UNIVERSIDAD ESTATAL DE BOLIVAR

Facultad de Ciencias Agropecuarias, Recursos Naturales y del Ambiente

Carrera de Agroindustrias

Tema:

EVALUACIÓN DE LA PROPAGACIÓN DEL HONGO OSTRA (*Pleurotus ostreatus)* EN DIFERENTES SUSTRATOS A BASE DE RESIDUOS DE TRIGO (*Triticum*), CEBADA (*Hordeum vulgare*) Y MAÍZ (*Zea mays*).

Proyecto de Investigación previo a la obtención del título de Ingeniero Agroindustrial otorgado por la Universidad Estatal de Bolívar a través de la Facultad de Ciencias Agropecuarias, Recursos Naturales y del Ambiente, Carrera de Agroindustrias

Autores:

Deysi Tatiana Guerra Mazalema

Rosa Beatriz Mazabanda Toalombo

Tutor:

Ing. Franz Patricio Verdezoto Mendoza MSc.

Guaranda – Ecuador

2025

EVALUACIÓN DE LA PROPAGACIÓN DEL HONGO OSTRA (*Pleurotus ostreatus)* EN DIFERENTES SUSTRATOS A BASE DE RESIDUOS DE TRIGO (*Triticum*), CEBADA (*Hordeum vulgare*) Y MAÍZ (*Zea mays*).

Revisado y Aprobado por:



Ing. Franz Patricio Verdezoto Mendoza MSc.

TUTOR



Ing. Isidro Favian Bayas Morejón PhD.

PAR LECTOR



Ing. Darwin Alberto Núñez Torres MSc.

PAR LECTOR

CERTIFICACIÓN DE AUTORIA

Yo, Deysi Tatiana Guerra Mazalema, con CI: 0605427004, y Rosa Beatriz Mazabanda Toalombo, con CI: 0250051075 declaro que el trabajo y los resultados presentados en este informe, no han sido previamente presentados para ningún grado o calificación profesional; y, que las referencias bibliográficas que se incluyen han sido consultadas y citadas con su respectivo autor(es).

La Universidad Estatal de Bolívar, puede hacer uso de los derechos de publicación correspondientes a este trabajo, según lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, su Reglamentación y la Normativa Institucional vigente.

Ing. Franz Patricio Verdezoto Mendoza MSc.

C.I:0201668043

TUTOR

NOTARIA CUARTA DEL CANTÓN GUARANDA

Deysi Tatiana Guerra Mazalema

C.I: 0605427004

EGRESADA

Rosa Beatriz Mazabanda Toalombo

C.I: 0250051075

EGRESADA

ESCRITURA Nº 20250201004P00762

DECLARACIÓN JURAMENTADA
OTORGAN:
ROSA BEATRIZ MAZABANDA TOALOMBO Y
DEYSI TATIANA GUERRA MAZALEMA
CUANTÍA: INDETERMINADA
Di 2 COPIAS

En el Cantón Guaranda, Provincia Bolívar, República del Ecuador, hoy martes a los diecinueve dias del mes de agosto del año dos mil veinticinco, ante mí **DOCTORA MSc. GINA LUCIA CLAVIJO CARRIÓN, NOTARIA CUARTA DEL CANTÓN GUARANDA** comparecen con plena capacidad, libertad y conocimiento, a la celebración de la presente escritura las señoritas: **ROSA BEATRIZ MAZABANDA TOALOMBO,** de estado civil soltera; y, **DEYSI TATIANA GUERRA MAZALEMA,** de estado civil soltera, por sus propios y personales derechos en calidad de OTORGANTES. Las comparecientes declaran ser de nacionalidad ecuatorianas, mayores de edad, de estado civil como se deja expresado, de ocupación ambas estudiantes, domiciliada la primera en la parroquia Salinas, Cantón Guaranda, Provincia, provincia Bolivar, con teléfono celular número cero nueve nueve nueve seis nueve siete nueve uno; y, con correo electrónico **romazabanda@mailes.ueb.edu.ec;** y, la segunda, Canton General Antonio Elizalde, provincia Guayas y de paso por este Cantón Guaranda, Provincia Bolívar, con teléfono celular número cero nueve seis ocho seis uno cuatro nueve siete cero; y, con correo electrónico **dguerra@mailes.ueb.edu.ec,** hábiles en derecho para contratar y contraer obligaciones, a quienes de conocerles doy fe, en virtud de haberme exhibido sus documentos de identificaciones, en base lo cual obtengo las certificaciónes biométricas del Registro Civil, ademas por petición expresa de las comparecientes adjunto sus documentos personales como son las cedulas y los certificados de votaciones, como habilitantes a esta escritura. Las comparecientes declaran conocer y aceptar la Ley Orgánica de Protección de Datos Personales, así como también normativa secundaria y regulaciones relacionadas con la materia y manifiesta expresamente que durante el otorgamiento de la presente escritura pública se han cumplido a cabalidad con todas las disposiciones normativas de protección de datos personales. Las comparecientes autorizan el uso y tratamiento de sus datos personales, los cuales no serán recopilados, utilizados, divulgados, procesados o retenidos para ningún propósito que no sea la correcta prestación del servicio notarial conforme la legislación vigente y dentro de los parámetros establecidos en la Ley Orgánica de Protección de Datos Personales, y demás normas y reglamentos de la materia. Para el otorgamiento de la presente escritura pública, se observaron todos y cada uno de los preceptos legales que el caso requiere; y, leída que les fue a los comparecientes íntegramente por mí la Notaria en alta y clara voz, aquellos se afirman y ratifican en el total de su contenido. Advertidas las comparecientes por mí la Notaria de los efectos y resultados de esta escritura, así como examinadas que fueron en forma aislada y separada de que comparecen al otorgamiento de esta escritura sin coacción, amenazas, temor reverencial, ni promesa o seducción instruidos por mí de la obligación que tienen de decir la verdad con claridad y exactitud; y, advertidas sobre la gravedad del juramento y de las penas de perjurio, me solicitan que recepte su declaración juramentada: Nosotras: **ROSA BEATRIZ MAZABANDA TOALOMBO,** de estado civil soltera; y, **DEYSI TATIANA GUERRA MAZALEMA,** de estado civil soltera, declaramos que los criterios e ideas emitidos en el presente Proyecto de investigación de titulación es de nuestra absoluta autoría, titulado **EVALUACIÓN DE LA PROPAGACIÓN DEL HONGO OSTRA (*Pleurotus astreatus*) EN DIFERENTES SUSTRATOS A BASE DE RESIDUOS DE TRIGO (*Triticum*), CEBADA (*Hordeum vulgare*) Y MAÍZ (*Zea mays.*)** previo a la obtención del título de Ingenieras Agroindustriales, otorgado por la Universidad Estatal de Bolívar, a través de la Facultad de Ciencias Agropecuarias, Recursos Naturales y del Ambiente, carrera de Agroindustria.- Es todo cuanto podemos declarar en honor a la verdad.- Para su otorgamiento se observaron los preceptos de ley y leida que les fue a las comparecientes íntegramente por mí la Notaria, aquellas se afirman y ratifican en todas sus partes y firman junto conmigo en unidad de acto, incorporando al protocolo de esta Notaria la presente escritura de Declaración Juramentada, de todo cuanto doy Fe.----------

SRTA. ROSA BEATRIZ MAZABANDA TOALOMBO.
C.C. 0250051075

SRTA. DEYSI TATIANA GUERRA MAZALEMA.
C.C.0605427004

DOCTORA MSc. GINA LUCIA CLAVIJO CARRION.
NOTARIA CUARTA DEL CANTÓN GUARANDA.

NOTARIA CUARTA DEL CANTÓN GUARANDA

Rosa Mazabanda Deysi Guerra

Tesis_Hongo Ostra_19-08-2025.docx

Frank Verdezoto

Frank Verdezoto

Universidad Estatal de Bolivar

Detalles del documento

Identificador de la entrega
trn:oid:::3117:484659051

Fecha de entrega
19 ago 2025, 2:13 p.m. GMT-5

Fecha de descarga
19 ago 2025, 3:20 p.m. GMT-5

Nombre de archivo
Tesis_Hongo Ostra_19-08-2025.docx

Tamaño de archivo
5.4 MB

104 Páginas

19.271 Palabras

105.911 Caracteres

Ing. Franz Patricio Verdezoto Mendoza MSc.
TUTOR

3% Similitud general

El total combinado de todas las coincidencias, incluidas las fuentes superpuestas, para ca...

Filtrado desde el informe

- Trabajos entregados
- Fuentes de Internet
- Base de datos de Crossref

Fuentes principales

0% Fuentes de Internet
3% Publicaciones
0% Trabajos entregados (trabajos del estudiante)

Marcas de integridad

N.° de alertas de integridad para revisión

No se han detectado manipulaciones de texto sospechosas.

Los algoritmos de nuestro sistema analizan un documento en profundidad para buscar inconsistencias que permitirían distinguirlo de una entrega normal. Si advertimos algo extraño, lo marcamos como una alerta para que pueda revisarlo.

Una marca de alerta no es necesariamente un indicador de problemas. Sin embargo, recomendamos que preste atención y la revise.

Ing. Franz Patricio Verdezoto Mendoza MSc.
TUTOR

DEDICATORIA

Con todo mi corazón, dedico este trabajo a mis padres, quienes han sido mi pilar fundamental en la vida. Gracias a su apoyo incondicional, a su esfuerzo incansable y a la confianza que siempre depositaron en mí, hoy puedo cumplir una de mis metas más importantes. En cada adversidad que se presentó a lo largo de este camino, me motivaron a nunca rendirme y a seguir adelante con determinación.

Asimismo, dedico este logro a mi enamorado Freddy Vivas quien ha sido una persona muy especial y un apoyo invaluable a lo largo de mi carrera, acompañándome con amor y aliento en cada etapa de este proceso.

Deysi Tatiana Guerra Mazalema

DEDICATORIA

Este logro es para ustedes, que con su apoyo y su constante inspiración hicieron posible este sueño.

A mis queridos padres por su amor incondicional, su apoyo constante y los sacrificios que han hecho para que hoy pueda estar aquí. Gracias por enseñarme el valor del esfuerzo y dedicación. Sin su guía y ejemplo este logro no habría sido posible.

Para mis hijos, Matias y Amélie. Ustedes son mi mayor motivación en cada paso de este camino. Su presencia me da fuerzas para seguir adelante, incluso en los momentos más difíciles, y son la razón por la que sueño y lucho por un futuro mejor.

A mi pareja Mauricio Pintio Gracias por tu apoyo, que fue fundamental para mi éxito profesional.

Rosa Beatriz Mazabanda Toalombo

AGRADECIMIENTO

En primer lugar, agradezco a Dios, fuente de vida, fortaleza y sabiduría, por guiar cada paso de este camino, darme la perseverancia necesaria y recordarme siempre que todo esfuerzo, acompañado de fe, tiene su recompensa.

A mi familia, por su amor incondicional, apoyo constante y paciencia en los momentos más desafiantes. De manera especial, a mis padres, Eduardo Guerra y Lourdes Mazalema, por enseñarme con su ejemplo el valor del esfuerzo, la dedicación y la honestidad.

A mis docentes y tutor de tesis , por su orientación, conocimientos y compromiso, los cuales fueron fundamentales para el desarrollo de este trabajo. Extiendo también mi gratitud a los Ingenieros de la Universidad ESPOCH, que contribuyeron de manera decisiva en mi formación académica y profesional.

A mis compañeros y amigos, por compartir experiencias, motivarme y recordarme que el aprendizaje también se enriquece con la colaboración y la amistad.

Y finalmente, a todas las personas que creyeron en mí, porque con su apoyo y confianza me inspiraron a dar siempre lo mejor de mi

Deysi Tatiana Guerra Mazalema

AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios por guiar cada paso de este camino, gracias por sembrar en mí la convicción de que el esfuerzo y la fe son la base para construir cada sueño.

A mi familia, por su amor incondicional y apoyo constante. A mis padres Julio Mazabanda y Maria Toalombo por su apoyo constante y los sacrificios que han hecho para que hoy pueda estar aquí, A mis hermanos, gracias por su ejemplo y por ser mi guía en este camino profesional.

A mi tutor de tesis, mis docentes agradezco por su orientación, conocimientos y compromiso, los cuales fueron fundamentales para el desarrollo de este trabajo.

A los ingenieros de la Universidad ESPOCH, y en particular al Ing. Luis Paucar, mi más profunda gratitud. Su guía y sus conocimientos fueron clave en mi desarrollo profesional.

Rosa Beatriz Mazabanda Toalombo

ÍNDICE DE CONTENIDOS

CONTENIDO	Pag.
CAPÍTULO I	1
1.1. INTRODUCCIÓN	1
1.2. PROBLEMA	3
1.2.1. Formulación del problema	3
1.3. OBJETIVOS	4
1.3.1. Objetivo general	4
1.3.2. Objetivos específicos	4
1.4. HIPÓTESIS	5
1.4.1. Hipótesis nula	5
1.4.1. Hipótesis alterna	5
CAPÍTULO II	6
2. MARCO TEÓRICO	6
2.1. Origen de los hongos	6
2.2. Morfología de los hongos	7
2.3. Hongos Ostra	9
2.3.1. Morfología del hongo Ostra	11
2.3.2. Cultivo de hongo ostra	12
2.4. Condiciones ambientales para cultivo del hongo ostra	12
2.4.1. Temperatura	13
2.4.2. Humedad	13
2.4.3. Ventilación	14
2.4.4. Iluminación	14

2.4.5. pH del Sustrato 14
2.5. Sustratos para cultivo de hongos comestible 14
2.5.1. Trigo 15
2.5.2. Cebada 16
2.5.3. Maíz 17
2.6. Preparación de sustratos para micelios del hongo 18
2.6.1. Inoculación 19
2.6.2. Incubación 19
2.6.3. Inducción 20
2.6.4. Fructificación 20
2.7. Aplicación del hongo ostra en la agroindustria 20
2.7.1. Aplicaciones en la Agroindustria 21
2.7.2. Control Biológico de Plagas 21
2.7.3. Biorremediación y biodegradación 22
2.7.4. Aplicaciones Industriales de las Enzimas 22
2.7.5. Producción de Biocombustibles 22
2.7.6. Aplicaciones nutricionales 23
CAPÍTULO III 24
3. MARCO METODÓGICO 24
3.1. Ubicación de la investigación 24
3.2. Metodología 25
3.2.1. Material en estudio 25
3.2.2. Factores en estudio 25
3.2.3. Tratamientos 26

3.2.4. Tipo de diseño experimental 27

3.2.5. Manejo de la investigación 28

3.2.6. Métodos de evaluación 29

3.2.7. Análisis de datos 33

CAPITULO IV 34

4. RESULTADOS Y DISCUCIÓN 34

4.1. Interpretación de resultados 34

4.1.1. Análisis de sustratos para la propagación del hongo ostra 34

4.1.2. Preparación y esterilización de los sustratos 36

4.1.3. Evaluación de tratamientos para la colonización del hongo 37

4.1.4. Evaluación de tratamientos para el índice de color**¡Error! Marcador no definido.**

4.1.5. Determinación de peso de micelios 58

4.1.6. Análisis de costos de producción en el mejor sustrato 58

4.2. Comprobación de la hipótesis 62

CAPITULO V 63

5.1. CONCLUSIONES 63

5.2. RECOMENDACIONES 65

BIBLIOGRAFÍA 66

ANEXOS

ÍNDICE DE TABLAS

N°	Detalle	Pag.
1	Ubicación del ensayo	24
2	Condiciones geográficas y edafoclimática	25
3	Factores de estudio	26
4	Tratamientos de estudio	26
5	Características de experimento	27
6	ANOVA para el diseño AxBxC	28
7	Análisis proximales aplicados en la investigación	30
8	Análisis bromatológico	31
9	Análisis proximal comparativo del grano de maíz, trigo y cebada	34
10	Análisis bromatológicos comparativos del grano de maíz, trigo y cebada	35
11	Análisis microbiológico comparativo del grano de maíz, trigo y cebada	35
12	Parámetros de evaluación para el desarrollo del hongo ostra	36
13	ANOVA para % de colonización (día 7) - Suma de Cuadrados Tipo III	37
14	Pruebas LSD para % de colonización por Sustratos (día 7)	38
15	Pruebas LSD para % de colonización por Humedad (día 7)	39
16	ANOVA para % de colonización (día 14) - Suma de Cuadrados Tipo III	41
17	Pruebas LSD para % de colonización por Sustratos (día 14)	41
18	Pruebas LSD para % de colonización por Humedad (día 14)	43
19	ANOVA para % de colonización (día 21) - Suma de Cuadrados Tipo III	44

20 Pruebas LSD para % de colonización por Sustratos (día 21) 45

21 Pruebas LSD para % de colonización por Humedad (día 14) 46

22 ANOVA para Índice de color (día 7) - Suma de Cuadrados Tipo III 49

23 Pruebas LSD para Índice de color por Sustratos (día 7) 50

24 Pruebas LSD para Índice de color por Humedad (día 7) 51

25 Pruebas LSD para Índice de color por Temperatura de incubación (día 7) 52

26 ANOVA para Índice de color - Suma de Cuadrados Tipo III (día 14 y 21) 54

27 Pruebas LSD para Índice de color por Sustratos (día 14 y 21) 54

28 Pruebas LSD) para Índice de color por Humedad (día 14 y 21) 55

29 Costos de producción 58

30 Resumen del análisis de costos de producción 59

31 Evaluación de la hipótesis mediante F calculada y F críticas 62

ÍNDICE DE FIGURAS

N°	Detalle	Pag.
1	El ciclo de vida de los hongos	9
2	Muestra fresca de cuerpos fructíferos de *P. ostreatus*	10
3	Estructura de la pared celular del *P. ostreatus* con sondas fluorescentes	12
4	Tipos de sustratos para *Pleurotus ostreatus*	15
5	Gráfico de barras para % de colonización por sustrato al día 7	38
6	Gráfica de medias para sustratos por % de colonización (día 7)	39
7	Gráfico de barras para % de colonización por humedad al día 7	39
8	Gráfica de medias para humedad por % de colonización (día 7)	40
9	Gráfica de interacción humedad –sustratos: % de colonización-día 7	40
10	Gráfico de barras para % de colonización por sustrato al día 14	42
11	Gráfica de medias para sustratos por % de colonización (día 14)	42
12	Gráfico de barras para % de colonización por humedad al día 14	43
13	Gráfica de medias para humedad por % de colonización (día 14)	43
14	Gráfica de interacción humedad-sustratos: % de colonización-día 14	44
15	Gráfico de barras para % de colonización por sustrato al día 21	45
16	Gráfica de medias para sustratos por % de colonización (día 21)	46
17	Gráfico de barras para % de colonización por humedad al día 14	46
18	Gráfica de medias para humedad por % de colonización (día 21)	47
19	Gráfica de interacción humedad-sustrato: % de colonización-día 21	47

20 Hongo ostra incubado a los 7 días y 21 días 48

21 Gráfico de barras para índice de color por sustrato al día 7 50

22 Gráfica de medias para sustratos por índice de color (día 7) 50

23 Gráfico de barras para índice de color por humedad al día 7 51

24 Gráfica de medias para humedad por índice de color (día 7) 51

25 Gráfico de barras para índice de color por temperatura al día 7 52

26 Gráfica de medias para humedad por índice de color (día 7) 52

27 Gráfica de interacción para índice de color (día 7) 53

28 Gráfico de barras para índice de color por sustrato al día 14 y 21 55

29 Gráfica de medias para sustratos por índice de color (día 14 y 21) 55

30 Gráfico de barras para índice de color por humedad al día 14 y 21 56

31 Gráfica de medias para humedad por índice de color (día 14 y 21) 56

32 Gráfica de interacción humedad-sustrato: índice de color-día 14 y 21 56

33 Color del hongo ostra a los 21 días (Tratamiento 3) 57

ÍNDICE DE ANEXOS

N°	Detalle
1	Mapa de la ubicación de la investigación
2	Cronograma de actividades
3	Presupuesto estimado de investigación
4	Fotografías de la investigación
5	Análisis de laboratorio
6	Normativa INEN
7	Glosario de términos técnicos

RESUMEN

La presente investigación tuvo como objetivo evaluar el desarrollo del hongo ostra (*Pleurotus ostreatus*) utilizando el trigo, cebada y maíz como sustratos, además se consideró variables como humedad (20% y 40%) y temperatura de incubación (23°C y 32°C). Se analizó la composición proximal, bromatológica y microbiológica de cada sustrato, además de determinar el mejor tratamiento para la propagación del micelio y realizar un análisis de costo-beneficio del sustrato más eficiente. El diseño experimental factorial (3×2×2) con 12 tratamientos y 3 repeticiones para identificar diferencias significativas en el porcentaje de colonización del micelio e índice de color. Los resultados indicaron que el sustrato de trigo con 40% de humedad presentó el mejor desempeño, dado que alcanzó una colonización del 100% en 21 días, ya que el tipo de sustrato como la humedad influyeron significativamente en el crecimiento del micelio. En cuanto al análisis económico, se determinó un costo total de producción de $171,25 y al estimarse una producción de 5,4 kg de hongo fresco con un precio de venta de $42,80/kg, así se genera una ganancia neta de $59,87. Se concluye que el trigo es el sustrato más eficiente para la propagación de *Pleurotus ostreatus*, ofreciendo ventajas tanto en productividad como en viabilidad económica.

Palabras clave: Colonización, Hongo ostra, Inoculación, *Pleurotus Ostreatus*, Sustrato, Trigo.

SUMMARY

The present research aimed to evaluate the development of oyster mushroom (*Pleurotus ostreatus*) using wheat, barley, and corn as substrates. Variables such as moisture content (20% and 40%) and incubation temperature (23°C and 32°C) were also considered. The proximal, bromatological, and microbiological composition of each substrate was analyzed, in addition to determining the most effective treatment for mycelium propagation and performing a cost-benefit analysis of the most efficient substrate. A factorial experimental design (3×2×2) with 12 treatments and 3 replicates was used to identify significant differences in mycelium colonization percentage and color index. Results showed that the wheat substrate with 40% moisture exhibited the best performance, reaching 100% colonization within 21 days, as both substrate type and moisture significantly influenced mycelial growth. Regarding the economic analysis, a total production cost of $171.25 was determined. With an estimated yield of 5,4 kg of fresh mushrooms sold at $42,80/kg, a net profit of $59,87 was achieved. It is concluded that wheat is the most efficient substrate for *Pleurotus ostreatus* propagation, offering advantages in both productivity and economic viability.

Keywords: Colonization, Oyster mushroom, Inoculation, *Pleurotus ostreatus*, Substrate, Wheat.

CAPÍTULO I

1.1.INTRODUCCIÓN

Entre la amplia diversidad de especies de hongos existentes, algunas variedades son consideradas similares a los vegetales por sus aplicaciones gastronómicas, no obstante, diversos estudios reconocen a los hongos comestibles como alimentos funcionales, debido a sus propiedades nutricionales y medicinales que contribuyen al mejoramiento de diversas funciones biológicas en el organismo humano (Caiza, 2024). Históricamente, los hongos han formado parte esencial de la alimentación de múltiples culturas, constituyendo un recurso clave para la subsistencia, dado que la recolección de hongos silvestres fue una práctica común en civilizaciones en desarrollo, que valoraban su aporte alimenticio y actualmente, los hongos comestibles continúan siendo altamente valorados por su impacto económico y por su versatilidad culinaria (Moroni et al., 2022).

Con relación a la economía, el mercado global de hongos comestibles ha experimentado un crecimiento, con una tasa compuesta anual del 4%.; de acuerdo con proyecciones, se espera que este mercado pase de 54.610 millones de dólares en 2021 a 72.080 millones de dólares en 2028, esto evidencia una demanda creciente, incluso frente a eventos adversos. Esta tendencia sugiere una expansión continua del consumo mundial de hongos, impulsada por sus beneficios nutricionales y la diversificación de su uso en la industria alimentaria. Dentro de las especies con mayor demanda destacan el portobello, la morilla, el botón blanco y la seta ostra (*Pleurotus ostreatus*) (Business Insights, 2022.)

El *Pleurotus ostreatus* ocupa actualmente el segundo lugar en producción mundial de hongos comestibles, siendo superada únicamente por el champiñón blanco (*Agaricus bisporus*). Su producción global se estima en aproximadamente 1,5 millones de toneladas anuales, cifra que continúa en ascenso debido al interés creciente por sus propiedades bioactivas y su perfil nutricional, además de su uso alimentario y su potencial en aplicaciones farmacológicas (Pineda et al., 2021).

En Ecuador, la producción del hongo ostra se enmarca dentro de las estrategias para alcanzar la soberanía alimentaria, debido a su eficiencia como fuente de proteínas y nutrientes esenciales. Según el Ministerio de Agricultura, Acuacultura y Pesca (MAGAP, 2020) la producción nacional de hongos comestibles está destinada casi en su totalidad al consumo interno.

Tradicionalmente, la producción comercial de este tipo de hongo ha sido utilizado como sustrato el aserrín de madera, no obstante, el creciente costo de este material, asociado a factores como la deforestación y una mayor conciencia ambiental, ha incentivado la búsqueda de alternativas sostenibles (Sreerag et al., 2025). Entre estas alternativas, destaca el uso de residuos agroindustriales como las pajas de arroz y trigo, los cuales permiten reducir los costos de producción y también disminuir el impacto ambiental al reutilizar materiales considerados subproductos agrícolas. Según Pineda, et. al (2020), el uso de estos sustratos alternativos representa un beneficio económico, al ser de menor costo, y también contribuye a la conservación de los recursos forestales al disminuir la presión sobre la tala de árboles..

1.2.PROBLEMA

El sector de producción de hongos comestibles en Ecuador, incluyendo especies como *Pleurotus ostreatus*, enfrenta un crecimiento limitado debido a la escasa información y al insuficiente asesoramiento técnico para los cultivadores. Esta carencia impide la expansión del sector y su incursión en nuevos mercados internacionales, estancando la cobertura de la demanda interna (Cruz, 2021).

A este panorama se suma la dificultad para controlar adecuadamente las condiciones de cultivo, como temperatura, humedad y tipo de sustrato, elementos fundamentales para el desarrollo óptimo del micelio y la fructificación de los hongos (Montenegro & Stuardo, 2021). En provincias como Bolívar, donde la producción de hongos es baja, se refleja una problemática que podría repetirse en otras regiones del país, esto evidencia una limitación estructural que restringe el aprovechamiento del potencial de este recurso alimenticio y la capacidad del sector para expandirse.

En este contexto, se ha propuesto el uso de cereales como trigo, cebada y maíz como estrategia para reducir costos y mejorar la sostenibilidad del cultivo de hongos, no obstante, esta alternativa aún presenta incertidumbres, debido a la ausencia de evaluaciones técnicas que consideren la rentabilidad y el rendimiento en los niveles macro, meso y micro, esto impide que pequeños y medianos productores adopten esta práctica de forma segura y generalizada.

Además, persiste una limitada disponibilidad de información técnica sobre la viabilidad del uso de estos sustratos para la propagación micelial, también se desconocen las condiciones óptimas de temperatura, humedad y composición del sustrato necesarias para maximizar el desarrollo del micelio en este tipo de materiales. Esta falta de información constituye una barrera que limita la innovación, la sostenibilidad y el crecimiento del sector en el país.

1.2.1. Formulación del problema

¿Cuál es el efecto de sustratos como el trigo, la cebada y el maíz, en la propagación del micelio del Hongo Ostra?

1.3.OBJETIVOS

1.3.1. Objetivo general

Evaluar la propagación del hongo ostra, *Pleurotus ostreatus,* en sustratos de trigo (*Triticum),* cebada (*Hordeum vulgare*) y maíz (*Zea mays*).

1.3.2. Objetivos específicos

- Analizar las propiedades proximales, bromatológicas y microbiológicos de los sustratos en estudio.
- Preparar y esterilizar los sustratos para el estudio
- Determinar el mejor tratamiento para la propagación del hongo ostra en los sustratos.
- Realizar un análisis de los costos de producción para la obtención de micelios de los hongos ostra en el mejor sustrato.

1.4.HIPÓTESIS

1.4.1. Hipótesis nula

Ho: Los sustratos de trigo, cebada y maíz no son adecuados para la propagación del Hongo Ostra.

1.4.1. Hipótesis alterna

Ha: Los sustratos de trigo, cebada y maíz son adecuados para la propagación del Hongo Ostra.

CAPÍTULO II

2. MARCO TEÓRICO

2.1.Origen de los hongos

El término "*Fungí*" proviene del latín y significa hongo, por tanto, el reino Fungí comprende a los hongos: organismos eucariotas como las setas, levaduras y mohos (Guerrero-Paredes et al., 2021). Desde su aparición sobre la superficie terrestre, los integrantes de este reino han desarrollado diversas propiedades que les permiten adaptarse a algunos de los ambientes más extremos de la naturaleza; en 2017, basándose en la tasa de descripción de especies registrada en el "Diccionario de los Hongos", se estimó que el número total de especies oscila entre 2.2 y 3.8 millones a nivel mundial (Herrera-Monroy et al., 2023).

Los hongos son organismos eucariotas que carecen de clorofila y se alimentan por absorción, presentan reproducción sexual y asexual, y su estructura corporal se compone mayormente de filamentos ramificados rodeados por una pared celular de quitina. Aunque, al igual que las plantas, poseen una pared celular protectora, su composición es distinta, además, son incapaces de realizar fotosíntesis y almacenan glucógeno, de manera similar a las células animales (Guerrero-Paredes et al., 2021).

Estos organismos se organizan en células alargadas que forman filamentos denominados hifas, las cuales, al entrelazarse, crean una estructura similar al algodón llamada micelio, aquellos hongos que presentan esta característica son conocidos como hongos filamentosos (Merino & Márquez, 2025).

En cuanto a su ciclo de vida, los hongos pueden reproducirse mediante la generación de esporas (sexuales o asexuales) o por fragmentación de las hifas, durante su ciclo, sus células pueden adoptar distintos estados: haploide, diploide, dicariótico o multicariótico, asimismo, muchos hongos tienen un crecimiento continuo e ilimitado (Feijóo-Vivas et al., 2021).

2.2.Morfología de los hongos

El micelio constituye una red de filamentos microscópicos, interconectados y dinámicos, que forma un entramado fibroso bien desarrollado y de carácter perenne; esta estructura resulta de la extensión apical y la fusión de hifas o anastomosis. Las hifas son filamentos tubulares y alargados que exhiben gran plasticidad y adaptabilidad en su desarrollo (Montenegro & Stuardo, 2021).

El micelio funciona como el esqueleto del organismo, que facilita el transporte de agua, azúcares y minerales dentro de un sistema cerrado, en respuesta a estímulos o variaciones del entorno (Montenegro & Stuardo, 2021). Diferentes regiones del mi(Feijóo-Vivas et al., 2021).

En un sustrato heterogéneo, el micelio desarrolla una estructura difusa que puede dar lugar a formaciones largas llamadas rizomorfos, por otro lado, en un medio homogéneo y rico en nutrientes, el micelio puede presentar pigmentaciones, patrones de crecimiento rítmico, sectores morfológicos diferenciados y estructuras aéreas (Feijóo-Vivas et al., 2021). De acuerdo a su función y estado de desarrollo, se distinguen dos tipos de micelio: el vegetativo y el aéreo (Meyer et al., 2020).

El micelio vegetativo suele encontrarse en el suelo, colonizando materia orgánica vegetal y animal viva o en descomposición, o estableciendo asociaciones mutualistas. En contraste, el micelio aéreo se origina cuando las hifas se extienden desde el sustrato colonizado, elevándose y ramificándose para formar en sus extremos estructuras especializadas en la producción de esporas sexuales o asexuales; así, el micelio aéreo representa la fase reproductiva del hongo, asegurando su propagación y la transferencia genética a nuevos hábitats (Meyer et al., 2020).

El micelio también se caracteriza por su elevada resistencia mecánica e hidrofobicidad, que son propiedades atribuidas a la pared celular que rodea su membrana plasmática; esta pared celular desempeña funciones fundamentales en la morfogénesis y en la preservación de la integridad del micelio. Durante el crecimiento, la célula fúngica concentra sales y azúcares, lo que genera un gradiente

osmótico que promueve la entrada de agua a través de la membrana plasmática, impulsando la expansión celular (Feijóo-Vivas et al., 2021).

Esta expansión provoca que la membrana plasmática se presione contra la pared celular, desarrollando presión hidrostática o turgencia, gracias a este proceso, la célula alcanza un equilibrio homeostático donde el flujo de agua se compensa con el crecimiento volumétrico, es así que, la pared celular, es una estructura dinámica, expandiéndose selectivamente, particularmente en las puntas de las hifas (Flugge, 2022).

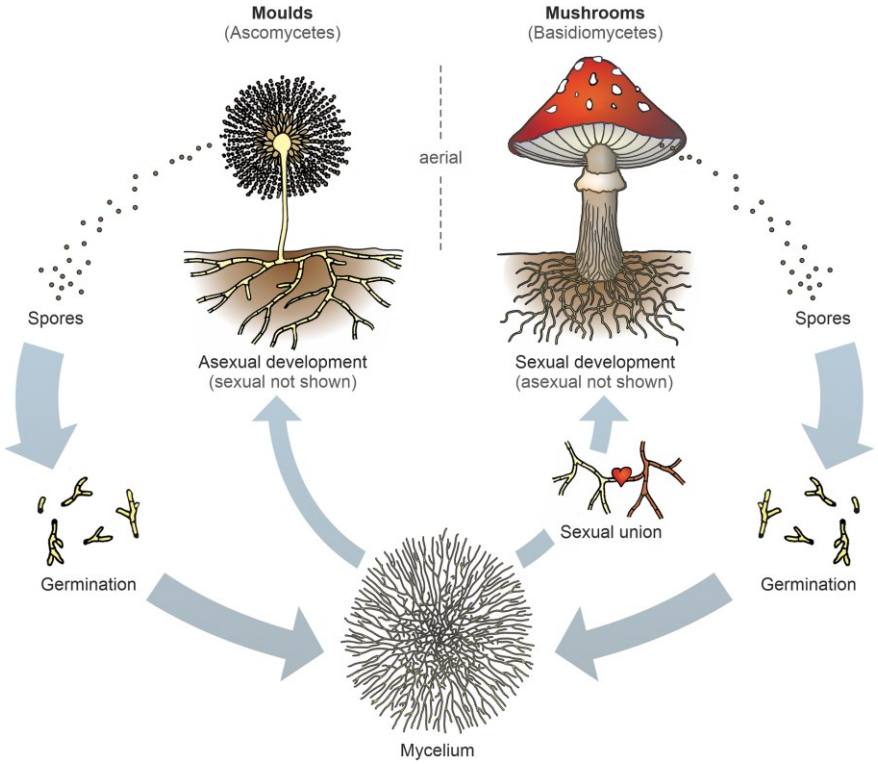
Desde el punto de vista estructural, la pared celular de los hongos es una compleja red porosa de macromoléculas ensambladas sobre la membrana plasmática, que está constituida por polisacáridos, microfibrillas de quitina enlazadas a polímeros de glucanos, así como una variedad de glicoproteínas, lípidos, pequeñas cantidades de polifosfatos e iones inorgánicos, conformando en conjunto la matriz extracelular (Astudillo-Echeverría et al., 2021).

La propagación de los hongos ocurre mediante esporas, que son células capaces de germinar y dar origen a nuevos cuerpos vegetativos semejantes al organismo original. En los hongos más evolucionados, algunas hifas del micelio se modifican para formar hifas especializadas en portar esporas, generando cuerpos fructíferos (Flugge, 2022).

Las esporas pueden originarse de varias maneras: por formación intercalar, donde ciertas células se transforman en gemas o esporas durante el crecimiento, o por segmentación acrógena, donde los extremos de las hifas se dividen transversalmente para formar estructuras como basidiosporas o conidios, en consecuencia, la liberación de las esporas puede ser pasiva o activa, dependiendo, en este último caso, de la presión interna en el basidio (Flugge, 2022).

Figura 1

El ciclo de vida de los hongos



Nota. La vida de un hongo filamentoso suele comenzar con una espora. Fuente: (Meyer et al., 2020).

2.3.Hongos Ostra

La producción mundial de alimentos enfrenta amenazas debido a los efectos del cambio climático, una estrategia para fortalecer la seguridad alimentaria es el cultivo de hongos, especialmente los hongos ostra, que se destacan por su rápido crecimiento, su capacidad de desarrollarse en espacios reducidos y su bajo consumo de agua, utilizando residuos agrícolas como sustrato, por tanto, estas características los posicionan como una fuente alimenticia para combatir la desnutrición (Muswati et al., 2021).

Los *Pleurotus ostreatus,* conocido comúnmente como hongo ostra, pertenece al filo *Basidiomycota* y se caracteriza por su contenido de celulosa y lignina, es uno de los hongos comestibles más populares y cultivados a nivel mundial (Nakazawa et al., 2024; Zhao et al., 2024). Se trata de un hongo saprótrofo cuyo cuerpo fructífero, popularmente denominado "seta ostra", secreta diversas enzimas ligninolíticas

extracelulares, como lignina peroxidasa, manganeso peroxidasa, peroxidasa versátil y lacasa, fundamentales para la degradación de madera (Salifu et al., 2025).

Este hongo crece principalmente sobre suelos, troncos de árboles y diversos residuos agrícolas o agroindustriales, aprovechando la riqueza en celulosa, lignina y hemicelulosa de estos materiales; entre los sustratos utilizados se incluyen troncos y ramas leñosas, residuos de soya (*Glycine max*), arroz (*Oryza sativa*), tusa de maíz (*Zea mays*), fibra de coco (*Cocos nucifera* L.), alfalfa (*Medicago sativa* L.) y bagazo de caña (*Saccharum officinarum* L.) (Angulo et al., 2022).

Además de su facilidad de cultivo, el hongo ostra es una fuente rica en compuestos bioactivos como polisacáridos, proteínas, ergosterol, flavonoides, compuestos fenólicos, taninos, saponinas, triterpenos y aceites volátiles como ácido palmítico, linoleico y pentadecanoico (Zhao et al., 2024). Su composición química incluye un 85 a 95% de humedad, 35 a 70% de carbohidratos, 15 a 34,7% de proteínas, aproximadamente un 10% de grasas, entre un 6 y un 10,9% de minerales, 3 a 8% de ácidos nucleicos, además de vitaminas como niacina (60,6–73,3 mg %), tiamina (1,4–2,2 mg %), riboflavina (6,7–9,0 mg %), biotina, ácido pantoténico (21,1–33,3 mg %), ácido ascórbico (92–144 mg %) y ácido fólico (1,2–1,4 mg/100 g en base a peso seco) (Lesa et al., 2022).

Figura 2

Muestra fresca de cuerpos fructíferos de P. ostreatus



Fuente: (Zhao et al., 2024).

2.3.1. Morfología del hongo Ostra

El micelio, está constituido por una red de filamentos microscópicos, que forma la base estructural del cuerpo del hongo, a pesar de su tamaño reducido, estas estructuras permiten la colonización de grandes superficies y facilitan interacciones simbióticas esenciales para muchos ecosistemas (Merino & Márquez, 2025).

Los cuerpos fructíferos de este hongo presentan una morfología distintiva en forma de concha o de ostra, donde el sombrero (píleo) muestra variaciones de color que van desde el blanco hasta tonos grises o marrones, donde, estos sombreros se sostienen sobre un tallo lateral o central (estípite) y poseen láminas en la parte inferior, en las cuales se desarrollan las esporas (Faugeron-Girard et al., 2020).

La pared celular de *P. ostreatus* desempeña un papel esencial en la morfogénesis de las hifas, en la resistencia mecánica y en su interacción con el entorno; esta estructura representa hasta el 50% del peso corporal del hongo, compuesta mayoritariamente por β-glucanos, seguida de quitina, además de α-glucanos, proteínas y otros polisacáridos en menores proporciones (Faugeron-Girard et al., 2020).

El ciclo reproductivo de este hongo comienza con la germinación de esporas haploides que originan hifas monocariotas, posteriormente, mediante un proceso de plasmogamia, dos hifas compatibles se fusionan para formar hifas dicarióticas, caracterizadas por contener dos núcleos genéticamente distintos, un rasgo distintivo de los basidiomicetos y clave en su reproducción sexual (Nakazawa et al., 2024).

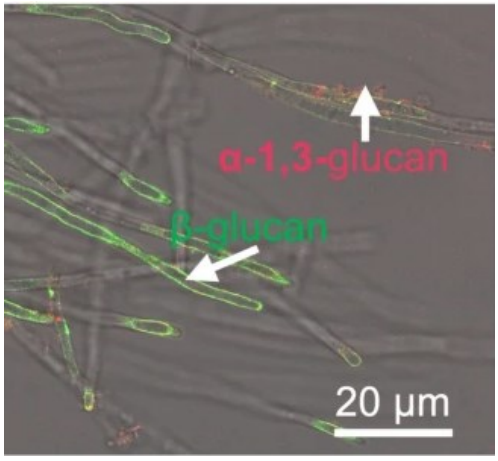
La formación de cuerpos fructíferos a partir del micelio dicariótico depende de condiciones ambientales adecuadas, siendo fundamental una disminución de la temperatura desde los 25-30°C hasta un rango de 4-18°C. Asimismo, la presencia de luz azul resulta crucial para la iniciación de los cuerpos fructíferos, aunque no necesariamente para su desarrollo completo (Nakazawa et al., 2024).

En los cuerpos fructíferos maduros tiene lugar la cariogamia (fusión de núcleos), seguida de la meiosis en los basidios, lo que da lugar a la producción de basidiosporas haploides. Dado que el hongo ostra genera una gran cantidad de

esporas, se han realizado investigaciones para desarrollar variedades comerciales con menor producción de esporas (Nakazawa et al., 2024).

Figura 3

Estructura de la pared celular del P. ostreatus con sondas fluorescentes



Nota. Comparación de la localización de los glucanos en la superficie de la pared celular.Fuente: (Nakazawa et al., 2024).

2.3.2. Cultivo de hongo ostra

El cultivo de *Pleurotus ostreatus* presenta numerosas ventajas frente a otros hongos comestibles, entre ellas su rápido crecimiento en un amplio rango de temperaturas (10 °C a 30 °C) y de pH (6–8); este hongo, secreta una amplia variedad de enzimas capaces de degradar biomasa lignocelulósica, ofrece un alto potencial de rendimiento, posee un importante valor nutricional y medicinal, requiere poco control ambiental, coloniza rápidamente los sustratos y no necesita compostaje previo. Además, sus cuerpos fructíferos suelen ser resistentes a enfermedades y plagas, y su cultivo puede realizarse de manera simple y económica, requiriendo únicamente la pasteurización del sustrato (Lesa et al., 2022).

2.4.Condiciones ambientales para cultivo del hongo ostra

Los hongos proliferan en hábitats terrestres y acuáticos debido a su capacidad de reproducción, su crecimiento en presencia de materia orgánica y humedad, y su tolerancia a variaciones de temperatura, pH y salinidad (Uria, 2022). La multiplicación y supervivencia de los hongos están relacionadas con varios factores

químicos, físicos y biológicos, como la composición química del sustrato, la relación carbono: nitrógeno (C:N), fuentes de nitrógeno, surfactantes, minerales, pH, actividad del agua, humedad, tamaño de partícula del sustrato, cantidad de inóculo, presencia de agentes antimicrobianos y las interacciones microbianas (Nguyen & Ranamukhaa, 2020).

Además de variables ambientales clave como la luminosidad, humedad, temperatura y composición del aire circundante, especialmente las concentraciones de dióxido de carbono y oxígeno, que impactan significativamente el rendimiento y la calidad de los hongos ostra (Muswati et al., 2021).

2.4.1. Temperatura

La temperatura afecta de manera crítica los procesos celulares del crecimiento fúngico, donde, a temperaturas bajas (0–5 °C) estos procesos se ralentizan considerablemente, el *P. ostreatus* es un organismo mesófilo, con un rango de crecimiento entre 5 °C y 35 °C, y un óptimo entre 20 °C y 30 °C (Salifu et al., 2025).

Sin embargo, estudios sobre el crecimiento micelial en bolsas de cultivo destacan que a 22 °C se obtienen mejores resultados en vigor, tasa de crecimiento, tiempo de formación primordial y eficiencia biológica; además, durante la fase de crecimiento vegetativo, temperaturas entre 15 °C y 22 °C incrementan significativamente la actividad de las enzimas degradadoras de lignocelulosa (Hu et al., 2023).

2.4.2. Humedad

El contenido y distribución de la humedad influyen directamente en la permeabilidad del aire en el suelo, lo que a su vez afecta el crecimiento de hongos saprotróficos como *P. ostreatus*, es así que, se ha demostrado que este hongo puede crecer en suelos con una saturación relativa mayor al 1,2%, siempre que haya suficiente humedad (Salifu et al., 2025).

Se destaca que, durante la etapa de desarrollo del micelio, se debe mantener una humedad relativa constante del 80-90% y, en la fase de fructificación, es

recomendable reducir la humedad relativa al 85% para evitar problemas como la pudrición y favorecer la formación de cuerpos fructíferos (Sassine et al., 2021).

2.4.3. Ventilación

Durante el desarrollo del micelio, es conveniente mantener el área de cultivo cerrada para conservar altos niveles de CO_2, se destaca que, aproximadamente a los 14 días de incubación, se induce la formación de "cabezas de alfiler" (primordios) mediante la ventilación, reduciendo los niveles de CO_2 a entre 900 y 2300 ppm. Una adecuada aireación controla las concentraciones de CO_2 y O_2, evita malformaciones de frutos y previene enfermedades como la mancha bacteriana y las infecciones por mohos (Sassine et al., 2021).

2.4.4. Iluminación

Para estimular la fructificación, se recomienda una fuente de luz de aproximadamente 200 lx; también es aconsejable alternar períodos de oscuridad total con 8 a 12 horas de luz diarias (Montenegro & Stuardo, 2021; Sassine et al., 2021).

2.4.5. pH del Sustrato

El pH del sustrato es un factor ambiental importante para el crecimiento y fructificación de los hongos, para que se desarrolle rápido el micelio le favorece un rango de pH de 5,5 a 6,5; además, en sustratos ácidos, es común incorporar cal para ajustar el pH y optimizar el cultivo (Nwoko et al., 2022).

2.5.Sustratos para cultivo de hongos comestible

Un cultivo exitoso de hongos depende de múltiples factores, siendo el medio de cultivo uno de los más determinantes, ya que provee los nutrientes esenciales para el desarrollo del micelio, este medio debe contener fuentes de carbono, nitrógeno, vitaminas, así como macro y microelementos (Krupodorova et al., 2024).

Posterior a la cosecha, los residuos del sustrato pueden aprovecharse como acondicionador del suelo en la agricultura o como alimento para animales, en

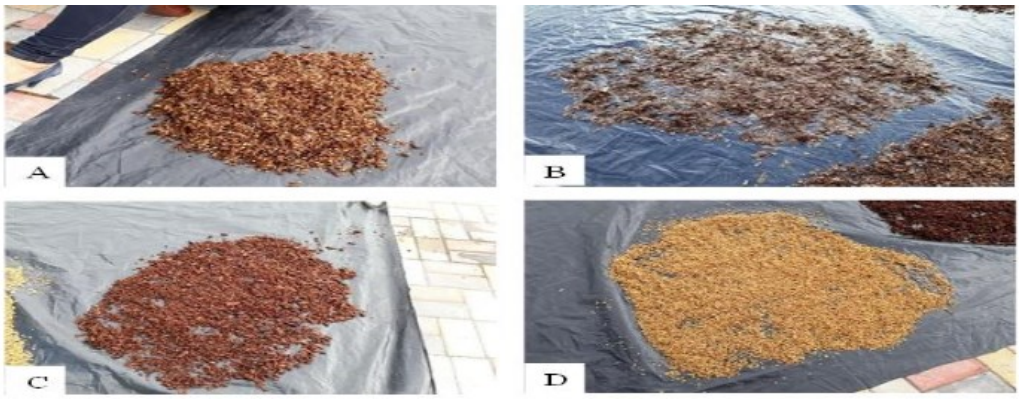
consecuencia, entre los sustratos comúnmente utilizados para la producción de hongos se encuentran: paja de arroz, salvado de arroz, paja de trigo, pulpa, mazorcas de maíz, residuos de cáscara de cacao, restos de algodón, granos agotados, aserrín, cáscaras de maíz y de yuca, paja de soya, tallos de girasol, bagazo de caña de azúcar, desechos de frutas, hojas de té usadas y tallos de maíz (Fufa et al., 2021).

La selección del sustrato influye de manera significativa en la productividad del hongo ostra, esto impacta en su crecimiento, desarrollo y rendimiento, es así que los materiales de origen lignocelulósico, aunque ampliamente disponibles, suelen presentar un bajo contenido de proteínas, lo que se traduce en una producción limitada (Muswati et al., 2021). Para optimizar su uso, es necesario suplementarlos con fuentes de nitrógeno, como residuos agrícolas, de forma que se logre una adecuada relación carbono/nitrógeno (Dedousi et al., 2024).

Actualmente, los granos esterilizados, como los cereales, son los sustratos de elección para la producción de micelio, debido a sus propiedades bioquímicas favorables y a su eficiente desempeño en comparación con otros materiales (Nguyen & Ranamukhaa, 2020).

Figura 4

Tipos de sustratos para Pleurotus ostreatus



Fuente. (Cabrera y Chacha, 2024).

2.5.1. Trigo

El trigo (*Triticum*), pertenece a la familia *Poaceae*, es una planta anual y monocotiledónea, su sistema radicular es fasciculado, con raíces que pueden

superar el metro de longitud, aunque cerca del 50% se concentra en los primeros 25 cm del suelo. Su tallo, es erecto, cilíndrico y generalmente hueco, suele contar con seis nudos, con alturas variables entre 60 cm y 1,20 m dependiendo de la variedad. Las hojas son alargadas, rectas y paralelinervias, mientras que las flores se componen de tres estambres y dos estigmas plumosos, protegidos por glumélulas y brácteas y, el grano, es recubierto por el pericarpio, contiene un endospermo rico en reservas (Ronquillo, 2021).

Los granos de trigo permiten un buen crecimiento micelial, es empleado por su disponibilidad y composición, principalmente carbohidratos estructurales como la celulosa, hemicelulosa y lignina, así como proteínas, minerales como calcio y fósforo, fibra detergente ácida (FDA), ceniza total y compuestos bioactivos (Tufail et al., 2021). El tamaño del grano también facilita la aereación y minimiza compactación, lo cual ayuda a prevenir contaminaciones (De Mastro et al., 2023).

2.5.1.1.Características del trigo

El peso hectolítrico del grano del trigo es 79,8 kg/hl; el peso de mil granos es de 28,0; la dureza es 40,33%; el contenido de proteínas con 13,5 % de humedad es de 14,6% y el contenido de cenizas (en base seca) del grano es de 1,81% son variables útiles en la caracterización del grano de trigo como parámetros de calidad industria (Melanouri et al., 2022).

2.5.2. Cebada

La cebada (*Hordeum*) también de la familia *Poaceae*, presenta un sistema radicular fibroso y fasciculado, de escasa profundidad, con aproximadamente el 60% de sus raíces ubicadas en los primeros 25 cm del suelo y una profundidad máxima de 1,20 m. Su tallo es erecto, robusto, con entre seis y ocho entrenudos, más anchos en el centro que en los extremos, la altura varía entre 50 cm y 1 m. Sus hojas, más estrechas que las del trigo, son de color verde claro y sus flores, autógamas, contienen tres estambres y un pistilo con dos estigmas (Ronquillo, 2021).

El grano de cebada ha evidenciado un crecimiento micelial moderado, atribuible a su composición nutricional equilibrada y a su morfología estructural, que facilita la

colonización por parte del micelio y permite una regulación del flujo de aire durante la incubación. Su uso como sustrato base es común en zonas donde la cebada es más disponible en comparación con otros cereales como el trigo o el sorgo, esta elección se sustenta en su capacidad para mantener el desarrollo micelial en las fases iniciales del cultivo, antes de la transferencia a sustratos lignocelulósicos de mayor volumen destinados a la fructificación (Afzal et al., 2020).

2.5.2.1.Características nutricionales de la cebada

La cebada destaca por su elevado contenido de carbohidratos complejos (80%), proteínas (11,5–14,2%), lípidos (4,7–6,8%), β-glucanos (3,7–7,7%) y cenizas (1,8–2,4%), asimismo, posee una reserva de compuestos fenólicos (1,2–2,9 mg/g GAE), siendo fuertemente considerada como sustrato industrial (Kaur et al., 2024). Además, de vitaminas del grupo B, como B1, B2 y B12; minerales como fósforo, zinc, silicio y hierro (Melanouri et al., 2022).

2.5.3. Maíz

El maíz (*Zea mays*) desarrolla un sistema radicular fasciculado que le proporciona estabilidad en el suelo. Su tallo, de estructura simple y erecta, puede alcanzar hasta 4 metros de altura, es robusto y carece de ramificaciones y las hojas son largas, lanceoladas, alternas, paralelinervias y presentan vellosidades en su haz. El maíz es una planta monoica, con inflorescencias masculinas y femeninas separadas en la misma planta. El grano está cubierto por un pericarpio resistente, seguido por una capa de aleurona que le da color y es rica en proteínas, mientras que el endospermo constituye entre el 85% y 90% del peso total del grano (Ronquillo, 2021).

El grano de maíz, utilizado como sustrato en la fase de inoculación para el cultivo de hongos, ha demostrado una velocidad de colonización micelial inferior en comparación con otros cereales como el sorgo o el trigo (Srivastava et al., 2022). Esta diferencia se atribuye a su alto contenido de almidón y lípidos, los cuales, si no se controlan adecuadamente, pueden dificultar el desarrollo del micelio y favorecer la proliferación de contaminantes (Tufail et al., 2021).

2.5.3.1.Características nutricionales del maíz

El grano de maíz contiene varios nutrientes, entre los principales se encuentran los carbohidratos en forma de almidón 21 g, fibra 2,7 g; proteínas contiene 3,4 g. estos datos son por ración de 100 g, también contiene vitaminas como tiamina, niacina, ácido fólico; además de minerales como fósforo, magnesio y hierro; (Melanouri et al., 2022).

2.6.Preparación de sustratos para micelios del hongo

La utilización de subproductos agroindustriales locales como sustratos para el cultivo de hongos es una estrategia relevante, no obstante, la suplementación de sustratos crudos puede provocar efectos adversos, atribuidos a modificaciones en parámetros como el pH, temperatura, humedad, aireación, y la cantidad y actividad microbiana, en conjunto, estos factores afectan la productividad de los hongos (Muswati et al., 2021).

Por consiguiente, los sustratos no pueden ser inoculados directamente; requieren un proceso previo de pasteurización o esterilización, se recomienda realizar la esterilización a alta presión (121–123 °C por 2–3 horas) o, en su defecto, a presión atmosférica (95–100 °C durante 8–12 horas), aunque estos métodos demandan un elevado consumo energético. Una alternativa más sostenible es la pasteurización mediante compostaje de corta duración (7–10 días), aprovechando la fase termófila natural del proceso (De Mastro et al., 2023).

Diversos enfoques se han estudiado para preparar sustratos destinados a la inoculación del hongo ostra. En uno de estos métodos, los residuos agropecuarios frescos se colocan en bolsas de polipropileno transpirables, las cuales se esterilizan en autoclave a 0,14 MPa y 126 °C por 2,5 horas. Posteriormente, al descender la temperatura de las bolsas por debajo de 30 °C, se realiza una fumigación con dicloroisocianurato de sodio (10 g/m³) durante 30 minutos en la sala de inoculación. Luego, se inoculan de manera estéril utilizando la misma cantidad de inóculo, incubándolas posteriormente en un rango de 15 °C a 32 °C para favorecer el crecimiento micelial (Hu et al., 2023).

En cuanto a la producción de micelio en grano, el cultivo se realiza en bolsas de polipropileno autoclavables, utilizando 1 kg de sustratos derivados de residuos agropecuarios, los cuales son autoclaveados a 121 ± 1 °C durante 2 horas (1,1 atm). La colonización del sustrato se lleva a cabo en condiciones de oscuridad, a 26 ± 1 °C y 80 % de humedad relativa. Tras la colonización completa, las bolsas son trasladadas a salas de fructificación, donde se optimizan las condiciones ambientales para inducir la formación de carposomas, regular la fructificación y evaluar la productividad; finalmente, durante la cosecha, se mantiene una iluminación de 700 lx (12 horas diarias, lámparas fluorescentes), niveles bajos de CO_2 (<1200 ppm), humedad relativa del 95 % y una temperatura de 16,0 ± 1,0 °C (Dedousi et al., 2024).

2.6.1. Inoculación

Una vez pasteurizado o esterilizado el sustrato, se debe permitir que este se enfríe a 25–28 °C, a esta temperatura, la inoculación se realiza intercalando manualmente capas de paja e inóculo (semilla) dentro de bolsas plásticas, procurando una distribución uniforme para evitar zonas no colonizadas. La cantidad de inóculo varía entre el 3 % y el 5 % en base al peso húmedo del sustrato, dependiendo del tipo de sustrato utilizado. Al completar la bolsa, esta debe sellarse, etiquetarse y registrarse la fecha, el peso y la variedad de hongo cultivado (Montenegro & Stuardo, 2021).

2.6.2. Incubación

La incubación tiene una duración de entre 20 y 30 días bajo condiciones óptimas para el crecimiento fúngico, aunque puede extenderse si las temperaturas son bajas o si el tamaño y densidad del sustrato no son ideales. Para incubar en bolsas, estas deben colocarse en estanterías dentro de una sala de incubación sin luz, manteniendo temperaturas de 25 a 28 °C, humedad relativa de 85–95 % y una ventilación constante, después de la siembra, dos o tres días, se deben hacer pequeños orificios (1–3 cm) con un cuchillo esterilizado para liberar los gases acumulados. Durante la primera semana, se deben mover las bolsas para facilitar el

drenaje de agua y monitorear el desarrollo del micelio, alternando la exposición de luz de completa oscuridad a 8–12 horas diarias (Montenegro & Stuardo, 2021).

2.6.3. Inducción

La fase de inducción comienza alrededor de los 20 días posteriores a la siembra, proporcionando luz durante 12 horas diarias, se realizan pequeñas rendijas de 5 cm de diámetro en las bolsas para favorecer la formación de primordios; es fundamental mantener una corriente de aire para controlar la temperatura y la concentración de dióxido de carbono. El riego debe ser ligero y se perforan las esquinas de las bolsas para evitar la acumulación de agua, en esta etapa, la bolsa, debe estar colonizada y de apariencia blanca (Herreros, 2021).

2.6.4. Fructificación

Una vez que el micelio ha colonizado todo el sustrato, la producción de cuerpos fructíferos se desencadena mediante cambios ambientales abruptos, estos cambios incluyen variaciones en temperatura, humedad relativa, intercambio gaseoso, disponibilidad de agua y luz, esto promueve la formación de primordios. El método más común de inducción de fructificación consiste en reducir la temperatura de la incubación a un rango de 12–18 °C y, bajo estas condiciones, los primordios emergen en la parte superior de las bolsas, desarrollándose completamente en 3–4 días y quedando listos para la cosecha (Yohannes et al., 2020).

2.7.Aplicación del hongo ostra en la agroindustria

El hongo *P. ostreatus* destaca por sus múltiples propiedades médicas, biotecnológicas y nutricionales, además, es ampliamente utilizado en la biodegradación de contaminantes debido a su capacidad para producir ácidos grasos, esteroides y polisacáridos, los cuales generan una gran variedad de moléculas bioactivas; es por estos atributos que se ha convertido en un alimento funcional de creciente popularidad (El-Ramady et al., 2022).

2.7.1. Aplicaciones en la Agroindustria

La industria del cuero genera residuos tóxicos, por lo que ha surgido la alternativa de fabricar "cuero ecológico" a partir de plantas, algas, bacterias y hongos como *P. ostreatus* (Amobonye et al., 2023) El micelio de este hongo posee propiedades de resistencia, aislamiento térmico, moldeabilidad, inflamabilidad controlada, ligereza y biodegradabilidad, estas características ha motivado su uso en la producción de materiales sostenibles, tanto como sustituto del cuero animal como base textil, en combinación con fibras lignocelulósicas provenientes de desechos (Amobonye et al., 2023; Téllez & Romero, 2024).

También se cultiva ampliamente como alimento, enriqueciendo las dietas de diversas culturas gracias a su contenido en polisacáridos, proteínas, aminoácidos, polifenoles, vitaminas y ácidos grasos esenciales (Merino & Márquez, 2025). Para obtener estos compuestos, se han desarrollado diferentes métodos de extracción, como la extracción por solventes, métodos enzimáticos y ultrasonidos(Zhao et al., 2024). Una de sus aplicaciones es la obtención de concentrados proteicos a partir de su harina, logrando incrementar el contenido proteico en un 78%; dichos concentrados contienen péptidos de 12 a 35 kDa y poseen actividad antioxidante significativa (González et al., 2021).

2.7.2. Control Biológico de Plagas

Tradicionalmente, el control de plagas se ha basado en productos químicos, los cuales tienen impactos negativos en la salud humana y el medio ambiente, es aquí que, el *P. ostreatus* surge como alternativa para el control biológico (Merino & Márquez, 2025). Por ejemplo, en un estudio sobre berenjenas, se observó que la mortalidad de nematodos del género *Meloidogyne* alcanzó el 88% a las 48 horas y el 95% a las 72 horas tras la aplicación de suspensiones de *P. ostreatus* (Nyangwire et al., 2024).

Esta actividad se atribuye a la producción de metabolitos secundarios con propiedades antimicrobianas, nematicidas, antitumorales y antioxidantes (Mahmoud & Wafaa, 2021). Además, los basidiomicetos generan estos compuestos

en sus basidiomas, micelios y sustratos degradados (Rodríguez-Barrera et al., 2021).

2.7.3. Biorremediación y biodegradación

El hongo ostra ha demostrado capacidad para colonizar y degradar microplásticos, adhiriéndose a su superficie, reduciendo su hidrofobicidad y descomponiendo los polímeros mediante la acción de sus grupos funcionales (Newrick et al., 2024). Además, tiene un notable potencial para remover metales pesados en efluentes de agua: su cuerpo fructífero remueve hasta un 52,52% de mercurio (10 ppm) y un 99% de plomo (5 ppm) en solo 120 minutos(Arias & Mancipe, 2020). Esto se debe a la presencia de grupos funcionales como carboxilos, amino, tioles, fosfatos e hidróxidos en su pared celular, que capturan eficientemente iones metálicos (Xu et al., 2021)

2.7.4. Aplicaciones Industriales de las Enzimas

El micelio de *P. ostreatus* presenta propiedades mecánicas comparables al poliestireno expandido, con la ventaja de ser biodegradable, un ejemplo destacado es el proyecto "Hy-Fi", que utilizó bloques de micelio hechos de desechos de maíz para construir un pabellón arquitectónico (C. Pineda et al., 2021).

Asimismo, se destaca la capacidad del hongo pata la degradación de la lignina, que está mediada por varias enzimas, entre las que se destacan las peroxidasas versátiles y peroxidasas de manganeso; estas enzimas son esenciales porque pueden oxidar y despolimerizar la lignina, facilitando su degradación (Nakazawa et al., 2024).

2.7.5. Producción de Biocombustibles

Las fábricas de células fúngicas filamentosas desempeñan un papel central en la producción sostenible de biocombustibles y productos químicos, debido a la capacidad natural del hongo como organismos heterotróficos para degradar eficientemente la biomasa vegetal lignocelulósica y convertir los azúcares constituyentes en moléculas ricas en energía, los hongos filamentosos o los cócteles de enzimas fúngicas tienen un alto potencial para ser empleados en la mejora de la

madera en aplicaciones de biorrefinería hacia biocombustibles o productos químicos de segunda generación (Meyer et al., 2020).

2.7.6. Aplicaciones nutricionales

Este tipo de hongo, contiene propiedades antioxidantes naturales con alta actividad de eliminación de radicales libres, también es antimicrobiano contra bacterias Gram-negativas y Gram-positivas, en especial contra *B. subtilis*, *S. aureus*, *E. coli*, *K. pneumonia* y *Proteus Vulgaris*. También, es un alimento dietético, ideal para la prevención de la hiperglucemia gracias a su bajo contenido de grasas y su elevado nivel de fibra dietética y proteína, asimismo, la fibra extraída de este hongo ha demostrado también un efecto antiaterosclerótico in vitro (Lesa et al., 2022).

CAPÍTULO III

3. MARCO METODÓGICO

3.1.Ubicación de la investigación

La presente investigación se desarrolló en las instalaciones del complejo Agroindustrial de la Facultad de Ciencias Agropecuarias, Recursos Naturales y del Ambiente de la Universidad Estatal de Bolívar de la Carrera de Ingeniería Agroindustrial.

- **Localización de la investigación**

En la Tabla 1, se da a conocer la localización del trabajo de investigación.

Tabla 1.

Ubicación del ensayo

Ubicación	Localidad
Provincia	Bolívar
Cantón	Guaranda
Parroquia	Gabriel Ignacio Veintimilla
Sector	Granja Laguacoto II
Dirección	Laguacoto III. (Guaranda Km.1 ½ Vía San Simón)
Unidad de producción	Complejo agroindustrial

Fuente: Laguacoto (2024)

- **Situación geográfica y edafoclimática**

La situación geográfica edafoclimática, donde se realiza la investigación se detalla en la Tabla 2.

Tabla 2.

Condiciones geográficas y edafoclimática

Parámetros	Valores
Altitud	2622msnm
Latitud	01°36´52” S
Longitud	78º59´54” W
Temperatura media anual	14,4°C
Temperatura máxima	21°C
Temperatura mínima	7°C
Precipitación media anual	980mm
Heliofanía promedio	900 /horas/luz/año
Velocidad de viento	6m/s

Fuente: Laguacoto- INAMHI. (2021).

- **Zona de vida (zonificación ecológica)**

De acuerdo con la clasificación de la zona de vida, realizado por Holdridge (2020), la zona del Laguacoto corresponde a la formación de bosques seco Montano Bajo (bs – MB).

3.2.Metodología

3.2.1. Material en estudio

- Sustrato de Trigo
- Sustrato de Cebada
- Sustrato de Maíz
- Inóculo comercial de hongo

3.2.2. Factores en estudio

En la Tabla 3 se describe los factores de estudio correspondientes a la presente investigación.

Tabla 3.

Factores de estudio

Factores	Código	Nivel
Sustratos	A	a_1: Sustrato de Trigo a_2: Sustrato de Cebada a_3: Sustrato de Maíz
Humedad (%)	B	b_1: 20% b_2: 40%
Temperatura de incubación	C	c_1: 23°C c_2: 32°C

Nota. Parámetros adaptados de Angulo et al, (2022).

3.2.3. Tratamientos

La combinación de factores y niveles se definen como los tratamientos de esta investigación, los mismos que se describen a continuación en la Tabla 4.

Tabla 4.

Tratamientos de estudio

Tratamiento	Código	Descripción
T1	a1b1c1	Trigo; Humedad 20%; 23°C temperatura de incubación
T2	a1b1c2	Trigo; Humedad 20%; 32°C temperatura de incubación
T3	a1b2c1	Trigo; Humedad 40%; 23°C temperatura de incubación
T4	a1b2c2	Trigo; Humedad 40%; 32°C temperatura de incubación
T5	a2b1c1	Cebada; Humedad 20%; 23°C temperatura de incubación
T6	a2b1c2	Cebada; Humedad 20%; 32°C temperatura de incubación
T7	a2b2c1	Cebada; Humedad 40%; 23°C temperatura de incubación
T8	a2b2c2	Cebada; Humedad 40%; 32°C temperatura de incubación
T9	a3b1c1	Maíz; Humedad 20%; 23°C temperatura de incubación
T10	a3b1c2	Maíz; Humedad 20%; 32°C temperatura de incubación
T11	a3b2c1	Maíz; Humedad 40%; 23°C temperatura de incubación
T12	a3b2c2	Maíz; Humedad 40%; 32°C temperatura de incubación

Nota. La base del ensayo es de 450 g de sustrato por cada tratamiento.

Descripción de la unidad experimental

Las características del experimento se describen en función a los factores de investigación, se incluye el número de factores, los niveles, número de réplicas y variables de respuesta.

Tabla 5.

Características de experimento

Características	Cant	Descripción	Niveles
Factor A	3	- Sustratos (g)	3
Factor B		- Humedad (%)	2
Factor C		- Temperatura de incubación (°C)	2
Variables de respuesta	2	- Porcentaje de colonización (%) - Índice de color	
Repeticiones	3		
Tamaño de unidad experimental	450		
Número de corridas	36		

Nota. Las variables de respuesta serán: porcentaje de propagación e índice de color.

3.2.4. Tipo de diseño experimental

En la presente investigación se implementó un diseño en arreglo factorial AxBxC; donde, el factor A (Sustrato) consta de 3 niveles, el factor B (Humedad%) con 2 niveles y factor C (Temperatura de incubación) con 2 niveles. El modelo matemático de la investigación se presenta a continuación:

Modelo matemático del diseño AxBxC

$$Y_{ijkl} = \mu + \alpha_i + \beta_j + \gamma_k + (\alpha\beta)_{ij} + (\alpha\gamma)_{ik} + (\beta\gamma)_{jk} + (\alpha\beta\gamma)_{ijk} + \varepsilon_{ijkl} \quad (1)$$

Donde*:*

μ: Media general.

α_i: Efecto debido al i-esimo nivel del factor a.

β_j: Efecto del j-esimo nivel del factor b.

γ_k: Efecto del j-esimo nivel del factor c.

$(\boldsymbol{\alpha\beta})_{ij}, (\boldsymbol{\alpha\gamma})_{ik}, (\boldsymbol{\beta\gamma})_{jk}$: Efecto de interacción doble en los niveles *ij*, *ik*, *jk*.

$(\boldsymbol{\alpha\beta\gamma})_{ijk}$: Efecto de interacción triple en la combinación *ijk*.

$\boldsymbol{\varepsilon_{ijkl}}$: Error aleatorio en la combinación *ijk*.

Modelo ANOVA para el diseño AxBxC

Tabla 6.

ANOVA para el diseño AxBxC

Fuente de variabilidad	**Suma de cuadrados**	**Grados de libertad**	**Cuadrado medio**	**F_0**	**Valor-p**
Efecto A	SC_A	a-1	CM_A	CM_A/CM_E	$P(F > F_0^A)$
Efecto B	SC_B	b-1	CM_B	CM_B/CM_E	$P(F > F_0^B)$
Efecto C	SC_C	c-1	CM_C	CM_C/CM_E	$P(F > F_0^C)$
Efecto AB	SC_{AB}	(a-1)(b-1)	CM_{AB}	CM_{AB}/CM_E	$P(F > F_0^{AB})$
Efecto AC	SC_{AC}	(a-1)(c-1)	CM_{AC}	CM_{AC}/CM_E	$P(F > F_0^{AC})$
Efecto BC	SC_{BC}	(b-1)(c-1)	CM_{BC}	CM_{BC}/CM_E	$P(F > F_0^{BC})$
Efecto ABC	SCA_{BC}	(a-1)(b-1)(c-1)	CMA_{BC}	CMA_{BC}/CM_E	$P(F > F_0^{ABC})$
Error	SC_E	abc(n -1)	CM_E		
Total	SC_T	abcn-1			

Nota: Tomado del libro Análisis y diseño de experimentos. Fuente: Gutiérrez & de la Vara, (2012).

3.2.5. Manejo de la investigación

El manejo de la investigación se realizó siguiendo la metodología descrita por Padilla & Dobronski (2023), donde para el cultivo del hongo comercial Intiwasi, se utilizó medio de cultivo PDA (Papa Dextrosa Agar), la preparación del medio se efectuó de la siguiente manera:

Se colocaron 50 mL de agua destilada en un frasco de vidrio parcialmente abierto, junto con los utensilios y reactivos necesarios, estos fueron esterilizados en una autoclave (UNICLAVE FD50A) a 120 °C durante 20 minutos. Posteriormente, al enfriarse el contenido, se llevó a la cámara de flujo laminar (BIOAIR Safeflow 0.9A), donde se disolvió una pastilla de tetraciclina en el medio, seguido, el frasco se cerró y se agitó suavemente hasta lograr la completa disolución del antibiótico. Con ayuda de una micropipeta, se tomaron 100 µL de la solución de tetraciclina

disuelta y se adicionaron al matraz que contenía el medio de cultivo, se agitó suavemente para asegurar una distribución homogénea. A continuación, se procedió a inocular el hongo en el medio PDA y se incubó en una estufa (ESCO Isotherm) durante 7 días a una temperatura constante de 25 °C, en cajas Petri estériles.

Transcurrido este tiempo, se realizó la purificación del cultivo seleccionando las colonias de *Pleurotus ostreatus* que presentaban un color blanco uniforme e intenso. Estas colonias fueron resembradas en nuevas cajas Petri en dos ocasiones consecutivas, manteniéndose en incubación durante 7 días en cada paso, con el objetivo de garantizar la pureza del micelio.

En paralelo, el sustrato fue sometido a un proceso de ablandamiento por 24 y 48 horas, alcanzando niveles de humedad del 20 % y 40 %, respectivamente. Luego, se replicó el micelio del hongo ostra para su posterior inoculación en 450 gramos de sustrato compuesto por trigo, cebada y maíz molido, esta mezcla fue esterilizada en autoclave a 120 °C durante 20 minutos. Finalmente, las colonias desarrolladas en las cajas Petri fueron divididas en cuatro partes iguales, y se inoculó ¼ de micelio en cada porción del sustrato esterilizado, como parte del proceso de propagación in vitro. Esta fase se mantuvo durante 21 días, con inspecciones y registros realizados cada 7 días.

3.2.6. Métodos de evaluación

3.2.6.1. Determinación de las propiedades proximales, bromatológicas y microbiológicas de los sustratos

A los sustratos en estudio se les realizó análisis de humedad, ceniza, pH, acidez grasa, fibra y cenizas, con base a la normativa internacional AOAC e INEN.

3.2.6.1.1. Análisis proximales de los sustratos de maíz, trigo y cebada

- **Humedad:** En una balanza (OHAUS), se pesó 5 g de la muestra triturada, luego se colocó la muestra en un recipiente previamente secado y tarado, luego, se secó por 1 hora o hasta que el peso fue constante en una estufa a 105 °C,

después, se dejó enfriar la muestra en un desecador por 1 hora y, finalmente, se pesó y calculó la pérdida de peso.

- **Cenizas:** Se inició con la toma de 3 g de muestra en un crisol, seguido se incineró a 550 °C hasta que el residuo fue blanco o gris claro, finalmente se enfrió en desecador y se registró el peso.
- **pH:** Se procedió con la preparación de la muestra, la cual consistió en preparar 10 g de los cereales y se añadió 90 mL de agua destilada a 25 °C, esta mezcla se agitó hasta que no tuvo grumos por 30 minutos agitando frecuentemente, luego, se dejó en reposo 10 minutos y decantó el sobrenadante en un vaso de 250 mL, finalmente, se determinó el pH por medio de un electrodo estandarizado con soluciones buffer a 25 °C.
- **Acidez titulable:** Se tomó una muestra de 5 gramos de los sustratos y se transfiere a un matraz Erlenmeyer de 100 mL; luego, se añadió 50 mL de alcohol al 90 %, se tapó el matraz y se agitó, la mezcla se dejó en reposo durante 24 horas, agitando ocasionalmente. Posteriormente, se extrajo 10 mL de sobrenadante claro con una pipeta, y se transfirió a otro matraz Erlenmeyer de 50 mL, al que se le agregan 2 mL de fenolftaleína. Se procedió a titular con NaOH 0,02 N, agregando lentamente con agitación hasta que apareció una coloración rosada que desaparece progresivamente, la titulación se continuó hasta que el color rosado permaneció por 30 segundos.

Tabla 7.

Análisis proximales aplicados en la investigación

Tipo de análisis	Método	Normativa
Humedad	Secado en estufa a 105 °C	AOAC 925.10
Cenizas	Calcinación en horno a 550 °C	AOAC 923.03
pH	Considerar soluciones buffer entre 4.0 y 7.0	AOAC 943.02
Acidez titulable	Se titula con una solución estandarizada de NaOH, usando fenolftaleína como indicador	INEN 521: 2013

3.2.6.1.2. Análisis bromatológicos de los sustratos de maíz, trigo y cebada

- **Proteína:** Para este análisis se pesó 1 g de muestra triturada en un tubo digestor, seguido, se añadió 1 g de catalizador que consistió en una mezcla de sulfato de potasio y de cobre, además 10 ml de ácido sulfúrico concentrado, la digestión

se realizó a 350 °C hasta obtener un líquido transparente verdoso, seguido y, se neutralizó con hidróxido de sodio (40%) y se destiló el amoníaco en presencia de ácido bórico, finalmente, se tituló con ácido clorhídrico 0.1 N.

- **Grasa:** La muestra seca de 1 g se colocó en un cartucho de celulosa, después, se extrajo con hexano en un extractor Soxhlet por 6-8 horas, luego se evaporó el solvente y se pesó el residuo graso.
- **Fibra:** Se pesó 1 g de muestra desengrasada, seguido, se hirvió en H_2SO_4 1.25% por 30 minutos, filtró y enjuagó, nuevamente se hirvió el residuo con NaOH 1.25% por 30 minutos, filtró y enjuagó, finalmente, se secó, pesó y calcinó el residuo a 550 °C.

Tabla 8.

Análisis bromatológico

Tipo de análisis	Método	Normativa
Proteína	Dumas, se expresa como porcentaje de nitrógeno total convertido en proteína	AOAC 2001.11
Grasa	Extracción Soxhlet con hexano	AOAC 2003.06
Fibra	Digestión ácida y alcalina	AOAC 962.09

3.2.6.1.3. Análisis microbiológicos de los sustratos de maíz, trigo y cebada

Recuento de Mohos y Levaduras

Se realizó la siembra de una muestra diluida en serie (10^{-1}, 10^{-2} y 10^{-3}) utilizando solución salina estéril al 0.1%, a partir de cada dilución, se tomó un volumen de 1 mL y se depositó en el centro de una placa Petri Film estéril, específica para el recuento de mohos y levaduras.

Posteriormente, se extendió el inoculo sobre la superficie de la placa utilizando un esparcidor estéril, asegurando una distribución uniforme, las placas se incubaron en posición horizontal a 25 °C durante 5 días, con inspección diaria para observar el desarrollo de colonias. Tras el periodo de incubación, se procedió al conteo de colonias en aquellas placas que presentaron entre 25 y 250 UFC (Alessi-Cusati & Ekmeiro-Salvador, 2020).

3.2.6.2. Preparación y esterilización de los sustratos para el estudio

Se utilizaron granos de cebada, maíz y trigo, los cuales fueron lavados con el fin de eliminar impurezas, y debido a su mayor tamaño y dureza, el maíz fue triturado manualmente en un mortero para facilitar su posterior procesamiento. Una vez limpios, los tres cereales se mantuvieron húmedos en reposo durante 24 y 48 horas, lo que permitió una adecuada hidratación del grano y facilitó el drenaje del exceso de agua antes de su uso en la inoculación. Los sustratos previamente escurridos, se esterilizaron en un autoclave a 120° C durante 20 min (Padilla, 2023).

3.2.6.3. Determinación del mejor tratamiento para la propagación del hongo ostra en los sustratos

3.2.6.3.1. Porcentaje de colonización del hongo ostra

Se calculó el porcentaje de colonización del micelio siguiendo la metodología propuesta por Caicedo et al. (2024), con evaluaciones realizadas a los 7, 14 y 21 días posteriores a la inoculación de caja petri a semilla. El objetivo fue determinar el avance progresivo del micelio hasta alcanzar el 100% de colonización del sustrato, para ello, cada funda fue rotulada en cuatro partes iguales, correspondientes al 25%, 50%, 75% y 100%. Esta división permitió estimar el porcentaje de colonización, sumando el porcentaje respectivo conforme el micelio iba cubriendo cada sección. Este procedimiento se aplicó de manera individual en cada tratamiento.

3.2.6.3.2. Determinación de peso de micelios

Para la determinación del peso de micelios se consideraron los siguientes factores:

- **Peso inicial del sustrato (PS):** Peso húmedo del sustrato al 20% y 40% antes de la inoculación.
- **Peso final del hongo (PFH):** Peso total del micelio desarrollados tras el cultivo.

Por consiguiente, el peso neto del hongo se obtuvo restando el peso inicial del sustrato y los inoculantes del peso final:

$$\boldsymbol{Peso\ de\ propagación\ = PFH - PS} \qquad (\mathbf{2})$$

3.2.6.3.3. Índice de color del hongo ostra

El índice de color del micelio se evaluó a los 7, 14 y 21 días después de la inoculación, con el objetivo de registrar los cambios en la tonalidad del crecimiento micelial a lo largo del proceso de colonización. Para ello, se utilizó una escala visual cualitativa que clasificó la intensidad del color en tres categorías: fuerte, medio y débil. La observación se realizó bajo condiciones de luz uniforme y fondo contrastante para garantizar una apreciación precisa del color (García et al., 2011).

3.2.6.4.Determinación del costo de producción

Para calcular el costo de producción del hongo ostra, primero se calculó los costos totales específicos (CTE), los cuales incluyeron los gastos relacionados con el proceso productivo, tales como materiales. Con el valor obtenido, se aplicó un incremento el 35% a ese valor, con el fin de tener un margen de ganancia para ventas a futuro.

$$\boldsymbol{Costo\ de\ venta = CTE\ + 35\%} \qquad (\mathbf{3})$$

Modelo de negocio: A partir del análisis de costos, se realizó un estudio de mercado para identificar el precio de la competencia, la elaboración de la información correspondiente a una etiqueta para su comercialización, la definición del segmento de mercado objetivo y el análisis de los canales de distribución.

3.2.7. Análisis de datos

Para determinar la significancia en la investigación, se utilizó un modelo de ANOVA para el diseño AxBxC, asimismo, se aplicó la prueba de rangos múltiples, por el Método LSD, para evaluar las diferencias entre las medias.

CAPITULO IV

4. RESULTADOS Y DISCUCIÓN

4.1. Interpretación de resultados

4.1.1. Análisis de sustratos para la propagación del hongo ostra

Análisis proximales

Se presenta en la Tabla 9 los parámetros de humedad, ceniza, pH y acidez de los tres cereales, donde todos presentan niveles de humedad entre 13,46% y 14,41%; la cebada mostró el mayor contenido de cenizas, esto implica que tiene una mayor concentración de minerales; en cuanto al pH, todos los cereales mostraron valores ligeramente ácidos, mientras que la acidez fue baja en todos los casos, destacando a la cebada con el valor más bajo.

Tabla 9.

Análisis proximal comparativo del grano de maíz, trigo y cebada

Parámetro	Unidad	Maíz	Trigo	Cebada
Humedad	%	13,46	14,41	14,00
Cenizas	%	1,69	1,64	2,37
pH	----	5,80	5,65	5,32
Acidez	% ácido sulfúrico	0,16	0,15	0,11

Comparando con la bibliografía, Soto (2023), menciona un contenido de ceniza en el maíz es de 1,7%, en concordancia con lo encontrado en la investigación, asimismo Rodríguez et al. (2023), reportan para el trigo una humedad del 14,5% y cenizas del 1,7%, valores similares a los obtenidos en este análisis. En cuanto al pH, Aguilar et al. (2024), indican un valor de 6 para cebada, ligeramente más alcalino.

Análisis bromatológicos

Se presenta en la Tabla 10 los análisis bromatológicos correspondientes al contenido de grasa, fibra y proteína de los granos de maíz, trigo y cebada; se destaca que el maíz presenta mayor contenido de grasa, en cuanto a la fibra, la cebada y maíz presentan los valores más altos, mientras que el trigo muestra un contenido

inferior; respecto al contenido proteico el trigo presenta el mayor porcentaje, seguido del maíz y la cebada. Tanto la grasa, fibra y proteína son parámetros sustanciales en la producción de los hongos ya que el contenido proteico, influye directamente en la producción de micelio y en la eficiencia biológica del cultivo y la fibra es fundamental para la estructura del sustrato y como fuente de carbono (Tuesta, 2025).

Tabla 10.

Análisis bromatológicos comparativos del grano de maíz, trigo y cebada

Parámetro	Unidad	Maíz	Trigo	Cebada
Grasa	%	4,49	1,46	1,36
Fibra	%	9,89	8,81	10,12
Proteína	%	10,03	12,39	9,44

Estos resultados concuerdan parcialmente con la literatura, donde Soto (2023), presentó valores de proteína (10,45%), grasa (1,5%) y fibra (1,8%) en el maíz, estas ligeras variaciones son atribuibles a las condiciones del cultivo o procesamiento. En el caso del trigo, Flores-Márgez et al. (2021), mencionan un contenido proteico de 13,3%, valor cercano al hallado en este estudio, finalmente, para la cebada, Aguilar et al. (2024), reportan un contenido de proteína del 10,2% y fibra del 11%, esto evidencia la variabilidad natural en la composición bromatológica entre los diferentes granos.

Análisis microbiológico

Los resultados del análisis microbiológico presentado en la Tabla 11 muestran la ausencia de mohos y levaduras en los residuos de maíz, trigo y cebada, lo cual indica que estos sustratos se encuentran en condiciones higiénicas adecuadas y son aptos para ser utilizados como medios de cultivo.

Tabla 11.

Análisis microbiológico comparativo del grano de maíz, trigo y cebada

Muestra	Parámetro	Unidad	Método	Resultado
Grano maíz	Mohos y levaduras	UFC	Petrifilm	Ausencia
Grano de trigo				Ausencia
Grano de cebada				Ausencia

Estudios previos reportan buenos rendimientos de crecimiento para diferentes especies de hongos sobre el maíz, trigo y cebada, como *Pleurotus ostreatus* mostró un rendimiento del 66,8% en paja de maíz; *Lentinula edodes* alcanzó un 66,0% en paja de trigo; y entre 64,1% y 88,6% en paja de cebada, mientras que *Hericium erinaceus* tuvo un rendimiento de 43,5% en paja de trigo (Suwannarach et al., 2022).

4.1.2. Preparación y esterilización de los sustratos

En la Tabla 12, se presenta los parámetros empleados en el ablandamiento, nivel de humedad y temperatura de incubación para determinar el porcentaje de desarrollo micelial del hongo *Pleurotus ostreatus.*

Tabla 12.

Parámetros de evaluación para el desarrollo del hongo ostra

Parámetro	**Valor**
Temperatura de esterilización	120 °C
Tiempo de esterilización	20 min
Tipo de sustrato	Granos molidos de maíz, cebada y trigo
Tiempo de ablandamiento	24 y 48 h
Humedad del sustrato	20 % y 40 %

Según la investigación Yang et al. (2023), sobre el cultivo de *Pleurotus ostreatus*., tanto en sustratos esterilizados como no esterilizados, se observó que el uso de materiales como paja de arroz y trigo influye significativamente en el desarrollo del hongo. En los sustratos no esterilizados, el crecimiento micelial fue más rápido y el periodo de colonización más corto. No obstante, no se obtuvo un aumento significativo en el rendimiento ni en la eficiencia biológica en comparación con los sustratos esterilizados, además, los hongos cultivados en sustratos no esterilizados presentaron un menor diámetro del sombrero y una mayor longitud del estípite, características poco deseables comercialmente.

En la investigación de Wiesnerová et al. (2023), sobre el cultivo de *Pleurotus ostreatus* en pellets de paja de trigo con diferentes contenidos de agua (60 %, 65 %,

70 % y 75 %), se encontró que el contenido inicial óptimo de agua del sustrato para el crecimiento micelial osciló entre el 65 % y el 75 %.

En el estudio de Bajagain (2023), se utilizó paja de arroz como sustrato control y se observó que *P. ostreatus* presentó el tiempo de colonización más rápido (16,67 días) en comparación con otros sustratos como mazorca de maíz (20,33 días) y cáscara de trigo (31,33 días). Asimismo, la fructificación fue más temprana en la paja de arroz (21,33 días), mientras que en la mazorca de maíz y la cáscara de trigo ocurrió a los 29,67 y 36,67 días, respectivamente. En cuanto a la producción, la paja de arroz generó el mayor número promedio de cuerpos fructíferos (619,33), superando ampliamente a la cáscara de trigo (196,67) y a la mazorca de maíz (66,33).

4.1.3. Evaluación de tratamientos para la colonización del hongo

Se presenta a continuación el ANOVA del porcentaje de colonización para el día 7 de incubación.

Tabla 13.

ANOVA para % de colonización (día 7) - Suma de Cuadrados Tipo III

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Efectos Principales					
A:Sustratos	4587,50	2	2293,75	20,90	0,0000**
B:Humedad	1806,25	1	1806,25	16,46	0,0005**
C:Temperatura de Incubación	10,0278	1	10,0278	0,09	0,7650^{NS}
Interacciones					
AB	3779,17	2	1889,58	17,22	0,0000**
AC	498,389	2	249,194	2,27	0,1250^{NS}
BC	12,25	1	12,25	0,11	0,7412^{NS}
ABC	221,17	2	110,583	1,01	0,3800^{NS}
Residuos	2634,00	24	109,75		
Total (Corregido)	13548,80	35			

Nota: **: Altamente significativo; NS: no significativo. Todas las razones-F se basan en el cuadrado medio del error residual.

El análisis de varianza mostró que los factores sustrato (p = 0,0000) y humedad (p = 0,0005) tuvieron efectos altamente significativos sobre el porcentaje de colonización del hongo ostra a los 7 días de la inoculación. En cambio, la

temperatura de incubación no presentó diferencias significativas (p = 0,7650), lo que indica que en esta etapa inicial, la temperatura no influyó de manera notoria en el crecimiento del micelio. En cuanto a las interacciones, solo la combinación entre sustrato y humedad (AB) resultó significativa (p = 0,0000), por tanto, la colonización depende de cómo interactúan entre sí las dos variables.

En consecuencia, al haber significancia entre los diferentes factores, se procede a realizar la prueba de múltiples rangos para el factor A y factor B.

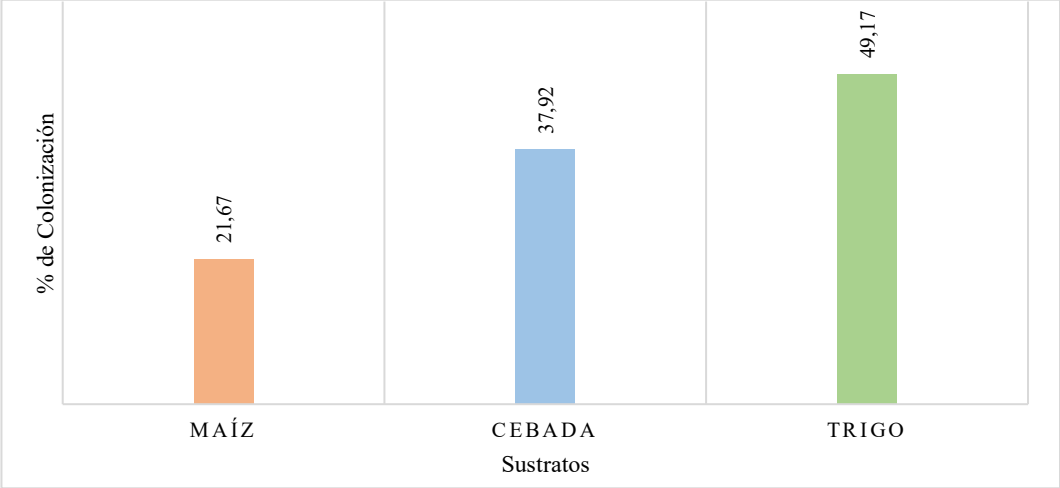
Tabla 14.

Pruebas LSD para % de colonización por Sustratos (día 7)

Sustratos	Casos	Media LS	Sigma LS	Grupos Homogéneos
Maíz	12	21,67	3,02	A
Cebada	12	37,92	3,02	B
Trigo	12	49,17	3,02	C

Figura 5

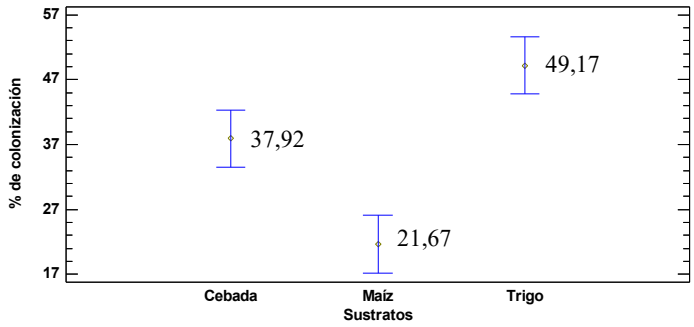
Gráfico de barras para % de colonización por sustrato al día 7



La prueba de rangos múltiples LSD indicó diferencias significativas entre los tres sustratos, donde, se destaca el trigo, mismo que presentó el mayor porcentaje de colonización (49,17%), seguido por la cebada (37,92%) y finalmente el maíz (21,67%). Esta tendencia indica que el sustrato de trigo proporcionó un medio más favorable para el desarrollo inicial del micelio.

Figura 6

Gráfica de medias para sustratos por % de colonización (día 7)



La figura 6 exhibe visualmente los resultados de la Tabla 14, donde se muestra que el sustrato de trigo tuvo el mayor crecimiento micelial, seguido de la cebada y el maíz.

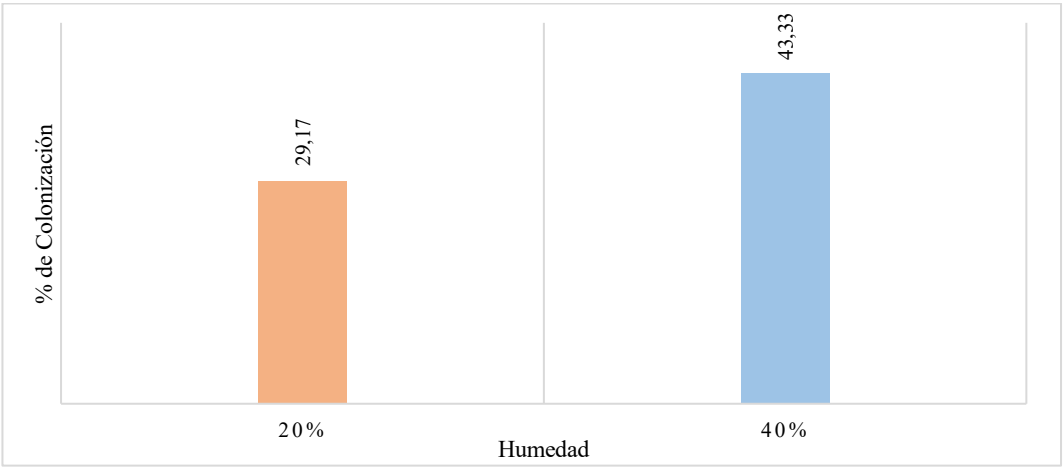
Tabla 15.

Pruebas LSD para % de colonización por Humedad (día 7)

Humedad	Casos	Media LS	Sigma LS	Grupos Homogéneos
20%	18	29,17	2,47	A
40%	18	43,33	2,47	B

Figura 7

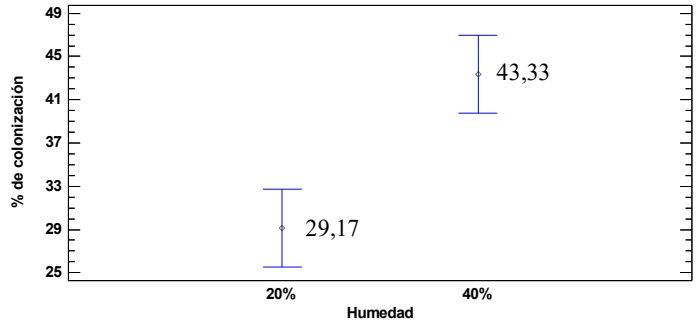
Gráfico de barras para % de colonización por humedad al día 7



En la prueba de LSD, de la tabla 15, se evidenció que la humedad del 40% favoreció significativamente el desarrollo micelial (43,33%) en comparación con el 20% (29,17%); esta diferencia demuestra que un mayor contenido de humedad en el sustrato facilita una colonización más rápida y extensa del hongo.

Figura 8

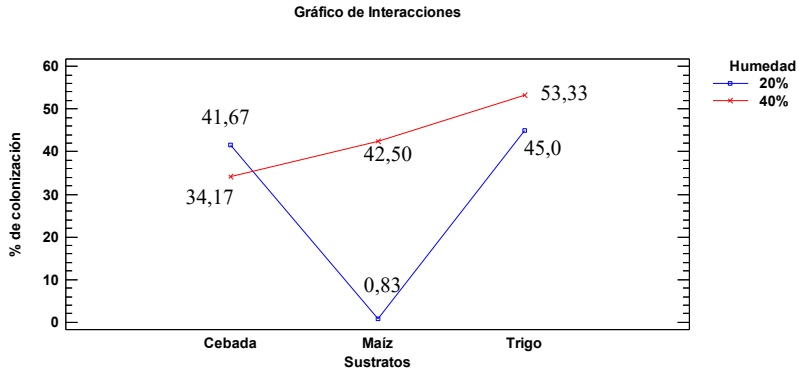
Gráfica de medias para humedad por % de colonización (día 7)



La figura 8 muestra que la barra correspondiente a 40% de humedad es notablemente más alta que la de 20%, lo cual valida la diferencia significativa observada en la prueba LSD de la Tabla 15.

Figura 9

Gráfica de interacción humedad –sustratos: % de colonización-día 7



La figura 9 evidencia que la mayor colonización se logró con la combinación de trigo y 40% de humedad, esta interacción muestra que el efecto de un sustrato cambia dependiendo del nivel de humedad.

Se presenta a continuación el ANOVA del porcentaje de colonización para el día 14 de incubación.

Tabla 16.

ANOVA para % de colonización (día 14) - Suma de Cuadrados Tipo III

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Efectos Principales					
A:Sustratos	22075,1	2	11037,5	74,13	0,0000**
B:Humedad	5550,25	1	5550,25	37,28	0,0000**
C:Temperatura de incubación	448,028	1	448,028	3,01	0,0956^{NS}
Interacciones					
AB	18026,2	2	9013,08	60,54	0,0000**
AC	350,056	2	175,028	1,18	0,3258^{NS}
BC	318,028	1	318,028	2,14	0,1568^{NS}
ABC	210,056	2	105,028	0,71	0,5039^{NS}
Residuos	3573,33	24	148,889		
Total (Corregido)	50551,0	35			

Nota: **: Altamente significativo; NS: no significativo. Todas las razones-F se basan en el cuadrado medio del error residual

A los 14 días, los factores sustrato (p = 0,0000) y humedad (p = 0,0000) mantuvieron su influencia altamente significativa sobre la colonización, mientras que, la temperatura continuó siendo no significativa (p = 0,0956). Asimismo, la interacción sustrato por humedad (AB) también resultó altamente significativa (p = 0,0000), por tanto, el efecto combinado es indispensable en la etapa del desarrollo.

En consecuencia, al haber significancia entre los diferentes factores, se procede a realizar la prueba de múltiples rangos para el factor A y factor B.

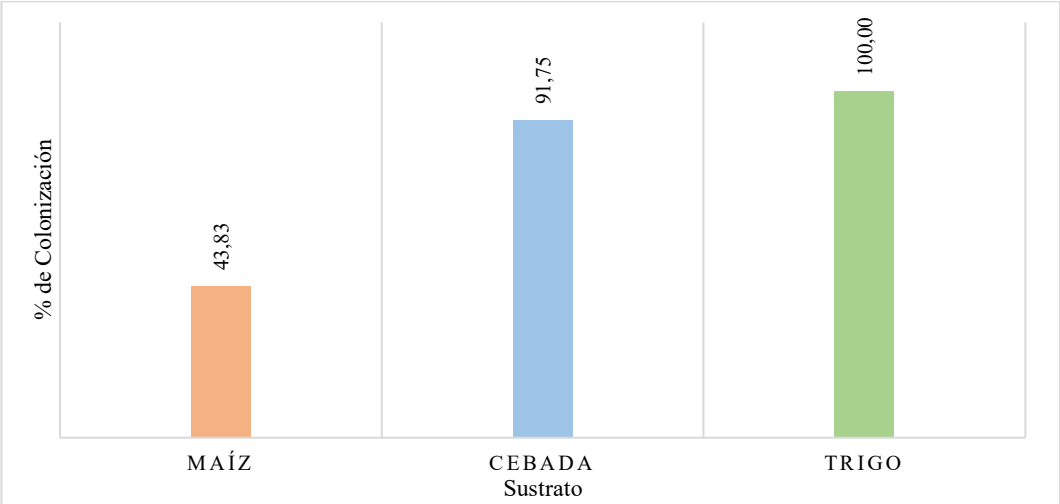
Tabla 17.

Pruebas LSD para % de colonización por Sustratos (día 14)

Sustratos	Casos	Media LS	Sigma LS	Grupos Homogéneos
Maíz	12	43,83	3,52	A
Cebada	12	91,75	3,52	B
Trigo	12	100,00	3,52	B

Figura 10

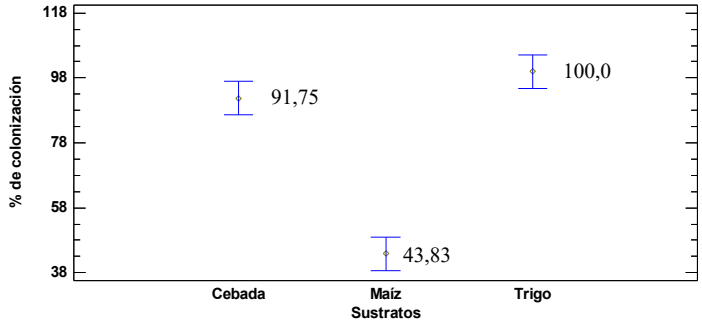
Gráfico de barras para % de colonización por sustrato al día 14



La tabla 17 presenta los resultados de la prueba LSD, donde se destaca que el trigo alcanzó el 100% de colonización, seguido de cebada con 91,75% y maíz con 43,83%, estas diferencias son estadísticamente significativas, en consecuencia, el trigo es el mejor sustrato para promover el desarrollo del micelio en esta etapa.

Figura 11

Gráfica de medias para sustratos por % de colonización (día 14)



La figura 11 se presenta las medias de manera visual de cada sustrato, donde se observa que el trigo alcanzó el 100%, seguido de la cebada y el maíz, con diferencias marcadas entre cada barra.

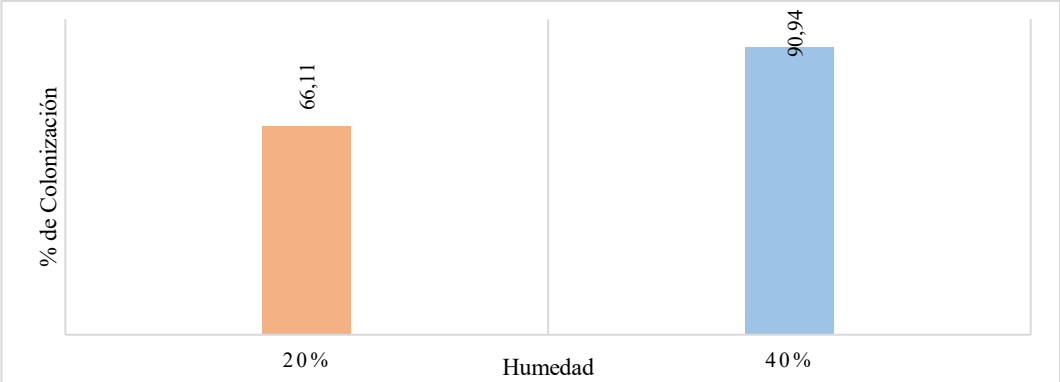
Tabla 18.

Pruebas LSD para % de colonización por Humedad (día 14)

Humedad	Casos	Media LS	Sigma LS	Grupos Homogéneos
20%	18	66,11	2,88	A
40%	18	90,94	2,88	B

Figura 12

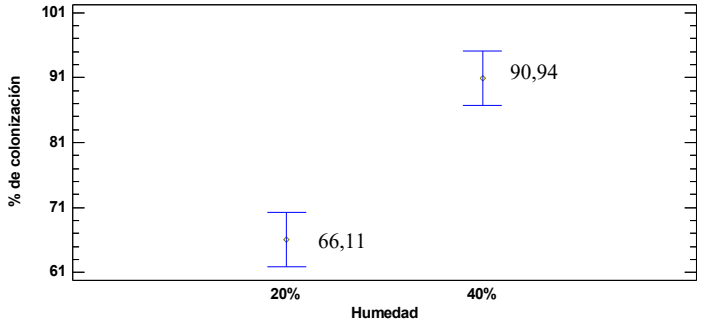
Gráfico de barras para % de colonización por humedad al día 14



En la tabla 18 se observa que el nivel de 40% de humedad presenta un porcentaje de colonización mayor (90,94%) frente a la humedad de 20% (66,11%), con diferencias altamente significativas, por tanto, mantener una humedad adecuada es fundamental en la etapa media del crecimiento.

Figura 13

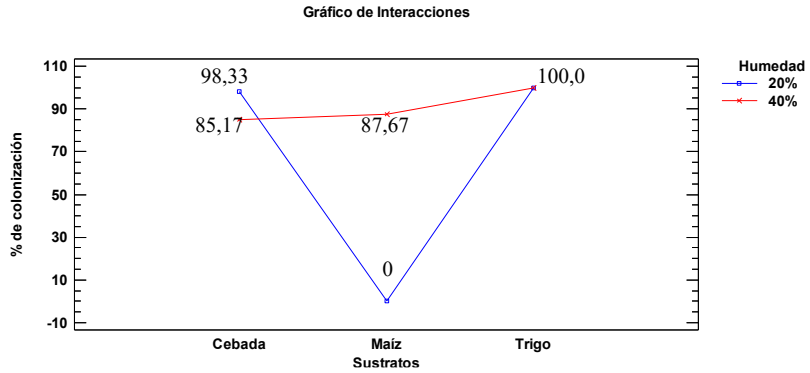
Gráfica de medias para humedad por % de colonización (día 14)



La figura 13 muestra la diferencia entre ambos niveles de humedad, con 40% como el más favorable.

Figura 14

Gráfica de interacción humedad-sustratos: % de colonización-día 14



En la figura 14 se visualiza que la mayor colonización ocurrió con la combinación trigo + 40% de humedad, seguido por la cebada con el mismo porcentaje de humedad, en consecuencia, esta figura destaca que ambos factores potencian el desarrollo del hongo.

Se presenta a continuación el ANOVA del porcentaje de colonización para el día 21 de incubación.

Tabla 19.

ANOVA para % de colonización (día 21) - Suma de Cuadrados Tipo III

Fuente	**Suma de Cuadrados**	**Gl**	**Cuadrado Medio**	**Razón-F**	**Valor-P**
Efectos Principales					
A:Sustratos	23504,2	2	11752,1	144,35	0,0000**
B:Humedad	6293,78	1	6293,78	77,30	0,0000**
C:Temperatura de Incubación	205,444	1	205,444	2,52	0,1253^{NS}
Interacciones					
AB	16970,9	2	8485,44	104,22	0,0000**
AC	110,889	2	55,4444	0,68	0,5156 ^{NS}
BC	205,444	1	205,444	2,52	0,1253 ^{NS}
ABC	110,889	2	55,4444	0,68	0,5156 ^{NS}
Residuos	1954,0	24	81,4167		
Total (Corregido)	49355,6	35			

Nota: **: Altamente significativo; NS: no significativo. Todas las razones-F se basan en el cuadrado medio del error residual

A los 21 días, los factores sustrato (p = 0,0000) y humedad (p = 0,0000) tienen influencia altamente significativa sobre el porcentaje de colonización, mientras que,

la temperatura continuó siendo no significativa (p = 0,1253). Asimismo, la interacción sustrato por humedad (AB) también resultó altamente significativa (p = 0,0000), por tanto, el efecto combinado es importante en la etapa del desarrollo.

En consecuencia, al haber significancia entre los diferentes factores, se procede a realizar la prueba de múltiples rangos para el factor A y factor B.

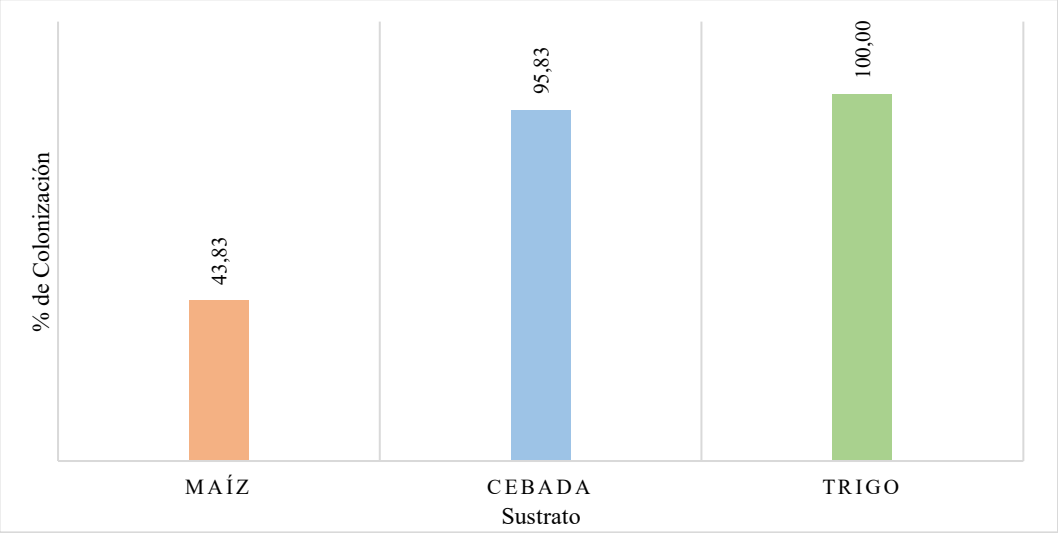
Tabla 20.

Pruebas LSD para % de colonización por Sustratos (día 21)

Sustratos	Casos	Media LS	Sigma LS	Grupos Homogéneos
Maíz	12	43,83	2,60	A
Cebada	12	95,83	2,60	B
Trigo	12	100,00	2,60	B

Figura 15

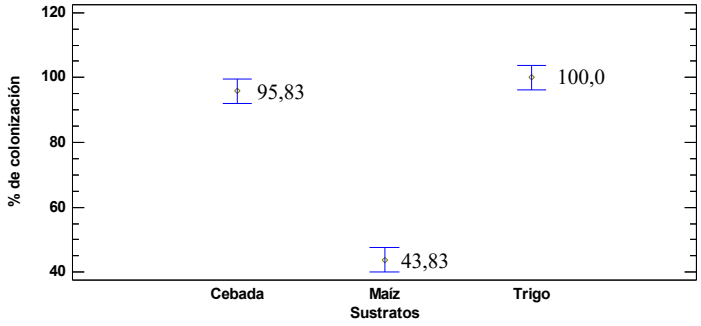
Gráfico de barras para % de colonización por sustrato al día 21



La tabla 20 se presenta los resultados de la prueba LSD, donde se destaca que el trigo alcanzó el 100% de colonización, seguido de cebada con 95,83% y maíz con 43,83%, estas diferencias son estadísticamente significativas, en consecuencia, el trigo es el mejor sustrato para promover el desarrollo del micelio en esta etapa.

Figura 16

Gráfica de medias para sustratos por % de colonización (día 21)



La figura 16 presenta las medias de manera visual de cada sustrato, donde se observa que el trigo alcanzó el 100%, seguido de la cebada y el maíz.

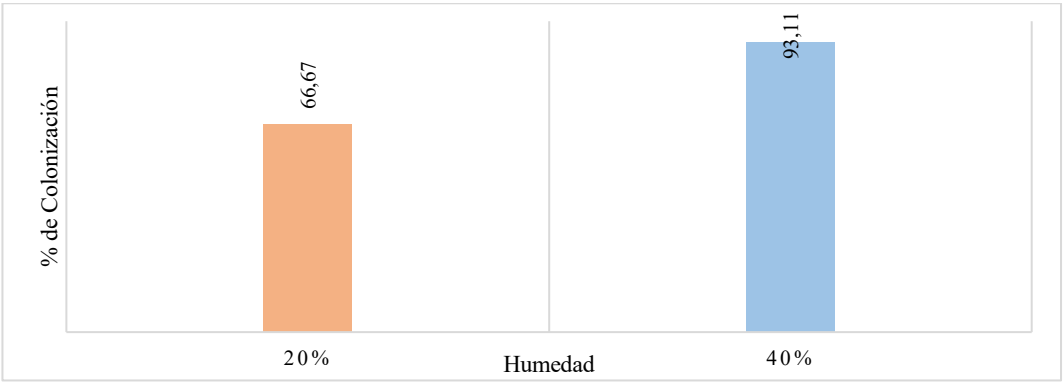
Tabla 21

Pruebas LSD para % de colonización por Humedad (día 14)

Humedad	Casos	Media LS	Sigma LS	Grupos Homogéneos
20%	18	66,67	2,13	A
40%	18	93,11	2,13	B

Figura 17

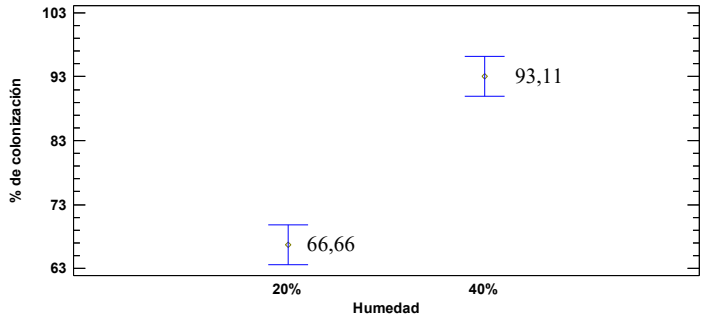
Gráfico de barras para % de colonización por humedad al día 14



En la tabla 21 se observa que el nivel de 40% de humedad presenta un porcentaje de colonización mayor (93,11%) frente a la humedad de 20% (66,66%) por tanto, mantener una humedad adecuada es fundamental en la etapa media del crecimiento.

Figura 18

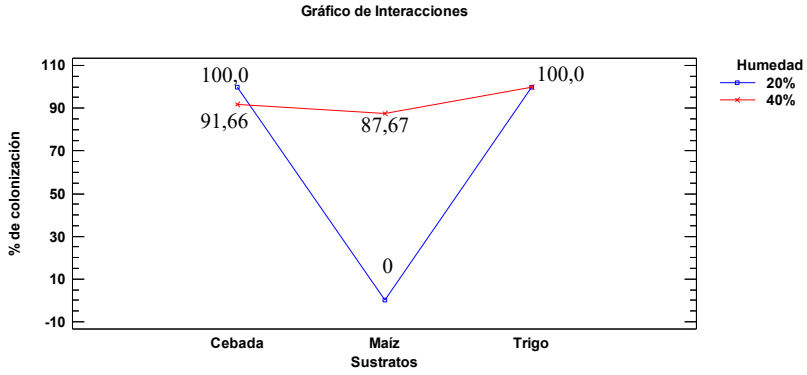
Gráfica de medias para humedad por % de colonización (día 21)



La figura 18 muestra la diferencia entre ambos niveles de humedad, con 40% como el más favorable.

Figura 19

Gráfica de interacción humedad-sustrato: % de colonización-día 21



En la figura 19 se visualiza que la mayor colonización ocurrió con la combinación trigo + 40% de humedad, seguido por la cebada con el mismo porcentaje de humedad, en consecuencia, esta figura destaca que ambos factores potencian el desarrollo del hongo.

Figura 20

Hongo ostra incubado a los 7 días y 21 días

A B



Nota. La figura A corresponde a la incubación a los 7 días de todos los tratamientos, mientras que la figura B corresponde al hongo del tratamiento 3 a los 21 días de incubación.

Con base en los resultados del análisis de varianza y las pruebas de rangos múltiples (LSD) realizadas a los 7, 14 y 21 días posteriores a la inoculación, se identificó que el tratamiento más eficaz para favorecer la colonización del hongo ostra fue el T3, correspondiente al sustrato de trigo con 40% de humedad y una temperatura de incubación de 23 °C. A los 7 días, el trigo registró el mayor porcentaje de colonización (49,17%), y este valor se incrementó significativamente a los 14 días, alcanzando el 100%, para el día 21 mantuvo ese porcentaje de colonización, sin embargo, para este tiempo se recomienda guardar los hongos bajo refrigeración. En cuanto a la humedad, el nivel del 40% demostró ser más eficiente, con valores de colonización de 43,33%, 90,94% y 93,11% a los 7, 14 y 21 días respectivamente, por tanto, una adecuada disponibilidad hídrica es esencial para un desarrollo micelial.

Estos hallazgos son consistentes con los reportados por Angulo et al. (2022), quienes evaluaron el desarrollo in vitro del micelio de *Pleurotus ostreatus* en medio PDA, obteniendo tasas de propagación del 73% y 60%, este porcentaje evidencia la capacidad del hongo para adaptarse a condiciones favorables de crecimiento. De manera similar, Flores (2024), documentó la aparición de los primeros primordios

entre los días 12 y 14 en un sustrato compuesto por aserrín, afrecho de trigo y carbonato de calcio, siendo los residuos lignocelulósicos suplementados empleados para promover la fructificación. En contraste, el estudio Abril & Martínez (2022), se estudió la mezcla de cascarilla de café y tusa de maíz como sustrato, obteniendo una colonización progresiva del micelio durante un período de 30 días: 3,33% a los 10 días, 15,33% a los 15 días, 32,33% a los 20 días, 53,67% a los 25 días y 80,33% al día 30, evidenciando una tasa de desarrollo más lenta en comparación con los resultados del presente estudio.

Se presenta a continuación el ANOVA para el índice de color a los 7 días de incubación.

Tabla 22.

ANOVA para Índice de color (día 7) - Suma de Cuadrados Tipo III

Fuente	**Suma de Cuadrados**	**Gl**	**Cuadrado Medio**	**Razón-F**	**Valor-P**
Efectos Principales					
A:Sustratos	2,38889	2	1,19444	43,00	0,0000**
B:Humedad	0,694444	1	0,694444	25,00	0,0000**
C:Temperatura de incubación	0,694444	1	0,694444	25,00	0,0000**
Interacciones					
AB	2,38889	2	1,19444	43,00	0,0000**
AC	1,38889	2	0,694444	25,00	0,0000**
BC	0,0277778	1	0,0277778	1,00	0,3273^{NS}
ABC	0,0555556	2	0,0277778	1,00	0,3827 ^{NS}
Residuos	0,666667	24	0,0277778		
Total (Corregido)	8,30556	35			

Nota: **: Altamente significativo; NS: no significativo. Todas las razones-F se basan en el cuadrado medio del error residual

Todos los efectos principales (sustrato, humedad y temperatura) fueron altamente significativos (p = 0,0000), al igual que las interacciones *s*ustrato × humedad y sustrato × temperatura, por tanto, las condiciones del medio como sus combinaciones afectan el color del micelio.

En consecuencia, al haber significancia entre los diferentes factores, se procede a realizar la prueba de múltiples rangos para el factor A, factor B y factor C.

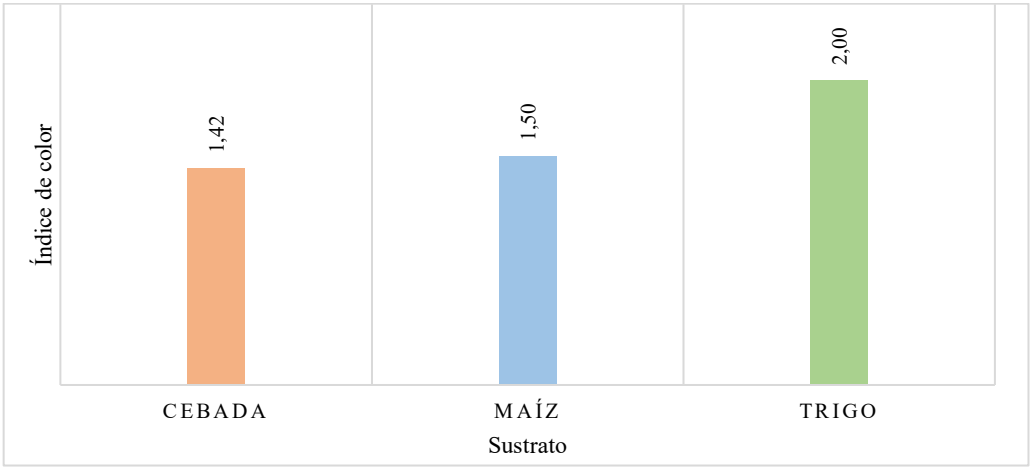
Tabla 23.

Pruebas LSD para Índice de color por Sustratos (día 7)

Sustratos	Casos	Media LS	Sigma LS	Grupos Homogéneos
Cebada	12	1,42	0,05	A
Maíz	12	1,50	0,05	A
Trigo	12	2,00	0,05	B

Figura 21

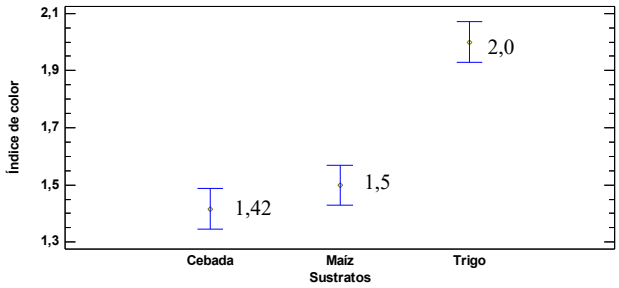
Gráfico de barras para índice de color por sustrato al día 7



Se presenta en la tabla 23 que el sustrato de trigo presentó el mayor índice de color (2,0: Fuerte), seguido por maíz (1,5: Medio) y cebada (1,42 Medio-Bajo).

Figura 22

Gráfica de medias para sustratos por índice de color (día 7)



En la figura 22 se visualiza que el trigo dio lugar a una coloración más fuerte en el micelio comparado con los otros sustratos.

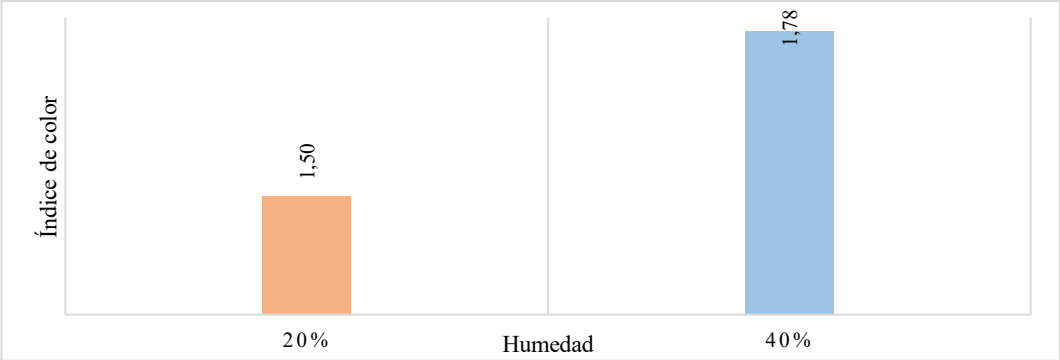
Tabla 24.

Pruebas LSD para Índice de color por Humedad (día 7)

Humedad	Casos	Media LS	Sigma LS	Grupos Homogéneos
20%	18	1,50	0,04	A
40%	18	1,78	0,04	B

Figura 23

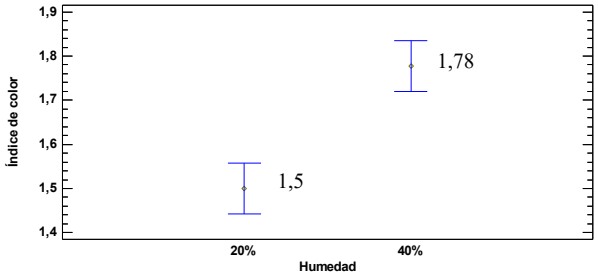
Gráfico de barras para índice de color por humedad al día 7



En la tabla 24, se presenta la prueba de LSD, donde se destaca que la humedad del 40% presentó un mayor índice de color (1,78: Fuerte) que la humedad al 20% (1,5 Medio), en consecuencia, una humedad más alta favorece una coloración más marcada del micelio.

Figura 24

Gráfica de medias para humedad por índice de color (día 7)



En la figura 24, se observa gráficamente la diferencia observada entre los dos niveles de humedad.

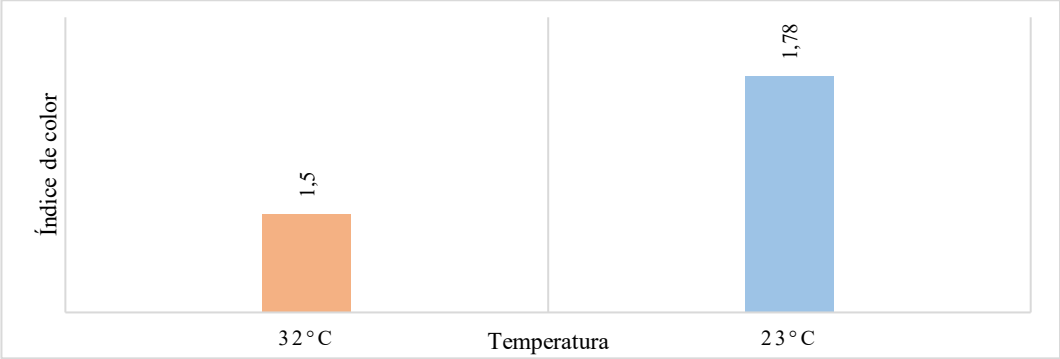
Tabla 25.

Pruebas LSD para Índice de color por Temperatura de incubación (día 7)

Temperatura de incubación	Casos	Media LS	Sigma LS	Grupos Homogéneos
32°C	18	1,50	0,04	A
23°C	18	1,78	0,04	B

Figura 25

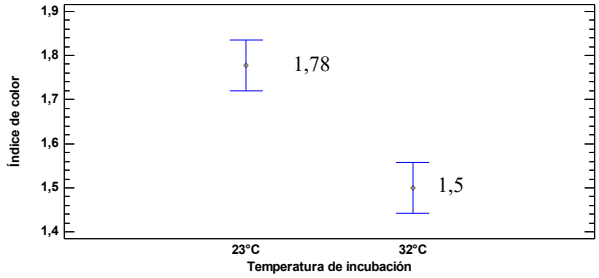
Gráfico de barras para índice de color por temperatura al día 7



Se presenta en la tabla 25 la prueba LSD, para índice de color por temperatura, donde el valor más alto de color se registró a 23 °C (1,78: Fuerte), mientras que a 32 °C el índice de color fue de 1,5 (Medio), tal que a menor temperatura favorece una coloración más intensa.

Figura 26

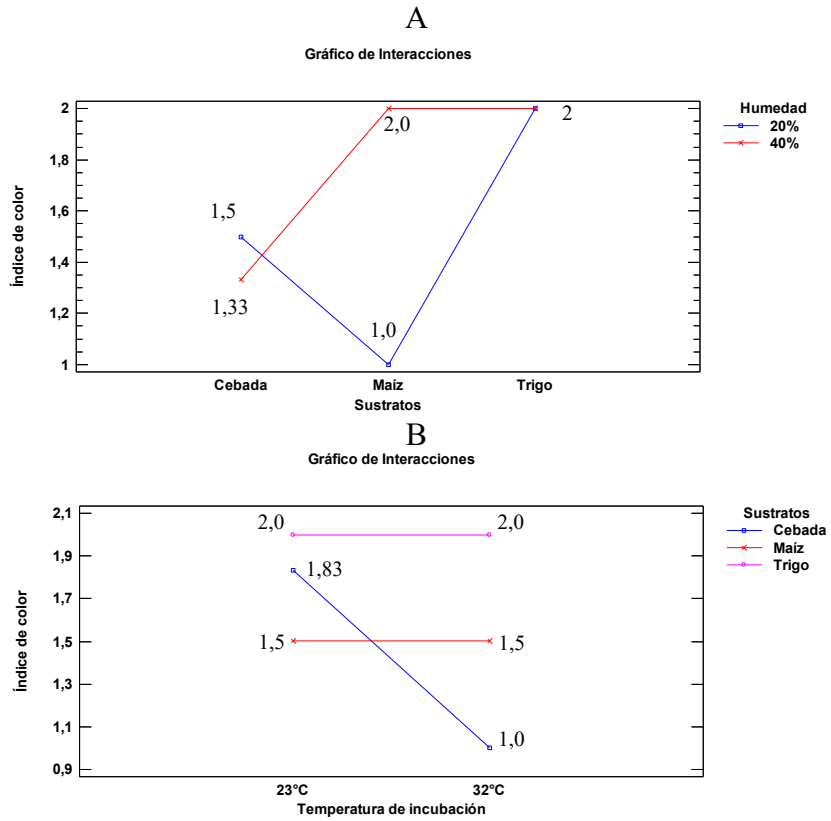
Gráfica de medias para temperatura por índice de color (día 7)



La figura 26 exhibe las diferencias entre temperaturas, relacionadas con el índice de color, donde, a menor temperatura es más fuerte la intensidad.

Figura 27

Gráfica de interacción para índice de color (día 7)



Nota. A: Gráfica de interacciones entre humedad – sustratos. B: Gráfica de interacciones entre temperatura de incubación – sustratos.

De acuerdo a la figura 27, gráfica A se destaca que se obtiene un índice de color fuerte, con el uso del sustrato de trigo con el 20% de humedad y 40% de humedad. En la interacción con la temperatura (B), se destaca, que el uso del sustrato de trigo incubando a 23°C o 32°C, genera una tonalidad fuerte.

Se presenta a continuación el ANOVA para el índice de color a los 14 y 21 días de incubación.

Tabla 26.

ANOVA para Índice de color - Suma de Cuadrados Tipo III (día 14 y 21)

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Efectos Principales					
A:Sustratos	1,72222	2	0,861111	31,00	0,0000**
B:Humedad	0,694444	1	0,694444	25,00	0,0000**
C:Temperatura de Incubación	0,027778	1	0,027778	1,00	0,3273^{NS}
Interacciones					
AB	2,38889	2	1,19444	43,00	0,0000**
AC	0,055556	2	0,027778	1,00	0,3827 ^{NS}
BC	0,027778	1	0,027778	1,00	0,3273 ^{NS}
ABC	0,055556	2	0,027778	1,00	0,3827 ^{NS}
Residuos	0,666667	24	0,027778		
Total (Corregido)	5,63889	35			

Nota: **: Altamente significativo; NS: no significativo. Todas las razones-F se basan en el cuadrado medio del error residual.

Se presenta en la tabla 26, el ANOVA para índice de color al día 14 y 21 de incubación, donde los efectos principales A (Sustrato) y B (Humedad) fueron altamente significativos (p = 0,0000), al igual que la interacción AB (*s*ustrato × humedad), por tanto, las condiciones del medio como sus combinaciones afectan el color del micelio.

En consecuencia, al haber significancia entre los diferentes factores, se procede a realizar la prueba de múltiples rangos para el factor A y factor B.

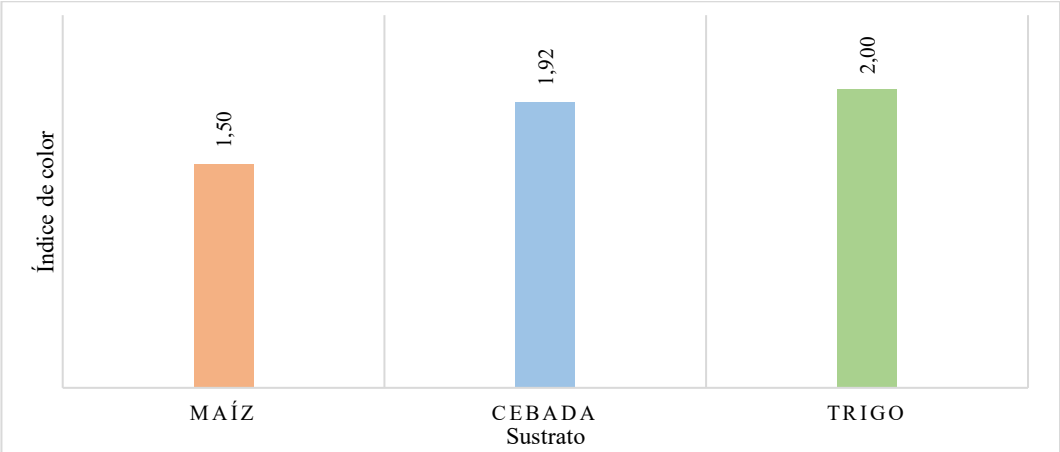
Tabla 27.

Pruebas LSD para Índice de color por Sustratos (día 14 y 21)

Sustratos	Casos	Media LS	Sigma LS	Grupos Homogéneos
Maíz	12	1,5	0,05	A
Cebada	12	1,92	0,05	B
Trigo	12	2,0	0,05	B

Figura 28

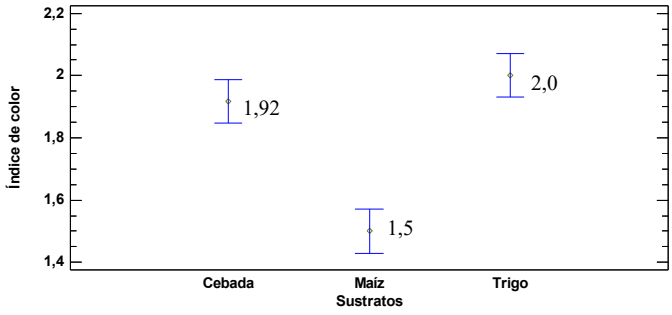
Gráfico de barras para índice de color por sustrato al día 14 y 21



De acuerdo con la prueba de LSD presentada en la tabla 27, tanto la cebada como el trigo generan un color fuerte en el micelio, siendo estadísticamente diferentes del maíz, sin embargo, no existe diferencias respecto al color entre el uso de la cebada y trigo.

Figura 29

Gráfica de medias para sustratos por índice de color (día 14 y 21)



En la figura 29 se exhibe visualmente que el trigo y la cebada generan una tonalidad fuerte en el micelio, siendo estos estadísticamente diferentes del sustrato maíz. que el maíz.

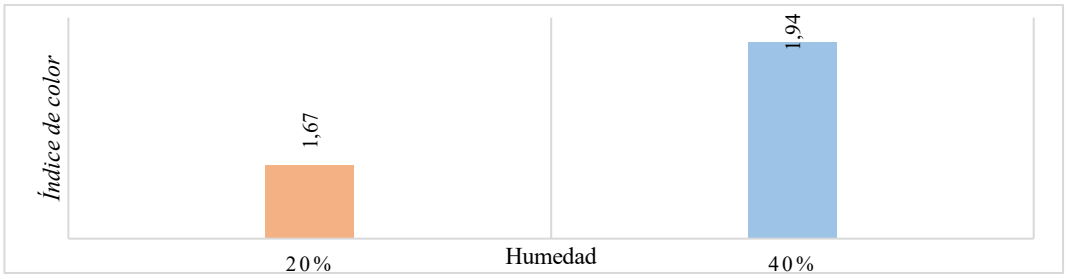
Tabla 28.

Pruebas LSD) para Índice de color por Humedad (día 14 y 21)

Humedad	Casos	Media LS	Sigma LS	Grupos Homogéneos
20%	18	1,67	0,04	A
40%	18	1,94	0,04	B

Figura 30

Gráfico de barras para índice de color por humedad al día 14 y 21



La prueba de LSD destaca que el índice de color fue mayor con 40% de humedad (1,94) en relación a una humedad del 20% (1,66).

Figura 31

Gráfica de medias para humedad por índice de color (día 14 y 21)

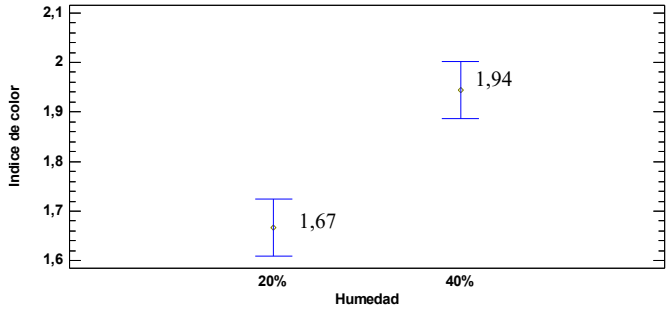
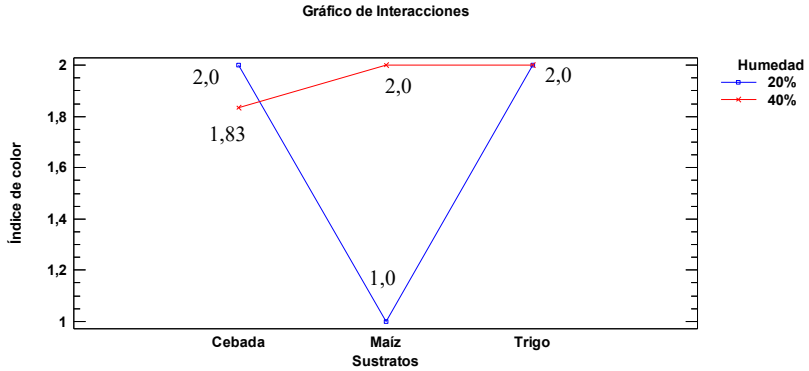


Figura 32

Gráfica de interacción humedad-sustrato: índice de color-día 14 y 21



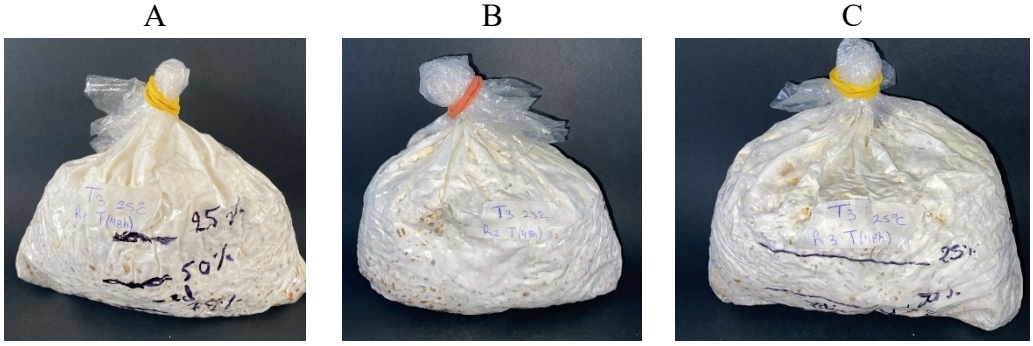
En la gráfica de interacciones, figura 32, se observa que el color fuerte en el micelio del hongo se obtiene con un sustrato de trigo, a una humedad del 40% y 20%.

A partir de los ANOVA realizados a los días 7, 14 y 21 de incubación, se evidenció que los efectos principales sustrato y humedad fueron altamente significativos ($p < 0,0001$), mientras que la temperatura de incubación tuvo significancia solo al día 7. Además, las interacciones sustrato × humedad (AB) y sustrato × temperatura (AC) también fueron estadísticamente significativas en el día 7, y la interacción sustrato × humedad (AB) se mantuvo significativa al día 14 y 21.

En las pruebas LSD para cada factor, se determinó que el sustrato de trigo fue el que generó el índice de color más alto (2,0, fuerte) en ambos días evaluados, también la humedad del 40% incrementó de manera consistente el índice de color en comparación con el 20%; respecto a la temperatura, en el día 7 se observó que 23 °C fue más favorable (1,78) que 32 °C (1,5). Por tanto, el mejor tratamiento para índice de color fue el T3, correspondiente a los parámetros de Sustrato de Trigo + 40% de Humedad + 23 °C de Temperatura.

Figura 33

Color del hongo ostra a los 21 días (Tratamiento 3)



Nota. A: Tratamiento 3 Réplica 1; B: Tratamiento 3 Réplica 2; C: Tratamiento 3 Réplica 3.

La investigación de Angulo et al. (2022), evaluaron el crecimiento in vitro del micelio de *P. ostreatus* en medio de cultivo PDA, se observó un desarrollo micelial homogéneo con una coloración blanca, característica de un crecimiento saludable y adecuado del hongo. Esta observación concuerda con lo señalado por Montenegro & Stuardo (2021), quienes indican que esta variedad presenta un micelio de color blanco o blanco amarillento, aspecto que se considera un indicador de un aislamiento exitoso y libre de contaminantes. De manera similar, en el estudio de Capa & Proaño (2024), el micelio fue incubado durante un período de 10 a 15 días

a una temperatura de 28 °C, la colonización fue de color blanquecino, coherente con las características morfológicas típicas del hongo. Estos resultados indican que, bajo condiciones controladas de temperatura y medio de cultivo, el desarrollo micelial del hongo se manifiesta de forma eficiente.

4.1.4. Determinación de peso de micelios

Peso inicial del sustrato (PS): 450 g

Peso final del hongo (PFH): 450 g

$$Peso\ de\ propagación\ = 450g - 450g = 0g$$

No existió diferencia de peso entre peso inicial y el peso al día 21 de incubación, esto se debe a que el consumo del sustrato se dio sin incremento aparente de biomasa fúngica detectable por métodos gravimétricos.

4.1.5. Análisis de costos de producción en el mejor sustrato

A partir de la evaluación de los tratamientos, se seleccionó el trigo como sustrato, para el cultivo de *Pleurotus ostreatus*, debido a su alta eficiencia en la colonización micelial. En la Tabla 29, se desglosan los insumos empleados, sus cantidades, unidades de medida y costos unitarios, el total invertido en el proceso asciende a $171,25, que contempla materiales de cultivo, medios de propagación, equipos básicos de laboratorio y elementos de bioseguridad.

Tabla 29.

Costos de producción

Descripción	Cant	Unidad	Precio ($)
Hongo ostra comercial	2	kg	36,00
Trigo	40	Lb	16,00
Fundas de polipropileno	12	unidades	1,20
Cajas Petri de vidrio	24	Unidad	66,00
Guantes estériles	1	Caja	4,80
Mascarillas	1	Caja	2,50
Cofias	1	Paquete	5,00
Agua botellón	15	Lt	7,50
Bisturí	1	Hoja	2,00
Pastilla tetraciclina	1		3,00

Cinta Parafilm	3	Metros	6,75
Agar PDA	50	gr	10,00
Alcohol 90%	3	Lt	6,00
Agua oxigenada	2	Lt	3,00
Ligas	12	ligas	0,50
Cloro	1	Lt	1,00
Total			171,25

Cada bolsa inoculada produce 450 g de hongo ostra, por lo que con 12 bolsas se estima una producción total de:

$$(450\ g) \times (12\ bolsas) = \$5{,}4\ kg$$

El costo unitario de producción por kilogramo producido es:

$$Costo\ por\ Kg = \frac{171{,}25}{5{,}4} = 31{,}71\$/\ kg$$

Para el costo de venta se prevé un margen del 35% correspondiente a: distribución y transporte (10%), marketing y promoción (8%), empaque y embalaje final (7%), mano de obra y logística (5%) e imprevistos (5%). Por tanto, el precio de venta final por kg en:

$$Precio\ de\ venta\ por\ kg = 31{,}71\ \$/\ kg + 35\% = \$42{,}80\ \$/kg$$

El ingreso total estimado por la venta del lote completo de 5,4 kg es:

$$5{,}4\ kg\ \times 42{,}80\ \$/\ kg = \$\ 231{,}12$$

Tabla 30.

Resumen del análisis de costos de producción

Concepto	**Monto**
Costo total	$ 171,25
Ingreso estimado	$ 231,12
Ganancia neta	$ 59,87

Es importante destacar que el costo por kilogramo obtenido en este estudio resultó superior al precio promedio del mercado, el cual se sitúa entre $18 y $20/kg para el hongo ostra. No obstante, el precio de venta proyectado de $42,80/kg se justifica por los costos inherentes a una producción de pequeña escala, tipo experimental.

El segmento de mercado objetivo contempla tiendas de productos orgánicos, restaurantes vegetarianos, consumidores interesados en alimentos funcionales y saludables, así como ferias agroecológicas. Los canales de distribución propuestos incluyen la venta directa en ferias locales, la comercialización a través de redes sociales, alianzas estratégicas con tiendas de productos naturales y la distribución a restaurantes de cocina saludable.

El diseño de la etiqueta del producto cumplirá con los requerimientos establecidos en la NTE INEN 1334:2011, que regula el etiquetado de productos alimenticios procesados para consumo humano. Por tanto, la etiqueta deberá contener la siguiente información obligatoria:

- *Nombre comercial del producto*: Hongo ostra fresco *Pleurotus ostreatus*
- *Contenido neto*: 450 g
- *Ingrediente (s*): Hongo ostra (*Pleurotus ostreatus*) 100%
- *Modo de conservación*: Conservar refrigerado a -2 °C. No congelar. Consumir preferentemente dentro de los 7 días posteriores a la fecha de cosecha.
- *Número de lote*: Deberá asignarse según fecha de producción.
- *Fecha de cosecha*: 22/07/2025).
- *Elaborado por*: Deysi Tatiana Guerra Mazalema, y Rosa Beatriz Mazabanda Toalombo.
- *Dirección del productor*: Bolívar – Guaranda.
- *País de origen*: Ecuador.
- *Contacto*: 099 969 7901 / 096 861 4970.

De acuerdo con Angulo et al. (2022), los costos de producción para 30 bolsas de semilla de hongo en el laboratorio ascendieron a 142,04 USD (1 USD = 6,97 Bs), el precio de venta en el mercado nacional fue de 21,73 USD por kilogramo de semilla de hongo ostra, lo que resultó en una relación beneficio/costo (B/C) de 1,52, siendo rentable en el proceso de producción de micelio activado.

Por otro lado, los costos de importación de semillas de hongo en Bolivia son de hasta 43,47 USD por medio kilogramo, lo cual representa una limitante para la

producción local, en el estudio de Hernández (2024), señala que, para el hongo ostra, el precio de mercado estimado por kilogramo es de 8,59 USD, mientras que en esta investigación el costo de producción por kilogramo fue de 4,72 USD, siendo altamente rentable.

Asimismo, Abril & Martínez (2022) reportaron una relación B/C de 1,09, lo que indica que los ingresos superan a los egresos, generando un beneficio de 0,09 USD por cada dólar invertido, aunque la ganancia no es elevada, se reconoce la viabilidad económica del tratamiento evaluado. Cabe destacar que dichos análisis no incluyen el costo de las externalidades, por lo que los resultados podrían variar si se consideraran factores adicionales como mano de obra, energía o depreciación de equipos.

4.2. Comprobación de la hipótesis

De acuerdo con los datos estadísticos obtenidos, se rechazarla hipótesis nula (H_0), que sostenía que los sustratos de trigo, cebada y maíz no son adecuados para la propagación del hongo ostra y se acepta la hipótesis alternativa (H_a), dado que los tres sustratos sí permitieron la colonización del micelio.

Dado que la F calculada (20,90; 74,13 y 144,35) para el factor Sustratos en los días 7, 14 y 21 es mayor que la F crítica (3,40) en ambos casos, se rechaza la hipótesis nula (H_0); en consecuencia, sí existen diferencias estadísticamente significativas entre los sustratos evaluados, en particular, el trigo mostró ser significativamente más eficiente que la cebada y el maíz.

Tabla 31.

Evaluación de la hipótesis mediante F calculada y F críticas

Día	Fuente	Gl 1 (factor)	Gl 2 (error)	F calculada	F crítica (α=0.05)	Decisión
7	Sustrato (A)	2	24	20,90	3,40	Se rechaza H_0
14	Sustrato (A)	2	24	74,13	3,40	Se rechaza H_0
21	Sustrato (A)	2	24	144,35	3,40	Se rechaza H_0

CAPITULO V

5.1. CONCLUSIONES

- El presente estudio permitió analizar de forma integral las propiedades, proximales, bromatológicas y microbiológicas de los sustratos compuestos por granos molidos de maíz, trigo y cebada. Los resultados presentados evidencian la viabilidad de estas materias primas como medios de cultivo para la propagación del hongo *Pleurotus ostreatus*. Bromatológicamente, el trigo tiene un alto contenido de proteína (12,39 %), la cebada mostró un mayor contenido de fibra (10,12 %). En relación a los análisis proximales, la humedad fue cercana al 14 %, y bajos niveles de acidez, en relación al contenido de cenizas la cebada presentó 2,37 %. adicionalmente, el análisis microbiológico mostró ausencia total de mohos y levaduras en todos los sustratos analizados, siendo idóneo para su uso en procesos de cultivo controlado.
- Durante la fase de preparación y esterilización de los sustratos, se aplicaron temperaturas de 120 °C durante 20 minutos para asegurar la reducción de carga microbiana de los sustratos, además, las variaciones en los tiempos de ablandamiento (24 y 48 horas) y niveles de humedad (20 % y 40 %), fueron seleccionados para evaluar su influencia sobre la colonización del hongo.
- El tratamiento más favorable para la colonización del hongo ostra fue el Tratamiento 3, que corresponde al sustrato de trigo, 40% de humedad y temperatura de incubación de 23 °C. Este tratamiento alcanzó un 100% de colonización desde el día 14, manteniéndose hasta el día 21, por lo cual mostró un crecimiento significativamente respecto a cebada y maíz.
- Respecto al índice de color del micelio, se identificó también al Tratamiento 3 como el más favorable, al registrar una tonalidad fuerte (índice 2.0) desde el día 7 de incubación y mantenerla hasta el día 21. El análisis de varianza demostró efectos altamente significativos del sustrato y la humedad en todos los periodos ($p < 0.0001$), mientras que la temperatura sólo fue significativa al día 7, siendo más favorable una incubación a 23 °C.
- El análisis del costo de producción correspondiente al tratamiento más eficiente para la obtención de micelio de este tipo de hongo, permitió establecer que el

uso de trigo como sustrato representa una alternativa económica viable, ya que el costo total de producción ascendió a $171,25, mientras que el ingreso estimado por la comercialización del lote fue de $231,12, lo que generó una ganancia neta de $59,87. Considerando un margen de utilidad del 35%, se estimó una ganancia aproximada de $11,09 por cada kilogramo producido, siendo factible económicamente para una producción a pequeña escala.

5.2. RECOMENDACIONES

- En caso de emplear grano de maíz como sustrato, se sugiere remojarlo durante un periodo superior a 48 horas a una temperatura de 32 °C, dado que este tratamiento permite ablandar la estructura del grano, para facilitar la absorción de humedad y la colonización micelial.
- Se recomienda mantener una temperatura constante de 23 °C durante todo el periodo de incubación, dado que este valor fue identificado como el más favorable para el desarrollo del micelio.
- Con base en los análisis de colonización micelial, se establece que el día 14 de incubación es el punto óptimo para realizar la recolección del hongo ostra, ya que en esta etapa se alcanzó el 100% de colonización del sustrato en el tratamiento 3. El superar este tiempo genera condiciones anaerobias, aumento de humedad interna y descomposición del grano, lo que compromete la calidad del hongo y del sustrato remanente.
- Una vez alcanzado el punto de cosecha, se recomienda interrumpir el proceso de incubación retirando el sustrato colonizado de las incubadoras, y proceder con su almacenamiento en refrigeración a una temperatura de –2 °C, en una refrigeradora de uso farmacéutico, este manejo en frío ayuda a retrasar procesos de oxidación, esporulación y descomposición del micelio.
- Se aconseja rociar ligeramente el sustrato con peróxido de hidrógeno (H_2O_2) en concentraciones del 1-3% antes de la conservación, ya que este compuesto tiene propiedades antimicrobianas que permiten evitar la proliferación de bacterias y hongos contaminantes sin afectar negativamente al micelio del *Pleurotus ostreatus*.
- Se recomienda la implementación del trigo como sustrato base en los procesos de producción de micelio de hongo ostra, debido a su efectividad biológica y beneficios económicos, se sugiere reutilizar insumos no perecibles como cajas Petri de vidrio y reducir el consumo de materiales desechables cuando sea posible.

BIBLIOGRAFÍA

Abril, A., & Martínez, A. (2022). *Producción del hongo ostra Pleurotus Ostreatus a partir de residuos de café (Coffea Arábica) provincia del Azuay. Cantón Santa Isabel. Comunidad Guayara*. Universidad Católica de Cuenca.

Afzal, R., Akram, A., Qureshi, R., Akram, Z., & Sultana, K. (2020). Efficacy of Grain Spawn and Lime/Gypsum Ratio on Mycelial Growth of Oyster Mushroom. *Advances in Biotechnology & Microbiology*, *13*(5), 0097–00101. https://doi.org/10.19080/AIBM.2019.13.555871

Aguilar, I., Palza, E., Condor, N., Limache, I., & Argota, G. (2024). Total weight of guinea pigs under feeding conditions with hydroponic green forage of barley, corn husk and concentrate. *Cuban Journal of Agricultural Science*, *58*(e04), 1–5.

Alessi-Cusati, P., & Ekmeiro-Salvador, J. (2020). Inocuidad microbiológica de las masas artesanales de maíz expendidas en Puerto La Cruz, Venezuela. *Revista Peruana de Investigación En Salud*, *4*(4), 161–169. https://doi.org/10.35839/repis.4.4.729

Amobonye, A., Lalung, J., Awasthi, M., & Pillai, S. (2023). Fungal mycelium as leather alternative: A sustainable biogenic material for the fashion industry. *Sustainable Materials and Technologies*, *38*, e00724. https://doi.org/10.1016/j.susmat.2023.e00724

Angulo, F., Mamani, B., & Nova, 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

Arias, S., & Mancipe, N. (2020). *Remoción de mercurio y plomo contenido en efluentes de agua por el pleurotus ostreatus inmovilizado en diferentes materiales* [Universidad de los Andes]. http://hdl.handle.net/1992/48760

Astudillo-Echeverría, A., Pazmiño-Centeno, D., & Naranjo-Briceño, L. (2021). Uso de CRISPR/Cas9 como herramienta de edición de genomas en hongos filamentosos: una revisión del estado actual y últimas tendencias. *Genética Médica y Genómica*, *5*(5), 45–69. https://genotipia.com/wp-content/uploads/2021/04/GMG5-Astudillo-Echeverria-p45-69.pdf

Bajagain, P. (2023). *Effect of different substrates and their combination on the yeild of oyster mushroom (Pleurotus ostreatus)* [Degree of Master]. Institute of Science and Technology.

Business Insights. (n.d.). *Food and Beverages. Obtenido de Tamaño del mercado de hongos comestibles, participación, crecimiento y análisis de la industria por tipo*. Business Insights Research. https://www.businessresearchinsights.com/es/market-reports/edible-mushroom-market-107866

Caicedo, W., Cuadrado, B., & Infante, C. (2024). Apreciación de residuos orgánicos agrícolas como sustrato para el cultivo del hongo comestible Pleurotus pulmonarius. *Revista Colombiana de Biotecnología*, *26*(1), 81–90. https://doi.org/https://doi.org/10.15446/rev.colomb.biote.v26n1.111029

Caiza, C. (2024). Avances y perspectivas en la tecnología de recubrimientos comestibles de alimentos: una revisión de su aplicación en la industria alimentaria. *RECIENA*, *4*(1), 15–26. https://doi.org/10.47187/tvbysk29

Capa, J., & Proaño, F. (2024). *Aprovechamiento de los residuos forestales lignocelulósicos provenientes de la poda de las áreas verdes de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo como sustrato para la producción del hongo ostra (Pleurotus ostreatus)*. Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

Cruz, D. (2021). 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), 7. https://doi.org/10.18272/aci.v12i2.1806

De Mastro, F., Traversa, A., Matarrese, F., Cocozza, C., & Brunetti, G. (2023). Influence of Growing Substrate Preparation on the Biological Efficiency of Pleurotus ostreatus. *Horticulturae*, *9*(4), 439. https://doi.org/10.3390/horticulturae9040439

Dedousi, M., Melanouri, E.-M., Karayannis, D., Kaminarides, E.-I., & Diamantopoulou, P. (2024). Utilization of spent substrates and waste products of mushroom cultivation to produce new crops of Pleurotus ostreatus, Pleurotus eryngii and Agaricus bisporus. *Carbon Resources Conversion*, *7*(2), 100196. https://doi.org/10.1016/j.crcon.2023.08.001

Duarte, A., Pineda, J., García, M., & González, A. (2018). Pleurotus ostreatus: a mushroom with potential. *Revista Biorrefinería*, *1*(3), 98–117. https://www.cebaecuador.org/wp-content/uploads/2021/06/Biorrefineri%CC%81a-02-2019-VERSION-COMPLETA-98-119.pdf

El-Ramady, H., Abdalla, N., Fawzy, Z., Badgar, K., Llanaj, X., Törős, G., Hajdú, P., Eid, Y., & Prokisch, J. (2022). Green Biotechnology of Oyster Mushroom (Pleurotus ostreatus L.): A Sustainable Strategy for Myco-Remediation and Bio-Fermentation. *Sustainability*, *14*(6), 3667. https://doi.org/10.3390/su14063667

Faugeron-Girard, C., Gloaguen, V., Koçi, R., Célérier, J., Raynaud, A., & Moine, C. (2020). Use of a Pleurotus ostreatus Complex Cell Wall Extract as Elicitor of Plant Defenses: From Greenhouse to Field Trial. *Molecules*, *25*(5), 1094. https://doi.org/10.3390/molecules25051094

Feijóo-Vivas, K., Bermúdez-Puga, S., Rebolledo, H., Figueroa, J., Zamora, P., & Naranjo-Briceño, L. (2021). Bioproductos desarrollados a partir de micelio de hongos: Una nueva cultura material y su impacto en la transición hacia una economía sostenible. *Bionatura*, *6*(1), 1637–1652. https://doi.org/10.21931/RB/2021.06.01.29

Flores, S. (2024). *Evaluación de tres sustratos a base de aserrin de Eucalyptus globulus labill para el cultivo del hongo comestible Pleurotus ostreatus (jacq.) P. Kumm (Hongos ostra)* [Proyecto de investigación]. Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

Flores-Márgez, J., Corral-Díaz, B., Osuna-Ávila, P., & Hernández-Escamilla, J. A. (2021). Respuesta de variedades de trigo harinero en tres tipos de suelo del norte de México. *Revista Terra Latinoamérica*, *39*, 1–19. https://doi.org/10.28940/terra.v39i0.817

Flugge, D. (2022). Morfología y clasificación de los micro-organismos. *La Universidad, Segunda Época*, *1*(3), 14–20. https://revistas.ues.edu.sv/index.php/launiversidad/article/view/2151

Fufa, B., Tadesse, B., & Tulu, M. (2021). Cultivation of Pleurotus ostreatus on Agricultural Wastes and Their Combination. *International Journal of Agronomy*, *2021*, 1–6. https://doi.org/10.1155/2021/1465597

García, Y., García, A., Hernández, A., & Pérez, J. (2011). Estudio de la variación del Índice de Color durante la conservación de la piña variedad Cayena Lisa a temperatura ambiente. *Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias*, *20*(4), 12–16. http://scielo.sld.cu/pdf/rcta/v20n4/rcta02411.pdf

González, A., Nobre, C., Simões, L., Cruz, M., Loredo, A., Rodríguez-Jasso, R., Contreras, J., Texeira, J., & Belmares, R. (2021). Evaluation of functional and nutritional potential of a protein concentrate from Pleurotus ostreatus mushroom. *Food Chemistry*, *346*, 128884. https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2020.128884

Guerrero-Paredes, J., Pineda, J., Barrigas, D., & Pineda, C. (2021). Producción del hongo (Psilocybe cubensis): una revisión. *Revista Biorrefinería*, *4*(4), 98–104. https://cebaecuador.org/wp-content/uploads/2022/01/11.pdf

Gutiérrez, H., & de la Vara, R. (2012). *Análisis y Diseño de Experimentos* (3rd ed.). McGraw-Hill/Interamericana Editores.

Hernández, J. (2024). *Estudio de prefactibilidad técnico-económico para la producción, distribución y comercialización de hongos comestibles en la Región Metropolitana*. Universidad San Sebastian.

Herrera-Monroy, S., Herrera-Monroy, M., & Rivera-Ramírez, J. (2023). Revisión sistemática en torno a los hongos micorrízicos arbusculares y su importancia ecológica. *Revista Chapingo Serie Agricultura Tropical*, *3*(2), 1–18. https://doi.org/10.5154/r.rchsagt.2022.03.07

Herreros, C. (2021). *Producción de Hongos Ostra (Pleurotus ostreatus) En Sustratos Agrícolas En Vilcabamba – Grau – Apurímac*. Universidad Nacional Micaela Bastidas de Apurimac.

Hu, Y., Xue, F., Chen, Y., Qi, Y., Zhu, W., Wang, F., Wen, Q., & Shen, J. (2023). Effects and Mechanism of the Mycelial Culture Temperature on the Growth and Development of Pleurotus ostreatus (Jacq.) P. Kumm. *Horticulturae*, *9*(1), 95. https://doi.org/10.3390/horticulturae9010095

Kaur, A., Purewal, S., Phimolsiripol, Y., & Punia, S. (2024). Unraveling the Hidden Potential of Barley (Hordeum vulgare): An Important Review. *Plants*, *13*(17), 2421. https://doi.org/10.3390/plants13172421

Krupodorova, T., Barshteyn, V., Tsygankova, V., Sevindik, M., & Blume, Y. (2024). Strain-specific features of Pleurotus ostreatus growth in vitro and some of its biological activities. *BMC Biotechnology*, *24*(9), 1–14. https://doi.org/10.1186/s12896-024-00834-9

Lesa, K., Khandaker, M., Mohammad, F., Sharma, R., Islam, F., Mitra, S., & Emran, T. (2022). Nutritional Value, Medicinal Importance, and Health-Promoting Effects of Dietary Mushroom (Pleurotus ostreatus). *Journal of Food Quality*, *2022*, 1–9. https://doi.org/10.1155/2022/2454180

Mahmoud, M., & Wafaa, E. (2021). New Approach for Biocontrolling Root-Knot Nematode,Meloidogyne incognita on Cowpea by Commercial Fresh Oyster

Mushroom (Pleurotus ostreatus). *Jordan Journal of Biological Sciences*, *14*(01), 173–177. https://doi.org/10.54319/jjbs/140122

Melanouri, E.-M., Dedousi, M., & Diamantopoulou, P. (2022). Cultivating Pleurotus ostreatus and Pleurotus eryngii mushroom strains on agro-industrial residues in solid-state fermentation. Part I: Screening for growth, endoglucanase, laccase and biomass production in the colonization phase. *Carbon Resources Conversion*, *5*(1), 61–70. https://doi.org/10.1016/j.crcon.2021.12.004

Merino, I., & Márquez, O. (2025). Conocimiento tradicional de hongos comestibles en comunidades indígenas del mundo y límites planetarios, revisión sistemática actual. *Revista CoPaLa. Construyendo Paz Latinoamericana*, *10*(21), 1–23. https://doi.org/10.35600/25008870.2025.21.0368.1

Meyer, V., Basenko, E., Benz, P., Braus, G., Caddick, M., Csukai, M., de Vries, R., Endy, D., Frisvad, J., Gunde-Cimerman, N., Haarmann, T., Hadar, Y., Hansen, K., Johnson, R., Keller, N., Kraševec, N., Mortensen, U., Perez, R., Ram, A., … Wösten, H. (2020). Growing a circular economy with fungal biotechnology: a white paper. *Fungal Biology and Biotechnology*, *7*(1), 5. https://doi.org/10.1186/s40694-020-00095-z

Ministerio de Agricultura Acuacultura y Pesca. MAGAP. (2020). *Sistema de información pública agropecuaria*. Ecuador.

Montenegro, I., & Stuardo, C. (2021). Introducción al cultivo de hongos comestibles. In *Instituto Forestal - Fundación para la Innovación Agraria* (Issue 56). INFOR. https://doi.org/10.52904/20.500.12220/31294

Moroni, P., Ais, J., & O'Leary, N. (2022). Los hongos comestibles de América: Una revisión bibliográfica. *Darwiniana, Nueva Serie*, *10*(1), 307–323. https://doi.org/10.14522/darwiniana.2022.101.1023

Muswati, C., Simango, K., Tapfumaneyi, L., Mutetwa, M., & Ngezimana, W. (2021). The Effects of Different Substrate Combinations on Growth and Yield

of Oyster Mushroom (Pleurotus ostreatus). *International Journal of Agronomy*, *2021*, 1–10. https://doi.org/10.1155/2021/9962285

Nakazawa, T., Kawauchi, M., Otsuka, Y., Han, J., Koshi, D., Schiphof, K., Ramírez, L., Pisabarro, A. G., & Honda, Y. (2024). Pleurotus ostreatus as a model mushroom in genetics, cell biology, and material sciences. *Applied Microbiology and Biotechnology*, *108*(1), 217. https://doi.org/10.1007/s00253-024-13034-4

Newrick, B., Laca, A., & Laca, A. (2024). Mitigación mediante bacterias, hongos y organismos superiores de los impactos ambientales ocasionados por microplásticos en ecosistemas acuáticos. *Ingeniería Del Agua*, *28*(3), 169–184. https://doi.org/10.4995/ia.2024.21599

Nguyen, T., & Ranamukhaa, S. (2020). Effect of Different Culture Media, Grain Sources and Alternate Substrates on the Mycelial Growth of Pleurotus eryngii and Pleurotus ostreatus. *Pakistan Journal of Biological Sciences*, *23*(3), 223–230. https://doi.org/10.3923/pjbs.2020.223.230

Nwoko, M., Ehumadu, C., Achufusi, J., Nmezi, S., Ezekoye, M., & Ahaiwe, M. (2022). Variability effect of pH on yield optimization and Mycochemical compositions of Pleurotus ostreatus sporophores cultured on HCl-induced substrate. *African Journal of Plant Science*, *16*(5), 97–110. https://doi.org/https://doi.org/10.5897/AJPS2021.2162

Nyangwire, B., Ocimati, W., Tazuba, A., Blomme, G., Alumai, A., & Onyilo, F. (2024). Pleurotus ostreatus is a potential biological control agent of root-knot nematodes in eggplant (Solanum melongena). *Frontiers in Agronomy*, *6*. https://doi.org/10.3389/fagro.2024.1464111

Padilla, K., & Dobronski, J. (2023). *Evaluación de distintos medios de cultivo in vitro para la elaboración de micelio del hongo ostra blanco (Pleurotus ostreatus) (jacq.) P. Kumm., en laboratorio.* Universidad Técnica de Ambato.

Pineda, C., Jácome, M., Chandi, J., & Pineda-Insuasti, J. (2021). Desarrollo de un proceso a escala de laboratorio para la producción de bloques ecológicos a partir de residuos del cultivo del champiñón ostra (pleurotus spp). . *Revista Biorrefinería*, *4*(4), 73–83.

Pineda, J., García, M., & González, A. (2021). Pleurotus ostreatus: a mushroom with potential. *Revista Biorrefinería*, *1*(3), 98–117. https://www.cebaecuador.org/wp-content/uploads/2021/06/Biorrefineri%CC%81a-02-2019-VERSION-COMPLETA-98-119.pdf

Rodríguez, I., Benavides-Guevara, R., Jurado, B., Marulanda, M., & Zuluaga-Domínguez, C. M. (2023). Propiedades fisicoquímicas, texturales y sensoriales en galletas elaboradas con mezcla de trigo, avena y quinua. *Ingeniería y Competitividad*, *25*(2), e20712242. https://doi.org/10.25100/iyc.v25i2.12242

Rodríguez-Barrera, T., Téllez-Téllez, M., Sánchez, J., Castañeda-Ramirez, G., Acosta-Urdapilleta, M., Bautista-Garfias, C., & Aguilar Marcelino, L. (2021). Edible mushrooms of the genus Pleurotus as biocontrol agents of parasites of importance for livestock. *Scientia Fungorum*, *52*, e1375. https://doi.org/10.33885/sf.2021.52.1375

Ronquillo, M. (2021). *Obtención de bioetanol mediante hidrólisis enzimática a partir de biomasa residual agrícola procedente de maíz blanco, trigo y cebada con fines de biorefineria.* Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

Salifu, E., Di Rauso, G., Russo, G., Rao, M., Urciuoli, G., & El Mountassir, G. (2025). Influence of environmental conditions on the growth of Pleurotus ostreatus in sand. *Biogeotechnics*, *3*(2), 100137. https://doi.org/10.1016/j.bgtech.2024.100137

Sassine, Y., Naim, L., El Sebaaly, Z., Abou, S., Alsanad, M., & Yordanova, M. (2021). Nano urea effects on Pleurotus ostreatus nutritional value depending

on the dose and timing of application. *Scientific Reports*, *11*(1), 5588. https://doi.org/10.1038/s41598-021-85191-9

Soto, M. (2023). Aprovechamiento de residuos del maíz (Zea mays) en la industria: Revisión bibliográfica. *RIVAR*, *11*(31), 212–229. https://doi.org/10.35588/rivar.v10i31.5980

Sreerag, N., Kashyap, P., Shilpa, V., Thakur, M., & Goksen, G. (2025). Recent advances on mycelium based biocomposites: Synthesis, strains, lignocellulosic substrates, production parameters. *Polymer Reviews*, *65*(1), 169–198. https://doi.org/10.1080/15583724.2024.2423949

Srivastava, N., Singh, R., Mohammad, A., Pal, D. B., Ahmad, I., Alam, M., Mishra, P. K., & Gupta, V. (2022). Acid tolerant multicomponent bacterial enzymes production enhancement under the influence of corn cob waste substrate. *International Journal of Food Microbiology*, *373*, 109698. https://doi.org/10.1016/j.ijfoodmicro.2022.109698

Suwannarach, N., Kumla, J., Zhao, Y., & Kakumyan, P. (2022). Impact of Cultivation Substrate and Microbial Community on Improving Mushroom Productivity: A Review. *Biology*, *11*(4), 569. https://doi.org/10.3390/biology11040569

Téllez, M., & Romero, R. (2024). Hongos: una alternativa biodegradable en la industria textil. *Inventio*, *20*(51), 1–7. https://doi.org/10.30973/inventio/2024.20.51/1

Tuesta, M. (2025). *Efecto de los sustratos lignocelulósicos en la producción artesanal del hongo comestible Lentinula edodes (Shiitake) en Tingo María*. Universidad Nacional Agraria de la Selva.

Tufail, T., Saeed, F., Afzaal, M., Ain, H. B. U., Gilani, S. A., Hussain, M., & Anjum, F. M. (2021). Wheat straw: A natural remedy against different maladies. *Food Science & Nutrition*, *9*(4), 2335–2344. https://doi.org/10.1002/fsn3.2030

Uria, M. (2022). *Revisión sistemática: evaluación del hongo Trichoderma y su capacidad antagonista frente al hongo fitopatógeno Rhizoctonia solani y Colletotrichum gloeosporioides* [Universidad César Vallejo]. https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/104864

Wiesnerová, L., Hřebečková, T., Jablonský, I., & Koudela, M. (2023). Effect of different water contents in the substrate on cultivation of Pleurotus ostreatus Jacq. P. Kumm. *Folia Horticulturae*, *35*(1), 25–31. https://doi.org/10.2478/fhort-2023-0002

Xu, F., Chen, P., Li, H., Qiao, S., Wang, J., Wang, Y., Wang, X., Wu, B., Liu, H., Wang, C., & Xu, H. (2021). Comparative transcriptome analysis reveals the differential response to cadmium stress of two Pleurotus fungi: Pleurotus cornucopiae and Pleurotus ostreatus. *Journal of Hazardous Materials*, *416*, 125814. https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2021.125814

Yang, W., Guo, F., & Wan, Z. (2023). Yield and size of oyster mushroom grown on rice/wheat straw basal substrate supplemented with cotton seed hull. *Saudi Journal of Biological Sciences*, *20*(4), 333–338. https://doi.org/10.1016/j.sjbs.2013.02.006

Yohannes, B., Abraham, M., Bikila, G., Robel, D., Getahun, T., Jale, M., Malesu, A., Tsehaynesh, F., & Lalise, D. (2020). Selection of appropriate substrate for production of oyster mushroom (Pleurotus ostreatus). *Journal of Yeast and Fungal Research*, *11*(1), 15–25. https://doi.org/10.5897/JYFR2019.0187

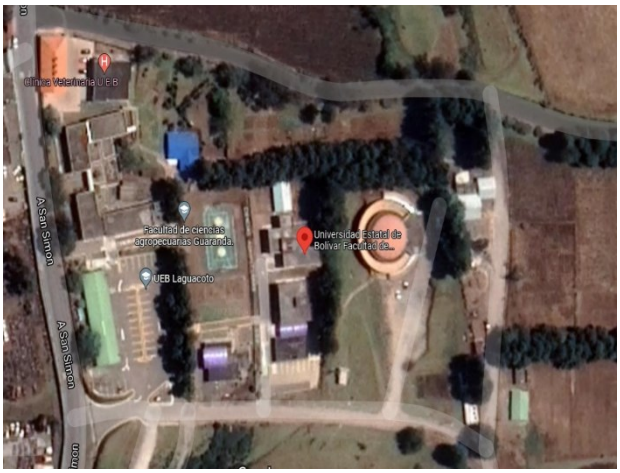
Zhao, Q., Liu, X., Cui, L., & Ma, C. (2024). Extraction and bioactivities of the chemical composition from Pleurotus ostreatus: a review. *Journal of Future Foods*, *4*(2), 111–118. https://doi.org/10.1016/j.jfutfo.2023.06.001

ANEXOS

Anexo 1

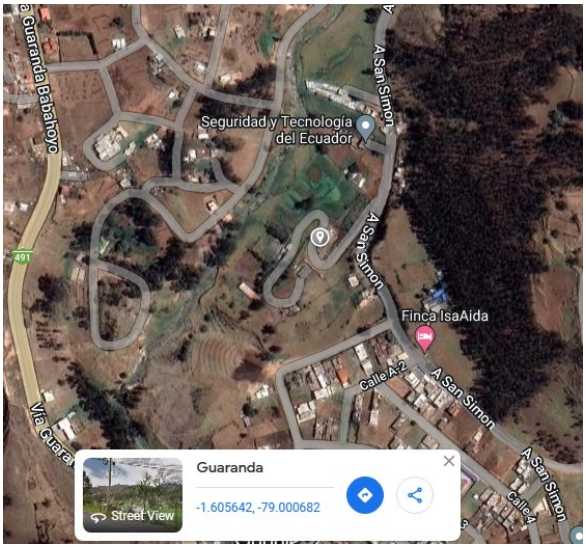
Mapa de la ubicación de la investigación

Mapa y coordenadas del laboratorio de vinculación de la UEB



Nota: Toma de la ubicación mediante “Google Maps”

Mapa y coordenadas del laboratorio general de la UEB

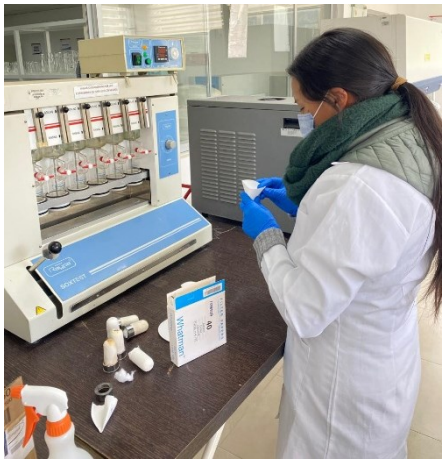


Nota: Toma de la ubicación mediante “Google Maps”

Anexo 2

Fotografías de la investigación

A



B



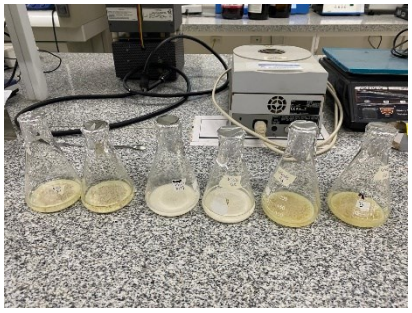
C



D



E



F



Nota. A: Determinación de grasa; B: Determinación de fibra; C: Determinación de pH; D: Determinación de cenizas; E: Determinación de acidez; F: Sustrato colonizado hasta la primera semana

Anexo 3

Análisis de laboratorio

VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN Y VINCULACIÓN	LABORATORIOS DE INVESTIGACIÓN Y VINCULACIÓN Laguacoto II, Km 1 1/2, vía a San Simón, Cantón Guaranda, Provincia Bolívar, Ecuador.	Código	FPG12-01
		Versión	1
	INFORME DE RESULTADOS	Año	2025
		Pagina	Página 1 de 1

INFORME Nº 107-2025

DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA	
Solicitante	Deysi Tatiana Guerra Mazalema y Rosa Beatriz Mazabanda Toalombo
Muestra	Residuos de maíz, trigo y cebada
Código asignado UEB	INV-120; INV-121; INV-122
Estado de la muestra	Sólido, pulverizado
Envase de recepción	Recipiente de plástico
Análisis requerido(s)	Proteína total
Fecha de recepción	20/03/2025
Fecha de análisis	20/03/2025
Fecha de informe	01/04/2025
Técnico (s) asignado	MIPV

RESULTADOS OBTENIDOS

Código	Muestra	Parámetros	Unidad	Método	Resultado	Promedio
INV-120	Residuos de maíz	Proteína Total	%	Dumas	9,576	10,03
					10,545	
					9,975	
INV-121	Residuos de trigo	Proteína Total	%	Dumas	12,426	12,39
					12,597	
					12,141	
INV-122	Residuos de cebada	Proteína Total	%	Dumas	9,348	9,44
					9,006	
					9,975	

La muestra fue realizada por 3 réplicas

Dr. Favian Bayas Morejón
Director DIVIUEB

INFORME DE ENSAYOS Nº104

DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA

Solicitante	Deysi Guerra – Rosa Mazabanda
Muestra	Residuos de maíz – Residuos de trigo – Residuos cebada
Código asignado UEB	INV120- INV121-INV122
Estado de la muestras	Pulverizadas
Envase de recepción	Bolsas plásticas
Análisis requerido(s)	Mohos y Levaduras
Fecha de recepción	24 de Marzo del 2025
Fecha de análisis	24-26 de Marzo del 2025
Fecha de informe	31 de Marzo del 2025
Técnico (s) asignado	MPWF

RESULTADOS OBTENIDOS

Código laboratorio	Muestra	Parámetro	Unidad	Método	Resultado
INV120	Residuos de maíz	Mohos y levaduras	UFC	Petrifilm	Ausencia
INV121	Residuos de trigo				Ausencia
INV122	Residuos de cebada				Ausencia

Los resultados de los análisis corresponden a 3 determinaciones y 3 diluciones por análisis.

Universidad Estatal de Bolívar
INVESTIGACIÓN

Ing. Favián Bayas, PhD.
Director DIVIUEB

INV122	Residuos de cebada	Grasa	%	AOAC 2003.06	1,36
		Humedad		AOAC 925.10	14,00
		Ceniza		AOAC 923.03	2,37
		Fibra		INEN 783	10,12
		pH	----	INEN 526	5,32
		Acidez	% ácido sulfúrico	INEN 521	0,11

Los resultados de los análisis corresponden a 3 determinaciones por análisis.

Universidad Estatal de Bolívar
INVESTIGACIÓN

Ing. Favián Bayas, PhD.
Director DIVIUEB

INFORME DE ENSAYOS Nº102

DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA

Solicitante	Deysi Guerra – Rosa Mazabanda
Muestra	Residuos de maíz – Residuos de trigo – Residuos cebada
Código asignado UEB	INV120- INV121-INV122
Estado de la muestras	Pulverizadas
Envase de recepción	Bolsas plásticas
Análisis requerido(s)	Grasa, humedad, ceniza, fibra, pH, acidez
Fecha de recepción	24 de Marzo del 2025
Fecha de análisis	24-31 de Marzo del 2025
Fecha de informe	31 de Marzo del 2025
Técnico (s) asignado	MPWF

RESULTADOS OBTENIDOS

Código laboratorio	Muestra	Parámetro	Unidad	Método	Resultado
INV120	Residuos de maíz	Grasa	%	AOAC 2003.06	4,49
		Humedad		AOAC 925.10	13,46
		Ceniza		AOAC 923.03	1,69
		Fibra		INEN 783	9,89
		pH	----	INEN 526	5,80
		Acidez	% ácido sulfúrico	INEN 521	0,16
INV121	Residuos de trigo	Grasa	%	AOAC 2003.06	1,46
		Humedad		AOAC 925.10	14,41
		Ceniza		AOAC 923.03	1,64
		Fibra		INEN 783	8,81
		pH	----	INEN 526	5,65
		Acidez	% ácido sulfúrico	INEN 521	0,15

Anexo 4

Normativa INEN

Quito - Ecuador

NORMA TÉCNICA ECUATORIANA **NTE INEN 521:2013**
Primera revisión

HARINAS DE ORIGEN VEGETAL. DETERMINACIÓN DE LA ACIDEZ TITULABLE

Primera edición

VEGETAL FLOUR. DETERMINATION OF TITRATABLE ACIDITY

First edition

DESCRIPTORES: Harina, acidez titulable, determinación, origen vegetal
AL 02.02-305
CDU: 664.2:543.8
ICS: 67.060

Norma Técnica Ecuatoriana Voluntaria	HARINAS DE ORIGEN VEGETAL DETERMINACIÓN DE LA ACIDEZ TITULABLE	NTE INEN 521:2013 Primera revisión 2013-09

1. OBJETO

1.1 Esta norma describe el método para determinar el contenido de acidez titulable en las harinas de origen vegetal.

2. DEFINICIONES

2.1 Acidez titulable. Es la acidez de la harina de origen vegetal expresada convencionalmente como ácido sulfúrico y determinada mediante procedimientos normalizados.

3. MÉTODO DE ENSAYO

3.1 Resumen

3.1.1 Se titula la acidez como una solución estandarizada de hidróxido de sodio, usando fenolftaleína como indicador.

3.2 Equipos

3.2.1 *Matraz Erlenmeyer con tapón esmerilado*, de 100 cm^3.

3.2.2 *Matraz Erlenmeyer*, de 50 cm^3.

3.2.3 *Pipetas*, de 10 y de 25 cm^3.

3.2.4 *Bureta*, de 25 cm^3, con divisiones de 0,05 cm^3 ó de 0,1 cm^3.

3.3 Reactivos y materiales

3.3.1 *Solución 0,02 N de hidróxido de sodio*, debidamente estandarizada.

3.3.2 *Solución indicadora de fenolftaleína.* Disolver 0.1 g de fenolftaleína en 100 cm^3 de alcohol etílico de 60% (V/V).

3.3.3 *Alcohol etílico de 90% (V/V).* Neutralizado.

3.4 Preparación de la muestra

3.4.1 Las muestras para el ensayo deben estar acondicionados en recipientes herméticos, limpios, secos (vidrio plástico u otro material inoxidable), completamente llenos para evitar que se formen espacios de aire.

3.4.2 La cantidad de muestra de la harina de origen vegetal extraída dentro de un lote determinado debe ser representativa y no debe exponerse al aire mucho tiempo.

3.4.3 Se homogeniza la muestra invirtiendo varias veces el recipiente que la contiene.

3.5 Procedimiento

3.5.1 La determinación debe realizarse por duplicado sobre la misma muestra preparada.

(Continúa)

DESCRIPTORES: Harina, acidez titulable, determinación, origen vegetal.

3.5.2 Pesar, con aproximación al 0,1 mg, 5 g de la harina de origen vegetal y transferir al matraz Erlenmeyer de 100 cm^3.

3.5.3 Agregar lentamente 50 cm^3.cm de alcohol de 90% (V/V) neutralizado, tapar el matraz Erlenmeyer y agitar fuertemente.

3.5.4 Dejar en reposo durante 24 h, agitando de vez en cuando.

3.5.5 Tomar con la pipeta una alícuota del 10 cm^3 del líquido claro sobrenadante y transferir al matraz Erlenmeyer de 50 cm^3; agregar 2 cm^3 de la solución indicadora de fenolftaleína.

3.5.6 Agregar lentamente y con agitación la solución 0,02 N de hidróxido de sodio, hasta conseguir un color rosado que desaparece poco a poco.

3.5.7 Continuar agregando la solución hasta que el color rosado persista durante 30 s.

3.5.8 Leer en la bureta el volumen de solución empleada, con aproximación a 0,05 cm^3.

3.6 Cálculos

3.6.1 La acidez titulable en harinas de origen vegetal, en base seca, se calcula mediante la ecuación siguiente:

$$A = \frac{490\,NV}{m(100 - H)} \times \frac{V_1}{V_2}$$

En donde:

A = contenido de acidez en las harinas de origen vegetal, en porcentaje de masa de ácido sulfúrico.

N = normalidad de la solución de hidróxido de sodio.

V = volumen de la solución de hidróxido de sodio empleado en la titulación, en cm.

V_1 = volumen del alcohol empleado en cm^3. (50 cm^3)

V_2 = volumen de la alícuota tomada para la titulación, en cm^3. (10 cm^3)

m = masa de la muestra, en g.

H = porcentaje de humedad en la muestra.

3.7 Errores de método

3.7 Errores de método

3.7.1 La diferencia entre los resultados de una determinación efectuada por duplicado no debe exceder de 0,05%; en caso contrario, debe repetirse la determinación.

3.8 Informe de resultados

3.8.1 Como resultado final, debe reportarse la media aritmética de los dos resultados de la determinación aproximada a centésimas.

3.8.2 En el informe de resultados, deben indicarse el método usado y el resultado obtenido. Debe mencionarse, además, cualquier condición con especificada en esta norma o considerada como opcional, así como cualquier circunstancia que pueda haber influido sobre el resultado.

3.8.3 Deben incluirse todos los detalles necesarios para la completa identificación de la muestra.

(Continua)

APENDICE Z

Z.1 NORMAS A CONSULTAR

Esta norma no necesita de otras para su aplicación

Z.2 BASES DE ESTUDIO

Norma Técnica Peruana NTP 205.039 1975 (Revisada el 2011) *Harinas. Determinación de la acidez titulable*. Comisión de Normalización y de Fiscalización de Barreras Comerciales no Arancelarias-INDECOPI, Lima, Perú 2011.

INFORMACIÓN COMPLEMENTARIA

Documento: **NTE INEN 521** **Primera revisión**	**TÍTULO: HARINA DE ORIGEN VEGETAL. DETERMINACIÓN DE LA ACIDEZ TITULABLE.**	**Código:** **AL 02.02-305**
ORIGINAL: Fecha de iniciación del estudio:	REVISIÓN: Fecha de aprobación anterior por Consejo Directivo 1980-12-11 Oficialización con el Carácter de Obligatoria por Acuerdo Ministerial No. 126 de 1981-02-05 publicado en el Registro Oficial No. 389 de 1981-02-27 Fecha de iniciación del estudio: 2012-07-19	
Fechas de consulta pública: 2012-11-20 al 2012-12-20		
Subcomité Técnico: Fecha de iniciación: Integrantes del Subcomité:	Fecha de aprobación:	
NOMBRES:	**INSTITUCIÓN REPRESENTADA:**	

Mediante compromiso presidencial N° 16364, el Instituto Ecuatoriano de Normalización – INEN, en vista de la necesidad urgente, resuelve actualizar el acervo normativo en base al estado del arte y con el objetivo de atender a los sectores priorizados así como a todos los sectores productivos del país.

Para la revisión de esta Norma Técnica se ha considerado el nivel jerárquico de la normalización, habiendo el INEN realizado un análisis que ha determinado su conveniente aplicación en el país.

La Norma en referencia ha sido sometida a consulta pública por un período de 30 días y por ser considerada EMERGENTE no ha ingresado a Subcomité Técnico.

Anexo 5

Glosario de términos técnicos

- **Micelio:** Red de filamentos delgados y ramificados formados por el crecimiento del hongo. Es la parte vegetativa del hongo y constituye la base del cuerpo del hongo.
- **Carpóforo:** Estructura reproductiva del hongo que produce esporas. En el caso de *Pleurotus ostreatus*, se refiere a los cuerpos fructíferos o setas.
- **Sustrato:** Material utilizado como base para el crecimiento de los hongos. En esta investigación, se estudian sustratos de trigo, cebada y maíz.
- **Esterilización:** Proceso de eliminación de microorganismos patógenos y competidores del sustrato para evitar contaminaciones no deseadas en el cultivo de hongos.
- **Análisis físico, químico y microbiológico:** Evaluación de las características físicas, químicas y presencia de microorganismos en el sustrato utilizado para el cultivo de hongos.
- **Costo-beneficio:** Relación entre los costos totales de producción y los beneficios económicos obtenidos, utilizado para evaluar la viabilidad económica de un proyecto o proceso.
- **Inmunomodulador:** Sustancia que modifica la respuesta del sistema inmunitario, utilizado en la medicina para tratar diversas enfermedades.
- **DCA (Diseño Completamente al Azar):** Tipo de diseño experimental en el que los tratamientos se asignan al azar a las unidades experimentales, utilizado para reducir el sesgo en la asignación de tratamientos.
- **ANOVA (Análisis de Varianza):** Método estadístico utilizado para comparar las medias de dos o más grupos y determinar si existen diferencias significativas entre ellos.
- **Norma NTE INEN:** Normativa técnica ecuatoriana establecida por el Instituto Ecuatoriano de Normalización, utilizada para estandarizar procesos y procedimientos en diversos sectores, incluyendo la agricultura y la alimentación.

- **Relación superficie/volumen:** Relación entre la superficie externa y el volumen interno de un organismo o estructura, importante en el cultivo de hongos para maximizar la absorción de nutrientes y gases.
- **Primordios:** Son las estructuras iniciales visibles del cuerpo fructífero (carpóforo o esporóforo) de un hongo, que emergen a partir del micelio cuando las condiciones ambientales (humedad, temperatura, oxígeno, luz, nutrientes) son adecuadas para la fructificación.