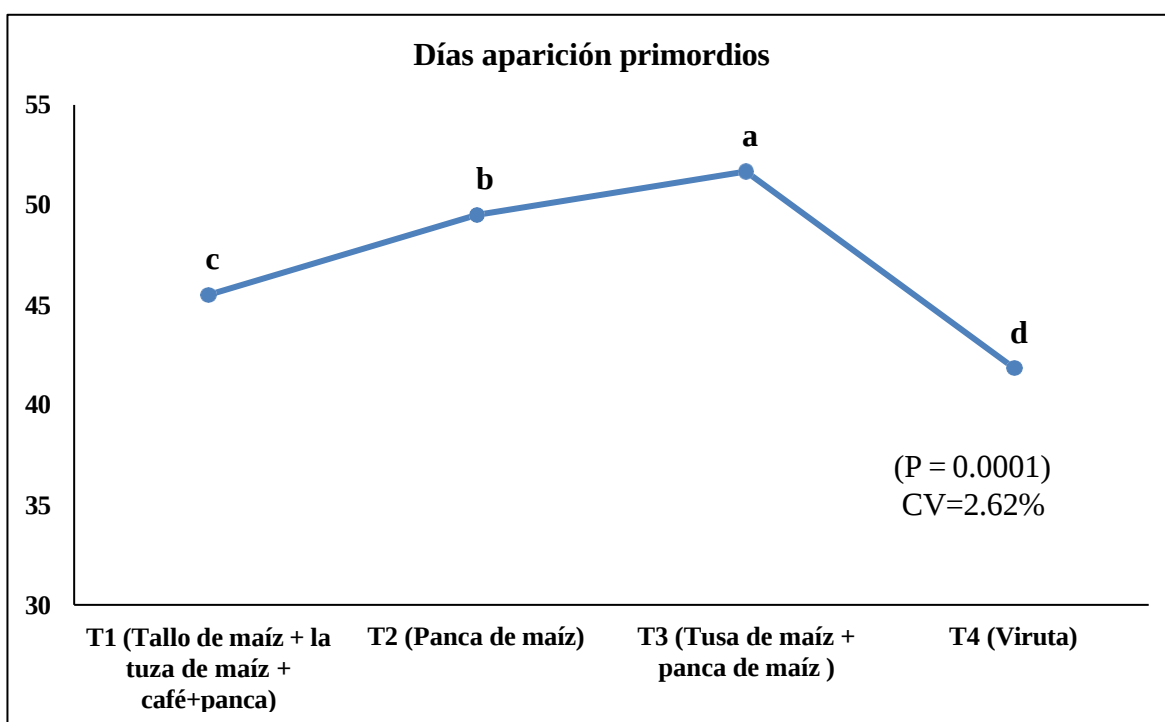


Figura 5: Tiempo (días) de aparición de primordios del hongo ostra rosada en cuatro tipos de sustratos durante la segunda cosecha.

3.3. Diámetro de los basidiomas (cm).

En la figura 6, se presenta el diámetro promedio de los basidiomas de *Pleurotus djamor* obtenido durante la primera cosecha, bajo los diferentes tratamientos evaluados. El análisis estadístico presentó un P-valor de 0.1462, superior al nivel de significancia establecido ($P < 0.05$), con un coeficiente de variación de 21.61%; a su vez, no se evidenciaron diferencias estadísticamente significativas entre los tratamientos evaluados para esta variable. Asimismo, la agrupación mediante letras muestra que todos los tratamientos pertenecen al mismo grupo estadístico, lo que confirma que las diferencias observadas entre las medias no fueron estadísticamente significativas.

El tratamiento T1 (tallo de maíz + tusa de maíz + café + panca) presentó el mayor diámetro, promedio de los basidiomas, con 7.1 cm, seguido por el tratamiento T2 (panca de maíz) con 6.87 cm. El tratamiento T3 (tusa de maíz + panca de maíz) alcanzó un diámetro de 6.37 cm, mientras que el tratamiento T4 (viruta) presentó el menor valor, 5.30 cm. Se observa una tendencia hacia mayores valores de diámetro en T1 y T2.

El mayor valor numérico registrado en T1 podría ser con la combinación de diferentes residuos agrícolas empleados como componentes del sustrato. La mezcla de estos materiales podría proporcionar características físicas y nutricionales favorables para el desarrollo de los basidiomas, debido a la disponibilidad de compuestos orgánicos y nutrientes necesarios para el crecimiento de *P. djamor*. Sin embargo, debido a la ausencia de diferencias estadísticamente significativas.

El tratamiento T4 (viruta) presentó el menor diámetro promedio, con 5.30 cm. Este comportamiento está relacionado con las características físicas y químicas de este material, particularmente con un mayor contenido de componentes lignocelulósicos y su posible menor disponibilidad inmediata de nutrientes. El tratamiento T1 presentó el mayor diámetro promedio, 7.1 cm, mientras que T4 registró el menor diámetro, 5.30 cm, considerando el valor p de 0.1462 y la agrupación estadísticamente común (a) observada en la figura 6.

Estos resultados son contrastados con lo reportado por Wabali y Favour, (2021), quienes señalan la importancia de la composición del sustrato en el desarrollo de los basidiomas de *Pleurotus djamor*. En el presente estudio, aunque se observaron diferencias numéricas en el diámetro promedio entre los tratamientos, estas no fueron estadísticamente significativas.

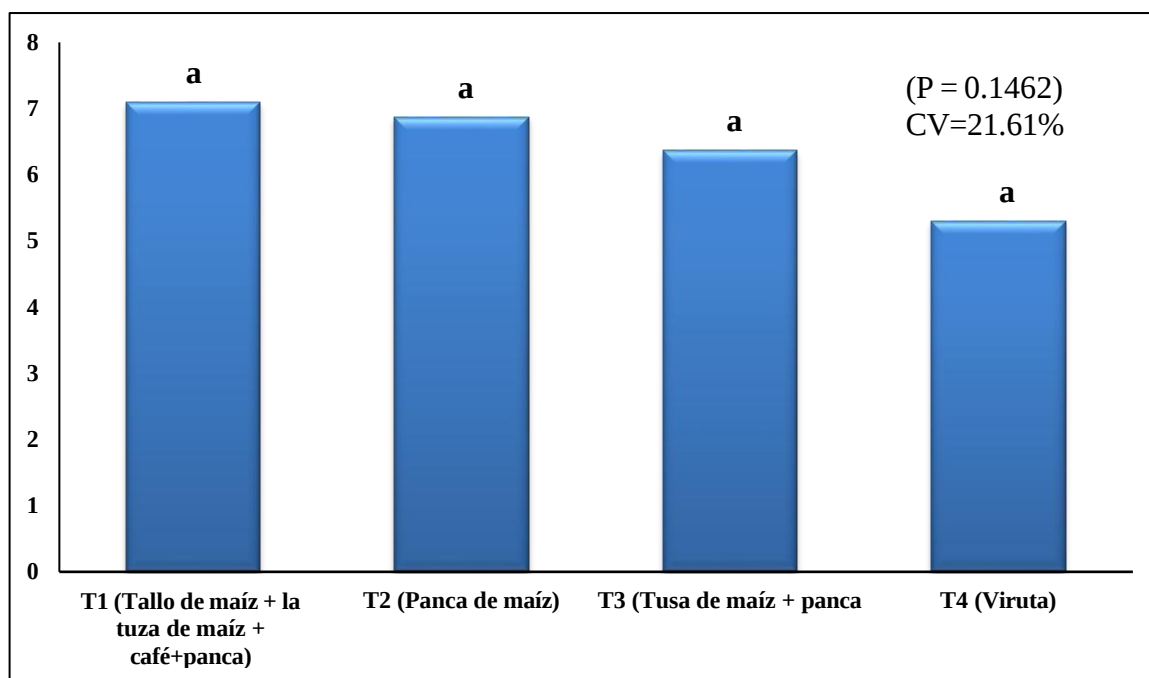


Figura 6: Diámetro promedio de los basidiomas en la primera cosecha.

3.3.1. Diámetro de los basidiomas en la segunda cosecha (cm).

En la figura 7, se observa el diámetro promedio de los basidiomas de *Pleurotus djamor* durante la segunda cosecha, en función de los siguientes tratamientos evaluados. El análisis estadístico presentó un valor de p de 0.0155, inferior al nivel de significancia establecido ($p < 0.05$), lo que evidencia la existencia de diferencias estadísticamente significativas entre los tratamientos. Por lo tanto, se determina que los sustratos evaluados generaron valores completamente distintos en el diámetro de los basidiomas durante la segunda cosecha. El coeficiente de variación es del 18,36%.

El tratamiento T2 (panca de maíz) presentó el mayor diámetro con 6.7 cm, seguido por el tratamiento T1 (tallos de maíz + tusa de maíz + café + panca) con 5.8 cm. Por otra parte, el tratamiento T4 (viruta) alcanzó un diámetro promedio de 5.1 cm, mientras que el tratamiento T3 (tusa de maíz + panca de maíz) presentó el menor valor, con 4.6 cm.

El tratamiento T2, presentó un diámetro significativamente superior al tratamiento T3. Los tratamientos T1 y T4, ambos agrupados con, no presentaron diferencias significativas respecto de T2 ni de T3, aunque T2 registró la menor y T3 la mayor; la diferencia se establece entre los dos tratamientos.

Estos resultados obtenidos por Guevara, (2018), quien señalo que durante la segunda cosecha los mayores diámetros de los basidiomas se obtuvieron en tratamientos elaborados con tusa de maíz y tamo de maíz con un total de 4.5 y 4 cm, valores inferiores a los registrados en la presente investigación, donde el mayor diámetro correspondió al tratamiento T2, con 6,70 cm, donde se relaciona la disminución del diámetro durante las cosechas posteriormente con el agotamiento progresivo de los nutrientes disponibles en el sustrato.

Kumar (2023) identificó el tallo de maíz como un sustrato eficiente para la producción de basidiomas de mayor diámetro. Este estudio está relacionado con los resultados obtenidos en la presente investigación por el comportamiento observado en los tratamientos que incorporaron residuos de maíz.

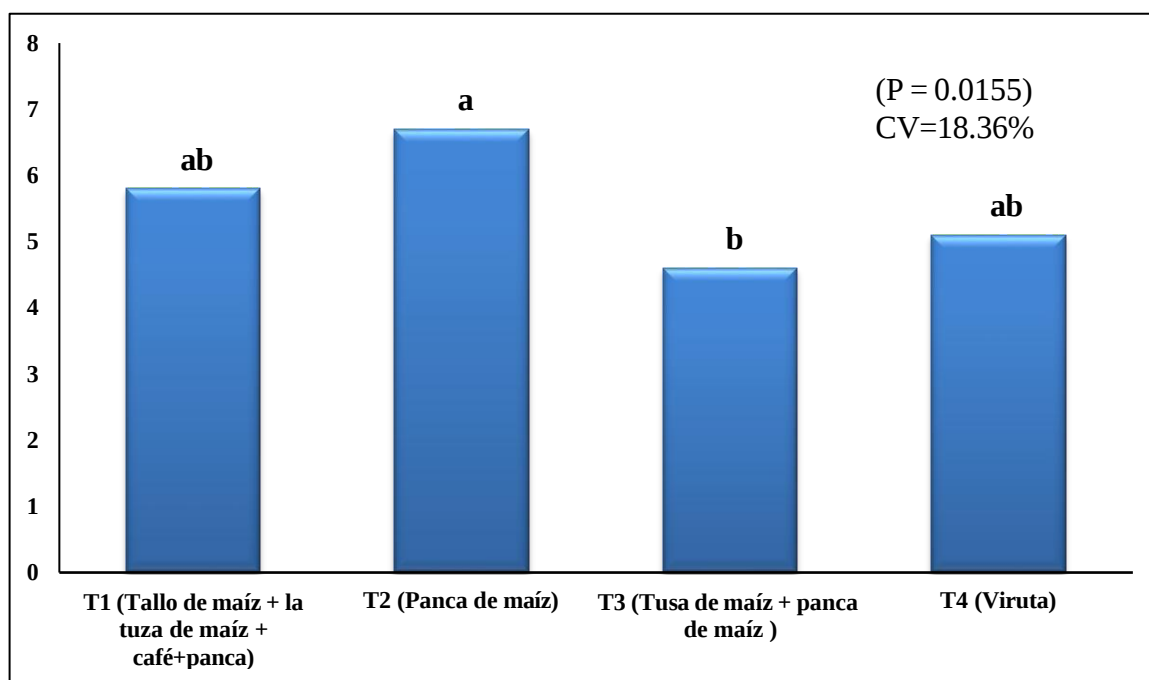


Figura 7: Diámetro promedio de los basidiomas en la segunda cosecha.

3.4. Velocidad de crecimiento de los carpóforos.

En la figura 8 se presentan los días que tardaron en crecer las setas, desde primordios hasta el día de la cosecha. El análisis estadístico mostró diferencias significativas entre los tratamientos ($P = 0.0003 < 0.05$) y un coeficiente de variación de 16 %. La prueba de comparación múltiple de medias evidenció que T1 (tusa de maíz + panca de maíz + café + viruta) obtuvo el valor promedio más alto (17), mientras que el T3 (tusa de maíz + panca de maíz) presentó valores inferiores (12). Estos resultados evidencian que la aplicación de los tratamientos influyó significativamente sobre la variable evaluada al final del periodo experimental. Asimismo, Borray et al. (2023), en su estudio de investigación, determinaron que el crecimiento y la fructificación de *Pleurotus* variaron según el sustrato empleado, evidenciando que las condiciones de cultivo influyen en el desarrollo de las setas.

Desde el primer día se evaluaron todos los tratamientos y presentaron un crecimiento inicial similar, con valores comprendidos entre 1.8 y 2.6 mm; sin embargo, a partir del tercer día comenzaron a observarse diferencias más marcadas. El tratamiento T1 (tallo de maíz + más tusa de maíz + café + panca) mostró una mayor velocidad de crecimiento durante todo el período de evaluación alcanzando aproximadamente 17 mm al séptimo día, esto indica que la combinación de residuos agrícolas proporcionó condiciones favorables para el desarrollo de los carpóforos, mientras que el tratamiento T4 (viruta) registró la menor velocidad de crecimiento durante la primera cosecha, elevándose los 10 mm al séptimo día, esto puede relacionarse con la naturaleza lignificada del sustrato, cuya degradación ocurre de manera más lenta, reduciendo la disponibilidad inmediata de nutrientes para el micelio.

Cocozza et al. (2023) evidencian que la preparación de sustratos determina la velocidad de crecimiento, ya que encontraron que la mezcla con mayor proporción de maíz presentó la mayor velocidad de crecimiento del micelio y una colonización más rápida durante la primera cosecha.

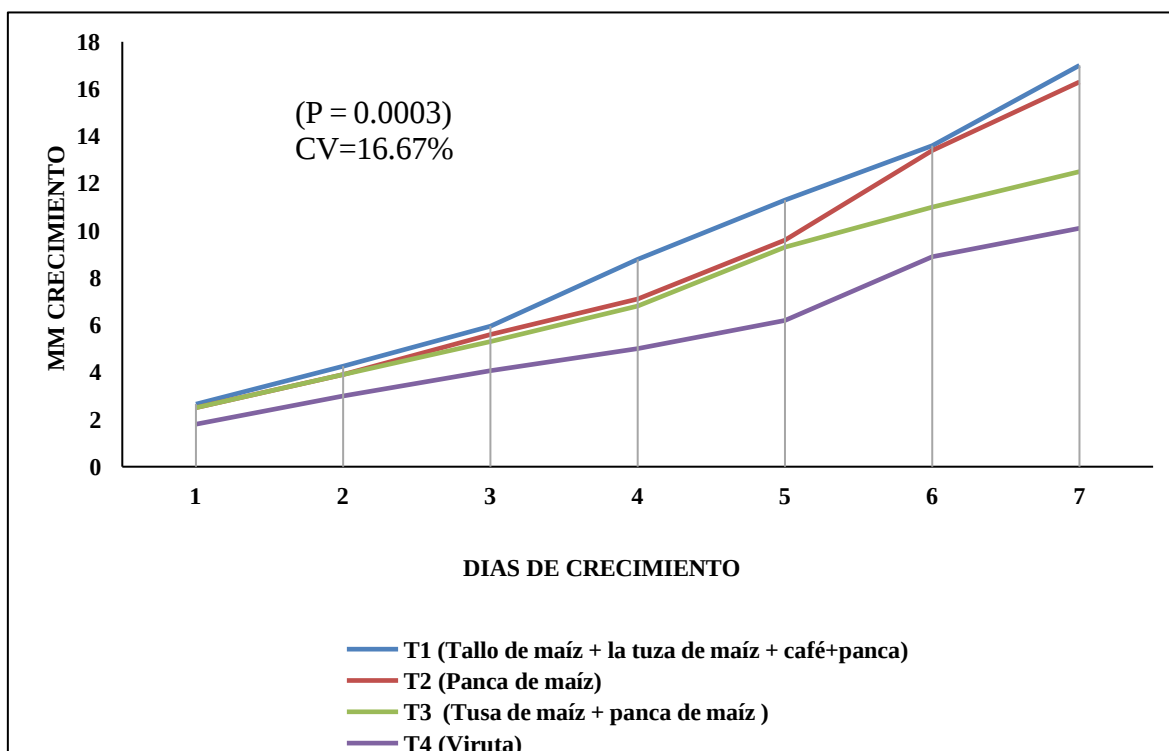


Figura 8: Velocidad de crecimiento de los carpóforos en la primera cosecha.

3.4.1. Velocidad de crecimiento de los carpóforos en la segunda cosecha.

El análisis de varianza mostró diferencias altamente significativas entre los tratamientos ($P=0.0001$; $P < 0.05$), lo que indica que el tipo de sustrato influyó significativamente en el crecimiento de los carpóforos de *Pleurotus djamor*. Los tratamientos T1 (15 mm), T2 (14 mm) y T3 (15 mm) compartieron la misma categoría estadística (a), evidenciando que no existieron diferencias significativas entre ellos y que promovieron un mayor diámetro de los carpóforos; por consiguiente, el T4 (9 mm) y registró un crecimiento significativamente inferior respecto a los demás tratamientos.

El coeficiente de variación es de ($CV=11\%$) y muestra una baja y una adecuada precisión, ya que este valor se encuentra dentro de un rango estable para ensayos biológicos. Este resultado indica que los sustratos utilizados en los tratamientos T1, T2 y T3 proporcionaron condiciones favorables para el desarrollo de los carpóforos durante el periodo de evaluación, a diferencia del tratamiento T4, que mostró un desempeño significativamente menor.

Para ensayos biológicos. Estos resultados demuestran que los sustratos empleados en los tratamientos T1, T2 y T3 proporcionaron condiciones más favorables para el

desarrollo de los carpóforos durante el periodo de evaluación, mientras que el sustrato correspondiente al T4 mostró un desempeño significativamente menor.

Los sustratos con mejor equilibrio físico y químico reducen la duración de las fases de crecimiento y favorecen una producción más rápida de los cuerpos fructíferos, tal como manifiesta Abau (2023), quien demostró que la composición del sustrato influye en la rapidez y el desarrollo de *Pleurotus djamor*.

La figura 9, indica la velocidad de crecimiento de los carpóforos en la segunda cosecha, el tratamiento T1 (tallo de maíz+ tusa de maíz + café + panca de maíz) presentó la mayor velocidad de crecimiento durante toda la evaluación, alcanzando aproximadamente 16 mm al séptimo día esto se debe a que la proporción de los residuos agrícolas proporcione condiciones favorables para el desarrollo de los carpóforos, debido a la disponibilidad de nutrientes, una mejor retención de humedad y una estructura física que facilite la expansión de los cuerpos fructíferos. El tratamiento T3 (tusa de maíz + panca de maíz) mostró un comportamiento similar al T1 durante los cinco primeros días de evaluación. No obstante, a partir del sexto día su velocidad de crecimiento fue ligeramente inferior, alcanzando aproximadamente 15 mm al finalizar el periodo experimental, manifestando que el sustrato también favoreció el desarrollo de los carpóforos, por lo consiguiente, el tratamiento T2 (panca de maíz) presentó un crecimiento constante durante toda la evaluación y alcanzó alrededor de 14 mm al séptimo día, aunque su desarrollo fue inferior al observado en T1 y T3 lo que resalta que es un sustrato adecuado para el crecimiento del hongo, seguido del último tratamiento el cual es T4 (viruta) registro la menor velocidad de crecimiento durante todo el periodo de evaluación alcanzando únicamente 9 mm al séptimo día.

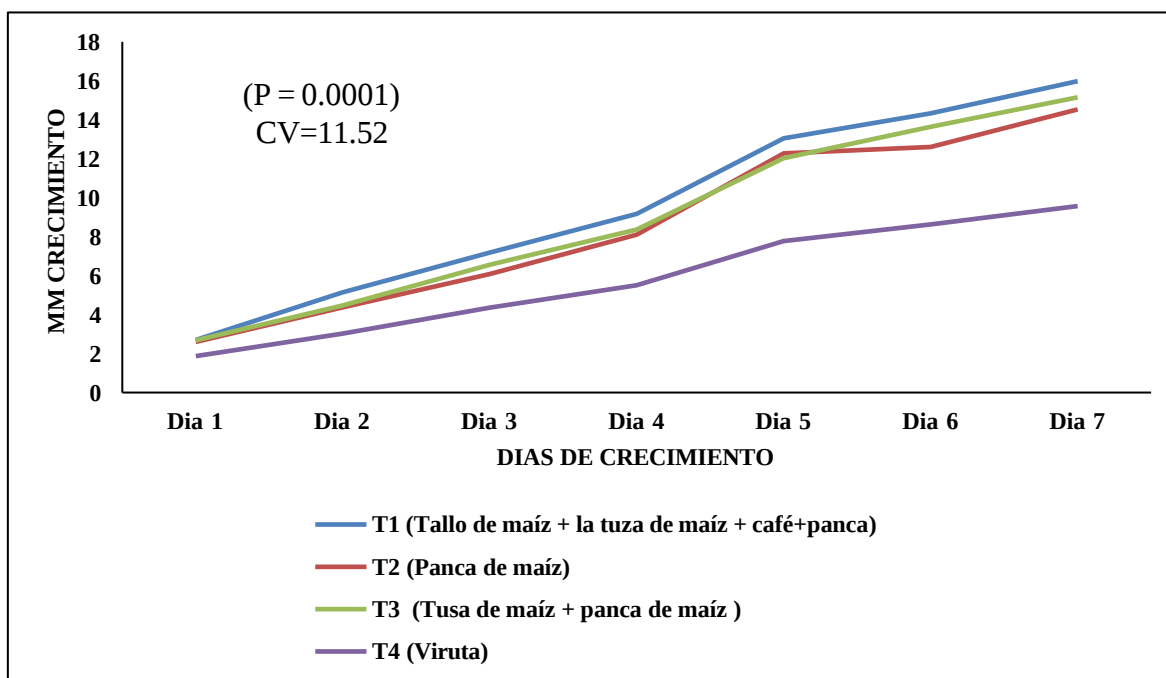


Figura 9: Velocidad de crecimiento de los carpóforos en la segunda cosecha.

3.5. Rendimiento en porcentaje (%)

En la ilustración 10, se muestra el rendimiento porcentual obtenido en la primera cosecha de *Pleurotus djamor* cultivados en los diferentes sustratos evaluados. El tratamiento T1 (tallos de maíz + tusa de maíz + café + panca de maíz) registró el mayor rendimiento con 18.53%, mientras que el T4 (viruta) obtuvo el menor rendimiento con 8.68%. Estos resultados indican que los sustratos compuestos principalmente por residuos de maíz favorecieron una mayor producción de biomasa durante la primera cosecha, mientras que la viruta fue el sustrato menos eficiente para la producción de setas.

La figura 10 muestra los promedios de rendimiento en porcentaje de los primordios en la primera cosecha con porcentajes comprendidos entre 18.53 % y 8.68 %, además, muestra la diferencia estadística encontrada en cada uno de los tratamientos ($P = 0.0001$), así como el coeficiente de variación de 12.42%.

Se evidencia que el tratamiento T1 (tallos de maíz + tusa de maíz + café + panca de maíz) presentó el mayor rendimiento en porcentaje de los primordios, con un promedio de 18.53 %, sin embargo, el T4 (viruta) presentó el menor tiempo de aparición de los primordios, con un promedio de 8.68 % durante la primera cosecha.

Los resultados obtenidos se asimilan a los de Paudel y Dhakal (2020), ya que en ambos estudios se observó que los residuos agrícolas con mejores propiedades físicas y nutricionales favorecen un mejor desarrollo completo.

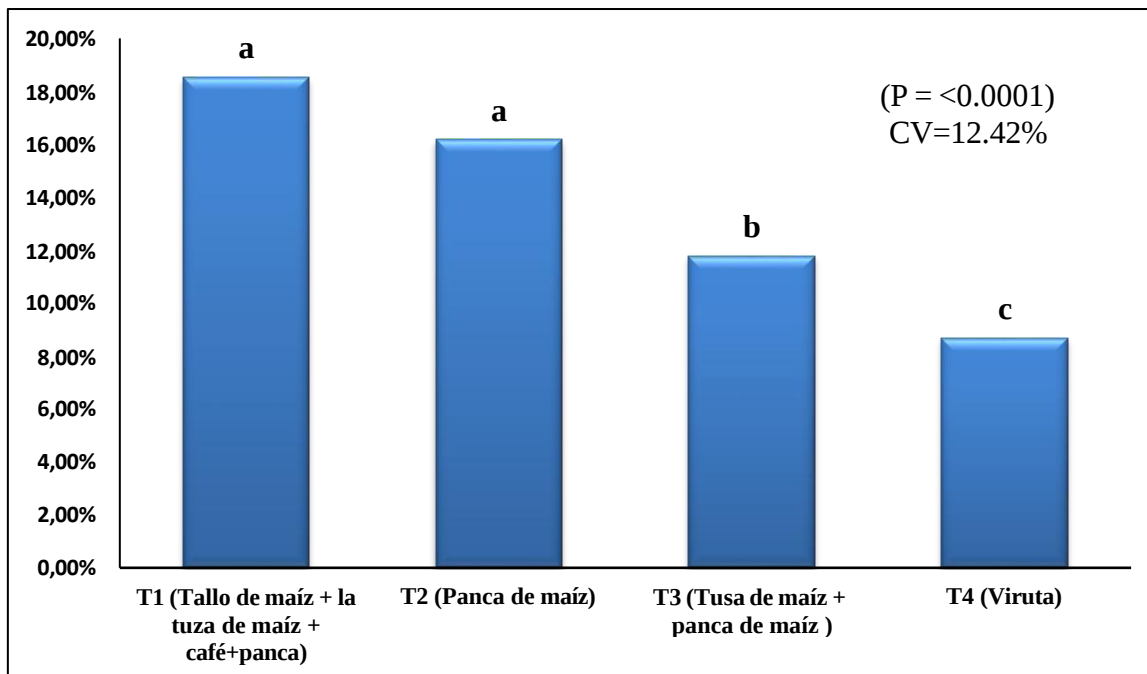


Figura 10: Rendimiento en porcentaje obtenido en la primera cosecha.

3.5.1. Rendimiento en porcentaje en la segunda cosecha

El tratamiento T1 registró el mayor rendimiento promedio, 15.93%, lo que indica que obtuvo el mejor desempeño en comparación con los demás tratamientos. Además, obtuvo una mayor producción de biomasa, mientras que el T4 registró el menor rendimiento (7) (figura 11).

La figura 11 muestra los promedios de rendimiento en porcentaje de los primordios en la primera cosecha con promedios comprendidos entre 15.93 % y 7.21 %. Además, muestra la diferencia estadística encontrada en cada uno de los tratamientos ($P = 0.0002$), así como el coeficiente de variación de 20.75%.

Se evidencia que el tratamiento T1 (tallos de maíz + tusa de maíz + café + panca de maíz) presentó el mayor rendimiento en porcentaje de los primordios, con un promedio de 15.93%. Sin embargo, el T4 (viruta) presentó el menor tiempo de aparición de los primordios, con un promedio de 7.21 % durante la primera cosecha.

De igual manera, Paudel y Dhakal (2020) reportaron que la productividad de especies del género *Pleurotus* depende directamente de las características químicas del sustrato, especialmente de la relación carbono-nitrógeno, del contenido de lignina y de la cantidad de compuestos degradables. También observaron que las mezclas de residuos agrícolas generan mayores rendimientos que los materiales utilizados de forma individual, debido a que mejoran las condiciones nutricionales.

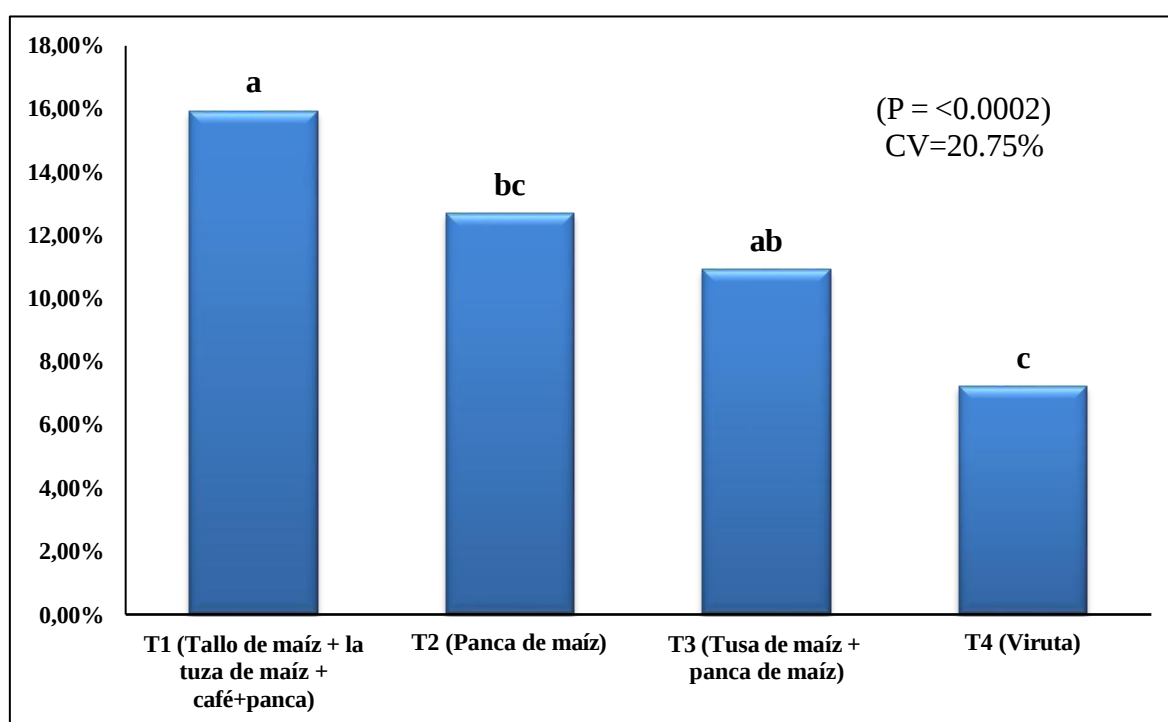


Figura 11: Rendimiento en porcentaje obtenido en la segunda cosecha.

3.6. Eficiencia biológica.

El tratamiento T1 registró la mayor eficiencia biológica, con un promedio de 74.10%, con T2, cuyo valor fue de 64.67%. Esto indica que ambos tratamientos no presentaron diferencias significativas entre sí, aunque T1 alcanzó el valor promedio más alto, seguido del tratamiento T3, que obtuvo un rendimiento de 47.13%, lo que evidencia una diferencia significativa respecto a T1 y T2. Finalmente, el tratamiento T4 presentó el menor valor promedio, 34.80%, diferenciándose significativamente de los demás tratamientos al no compartir el mismo grupo estadístico.

La figura 12 muestra los promedios en porcentaje de los primordios durante la primera cosecha, con promedios comprendidos entre 74.10 % y 34.80 %; además, muestra

la diferencia estadística encontrada en cada uno de los tratamientos ($P < 0.0001$) y su coeficiente de variación de 12.42%.

La composición del sustrato constituye uno de los factores esenciales en la productividad del hongo, en el grafico 12, se muestran los porcentajes de eficiencia biológica para los diferentes sustratos los cuales son: (tallo de maíz + tuza de maíz + café + panca), (panca de maíz), (tusa de maíz+ panca de maíz) y (viruta) para el crecimiento del hongo y reproducción de este, se evidencia que el sustrato del T1 fue el mejor debido a que alcanzo una eficiencia biológica de 74.10 %, considerándose adecuado y eficiente lo cual determina una mayor capacidad del hongo para transformar el sustrato en biomasa, seguido de T2 con 64.67% manifestándose como el segundo mejor tratamiento, lo cual demuestra que la panca de maíz es un residuo agrícola con un potencial muy importante para el cultivo de *Pleurotus djamor*, a su vez, permite mantener los niveles adecuados de humedad y aireación, condiciones que facilitan la respiración del micelio y los valores inferiores de T3 Y T4 de 47.13% y 34.80% lo cual indican una menor capacidad para sostener una producción eficiente de cuerpos fructíferos, la ausencia de una fuente complementaria de nitrógeno y otros nutrientes restringen la actividad metabólica del micelio y reduce la eficiencia en la degradación del sustrato (Vega *et al.*, 2022).

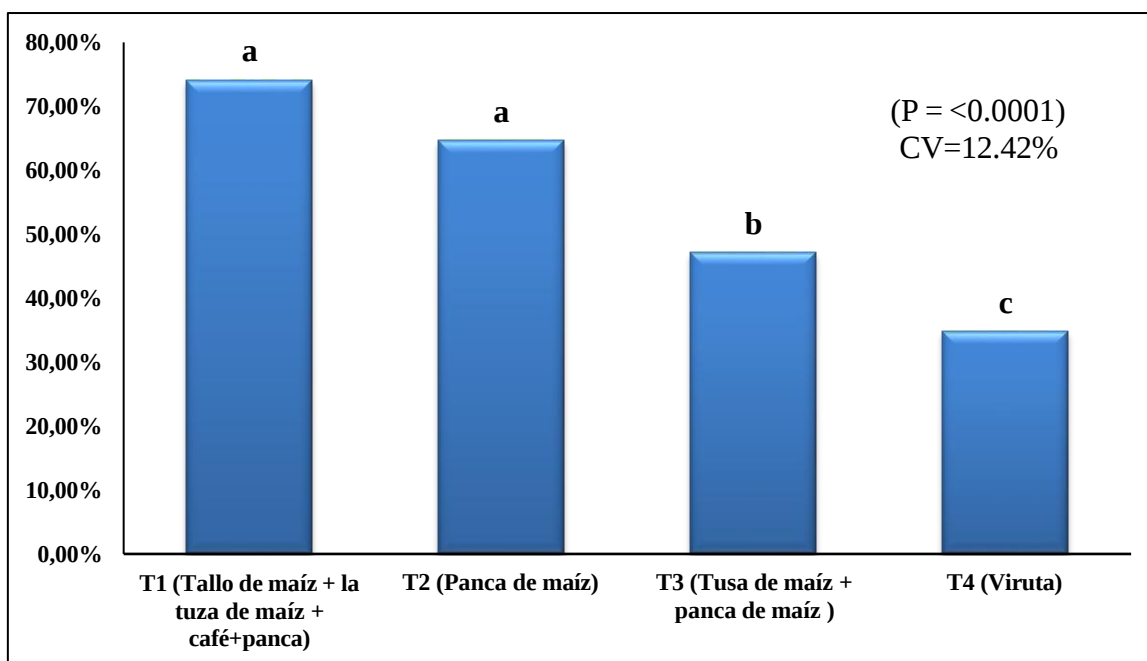


Figura 12: Porcentaje de eficiencia biológica en la primera cosecha.

3.6.1. Eficiencia biológica en la segunda cosecha.

En la figura 13, se observa que el tratamiento T1 obtuvo la mayor eficiencia biológica, con un promedio de 63.73%, mientras que el tratamiento T4 obtuvo la menor eficiencia biológica, con el 28.92%. El desempeño del tratamiento T1 se atribuye a la combinación de tallo de maíz, tusa de maíz, café y panca de maíz, sustratos que en conjunto ofrecen una composición nutricional más equilibrada. La presencia de diversos residuos lignocelulósicos proporciona una fuente sostenida de celulosa, hemicelulosa y lignina, compuestos que son degradados gradualmente por las enzimas extracelulares producidas por *Pleurotus djamor* (Onely y Aguilar, 2026).

La figura 13 muestra los promedios en porcentaje de los primordios durante la segunda cosecha, con promedios comprendidos entre 63.73 y 28.92 %, además, muestra la diferencia estadística encontrada en cada uno de los tratamientos ($P = 0.0001$), así como el coeficiente de variación de 20.37%.

A su vez, se presentan los valores correspondientes a los porcentajes de eficiencia biológica obtenidos de la segunda cosecha; el tratamiento T1 registró el mayor porcentaje con (63%), seguido de T2 con un valor de 51%, mientras que los tratamientos T3 y T4 alcanzaron valores de 43.95% y 28.92% respectivamente. Estos resultados evidencian que la composición del sustrato es esencial para la capacidad productiva del hongo durante la fructificación, aun cuando es común que la eficiencia biológica disminuya respecto a la primera cosecha debido al agotamiento progresivo de nutrientes disponibles en el sustrato. La presencia de diversos residuos lignocelulósicos proporciona una fuente sostenida de celulosa, hemicelulosa y lignina, compuestos que son degradados gradualmente por las enzimas extracelulares producidas por *Pleurotus djamor* (Onely y Aguilar, 2026).

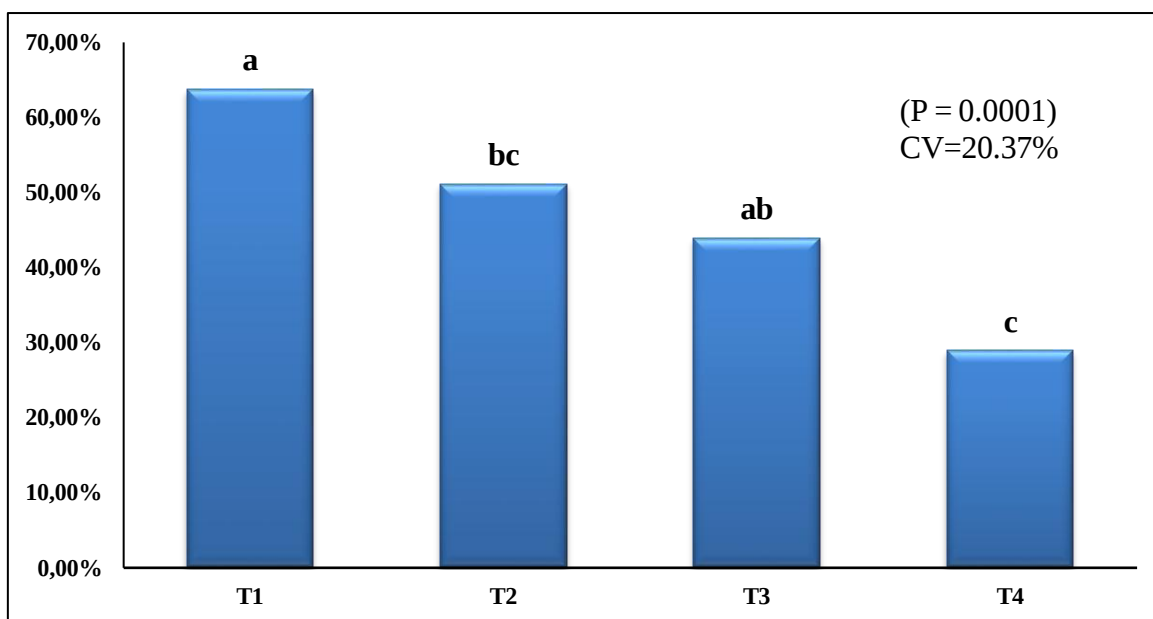


Figura 13: Porcentaje de eficiencia biológica en la segunda cosecha.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Conclusiones

El comportamiento productivo de *Pleurotus djamor* está estrechamente ligado al tipo de sustrato empleado, evidenciándose diferencias significativas en las variables tiempo de aparición de primordios y velocidad de crecimiento de los carpóforos durante las dos cosechas. El tratamiento T1 (tallo de maíz + tusa de maíz + café + panca de maíz) destacó por favorecer una fructificación más temprana durante la primera cosecha y presentar una de las respuestas más favorables en el crecimiento de los carpóforos.

El tratamiento T1 se identificó con mejor desempeño productivo bajo las condiciones experimentales del estudio, debido a la combinación de residuos agrícolas que mantuvo un comportamiento favorable tanto en el crecimiento de los carpóforos como en la producción de biomasa. Este resultado demuestra el potencial de las mezclas de residuos lignocelulósicos para el cultivo de *P. djamor*, particularmente cuando se busca aprovechar materiales agrícolas disponibles y diversificar su uso productivo.

El tratamiento T1 presentó la mayor capacidad productiva, alcanzando un rendimiento porcentual de 18,53 % y una eficiencia biológica de 74,10 % en la primera cosecha. Asimismo, mantuvo el mejor comportamiento durante la segunda cosecha, con 63,73 % de eficiencia biológica, lo que evidencia una mayor capacidad de aprovechamiento del sustrato para la producción de biomasa de *P. djamor*. Estos resultados demuestran el uso de la mezcla de residuos de maíz y café como una alternativa viable para la producción del hongo bajo las condiciones evaluadas.

El estudio demuestra la importancia de los residuos agrícolas implementados en el cultivo de *Pleurotus djamor*, que constituyen una alternativa con potencial para transformar materiales lignocelulósicos de menor rendimiento en biomasa comestible. Por lo tanto, la formulación T1 mostró el mejor desempeño integral, lo que se considera una buena opción para futuros procesos de producción a pequeña escala en condiciones similares a las del cantón La Libertad.

Recomendaciones

Realizar investigaciones futuras empleando diferentes combinaciones y proporciones de residuos agrícolas, tomando como referencia el tratamiento T1 (tallo de maíz + tusa de maíz + café + panca de maíz), que presentó el mejor desempeño productivo integral en el presente estudio. Se recomienda evaluar nuevas formulaciones con el propósito de determinar aquellas que permitan optimizar el crecimiento, la producción y la eficiencia biológica de *Pleurotus djamor*.

Analizar la composición nutricional de los carpóforos obtenidos en cada tratamiento con el propósito de identificar la calidad del sustrato.

Incorporar estudios con análisis económico del cultivo de *Pleurotus djamor*, incluyendo costos y recolección de los residuos agrícolas, preparación y acondicionamiento de los sustratos, infraestructura, mano de obra, producción obtenida y comercialización. Esto permite determinar la relación beneficio/costo y garantizar la rentabilidad de utilizar residuos agrícolas como sustratos para la producción de hongos comestibles.

Promover, mediante programas de capacitación y asistencia técnica de las entidades públicas y organizaciones vinculadas al sector agrícola, la producción del cultivo de *Pleurotus djamor* y el aprovechamiento de residuos agrícolas como sustratos, especialmente entre pequeños y medianos productores.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Aguinaga, P. 2024. Evaluación de sustratos para ostra | PDF | Seta | Hongo. Scribd. <https://es.scribd.com/document/727938191/CD-4295-manual-completo-cultivo-ostra>.
- Amaya, N. 2022. Cultivo de Hongo ostra rosado | PDF | Hongo | Seta. <https://es.scribd.com/document/628716134/Cultivo-del-hongo-ostra-rosada-trishell-A>.
- Angulo, F. M., Mamani Sánchez, B., & Nova Pinedo, M. 2022. Crecimiento in vitro de hongo ostra *Pleurotus ostreatus* en diferentes medios de cultivo. Revista de Investigación e Innovación Agropecuaria y de Recursos Naturales, 9(1), 14-22. <https://doi.org/10.53287/yspr1253nr82s>.
- Arenas, O., Valencia-De Ita, M. Á., Rivera-Tapia, J. A., Tello-Salgado, I., Villarreal Espino-Barros, O. A., Damián-Huato, M. Á., Romero-Arenas, O., Valencia-De Ita, M. Á., Rivera-Tapia, J. A., Tello-Salgado, I., Villarreal Espino-Barros, O. A., & Damián-Huato, M. Á. 2018. Capacidad productiva de *Pleurotus ostreatus* utilizando alfalfa deshidratada como suplemento en diferentes sustratos agrícolas. Agricultura, sociedad y desarrollo, 15(2), 145-160.
- Abau, S. 2023 (PDF) Effect of substrate temperature and stages duration on recycling of agro-industrial residues through *Pleurotus ostreatus* production», ResearchGate [Preprint]. Disponible en: <https://doi.org/10.30486/IJROWA.2023.1964536.1513>.
- Bellettini, M. B., Bellettini, S., Fiorda, F. A., Pedro, A. C., Bach, F., Fabela-Morón, M. F., & Hoffmann-Ribani, R. 2018. Diseases and pests noxious to *Pleurotus* spp. Mushroom crops. Revista Argentina de Microbiología, 50(2), 216-226. <https://doi.org/10.1016/j.ram.2017.08.007>.
- Borray, Ortiz y Berdugo, M.L. 2023 «Análisis del crecimiento y producción de orellana *Pleurotus ostreatus* (Jacq. ex Fr.) P. Kumm. 1871, en tres sustratos diferentes», *Ingeciencia*, 8, pp. 63-76.
- Cano, A., & Romero, L. 2021. Valor económico, nutricional y medicinal de hongos comestibles silvestres. Revista Chilena de Nutrición, 43, 1-6. <https://scielo.conicyt.cl/pdf/rchnut/v43n1/art11.pdf>.

- Cruz, D. 2020. Producción y valor proteico de *Pleurotus ostreatus* en la región sur de Ecuador: Valor proteico de *Pleurotus ostreatus*. ACI Avances en Ciencias e Ingenierías, 12(2), Article 2. <https://doi.org/10.18272/aci.v12i2.1806>.
- Cocoza, F. et al. 2023 «Influence of Growing Substrate Preparation on the Biological Efficiency of *Pleurotus ostreatus*», Horticulturae, 9(4), p. 439. Disponible en: <https://doi.org/10.3390/horticulturae9040439>.
- Cobar, C. 2024 «evaluación de la productividad del hongo ostra rosado (*Pleurotus djamor*), en tres tipos de sustratos, en la parroquia GUANUJO, CANTÓN GUARANDA.» Disponible en: <https://dspace.ueb.edu.ec/server/api/core/bitstreams/60de49cf-e191-47ce-9378-2d7f44c71e7d/content>.
- González, D.E. et al. 2020 «Evaluación de la biomasa residual (cereza) de café como sustrato para el cultivo del hongo comestible *Pleurotus ostreatus*», Revista ION, 33(1), pp. 93-102. Disponible en: <https://doi.org/10.18273/revion.v33n1-2020009>.
- Juárez, J. I., Cuzcano-Ruiz, Á. D., Reyes-López, W., Nieto-Juárez, J. I., Cuzcano-Ruiz, Á. D., & Reyes-López, W. 2021. Evaluación del cultivo del hongo *Pleurotus Ostreatus* y de su composición nutricional en Borra de Café. Tecnia, 31(2), 27-32. <https://doi.org/10.21754/tecnia.v21i2.1026>.
- Onely, D. y Aguilar 2026 «(PDF) Efecto de la variación del sustrato en la productividad de dos cepas de *Pleurotus spp.*», ResearchGate [Preprint]. Disponible en: <https://doi.org/10.33885/sf.2021.52.1377>.
- Pozo, A.E. 2025 «Eficiencia de hongos micorrízicos arbusculares en dos híbridos de maíz *Zea mays* L. bajo dos densidades de siembra». Disponible en: <https://repositorio.upse.edu.ec/handle/46000/13004> (Accedido: 14 de julio de 2026).
- Paudel, samita y Dhakal, D. 2020 «(PDF) Yield performance of oyster mushroom (*Pleurotus ostreatus*) on different substrate», ResearchGate [Preprint]. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/342451558_Yield_performance_of_oyster_mushroom_Pleurotus_ostreatus_on_different_substrate (Accedido: 26 de junio de 2026).
- Kumar, D. 2023 (PDF) Evaluating the Growth Behaviour, Fruiting Body characteristics and Yield Potential of Oyster Mushroom (*Pleurotus ostreatus*) on Different Straw Substrates, ResearchGate. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/371131429_Evaluating_the_Growth_Beh

- aviour_Fruiting_Body_characteristics_and_Yield_Potential_of_Oyster_Mushroom
_Pleurotus_ostreatus_on_Different_Straw_Substrates (Accedido: 26 de junio de 2026).
- İnci, Ş., Kirbağ, S. y Akyüz, M. 2025 «Valorization of local agro-residues for the cultivation of *Pleurotus djamor* (Rumph. Ex Fr.) Boedijn and their effects on nutritional value», Biomass Conversion and Biorefinery, 15(15), pp. 22567-22576. Disponible en: <https://doi.org/10.1007/s13399-024-05515-3>.
- Isan, A. 2024 Qué es la agroecología y su importancia, [ecologiaverde.com](https://www.ecologiaverde.com). Disponible en: <https://www.ecologiaverde.com/que-es-la-agroecologia-y-su-importancia-452.html> (Accedido: 17 de agosto de 2024).
- Leifa, F., Pandey, A., & Soccol, C. R. 2001. Production of Flammulina velutipes on coffee husk and coffee spent-ground. Brazilian Archives of Biology and Technology, 44, 205-212. <https://doi.org/10.1590/S1516-89132001000200015>.
- Lema, L. 2020. Proyecto de investigación para la producción y comercialización de hongos comestibles tipo Ostra (*pleurotus ostreatus*) en la parroquia Puyo, Provincia de Pastaza. <http://repositorio.ucsg.edu.ec/bitstream/3317/14599/1/T-UCSG-PRE-ECO-MD-ADM-105.pdf>.
- López Erazo, C. A., & Solórzano Alcívar, J. D. 2021. Aprovechamiento del bagazo de caña de azúcar en la producción de pulpa para la elaboración de sorbetes. <https://www.dspace.uce.edu.ec/entities/publication/www.dspace.uce.edu.ec>
- Leifa, F., Pandey, A. y Soccol, C.R. 2001 «Production of Flammulina velutipes on coffee husk and coffee spent-ground», Brazilian Archives of Biology and Technology, 44, pp. 205-212. Disponible en: <https://doi.org/https://doi.org/10.1590/S1516-89132001000200015>.
- Martillo Aseffe, J. A., Lesme Jaén, R., Oliva Ruíz, L. O., Martillo Aseffe, J. A., Lesme Jaén, R., & Oliva Ruíz, L. O. 2020. estimación del potencial energético de la tusa en la provincia de los ríos y guayas, ecuador. Centro Azúcar, 47(2), 11-21.
- Meng, L., Zhou, R., Lin, J., Wang, Q., Wang, P., Wang, W., Wang, L., & Li, Z. 2022. Integrated Transcriptomics and Nontargeted Metabolomics Analysis Reveal Key Metabolic Pathways in Ganoderma lucidum in Response to Ethylene. Journal of Fungi, 8(5), Article 5. <https://doi.org/10.3390/jof8050456>.

- Monar, N. 2024. evaluación de la productividad del hongo ostra rosado (*pleurotus djamor*), en tres tipos de sustratos, en la parroquia guanujo, cantón guaranda. <https://dspace.ueb.edu.ec/server/api/core/bitstreams/60de49cf-e191-47ce-9378-2d7f44c71e7d/content>.
- Montenegro, I. 2021. Cultivo de Hongos Comestibles. <https://bibliotecadigital.infor.cl/bitstream/handle/20.500.12220/31294/31294.pdf>
- Montoya Gurumendi, N. A. 2024. Residuos orgánicos como alternativa para la producción de biofertilizante en un Biodigestor [bachelorThesis, Babahoyo, Ecuador]. <http://dspace.utb.edu.ec/handle/49000/17064>
- Mata, G. et al. 2019 «Cultivo de *Pleurotus ostreatus* en viruta de pino: obtención de cepas y evaluación de su productividad», Madera y bosques, 25(2). Disponible en: <https://doi.org/10.21829/myb.2019.2521715>.
- Narvaez, A. 2023. Repositorio Digital Universidad Técnica del Norte: Buscar. https://repositorio.utn.edu.ec/handle/123456789/5/simplesearch?query=&sort_by=score&order=desc&rpp=10&filter_field_1=subject&filter_type_1>equals&filter_value_1=PRODUCCI%C3%93N+ALIMENTARIA&etal=0&filtername=author&filterquery=Narv%C3%A1ez+Narv%C3%A1ez%2C+Abigail+Alejandra&filtertype>equals.
- Nieto-Juárez, J. I., Cuzcano-Ruiz, Á. D., Reyes-López, W., Nieto-Juárez, J. I., Cuzcano-Ruiz, Á. D., & Reyes-López, W. (2021). Evaluación del cultivo del hongo *Pleurotus Ostreatus* y de su composición nutricional en Borra de Café. Tecnia, 31(2), 27-32. <https://doi.org/10.21754/tecnia.v21i2.1026>.
- Ritota, M., & Manzi, P. 2019. *Pleurotus* spp. Cultivation on Different Agri-Food By-Products: Example of Biotechnological Application. Sustainability, 11(18), Article 18. <https://doi.org/10.3390/su11185049>.
- Roblero-Mejía, D. O., Aguilar-Marcelino, L., Sánchez, J. E., Roblero-Mejía, D. O., Aguilar-Marcelino, L., & Sánchez, J. E. (2021). Efecto de la variación del sustrato en la productividad de dos cepas de *Pleurotus spp.* Scientia fungorum, 52. <https://doi.org/10.33885/sf.2021.52.1377>.
- Rubio-Godoy, D. M. 2021a. Instituto de ecología, a.c. centro público de investigación consejo nacional de ciencia y tecnología.

- Salto, F.W. 2025 «Degradación de productos derivados de polietileno mediante la aplicación del hongo saprófito: *Aspergillus* spp.» Disponible en: <https://repositorio.upse.edu.ec/handle/46000/12969> (Accedido: 14 de julio de 2026).
- Soberao, Y., Crespo Zafra, L. M., Matos, L., Puig-Fernández, Y., & Pérez Sánchez, A. 2023. Secado y rehidratación de la seta comestible *Pleurotus ostreatus*. 32, 29-34.
- Vega, A. et al. 2022 «Los residuos agroindustriales mejoran el perfil nutricional y antioxidante de *Pleurotus djamor*», *Cleaner Waste Systems*, 2, p. 100018. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.clwas.2022.100018>.
- Vallejo, A.P. 2026 «Diversidad ecológica de hongos del orden Agaricales de la reserva ecológica comuna Loma Alta, Santa Elena». Disponible en: <https://repositorio.upse.edu.ec/handle/46000/16214> (Accedido: 14 de julio de 2026).
- Wirth, A., Pacheco, F., Toma, N., Valiati, V., Tutikian, V., Gomes, L., Wirth, A., Pacheco, F., Toma, N., Valiati, V., Tutikian, V., & Gomes, L. 2019. Análisis sobre el crecimiento de hongos en diferentes revestimientos aplicados a sistemas ligeros. *Revista ingeniería de construcción*, 34(1), 5-14. <https://doi.org/10.4067/S0718-50732019000100005>.

ANEXOS



Figura 1A. Bloques de micelio para la inoculación del hongo en los diferentes sustratos.



Figura 2A. Desinfección de los sustratos.



Figura 3A. Inoculación del hongo en los sustratos

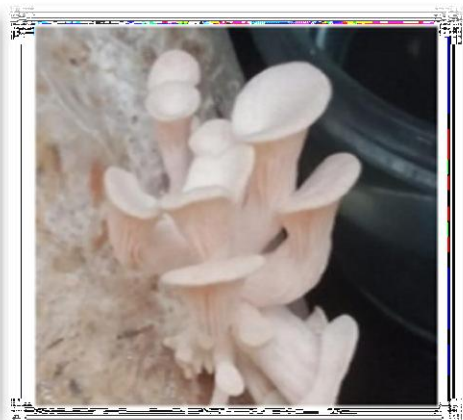


Figura 4A. Formación de primordios y carpóforos a través de los días.

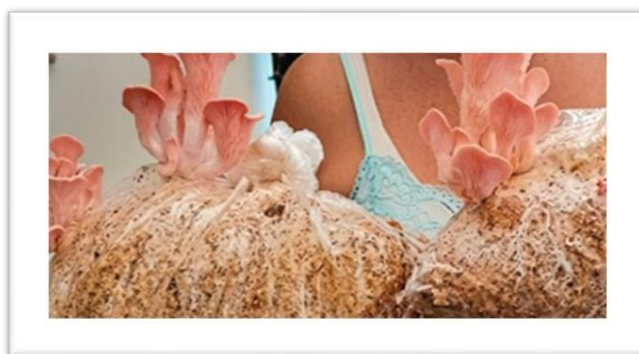


Figura 5A. Cosecha del hongo ostra *Pleurotus djamor*.



Figura A6: Elaboración del invernadero



Figura A7: Distribución de los tratamientos.

Tabla 4. A1. Cuadro ANOVA para la variable (DAP) en la primera cosecha.

F.V.	SC	gl	CM	F	P-valor
Modelo	102.00	8	12.75	12.08	<0.0001
Tratamiento	95,17	3	31.72	30.05	<0.0001
Repetición	6.83	5	1.37	1.29	0.3176
Error	15.83	15	1.06		
Total	117.83	23			

Tabla 5. A2. Cuadro ANOVA para la variable (DAP) en la segunda cosecha.

F.V.	SC	gl	CM	F	P-valor
Modelo	355.83	8	44.48	29.27	<0.0001
Tratamiento	341.46	3	113.82	74.91	<0.0001
Repetición	14.37	5	2.87	1.89	0.1555
Error	22.79	15	1.52		
Total	378.63	23			

Tabla 6.A3. Cuadro ANOVA para la variable rendimiento en porcentaje primera cosecha.

F.V.	SC	gl	CM	F	P-valor
Modelo	366.53	8	45.82	15.63	<0.0001
Tratamiento	349.25	3	116.42	39.71	<0.0001
Repetición	17.29	5	3.46	1.18	0.3646
Error	43.98	15	2.93		
Total	410.51	23			

Tabla 7.A4. Cuadro ANOVA para la variable rendimiento en porcentaje segunda cosecha.

F.V.	SC	gl	CM	F	P-valor
Modelo	269.27	8	33.66	5.72	<0.0019
Tratamiento	238.16	3	79.39	13.50	<0.0002
Repetición	31.11	5	6.22	1.06	0.4212
Error	88.22	15	5.88		
Total	357.48	23			

Tabla 8.A5. Cuadro ANOVA para la variable E.B % primera cosecha.

F.V.	SC	gl	CM	F	P-valor
Modelo	5839.65	8	729.96	15.55	<0.0001
Tratamiento	5568.34	3	1856.11	39.54	<0.0001
Repetición	271.31	5	54.26	1.16	0.3750
Error	704.13	15	46.94		
Total	6543.79	23			

Tabla 9.A6. Cuadro ANOVA para la variable E.B % segunda cosecha.

F.V.	SC	gl	CM	F	P-valor
Modelo	4271.85	8	533.98	5.84	0.0017
Tratamiento	3799.44	3	1266.48	13.85	0.0001
Repetición	472.41	5	94.48	1.03	0.4335
Error	1371.26	15	91.42		
Total	5643.11	23			