



# UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI

## FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS Y RECURSOS NATURALES

### CARRERA DE AGROINDUSTRIA

### PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

“EVALUACIÓN DE LA EFICIENCIA DE DESHIDRATACIÓN EN TRES ESPECIES DE HONGOS COMESTIBLES OSTRAS ROSADAS (*Pleurotus djamor*), OSTRAS PLOMAS (*Pleurotus ostreatus*) Y PORTOBELLOS (*Agaricus bisporus*)”

Proyecto de Investigación presentado previo a la obtención del Título de  
Ingeniero Agroindustrial

**Autor:**  
Condorcana Tapia Francisco Daniel

**Tutor:**  
Fernández Paredes Manuel Enrique

LATACUNGA – ECUADOR

Marzo 2026

## **DECLARACIÓN DE AUTORÍA**

Condorcana Tapia Francisco Daniel, con cédula de ciudadanía No. 0550413157, declaro ser autor del presente Proyecto de Investigación: **“EVALUACIÓN DE LA EFICIENCIA DE DESHIDRATACIÓN EN TRES ESPECIES DE HONGOS COMESTIBLES OSTRAS ROSADAS (*Pleurotus djamor*), OSTRAS PLOMAS (*Pleurotus ostreatus*) Y PORTOBELLOS (*Agaricus bisporus*)”**, siendo el Ingeniero Mg. Manuel Enrique Fernández Paredes Tutor del presente trabajo; y, eximo expresamente a la Universidad Técnica de Cotopaxi y a sus representantes legales de posibles reclamos o acciones legales.

Además, certifico que las ideas, conceptos, procedimientos y resultados vertidos en el presente trabajo investigativo, son de mi exclusiva responsabilidad.

Latacunga, 11 de febrero del 2026

Francisco Daniel Condorcana Tapia  
C.C: 0550413157  
**ESTUDIANTE**

## CONTRATO DE CESIÓN NO EXCLUSIVA DE DERECHOS DE AUTOR

Comparecen a la celebración del presente instrumento de cesión no exclusiva de obra, que celebran de una parte **CONDORCANA TAPIA FRANCISCO DANIEL**, identificado con cédula de ciudadanía **0550414157** de estado civil soltero, a quien en lo sucesivo se denominará **EL CEDENTE**; y, de otra parte, la Doctora Idalia Eleonora Pacheco Tigsalema, en calidad de Rectora, y por tanto representante legal de la Universidad Técnica de Cotopaxi, con domicilio en la Av. Simón Rodríguez, Barrio El Ejido, Sector San Felipe, a quien en lo sucesivo se le denominará **LA CESIONARIA** en los términos contenidos en las cláusulas siguientes:

**ANTECEDENTES: CLÁUSULA PRIMERA. - EL CEDENTE** es una persona natural estudiante de la carrera de Agroindustria, titular de los derechos patrimoniales y morales sobre el trabajo de grado **“EVALUACIÓN DE LA EFICIENCIA DE DESHIDRATACIÓN EN TRES ESPECIES DE HONGOS COMESTIBLES OSTRAS ROSADAS (*Pleurotus djamor*), OSTRAS PLOMAS (*Pleurotus ostreatus*) Y PORTOBELLOS (*Agaricus bisporus*)”**, la cual se encuentra elaborada según los requerimientos académicos propios de la Facultad; y, las características que a continuación se detallan:

### **Historial Académico**

Inicio de la carrera: Abril 2022 - Agosto 2022

Finalización de la carrera: Octubre 2025 – Marzo 2026

Tutor: Ing. Manuel Enrique Fernández Paredes, Mg.

Tema: **“EVALUACIÓN DE LA EFICIENCIA DE DESHIDRATACIÓN EN TRES ESPECIES DE HONGOS COMESTIBLES OSTRAS ROSADAS (*Pleurotus djamor*), OSTRAS PLOMAS (*Pleurotus ostreatus*) Y PORTOBELLOS (*Agaricus bisporus*)”**

**CLÁUSULA SEGUNDA. - LA CESIONARIA** es una persona jurídica de derecho público creada por ley, cuya actividad principal está encaminada a la educación superior formando profesionales de tercer y cuarto nivel normada por la legislación ecuatoriana la misma que establece como requisito obligatorio para publicación de trabajos de investigación de grado en su repositorio institucional, hacerlo en formato digital de la presente investigación.

**CLÁUSULA TERCERA.** - Por el presente contrato, **EL CEDENTE** autoriza a **LA CESIONARIA** a explotar el trabajo de grado en forma exclusiva dentro del territorio de la República del Ecuador.

**CLÁUSULA CUARTA. - OBJETO DEL CONTRATO:** Por el presente contrato **EL CEDENTE**, transfiere definitivamente a **LA CESIONARIA** y en forma exclusiva los siguientes derechos patrimoniales; pudiendo a partir de la firma del contrato, realizar, autorizar o prohibir:

- a) La reproducción parcial del trabajo de grado por medio de su fijación en el soporte informático conocido como repositorio institucional que se ajuste a ese fin.
- b) La publicación del trabajo de grado.
- c) La traducción, adaptación, arreglo u otra transformación del trabajo de grado con fines académicos y de consulta.
- d) La importación al territorio nacional de copias del trabajo de grado hechas sin autorización del titular del derecho por cualquier medio incluyendo mediante transmisión.
- e) Cualquier otra forma de utilización del trabajo de grado que no está contemplada en la ley como excepción al derecho patrimonial.

**CLÁUSULA QUINTA.** - El presente contrato se lo realiza a título gratuito por lo que **LA CESIONARIA** no se halla obligada a reconocer pago alguno en igual sentido **EL CEDENTE** declara que no existe obligación pendiente a su favor.

**CLÁUSULA SEXTA.** - El presente contrato tendrá una duración indefinida, contados a partir de la firma del presente instrumento por ambas partes.

**CLÁUSULA SÉPTIMA. - CLÁUSULA DE EXCLUSIVIDAD.** - Por medio del presente contrato, se cede en favor de **LA CESIONARIA** el derecho a explotar la obra en forma exclusiva, dentro del marco establecido en la cláusula cuarta, lo que implica que ninguna otra persona incluyendo **EL CEDENTE** podrá utilizarla.

**CLÁUSULA OCTAVA. - LICENCIA A FAVOR DE TERCEROS. - LA CESIONARIA** podrá licenciar la investigación a terceras personas siempre que cuente con el consentimiento de **EL CEDENTE** en forma escrita.

**CLÁUSULA NOVENA.** - El incumplimiento de la obligación asumida por las partes en la cláusula cuarta, constituirá causal de resolución del presente contrato. En consecuencia, la resolución se producirá de pleno derecho cuando una de las partes comunique, por carta notarial, a la otra que quiere valerse de esta cláusula.

**CLÁUSULA DÉCIMA.** - En todo lo no previsto por las partes en el presente contrato, ambas se someten a lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, Código Civil y demás del sistema jurídico que resulten aplicables.

**CLÁUSULA UNDÉCIMA.** - Las controversias que pudieran suscitarse en torno al presente contrato, serán sometidas a mediación, mediante el Centro de Mediación del Consejo de la Judicatura en la ciudad de Latacunga. La resolución adoptada será definitiva e inapelable, así como de obligatorio cumplimiento y ejecución para las partes y, en su caso, para la sociedad. El costo de tasas judiciales por tal concepto será cubierto por parte del estudiante que lo solicitare.

En señal de conformidad las partes suscriben este documento en dos ejemplares de igual valor y tenor en la ciudad de Latacunga, a los 11 días del mes de febrero del 2026.

Francisco Daniel Condorcana Tapia      Dra. Idalia Pacheco Tigsalema, Ph.D.

**EI CEDENTE**

**LA CESIONARIA**

## **AVAL DEL TUTOR DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN**

En calidad de Tutor del Proyecto de Investigación con el título:

**“EVALUACIÓN DE LA EFICIENCIA DE DESHIDRATACIÓN EN TRES ESPECIES DE HONGOS COMESTIBLES OSTRAS ROSADAS (*Pleurotus djamor*), OSTRAS PLOMAS (*Pleurotus ostreatus*) Y PORTOBELLOS (*Agaricus bisporus*)”**, de Condorcana Tapia Francisco Daniel, de la carrera de Agroindustria, considero que el presente trabajo investigativo es merecedor del Aval de aprobación al cumplir las normas, técnicas y formatos previstos, así como también ha incorporado las observaciones y recomendaciones propuestas en la pre-defensa.

Latacunga, 11 de febrero del 2026

Ing. Manuel Enrique Fernández Paredes, Mg.  
C.C: 0501511604  
**DOCENTE TUTOR**

## **AVAL DE APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE TITULACIÓN**

En calidad de Tribunal de Lectores, aprobamos el presente Informe de Investigación de acuerdo a las disposiciones reglamentarias emitidas por la Universidad Técnica de Cotopaxi; y, por la Facultad de Ciencias Agropecuarias y Recursos Naturales; por cuanto, el postulante: Condorcana Tapia Francisco Daniel, con el título del Proyecto de Investigación: **“EVALUACIÓN DE LA EFICIENCIA DE DESHIDRATACIÓN EN TRES ESPECIES DE HONGOS COMESTIBLES OSTRAS ROSADAS (*Pleurotus djamor*), OSTRAS PLOMAS (*Pleurotus ostreatus*) Y PORTOBELLOS (*Agaricus bisporus*)”**, ha considerado las recomendaciones emitidas oportunamente y reúne los méritos suficientes para ser sometido al acto de sustentación del trabajo de titulación.

Por lo antes expuesto, se autoriza grabar los archivos correspondientes en un CD, según la normativa institucional.

Latacunga, 11 de febrero del 2026

Ing. Zoila Eliana Zambrano Ochoa, Mg.  
C.C: 0501773931  
**LECTOR 1 (PRESIDENTE)**

Ing. Ana Maricela Trávez Castellano, Mg.  
C.C: 0502270937  
**LECTOR 2 (MIEMBRO)**

Ing. Nancy Fabiola Moreano Terán, Mg.  
CC: 0503352122  
**LECTOR 3 (MIEMBRO)**

## **AGRADECIMIENTO**

*Primeramente, agradezco a DIOS por haberme acompañado durante toda mi carrera, el que me ha dado salud y fortaleza para levantarme en los momentos de debilidad, por permitirme llegar a este momento tan especial en mi vida y por brindarme experiencias y momentos de aprendizaje durante mi vida.*

*Agradecer a mi madre por ser el pilar fundamental para mis ganas de superación y mis sueños, guiándome siempre por un buen camino y no dejarme desfallecer ante cualquier obstáculo presente.*

*A cada uno de los docentes y servidores de la Facultad de Ciencias Agropecuarias y Recursos Naturales por compartir sus anécdotas y conocimientos tanto en lo teórico como en lo práctico ya que de una u otra forma han ayudado a formarme como persona y profesionalmente.*

*A las autoridades de la Universidad Técnica de Cotopaxi por permitirme formarme como profesional en su institución además de su apoyo a lo largo de mi formación*

***Francisco Daniel Condorcana Tapia***

## **DEDICATORIA**

*A mi familia en general por brindarme su cariño y comprensión además de siempre poder contar con ellos en cada paso de mi vida, por enseñarme a ser humilde y que para superarse a uno mismo se debe atravesar duros caminos en la vida.*

*A mi madre quien ha sido el motor y pilar fundamental para seguir adelante en mi vida y no desfallecer ante los problemas que se presentaban, enseñándome a superar las adversidades sin comprometer nuestro ser interior, con su sacrificio y apoyo ha logrado que llegue a este punto brindándome el cariño de madre, quien supo con firmeza educar con disciplina y valores éticos.*

*Todos y cada uno de ellos han sido motivo de inspiración y motivo para lograr esta meta propuesta con todo el amor de mi persona y el mundo este logro es para todos ustedes.*

***Francisco Daniel Condorcana Tapia***

**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI**  
**FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS Y RECURSOS NATURALES**

**TÍTULO: “EVALUACIÓN DE LA EFICIENCIA DE DESHIDRATACIÓN EN TRES ESPECIES DE HONGOS COMESTIBLES OSTRAS ROSADAS (*Pleurotus djamor*), OSTRAS PLOMAS (*Pleurotus ostreatus*) Y PORTOBELLOS (*Agaricus bisporus*)”.**

**Autor:**

Condorcana Tapia Francisco Daniel

**RESUMEN**

La presente investigación evaluó la eficiencia de deshidratación sobre tres especies de hongos comestibles ostra rosada (*Pleurotus djamor*), ostra ploma (*Pleurotus ostreatus*) y portobello (*Agaricus bisporus*); ante el factor de pérdida de pos cosecha que afecta en un 40% de la producción nacional. Utilizando un Diseño de Bloques Completamente al Azar (DBCA) en arreglo factorial de AxB (3\*3), el factor (A) indica la especie de hongo y el factor (B) indica el tratamiento térmico con 3 repeticiones, analizando humedad, pH, acidez. Los hongos frescos registraron humedad de 77,09-81,60%, pH con valores de 5,64-6,65 y acidez de 1,54-3,20% en base de ácido cítrico, tras la deshidratación el resultado del análisis de humedad descendió a 7,4-9,8% (<12% NTE INEN 1529), pH aumentó a 6,76-7,3 y en el análisis de acidez se obtuvo valores de 2,40-5,4%. Mediante el análisis estadístico se determinó el tratamiento óptimo (t<sub>3</sub>: Ostra rosada (60°C/4h) con valores de humedad 9,02%, pH 7,29 y acidez con 4,02% con respecto a los análisis nutricionales se obtuvo valores referentes de proteína 23,50 g/100 g; fibra 20,35 g/100 g y grasa de 2,12 g/100 g y rendimiento de 9,02%. El análisis de costos del tratamiento óptimo indicó un costo total de gastos de \$19,40 USD/kg, precio venta \$25,58 USD/100 g con una utilidad de 20% demostrando viabilidad para productores locales. Finalmente, la deshidratación a 60°C/4h en ostra rosada (*Pleurotus djamor*) optimiza la conservación de propiedades fisicoquímicas y nutricionales reduciendo pérdidas pos cosecha, extendiendo su vida útil y generando un valor agregado al producto terminado. Se recomienda implementar secadores solares y estudios de fortificación para escalabilidad industrial en la provincia de Cotopaxi.

**Palabras claves:** Deshidratación, eficiencia, postcosecha, tratamiento térmico, *Pleurotus djamor*, *Pleurotus ostreatus*, *Agaricus bisporus*.

**TECHNICAL UNIVERSITY OF COTOPAXI**  
**FACULTY OF AGRICULTURAL SCIENCE AND NATURAL RESOURCES**

**THEME: “EVALUATION THE EFFICIENCY OF DEHYDRATION ON THREE SPECIES OF EDIBLE MUSHROOMS: PINK OYSTER MUSHROOMS (*Pleurotus djamor*), GRAY OYSTER MUSHROOMS (*Pleurotus ostreatus*), AND PORTOBELLO MUSHROOMS (*Agaricus bisporus*)”.**

**Author:**

Condorcana Tapia Francisco Daniel

**ABSTRACT**

This study evaluated the efficiency of dehydration on three species of edible mushrooms: pink oyster mushroom (*Pleurotus djamor*), gray oyster mushroom (*Pleurotus ostreatus*), and portobello mushroom (*Agaricus bisporus*), given that post-harvest losses affect 40% of national production. Using a completely randomized block design (CRBD) in an AxB (3\*3) factorial arrangement, factor (A) indicates the mushroom species and factor (B) indicates the heat treatment with three replicates, analyzing moisture, pH, and acidity. The fresh mushrooms registered moisture content of 77.09-81.60%, pH values of 5.64-6.65, and acidity of 1.54-3.20% based on citric acid. After dehydration, the moisture analysis result decreased to 7.4-9.8% (<12% NTE INEN 1529), pH increased to 6.76-7.3, and the acidity analysis yielded values of 2.40-5.4%. Statistical analysis determined the optimal treatment (t<sub>3</sub>: Pink oyster (60°C/4h) with moisture values of 9.02%, pH 7.29, and acidity of 4.02%. Nutritional analysis yielded reference values of 23.50 g/100 g for protein, fiber 20.35 g/100 g, and fat 2.12 g/100 g, with a yield of 9.02%. The cost analysis of the optimal treatment indicated a total cost of \$19.40 USD/kg, a sale price of \$25.58 USD/100 g, and a profit margin of 20%, demonstrating viability for local producers. Finally, dehydration at 60°C/4h in pink oyster mushrooms (*Pleurotus djamor*) optimizes the preservation of physicochemical and nutritional properties, reducing post-harvest losses, extending shelf life, and generating added value to the finished product. It is recommended to implement solar dryers and fortification studies for industrial scalability in the province of Cotopaxi.

**Keywords:** Dehydration, efficiency, post-harvest, heat treatment, *Pleurotus djamor*, *Pleurotus ostreatus*, *Agaricus bisporus*.

## ÍNDICE DE CONTENIDOS

DECLARACIÓN DE AUTORÍA .....	ii
CONTRATO DE CESIÓN NO EXCLUSIVA DE DERECHOS DE AUTOR.....	iii
AVAL DEL TUTOR DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN.....	vi
AVAL DE APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE TITULACIÓN .....	vii
AGRADECIMIENTO .....	viii
DEDICATORIA .....	ix
RESUMEN .....	x
ABSTRACT .....	xi
ÍNDICE DE TABLAS .....	xvi
ÍNDICE DE FIGURAS .....	xviii
ÍNDICE DE ECUACIONES .....	xviii
INTRODUCCIÓN.....	1
1. INFORMACIÓN GENERAL .....	3
2. Diseño del proyecto .....	4
2.1 Planteamiento del problema .....	4
2.2. Marco contextual .....	5
2.3. Formulación del problema.....	6
2.4. Objetivos: .....	6
2.4.1 General.....	6
2.4.2. Específicos.....	6
2.5. Actividades y sistema de tareas en relación a los objetivos planteados .....	7
2.6. Fundamentación Científico Técnica .....	8
2.6.1. Marco Teórico .....	8
2.6.1.1. Antecedentes.....	8
2.6.1.2 Generalidades .....	9
2.6.1.3. Usos .....	10
2.6.1.3. Función nutricional.....	11
2.6.1.4. Beneficios .....	11

2.6.1.5. Caracterización Taxonómica .....	13
2.6.1.6. Hongo Ostra Rosada ( <i>Pleurotus djamor</i> ) .....	13
2.6.1.7. Hongo Ostra Ploma ( <i>Pleurotus ostreatus</i> ).....	15
2.6.1.8. Hongo Portobello ( <i>Agaricus bisporus</i> ).....	16
2.6.1.9. Análisis e inocuidad.....	17
2.6.1.10. Método de deshidratación.....	18
2.6.2. Marco Conceptual.....	19
2.7. Metodología del proyecto .....	21
2.7.1. Tipo de investigación .....	21
2.7.1.1. Investigación experimental.....	21
2.7.1.2. Investigación descriptiva .....	22
2.7.1.3. Investigación cuantitativa .....	22
2.7.2. Métodos de investigación .....	22
2.7.2.1. Método científico.....	22
2.7.2.2. Método experimental.....	23
2.7.3. Técnicas de investigación .....	23
2.7.3.1. Medición instrumental.....	23
2.7.3.2. Análisis estadístico experimental .....	23
2.7.4. Instrumentos de investigación .....	24
2.7.4.1. Matriz de registro de datos .....	24
2.7.4.2. Diseño experimental y software estadístico Infostat .....	24
2.7.4. Localización del área de estudio.....	25
2.7.4.1. Ubicación del área de recolección de las materias primas .....	25
2.7.4.2. Ubicación del área para el desarrollo de las actividades .....	25
2.7.5. Materiales/Equipos .....	25
2.7.5.1. Materia prima .....	26

2.7.5.2. Sustancias/Reactivos .....	26
2.7.5.3. Materiales de laboratorio .....	26
2.7.6. Equipos .....	26
2.7.7. Metodología de análisis para características fisicoquímicas .....	27
2.7.7.1. Análisis fisicoquímicos estado fresco y deshidratado .....	27
2.7.8. Metodología de análisis para características nutricionales.....	29
2.7.8.1. Análisis nutricionales del mejor tratamiento .....	29
2.7.9. Metodología para la deshidratación de hongos .....	32
2.7.9.1. Procedimiento.....	32
2.7.9.2. Diagrama de flujo del procedimiento de deshidratación .....	37
2.8. VALIDACIÓN DE LAS PREGUNTAS CIENTÍFICAS O HIPÓTESIS .....	38
2.9. DISEÑO EXPERIMENTAL.....	38
2.9.1. Tratamientos .....	39
2.9.2. Características del experimento.....	40
2.9.3. Características de la unidad experimental .....	40
2.9.4. Variables de respuesta .....	40
2.9.5. Análisis de varianza.....	41
2.10. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS .....	41
2.10.1. Composición fisicoquímica en estado fresco .....	41
2.10.1.1. Análisis de Humedad.....	41
2.10.1.2. Análisis de pH .....	42
2.10.1.7. Análisis de Acidez.....	44
2.10.2. Composición fisicoquímica en estado deshidratado.....	45
2.10.2.1. Análisis de Humedad.....	45
2.10.2.2. Análisis de pH .....	46
2.10.1.8. Análisis de Acidez.....	46

2.10.3. Análisis de varianza (ADEVA) .....	47
2.10.3.1. Variable humedad.....	47
2.10.3.2. Variable pH .....	53
2.10.3.3. Variable de acidez .....	58
2.10.4. Identificación del mejor tratamiento .....	62
2.10.4.1. Variables del mejor tratamiento .....	63
2.10.4.2. Rendimiento del mejor tratamiento .....	64
2.10.5. Composición nutricional del mejor tratamiento .....	66
2.10.6. Análisis de costos del mejor tratamiento .....	67
3. IMPACTOS DEL PROYECTO .....	69
3.1. Técnicos.....	69
3.2. Sociales.....	69
3.3. Económicos .....	70
3.4. Ambientales.....	70
4. PRESUPUESTO DEL PROYECTO.....	70
5. CONCLUSIONES.....	72
6. RECOMENDACIONES .....	73
7. BIBLIOGRAFÍA .....	73

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1.</b> Cuadro de actividades y tareas respecto a los objetivos.....	7
<b>Tabla 2.</b> Características taxonómicas de las especies de hongos comestibles.....	13
<b>Tabla 3.</b> Ubicación geográfica de la obtención de la materia prima .....	25
<b>Tabla 4.</b> Ubicación geográfica del lugar para el desarrollo de las actividades.....	25
<b>Tabla 5.</b> Factor A: Especies de hongos comestibles.....	39
<b>Tabla 6.</b> Factor B: Tratamientos térmicos .....	39
<b>Tabla 7.</b> Combinaciones entre Factor A y Factor B .....	39
<b>Tabla 8.</b> Detalles del experimento .....	40
<b>Tabla 9.</b> Operacionalización de variables .....	41
<b>Tabla 10.</b> Cuadro referente al ADEVA .....	41
<b>Tabla 11.</b> Porcentajes de humedad en hongos frescos.....	42
<b>Tabla 12.</b> Valores de pH en hongos frescos .....	43
<b>Tabla 13.</b> Porcentajes de acidez de hongos frescos .....	44
<b>Tabla 14.</b> ADEVA humedad.....	48
<b>Tabla 15.</b> Medias por tipo de hongo .....	48
<b>Tabla 16.</b> Medias por tratamiento térmico.....	49
<b>Tabla 17.</b> Interacciones .....	50
<b>Tabla 18.</b> ADEVA pH .....	53
<b>Tabla 19.</b> Medias por tipo de hongos.....	54
<b>Tabla 20.</b> Medias por tratamiento térmico.....	55
<b>Tabla 21.</b> Interacciones .....	55
<b>Tabla 22.</b> ADEVA acidez.....	58
<b>Tabla 23.</b> Medias por tipo de hongos.....	59
<b>Tabla 24.</b> Medias por tratamiento térmico.....	59
<b>Tabla 25.</b> Interacciones .....	59
<b>Tabla 26.</b> Medias de las variables fisicoquímicas .....	62
<b>Tabla 27.</b> Medias del mejor tratamiento .....	64
<b>Tabla 28.</b> Variables nutricionales del mejor tratamiento.....	66
<b>Tabla 29.</b> Análisis de costos del mejor tratamiento .....	67
<b>Tabla 30.</b> Costo total de gastos .....	68
<b>Tabla 31.</b> Costos de insumos utilizados en la investigación.....	70

<b>Tabla 32.</b> Costos Análisis fisicoquímicos.....	71
<b>Tabla 33.</b> Costos Análisis nutricionales mejor tratamiento .....	71
<b>Tabla 34.</b> Resumen total de gastos .....	72

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Ilustración 1.</b> Pleurotus djamor .....	13
<b>Ilustración 2.</b> Pleurotus ostreatus .....	15
<b>Ilustración 3.</b> Agaricus bisporus .....	16
<b>Ilustración 4.</b> Recepción de hongos .....	32
<b>Ilustración 5.</b> Limpieza .....	32
<b>Ilustración 6.</b> Corte.....	33
<b>Ilustración 7.</b> Pesaje inicial .....	33
<b>Ilustración 8.</b> Distribución en bandejas.....	34
<b>Ilustración 9.</b> Deshidratación eléctrica.....	34
<b>Ilustración 10.</b> Enfriamiento o reposo.....	35
<b>Ilustración 11.</b> Pesaje final .....	35
<b>Ilustración 12.</b> Empacado y etiquetado .....	36
<b>Ilustración 13.</b> Gráfica ADEVA de Humedad .....	52
<b>Ilustración 14.</b> Grafica ADEVA de pH.....	57
<b>Ilustración 15.</b> Gráfica ADEVA de acidez .....	61

## ÍNDICE DE ECUACIONES

Ec 1 .....	28
Ec 2.....	28
Ec 3.....	30
Ec 4.....	30
Ec 5.....	31
Ec 6.....	31
Ec 7.....	64
Ec 8.....	64
Ec 9.....	65
Ec 10.....	68
Ec 11.....	68
Ec 12.....	69

## INTRODUCCIÓN

En el sector alimentario, la deshidratación de hongos comestibles representa un método clave de conservación que preserva sus propiedades nutricionales, sensoriales y funcionales, extendiendo su vida útil sin necesidad de aditivos químicos. Este proceso reduce la actividad del agua, inhibiendo el crecimiento microbiano y manteniendo compuestos bioactivos como proteínas, polisacáridos y antioxidantes esenciales para la industria de alimentos procesados.

La ostra rosada (*Pleurotus djamor*), caracterizada por su color vibrante y alto contenido proteico, responde eficientemente a procesos de deshidratación convectiva a temperaturas moderadas de 40 y 60 °C, alcanzando humedades finales inferiores al 10% en tiempos reducidos de 2 hasta 4 horas con flujos de aire de 1 a 3 m/s (Gómez et al., 2022). Estas condiciones optimizan la cinética de secado, minimizando pérdidas de pigmentos y maximizando la rehidratación posterior, superior al 300%, lo que la hace ideal para productos deshidratados listos para rehidratar.

Las ostras rosadas, ampliamente cultivadas en sustratos agroindustriales como bagazo de caña y residuos de banano, exhiben una alta eficiencia en deshidratación gracias a su estructura delgada y laminar, que permite eliminar el 90% de la humedad en 4 y 6 horas a temperaturas de 50-60°C con flujo de aire de 1,5 a 2 m/s. Investigaciones destacan que pretratamientos como el escaldado en solución de bisulfito de sodio 1 y 2% minimizan el encogimiento volumétrico al 15-20% y preservan el color rosado característico, facilitando su rehidratación posterior con factores de 5 a 7 para aplicaciones en sopas y caldos tradicionales ecuatorianos (Pérez et al., 2022).

La ostra ploma (*Pleurotus ostreatus*), con su textura carnosa y riqueza en fibra dietética, exhibe una fase de secado constante inicial seguida de una decreciente, logrando eficiencia superior en deshidratadores a 50 °C y cargas de bandeja entre 4 y 5 kg/m<sup>2</sup>, con tiempos de proceso de aproximadamente 150 minutos hasta 12% de humedad (López & Mendoza, 2023). Este enfoque preserva su valor nutricional, incluyendo betaglucanos inmunomoduladores, y asegura aceptabilidad sensorial elevada en aplicaciones culinarias.

Las ostras plomas, evaluadas en experimentos de la Universidad Técnica Estatal de Quevedo (UTEQ), demandan 6-8 horas de deshidratación a 55°C en secadores experimentales de carga discontinua, alcanzando humedades residuales inferiores al 12% debido a su mayor contenido fibroso y densidad capilar que ralentiza la difusión interna de vapor. Investigaciones

ecuatorianas enfatizan el uso de secado solar indirecto en regiones costeras como Los Ríos, donde se logra una reducción energética del 40 a 50% comparado con métodos convectivos, preservando antioxidantes como ergotioneína hasta en un 82% (Molinero, 2015).

El portobello (*Agaricus bisporus*), apreciado por su sabor umami y bajo contenido calórico, deshidrata eficientemente a 55-70 °C con velocidades de aire de 2 m/s, reduciendo su humedad inicial del 90% a menos del 8% en 120-180 minutos, destacando por su alta capacidad de rehidratación y retención de minerales como potasio y selenio (Rodríguez et al., 2024). Su proceso optimizado favorece la industria al mejorar la estabilidad en mezclas secas y productos funcionales.

Los portobellos, procesados en instalaciones piloto de la Universidad Agraria del Ecuador (UAE-Guayaquil), requieren tiempos más prolongados de 8 hasta 12 horas a 58-62°C para alcanzar valores inferiores al 9% de humedad, influenciados por su grosor carnoso de 2 hasta 4 cm y alto contenido de manano que genera resistencia difusional durante la fase de tasa decreciente. Estudios recomiendan secado intermitente con ciclos de 20 min/10 min para reducir el consumo energético en un 25-35% y mantener la firmeza textural inferiores al 75% inicial, evitando la gelatinización excesiva de polisacáridos (Galán, 2023).

La comparación de eficiencia entre estas especies revela que la ostra rosada prioriza rapidez y color, la ploma enfatiza textura fibrosa, y el portobello excelencia en sabor, con temperaturas bajas (40-50 °C) recomendadas universalmente para calidad premium independientemente del flujo aéreo (Vargas, 2025)

## 1. INFORMACIÓN GENERAL

**Título del Proyecto:** Evaluación de la eficiencia de deshidratación en tres especies de hongos comestibles ostras rosadas (*Pleurotus djamor*), ostras plomas (*Pleurotus ostreatus*) y portobellos (*Agaricus bisporus*).

**Fecha de inicio:** Abril 2025

**Fecha de finalización:** Marzo 2026

**Lugar de ejecución:**

- **Provincia:** Cotopaxi
- **Cantón:** Latacunga
- **Parroquia:** Eloy Alfaro
- **Barrio:** Salache bajo
- **Zona:** Zona 3

**Institución:** Universidad Técnica de Cotopaxi

**Facultad que auspicia:** Facultad de Ciencias Agropecuarias y Recursos Naturales

**Carrera que auspicia:** Agroindustria

**Equipo de Trabajo:**

**Docente Tutor:** Ing. Fernández Paredes Manuel Enrique Mg.

**Autor:** Condorcana Tapia Francisco Daniel

**Línea de investigación:** Procesos tecnológicos, bioquímica, biomateriales, desarrollo y seguridad alimentaria.

**Sub línea de investigación:** Generación de tecnologías para el desarrollo de productos agroindustriales.

## 2. Diseño del proyecto

### 2.1 Planteamiento del problema

En Ecuador la demanda de hongos comestibles ha crecido un 25% anual por su perfil proteico y bajo impacto ambiental, pero las pérdidas pos cosecha alcanzan el 35% del volumen producido debido a humedad ambiental elevada (80-90%) y deficiencias en infraestructura de procesamiento, impulsando la deshidratación como estrategia nacional para extender vida útil hasta 12 meses (Rodríguez, 2021).

En Cotopaxi la producción de ostras rosadas, ostras plomas y portobellos se concentra en fincas familiares con sustratos locales como bagazo de caña y paja de maíz, aunque limitaciones en eficiencia de deshidratación como secadores solares ineficientes con tasas de 2 a 4 kg/h provocan pérdidas nutricionales del 40% en proteínas y texturas desmejoradas, restringiendo su comercialización regional (Carrera, 2018).

En Latacunga los productores enfrentan desafíos logísticos intensos por el mercado central y ferias semanales, donde hongos frescos se deterioran en 48 horas por condensación en empaques plásticos, elevando desperdicios al 50% y costos de transporte en un 30%, lo que resalta la urgencia de evaluar deshidratación local para estabilizar suministros (López, 2007).

La ostra rosada destaca en Cotopaxi por su eficiencia biológica (rendimientos de 28% en biomasa), ideal para deshidratación a 55°C que retiene 82% de proteínas; la ostra ploma ofrece mayor tolerancia a fluctuaciones térmicas locales 10 a 25°C nocturnos reduciendo tiempos de secado en 20%, y el portobello proporciona firmeza estructural para productos rehidratables, combinados para potenciar la oferta nutricional en mercados de Latacunga (Vega & Franco, 2013).

A pesar de su potencial, en el nivel micro de Latacunga existe poca información sobre deshidratación comparativa en secadores de lecho fijo adaptados a altitud de 2800 m.s.n.m., donde la ostra ploma logra valores inferiores al 8% humedad residual en 10 horas el portobello preserva 75% de betaglucanos y la ostra rosada minimiza oxidación, movilizand o enzimas para mantener calidad sin energía externa elevada (Zapana, 2023).

La deshidratación eficiente minimiza el impacto de pérdidas postcosecha en la industria de hongos, pero el desafío radica en la consistencia textural fragmentación por pérdida de pectinas

y la adaptación de procesos a microclimas locales, con escasos datos sobre eficiencia energética de 3 a 5 kWh/kg para escalar producción sostenible (OAS, 2024).

La evaluación de estos hongos deshidratados optimiza calidad alimenticia retención de 85% en proteínas y ausencia de aflatoxinas ofreciendo alternativas a la carne con texturas fibrosas similares, alineadas a preferencias culturales locales y elevando el valor agregado en mercados cotopaxenses (Torres, 2017). Según Ortiz (2022) la validación experimental en condiciones andinas confirma tasas de deshidratación óptimas de 0,15 hasta 0,25 g agua/min(g) seco para estas especies, fortaleciendo la cadena desde Cotopaxi hasta exportación nacional.

## 2.2. Marco contextual

En los últimos años la industria ha intensificado el uso de técnicas de deshidratación para conservar hongos comestibles silvestres y cultivados respondiendo a la necesidad de reducir pérdidas pos cosecha y mantener su alto valor nutricional en especies como más ostras rosadas, ostras plomas y portobellos. Estos hongos poseen un contenido de humedad inicial superior al 85 y 90% lo que los hace altamente perecederos pero su deshidratación eficiente permite extender su vida útil hasta 12 meses o más preservando proteínas polisacáridos bioactivos y minerales esenciales. Estudios comparativos evalúan tasas de secado retención de compuestos funcionales y cambios sensoriales para optimizar procesos industriales sostenibles. Las especies europeas de hongos silvestres como *Pleurotus ostreatus* y *Agaricus bisporus* destacan por su contenido proteico del 15 y 35% en peso seco acompañado de vitaminas del grupo B como B1, B3 Y B6 cuentan con minerales como potasio, fósforo y selenio, así como betaglucanos y polifenoles con propiedades inmunomodulares y antioxidantes (Kalac, 2013).

La deshidratación convectiva a temperaturas de 40 y 70°C con velocidades de aire de 1 a 2 m/s logra reducir la humedad entre 8 y 12% en 4 a 10 horas siguiendo modelos de difusión de Fick para predecir curvas de secado con fases constantes y decrecientes. El secado solar o natural efectivo en regiones tropicales para hongos amazónicos análogos combina radiación directa e indirecta, pero exige redes anti polvo y volteos frecuentes para uniformidad, aunque incrementa el riesgo de oxidación lipídica (Taboada et al.,1995).

Para ostras plomas la eficiencia óptima se alcanza a 50 y 60°C con cargas de 4 a 6 kg/m<sup>2</sup>, logrando tasas de secado de 0,8 hasta 1,5 g agua/min(m<sup>2</sup>) y retención superior al 85% de proteínas y actividad antioxidante superando métodos solares en uniformidad las ostras rosadas muestran mayor porosidad inicial acelerando la fase inicial de secado aproximadamente 2 veces

más rápida mientras que el portobello requiere espesores de corte inferiores a 5 mm y temperaturas moderadas para minimizar encogimiento y preservar la textura fibrosa deseada (Gómez, 2005).

Después de la deshidratación el almacenamiento en bolsas metalizadas o vidrios opacos a 5 y 15°C y una humedad relativa inferior al 60% mantiene la estabilidad microbiológica y sensorial durante 9 hasta 18 meses evitando reabsorción de humedad y rancidez estos protocolos para hongos silvestres frescos y secos reducen desperdicios en cadenas de suministros locales promoviendo su comercialización en mercados emergentes (Mariaca, 2001).

### **2.3. Formulación del problema**

¿Cómo incide las tres especies de hongos comestibles ostra rosada (*Pleurotus djamor*), ostra ploma (*Pleurotus ostreatus*) y portobello (*Agaricus bisporus*) y las tres condiciones de tratamiento térmico de deshidratación en las propiedades fisicoquímicas del producto deshidratado?

### **2.4. Objetivos:**

#### **2.4.1 General**

Evaluar la eficiencia de deshidratación entre diferentes hongos comestibles ostras rosadas (*Pleurotus djamor*), ostras plomas (*Pleurotus ostreatus*) y portobellos (*Agaricus bisporus*)

#### **2.4.2. Específicos**

- Realizar las principales características fisicoquímicas de las tres especies de hongos comestibles.
- Evaluar el efecto del proceso de deshidratación en las propiedades fisicoquímicas y determinar el mejor tratamiento.
- Determinar las propiedades nutricionales del mejor tratamiento.
- Realizar un análisis de costos del tratamiento óptimo.

## 2.5. Actividades y sistema de tareas en relación a los objetivos planteados

**Tabla 1.** Cuadro de actividades y tareas respecto a los objetivos

<b>OBJETIVO</b>	<b>ACTIVIDAD</b>	<b>METODOLOGÍA</b>	<b>RESULTADOS</b>
Realizar las principales características fisicoquímicas de las tres especies de hongos comestibles.	<b>Determinación de propiedades fisicoquímicas:</b> - Humedad - pH - Acidez	<b>Metodología:</b> <b>- Humedad:</b> AOAC 925.10/ Gravimetría, Horno de aire <b>- pH:</b> NTE INEN-ISO 1842:2013 <b>- Acidez:</b> AOAC 947.05/ Volumetría	Composición fisicoquímica en estado fresco. Ver tabla 11, 12 y 13
Evaluar el efecto del proceso de deshidratación en las propiedades fisicoquímicas y determinar el mejor tratamiento.	<b>Determinación de propiedades fisicoquímicas:</b> - Humedad - pH - Acidez	<b>Metodología:</b> <b>- Humedad:</b> AOAC 925.10/ Gravimetría, Horno de aire <b>- pH:</b> NTE INEN-ISO 1842:2013 <b>- Acidez:</b> AOAC 947.05/ Volumetría	Composición fisicoquímica en estado deshidratado. Ver anexo 5 Mejor tratamiento. Ver tabla 27
Determinar las propiedades nutricionales del mejor tratamiento.	<b>Determinación de propiedades nutricionales:</b> - Proteína - Fibra bruta - Grasa	<b>Metodología:</b> <b>- Proteína:</b> AOAC 2001.11/ Volumetría, kjeldahl. <b>- Fibra bruta:</b> NTE INEN 522: 2013/ Gravimetría <b>- Grasa:</b> AOAC 2003.06/ Gravimetría, Soxhlet	Perfil nutricional Ver tabla 28
Realizar un análisis de costos del tratamiento óptimo.	-Determinar precios de venta al público en la presentación de hongos deshidratados.	- Cálculo económico básico del tratamiento óptimo.	Viabilidad económica Ver tabla 31

**Elaborado por:** Condorcana, F.,2025

## 2.6. Fundamentación Científico Técnica

### 2.6.1. Marco Teórico

#### 2.6.1.1. Antecedentes

Torres et al. (2017) demuestra que la deshidratación reduce la humedad inicial de 90-95% en hongos frescos a niveles óptimos, concentrando proteínas de 2-4% (base húmeda) a 10,5-30,5% (base seca), con retención de nueve aminoácidos esenciales (leucina, lisina, valina). Sus evaluaciones nutricionales destacan mejoras en estabilidad para suplementos y comidas preparadas, donde la rehidratación rápida minimiza pérdidas de jugo, elevando firmeza sensorial. Este comportamiento de concentración prefigura que variables fisicoquímicas como humedad y acidez responden positivamente, aunque requieren optimización por sustrato para maximizar rendimientos inferiores al 90%.

Molinero (2015) planteo en su investigación un diseño factorial 2x2 (cuatro tratamientos, seis repeticiones, Tukey ( $p \leq 0.05$ ), evaluando humedad, pH y acidez en *Pleurotus ostreatus* y *Pleurotus sapidus*. La humedad desciende a 20.33% en t<sub>4</sub> (cáscara de maní, 45°C) versus 7.33% a 55-65°C (sin diferencias significativas), preservando aromas volátiles y evitando degradación térmica excesiva. El pH es mayor en t<sub>5</sub> (cáscara de fréjol deshidratado), estabilizando acidez y confirmando ausencia de *E. coli*; carga microbiana (mesófilos, mohos, levaduras) permanece dentro límites sanitarios en frescos y deshidratados. Estos datos indican que temperaturas moderadas optimizan propiedades fisicoquímicas, con mayor proteína (42.51% en cáscara de maní), prefigurando influencias sustrato-temperatura en perfiles nutricionales.

Paredes (2022) profundiza en propiedades nutricionales y sensoriales, sustentando que sustratos nutritivos como cáscara de maní elevan materia seca a 97.86% (t<sub>6</sub>, pseudotallo de plátano deshidratado) versus mínimos en frescos (t<sub>2</sub>, cáscara de fréjol), con alta aceptabilidad (puntuaciones elevadas en sabor, textura). Sus análisis teóricos vinculan baja acidez post deshidratación a mejor retención de aminoácidos esenciales, posicionando hongos como alimentos funcionales. En comparativa los hongos frescos muestran menor estabilidad nutricional debido a alta humedad, mientras deshidratados ganan en eficiencia (rendimientos competitivos), destacando un comportamiento predecible que favorece aplicaciones culinarias (sopas, guisos) y reduce desperdicios

Romero (2022) afirma que la variable humedad con resultados de 5% final en deshidratados cumpliendo la norma con valores inferiores al 12%, evaluando métodos: estufa eléctrica (45°C, 3-6 horas) supera solar por consistencia, manteniendo pH, acidez estable y microbiología segura. Puig (2023) complementa, señalando limitaciones solares en climas húmedos (noviembre-junio, tiempos prolongados). Ambos autores confirman que deshidratados exhiben mayor firmeza y menor pérdida de jugo en rehidratación versus frescos, con proteínas concentradas ideales para mercados Premium.

Los antecedentes descritos consideran que la deshidratación reduce humedad/pH volátil, estabiliza acidez y potencia nutrientes proteínas 42%, con óptimos a 45°C y sustratos ricos. Sin embargo, brechas persisten en integraciones estadísticas y métodos adaptados a Ecuador, justificando evaluaciones exhaustivas de variables fisicoquímicas y nutricionales para competitividad exportadora.

En este sentido la presente investigación se adentra en la deshidratación de hongos comestibles evaluando variables fisicoquímicas y nutricionales. Esta combinación representa una oportunidad para innovación local aprovechando materias primas ecuatorianas en su industrialización. La creación de hongos deshidratados no solo preserva nutrientes y sabor también se considera una alternativa saludable y competitiva.

#### **2.6.1.2 Generalidades**

Las especies de hongos comestibles, organismos eucariotas pertenecientes principalmente a los filos *Basidiomycota* y *Ascomycota*, representan un recurso de gran relevancia en Ecuador debido a su valor nutricional, medicinal y económico. Diversos estudios científicos y proyectos académicos han destacado su importancia en la alimentación y el desarrollo sostenible del país, evidenciando cómo su cultivo y aprovechamiento contribuyen a la biodiversidad y la economía local. La investigación sobre hongos comestibles en Ecuador se ha centrado en aspectos como su valor nutricional, métodos de cultivo eficientes, técnicas de conservación y aplicaciones funcionales (Castillo, 2024).

El consumo de estos hongos en Ecuador tiene raíces históricas profundas, arraigadas en las tradiciones de comunidades indígenas y rurales que los han utilizado como fuente de alimento y medicina. Actualmente, esta práctica se ha extendido a zonas urbanas y rurales, transformándose en una actividad productiva sostenible que fortalece la seguridad alimentaria y genera ingresos económicos.

Para mantener la calidad y prolongar la vida útil de los hongos, la postcosecha y el almacenamiento son etapas cruciales. En Ecuador, el proceso de deshidratación se emplea ampliamente para la conservación y comercialización de especies como *Boletus edulis*, permitiendo su almacenamiento prolongado sin comprometer sus propiedades (Albuja, 2006).

Desde el punto de vista nutricional, los hongos comestibles se distinguen por su bajo contenido calórico y su riqueza en proteínas, fibra, vitaminas del complejo B, minerales como potasio y fósforo, y compuestos bioactivos tales como polisacáridos y antioxidantes. Estos elementos los convierten en alimentos funcionales que pueden ayudar a prevenir enfermedades crónicas y mejorar la salud general, lo que los hace atractivos para la elaboración de suplementos nutricionales y productos medicinales. El sector del cultivo y comercialización de hongos comestibles en Ecuador está regulado por normas sanitarias y ambientales que garantizan la seguridad alimentaria y la sostenibilidad. Estas regulaciones incluyen controles de calidad y programas de capacitación para productores, promoviendo buenas prácticas agrícolas y el manejo responsable de los recursos naturales (Zamora, 2024).

El cultivo de especies como *Pleurotus ostreatus* y *Agaricus bisporus* se realiza principalmente en pequeñas y medianas unidades productivas, aprovechando residuos agrícolas como sustratos para reducir costos y promover prácticas sostenibles. Esta actividad resulta especialmente viable en zonas rurales con recursos limitados, ya que utiliza materiales económicos y contribuye a la conservación de los recursos naturales al reciclar residuos.

Los hongos comestibles constituyen un recurso alimenticio, medicinal y económico de gran importancia en Ecuador, cuyo cultivo y aprovechamiento contribuyen al desarrollo sostenible, la seguridad alimentaria y la conservación de la biodiversidad. La investigación científica y la regulación adecuada permiten potenciar su potencial, integrándose en estrategias para un futuro más saludable y equilibrado (Flores, 2024).

### **2.6.1.3. Usos**

Las especies de hongos comestibles se utilizan principalmente como alimento, incorporándose en diversas preparaciones culinarias por su sabor y textura únicos, que permiten desde platos sencillos hasta elaboradas recetas gourmet. Flores (2021) destaca a las especies como el *Pleurotus ostreatus* se integran en menús diarios, aprovechando su versatilidad para absorber condimentos y crear experiencias sensoriales variadas, como en sopas, salteados o rellenos. Además, son empleados en la elaboración de productos funcionales, como suplementos

nutricionales, medicamentos y cosméticos, gracias a la presencia de compuestos bioactivos que potencian su valor industrial y terapéutico. En la industria cosmética, los extractos de hongos se usan en cremas anti-envejecimiento por sus propiedades hidratantes y regeneradoras.

En Ecuador, su cultivo se realiza en pequeñas y medianas unidades productivas, aprovechando residuos agrícolas como sustratos, lo que contribuye al desarrollo rural y a la sostenibilidad ambiental al reducir desperdicios y promover prácticas ecológicas, como se menciona en Cruz (2020) y Cano Vargas (2024). Este enfoque no solo genera empleo en zonas rurales, sino que también fomenta la innovación en técnicas de cultivo, como el uso de biomasa residual de cultivos como el café o el cacao para optimizar la producción.

#### **2.6.1.3. Función nutricional**

Desde el punto de vista nutricional, las especies de hongos comestibles son alimentos funcionales que aportan proteínas de alta calidad, fibra, vitaminas (especialmente del complejo B), minerales (como potasio, fósforo y calcio) y compuestos bioactivos. Su composición los posiciona como una alternativa saludable a fuentes proteicas animales, con un bajo contenido calórico y graso que facilita su inclusión en dietas equilibradas, ideal para quienes buscan opciones veganas o bajas en calorías.

Calero (2018) detalla a las especies como el *Pleurotus djamor* ofrecen un perfil nutricional completo, con aminoácidos esenciales que apoyan el crecimiento muscular y la reparación tisular, además de ser una fuente rica en vitamina D cuando se exponen a la luz solar. Además, contienen polisacáridos, fenoles y antioxidantes que contribuyen a la protección celular y al correcto funcionamiento del organismo, ayudando en la prevención de enfermedades cardiovasculares y metabólicas.

Esto los hace especialmente valiosos para dietas preventivas, como se indica en Flores (2021), se enfatiza su rol en la modulación de lípidos y glucosa para mantener la homeostasis corporal. el potasio en los hongos ayuda a regular la presión arterial, mientras que la fibra promueve la salud digestiva al mejorar el tránsito intestinal y reducir el colesterol.

#### **2.6.1.4. Beneficios**

Las especies de hongos comestibles poseen propiedades funcionales que benefician la salud humana, destacando por sus efectos antioxidantes, antiinflamatorios, inmunomoduladores, anticancerígenos, antidiabéticos y neuroprotectores. Estos beneficios se derivan de sus

componentes bioactivos, que ayudan a combatir el estrés oxidativo y modular respuestas inmunológicas, resultando en una protección contra enfermedades degenerativas. Hussain et al. (2021) explica cómo el *Pleurotus djamor*, actúa como un potente antioxidante y agente hipoglucemiante, reduciendo niveles de azúcar en sangre y previniendo complicaciones metabólicas, lo que es crucial para el manejo de la diabetes tipo 2.

El consumo regular de hongos puede ayudar a prevenir enfermedades crónicas, mejorar el sistema inmunológico y modular los perfiles lipídicos y glucémicos, siendo especialmente útil para poblaciones con riesgo de enfermedades metabólicas como la obesidad o la diabetes. Freshdor (2024) y Guipi (2021) resaltan que los hongos Portobello, ricos en antioxidantes, fortalecen la salud cardiovascular al reducir la inflamación y apoyar la función cerebral, potencialmente disminuyendo el riesgo de accidentes cerebrovasculares. Además, estudios sugieren que ciertos polisacáridos en hongos estimulan la producción de células inmunitarias, lo que los hace útiles en terapias complementarias para pacientes con inmunodeficiencias o durante tratamientos oncológicos.

En resumen, los hongos comestibles son una fuente valiosa de nutrientes y compuestos funcionales, con múltiples aplicaciones en la alimentación y la salud, y su cultivo y consumo promueven la sostenibilidad y el desarrollo rural en Ecuador. Su integración en la vida cotidiana no solo mejora la nutrición individual, sino que también impulsa economías locales al fomentar prácticas agrícolas responsables, como se evidencia en los trabajos de Cano (2024) y Cruz (2020).

Con el respaldo de investigaciones científicas, estos organismos representan un puente entre la tradición y la innovación, ofreciendo beneficios duraderos para la sociedad y el medio ambiente. Además, en un mundo cada vez más consciente de la sostenibilidad, los hongos emergen como una solución viable para desafíos globales como la seguridad alimentaria y el cambio climático, al requerir menos recursos hídricos y tierras que otros cultivos. Su potencial para la biotecnología, como en la producción de enzimas o bioplásticos, abre nuevas avenidas para la investigación y el desarrollo industrial.

### 2.6.1.5. Caracterización Taxonómica

**Tabla 2.** Características taxonómicas de las especies de hongos comestibles

<b>Categoría taxonómica</b>	<b>Ostra rosada</b> ( <i>Pleurotus djamor</i> )	<b>Ostra ploma</b> ( <i>Pleurotus ostreatus</i> )	<b>Portobello</b> ( <i>Agaricus bisporus</i> )
<b>Reino</b>	<i>Fungi</i>	<i>Fungi</i>	<i>Fungi</i>
<b>División/Filo</b>	<i>Basidiomycota</i>	<i>Basidiomycota</i>	<i>Basidiomycota</i>
<b>Clase</b>	<i>Agaricomycetes</i>	<i>Agaricomycetes</i>	<i>Agaricomycetes</i>
<b>Orden</b>	<i>Agaricales</i>	<i>Agaricales</i>	<i>Agaricales</i>
<b>Familia</b>	<i>Pleurotaceae</i>	<i>Pleurotaceae</i>	<i>Agaricaceae</i>
<b>Genero</b>	<i>Pleurotus</i>	<i>Pleurotus</i>	<i>Agaricus</i>
<b>Especie</b>	<i>Pleurotus djamor</i>	<i>Pleurotus ostreatus</i>	<i>Agaricus bisporus</i>

**Adaptado de:** Investigación bibliográfica

### 2.6.1.6. Hongo Ostra Rosada (*Pleurotus djamor*)

**Ilustración 1.** *Pleurotus djamor*



**Fuente:** AgrocontinentalChile, 2021

En Ecuador, el hongo ostra rosada (*Pleurotus djamor*) se cultiva principalmente en la provincia de Imbabura, específicamente en el cantón Pimampiro, donde se aprovechan residuos agrícolas como sustratos lignocelulósicos. Esta especie es valorada por su capacidad para transformar materiales orgánicos de bajo valor en productos alimenticios de alta calidad, contribuyendo a la economía rural al reducir la dependencia de insumos costosos y promover la reutilización de desechos (Narváez, 2023).

En un estudio previo se evaluó tres sustratos: rastrojos de fréjol (*Phaseolus vulgaris*), arveja (*Pisum sativum*) y cebada (*Hordeum vulgare*). Los resultados indicaron que el rastrojo de fréjol fue el más eficiente, con tiempos de micelización reducidos a aproximadamente 15-20 días, formación de primordios en 5-7 días y cosecha en 25-30 días. Este sustrato también incrementó

el rendimiento biológico hasta un 80-90%, comparado con el 60-70% de los otros sustratos (Narváez, 2023).

La eficiencia se atribuye a su composición rica en lignina y celulosa, que facilita la colonización fúngica. Además, se destacó principalmente que el cultivo artesanal es viable sin equipos automatizados, utilizando técnicas tradicionales como la pasteurización de sustratos y la inoculación con micelio. Esto lo hace accesible para pequeños productores rurales, quienes pueden integrar el cultivo en sistemas agroforestales existentes. La postcosecha es un aspecto crítico para la rentabilidad del cultivo de *Pleurotus djamor* (Narváez, 2023).

Determinando que la vida útil de los hongos cosechados no varió significativamente entre sustratos (aproximadamente 5-7 días a temperatura ambiente), pero la temperatura influyó en la calidad organoléptica. Almacenamientos a 4-6°C preservan mejor el color, textura y sabor, reduciendo la pérdida de humedad y la aparición de manchas oscuras causadas por oxidación enzimática.

La especie *Pleurotus djamor* es una fuente rica en proteínas (alrededor del 20-25% en peso seco), vitaminas del complejo B y minerales como hierro y zinc. Su bajo contenido calórico lo hace ideal para dietas saludables, y estudios preliminares indican propiedades antioxidantes y antiinflamatorias derivadas de compuestos como polisacáridos y fenoles. El cultivo de *Pleurotus djamor* promueve la sostenibilidad al reciclar residuos agrícolas, reduciendo la contaminación ambiental y generando ingresos para comunidades rurales. Sin embargo, se requiere más investigación en escalas comerciales para optimizar el uso de agua y energía, asegurando su viabilidad a largo plazo (Narváez, 2023).

En aplicaciones industriales, el hongo puede usarse en la producción de alimentos funcionales, como suplementos nutricionales o ingredientes en productos veganos. La investigación en Ecuador destaca su potencial para la bioeconomía, transformando residuos en valor agregado. El estudio sugiere técnicas como el empaque en atmósferas modificadas o el secado controlado para prolongar la vida útil hasta 10-14 días. Estos métodos no solo mejoran la calidad, sino que también facilitan el transporte a mercados urbanos, potenciando el desarrollo agroindustrial en regiones como Imbabura (Narváez, 2023).

### 2.6.1.7. Hongo Ostra Ploma (*Pleurotus ostreatus*)

**Ilustración 2.** *Pleurotus ostreatus*



**Fuente:** Morbe, 2021

*Pleurotus ostreatus*, conocido como hongo ostra plomo o gris, es una de las especies más cultivadas en Ecuador debido a su adaptabilidad y bajo costo de producción. Investigaciones locales demuestran que puede cultivarse artesanalmente sin control automatizado de temperatura (óptima 20-25°C) o humedad (80-90%), utilizando residuos agrícolas y forestales como sustratos. Un estudio en la Revista Avances evaluó su producción en la región andina, reportando rendimientos de 1-2 kg por kg de sustrato seco, con ciclos de cultivo de 30-45 días (Cruz, 2020).

La especie prospera en climas templados, aprovechando materiales como aserrín de pino o cáscaras de café, lo que la hace ideal para comunidades vulnerables con acceso limitado a tecnología. Se destacan su resistencia a variaciones ambientales y su capacidad para crecer en sustratos mixtos, mejorando la eficiencia biológica hasta un 70-80%. En Ecuador, el cultivo se integra en programas de desarrollo rural, proporcionando proteína accesible y reduciendo la dependencia de importaciones alimentarias (Cruz, 2020).

El hongo tipo *Pleurotus ostreatus* es rico en proteínas (15-20% en peso fresco), fibra dietética y antioxidantes como ergosterol y polisacáridos. Su perfil nutricional incluye vitaminas (B1, B2, D) y minerales (potasio, fósforo), contribuyendo a la seguridad alimentaria en poblaciones de bajos recursos. El cultivo sostenible de esta especie reduce la emisión de gases de efecto invernadero al reciclar residuos orgánicos. Se enfatiza su rol en la agricultura circular, aunque se necesita más investigación en impactos ambientales a escala industrial (Cruz, 2020; Mihai, 2022).

Flores (2021) evaluó la capacidad antioxidante de extractos acuosos y alcohólicos, midiendo la actividad mediante ensayos de DPPH y FRAP. Los resultados mostraron valores de IC50 de 50-100 µg/mL, superiores a otros hongos, atribuidos a compuestos fenólicos y flavonoides. Esto sugiere aplicaciones en la industria farmacéutica para prevenir enfermedades oxidativas, como el cáncer o enfermedades cardiovasculares. Además de su uso culinario, *Pleurotus ostreatus* tiene potencial en biotecnología, como fuente de enzimas ligninolíticas para el tratamiento de residuos. En Ecuador, se propone su incorporación en alimentos procesados, como conservas o polvos deshidratados, para dietas veganas

#### 2.6.1.8. Hongo Portobello (*Agaricus bisporus*)

##### Ilustración 3. *Agaricus bisporus*



**Fuente:** Virpechamp, 2023

Aunque menos estudiado en Ecuador que las especies *Pleurotus*, el hongo portobello (*Agaricus bisporus*) tiene potencial para la agroindustria local. Requiere sustratos compuestos como estiércol de caballo mezclado con paja, y condiciones controladas de temperatura (15-20°C) y humedad. En contextos internacionales, se cultiva comercialmente, y en Ecuador, se propone su adaptación utilizando residuos agrícolas similares. No hay datos específicos sobre su cultivo, pero la ficha técnica de Virpechamp (2023) indica rendimientos de 20-30 kg/m<sup>2</sup> por ciclo, con ciclos de 60-90 días. Su adaptación a climas andinos podría aprovechar la infraestructura existente para otros hongos, promoviendo la diversificación agrícola.

El portobello es notable por su alto contenido de fibra (2-3 g por 100 g), potasio (300-400 mg), fósforo, hierro y selenio, con bajo contenido de grasas saturadas y colesterol cero. Por 100 g, aporta aproximadamente 22 kcal, 3 g de proteínas y vitaminas como niacina y riboflavina. Su perfil nutricional lo hace valioso en dietas veganas y para la prevención de enfermedades cardiovasculares, ya que el selenio y la fibra ayudan a regular el colesterol y mejorar la digestión (Virpechamp, 2023)

En la industria alimentaria, el portobello se usa en platos gourmet, como sustituto de carne en hamburguesas vegetarianas. Su textura carnosa y sabor umami lo hacen popular en mercados internacionales, y en Ecuador, podría integrarse en exportaciones agroindustriales. El cultivo del hongo portobello es sostenible si se gestionan los sustratos orgánicos, aunque requiere más agua que los hongos ostra. En Ecuador, su introducción podría complementar cultivos existentes, reduciendo la presión sobre los recursos naturales (Virpechamp, 2023).

#### **2.6.1.9. Análisis e inocuidad**

Los hongos frescos y deshidratados presentan diferencias notables en sus propiedades fisicoquímicas y nutricionales. Esto permite evidencias en qué condiciones el producto o materia prima puede ser consumida o su almacenamiento garantizando de esta forma inocuidad y calidad del producto dentro del mercado.

- **Análisis fisicoquímicos**

Basado en el estudio de Vallejo et al. (2017), los hongos *Pleurotus ostreatus* frescos cultivados en residuos agrícolas ecuatorianos (como cáscara de gandul, frejol y pseudotallo de banano) muestran variaciones en humedad que dependen del sustrato. Por ejemplo, en cultivos con cáscara de gandul, la humedad puede alcanzar hasta 91.8%, mientras que en pseudotallo de banano se registra alrededor de 88.1%. El pH se mantiene en rangos aceptables (aproximadamente 6.5-7.0), con acidez titulable baja (0.1-0.3% en ácido cítrico), °Brix entre 4-6 (indicando bajo contenido de azúcares solubles) y cloruros por debajo de 0.1%, lo que asegura estabilidad y seguridad alimentaria.

El proceso de deshidratación reduce la humedad a niveles mínimos (por debajo del 10%), incrementando la materia seca (hasta 90-95%), ceniza (1.5-2.5%) y fibra cruda (hasta 10-12% en algunos tratamientos). Este proceso no altera drásticamente el pH, pero puede influir en el color (tendiendo a tonos más oscuros por oxidación) y la textura (más frágil y quebradiza). Según Cortéz et al. (2016), los hongos deshidratados almacenados bajo condiciones controladas (temperatura ambiente, humedad relativa baja) mantienen estabilidad organoléptica por hasta 6 meses, cumpliendo con la norma ecuatoriana NTE INEN 007-98-SA para productos deshidratados, con variaciones mínimas en grasa (reduciéndose a 0.76% en tratamientos específicos).

- **Análisis nutricionales**

El estudio de Vallejo et al. (2017) destaca que los hongos frescos tienen un perfil nutricional equilibrado, con proteína cruda de 18.1-21.8% (superior a muchos vegetales convencionales), fibra cruda de 5.9% (ayudando en la digestión), grasa de 0.6-1.7% (baja, ideal para dietas hipocalóricas) y energía de 345.7-350.3 kcal/100g. La deshidratación concentra estos nutrientes: la proteína puede aumentar hasta 22-25% en materia seca, la fibra a 10-15%, y la energía se eleva ligeramente debido a la reducción de agua, superando en 5-10% los valores frescos, especialmente en sustratos de gandul y pseudotallo de banano, que proporcionan mayor biomasa y nutrientes por su composición lignocelulósica.

Esto los hace ideales para dietas nutritivas, con bajo contenido lipídico que reduce riesgos cardiovasculares, y alto proteico que aporta aminoácidos esenciales. Comparado con hongos frescos, los deshidratados ofrecen mayor durabilidad y concentración, facilitando su uso en alimentos procesados como suplementos o ingredientes en sopas y guisos.

- **Calidad microbiológica y seguridad alimentaria**

Ambos estados (fresco y deshidratado) cumplen con límites microbiológicos estrictos, según Vallejo et al. (2017) y Cortéz et al. (2016), adaptados de regulaciones centroamericanas. Los conteos de mesófilos aerobios totales están por debajo de  $10^5$  UFC/g (unidades formadoras de colonias por gramo), *E. coli* ausente o  $<10$  UFC/g, y mohos/levaduras  $<10^2$  UFC/g, confirmando inocuidad. El proceso de deshidratación reduce aún más la carga microbiana al eliminar humedad, mientras que el almacenamiento adecuado previene contaminación. Estos resultados validan su uso seguro en la alimentación humana, con potencial para exportación bajo estándares ecuatorianos.

#### **2.6.1.10. Método de deshidratación**

En Ecuador, la deshidratación de hongos como el *Boletus luteus* se realiza en secadores artesanales diseñados localmente en Salinas (Bolívar), donde un prototipo maneja hasta 50 kg por lote con calentadores diesel y ventiladores que mantienen temperaturas suaves de 45-65°C durante 4-8 horas. Este equipo distribuye el aire caliente de manera uniforme a través de gavetas de malla, permitiendo voltear los hongos rebanados cada hora para secarlos parejo y evitar que se apelmacen o se contaminen con polvo. Los productores comunitarios limpian las láminas de 4-5 mm de grosor antes de entrar, seleccionando solo hongos frescos de sombreros medianos

para maximizar el peso final seco. El proceso termina cuando las piezas se quiebran fácilmente al doblarlas, logrando un producto ligero y crujiente listo para empaque en bolsas selladas que duran hasta un año sin refrigeración (Beltrán et al, 2005).

Otro método común es el uso de deshidratadores solares modulares con techos transparentes que captan el sol para calentar el aire hasta 55°C, procesando lotes de *Suillus luteus* en gavetas apiladas de madera tratada. Aquí se colocan los hongos frescos con alto contenido de agua (cerca del 90%) en la mañana, rotándolos cada 90 minutos para que sequen por todos lados sin quemarse, lo que toma unas 5-6 horas en días soleados. Este sistema es económico porque no gasta combustible, solo usa ventilación natural o pequeños extractores, y permite trabajar con familias enteras recolectando en bosques de pino. Al final, el rendimiento es bueno porque se concentra el sabor y los nutrientes, facilitando el transporte a mercados sin que se echen a perder (Gómez et al., 2024).

En cultivos de *Pleurotus ostreatus*, los hongos cultivados en bagazo de caña o mazorcas de maíz se deshidratan en hornos caseros a 60°C con flujo de aire constante, rebanándolos finos para acelerar el secado en 3-4 horas. Se prefiere blanquearlos brevemente en agua con sal antes para mantener el color blanco y evitar manchas oscuras, luego se esparcen en bandejas sin amontonar para que el vapor escape rápido. Este enfoque familiar convierte grandes cantidades de hongos frescos en polvo o láminas secas de alto valor, ideales para sopas o condimentos, con un peso final que es solo el 7-8% del original, pero conserva vitaminas y proteínas (Morales, 2019).

Para hongos silvestres como *Cantharellus*, se aplican técnicas solares portátiles con redes de sombra que protegen del sol directo mientras el viento ayuda a evaporar la humedad en 4-5 días. Los recolectores limpian los hongos en campo con brocha suave, cortan los tallos duros y los extienden en esteras elevadas para que circule aire por debajo, volteándolos dos veces al día. Este método tradicional es ideal para comunidades remotas sin electricidad, produciendo hongos livianos que rehidratan bien en agua tibia para cocinar, extendiendo su vida útil meses sin aditivos químicos (García, 2004).

### 2.6.2. Marco Conceptual

- **Alimentos funcionales:** Hongos con beneficios saludables más allá de nutrición básica, como modulación glucémica y cardiovascular, debido a fibra, vitaminas B y minerales (Calero, 2018).

- **Aminoácidos esenciales:** Compuestos como leucina, lisina y valina concentrados en hongos deshidratados (10,5-30,5% proteína base seca), retenidos para valor nutricional (Torres et al., 2017).
- **Antioxidantes:** Compuestos bioactivos (polisacáridos, fenoles) en hongos como Shiitake y Pleurotus, medidos por DPPH/FRAP, con efectos protectores contra estrés oxidativo (Flores, 2021)
- **Deshidratación:** Proceso de reducción de la humedad en hongos comestibles para preservar atributos nutricionales, concentrar proteínas, facilitar almacenamiento y exportación, óptimo a temperaturas moderadas como 45°C (Torres et al., 2017).
- **Hongo comestible:** Es la fructificación (seta) de ciertas especies del reino fungi que es segura, no tóxica, tienen buen sabor y aroma. Se clasifican en silvestres que crecen espontáneamente o cultivados mediante producción industrial (Hussain et al., 2021).
- **Humedad:** Contenido de agua en hongos frescos (90-95%) que se reduce post-deshidratación a <12% para estabilidad microbiológica y nutricional, evaluada en diseños factoriales (Torres et al., 2017).
- **Micelización:** Fase inicial de colonización fúngica en sustrato, completada en 15-20 días en óptimos como rastrojo de fréjol (Narváez, 2023).
- **Ostra ploma:** La gírcola común o seta ostra con un tono plomo refiriéndose a su color natural. Presenta forma de concha marina, crece en superpuestos en troncos. Textura firme y sabor suave (Vallejo et al., 2017).
- **Ostra rosada:** Es una especie tropical exótica, prima hermana de la seta de ostra gris o ploma. Su característica principal es su intenso color rosa o salmón. Requiere climas cálidos y muypreciado en la gastronomía asiática (Calero, 2018).
- **Portobello:** Es el mismo hongo que el champiñón de parís (blanco) y el crimini (marrón) pero dejado crecer hasta la madurez total. Presenta un sombrero gigante de entre 10-15 cm abierto y plano con branquias oscuras a la vista, color marrón oscuro con textura carnosa (Virpechamp, 2023).
- **pH:** Significa “potencial de hidrogeno”, permite medir la acidez o alcalinidad de una solución en estado acuoso en una escala de 0 a 14 en el cual el valor de 7 es neutro menos de 7 es ácido y más de 7 es alcalino (básico). Cuanto más bajo es el pH más ácida es la sustancia y cuanto más alto más alcalina demostrando la concentración de iones de hidrogeno (Vallejo et al., 2017).

- **Acidez:** Medida de acidez que se estabiliza tras deshidratación, preservando aromas y confirmando ausencia de patógenos como E. coli; mayor en sustratos como cáscara de fréjol (Molinero, 2015).
- **Polisacáridos:** Compuestos bioactivos en hongos con propiedades inmunomoduladoras y anticancerígenas, estimulando células inmunitarias (Hussain et al., 2021).
- **Primordios:** Estructuras iniciales de cuerpos fructíferos en hongos, formados en 5-7 días post-micelización, clave para ciclos de cosecha (Narváez, 2023).
- **Rendimiento biológico:** Eficiencia de producción de hongos por kg de sustrato seco (80-90% en rastrojo de fréjol), influida por sustrato y temperatura (Narváez, 2023).
- **Sustrato:** Material orgánico lignocelulósico (cáscara de maní, rastrojos de fréjol) utilizado como base para el cultivo de hongos, influyendo en rendimiento biológico, micelización y propiedades fisicoquímicas (Paredes, 2022).

## 2.7. Metodología del proyecto

### 2.7.1. Tipo de investigación

La presente investigación es de tipo experimental con un enfoque cuantitativo, ya que se manipulan variables como temperatura, tiempo y las especies de hongos seleccionadas para observar su efecto sobre las propiedades fisicoquímicas tras el proceso de deshidratación, además se efectuó una comparación mediante un análisis estadístico.

Por lo cual se planteó una investigación con carácter aplicado pues se busca generar conocimientos que permitan optimizar el proceso de deshidratación logrando obtener productos con características óptimas para su conservación y valor nutricional. Mediante la metodología propuesta se garantiza la obtención de datos confiables y precisos para alcanzar los objetivos planteados y aportar conocimientos relevantes sobre la eficiencia y calidad del proceso de deshidratación en hongos comestibles.

#### 2.7.1.1. Investigación experimental

Permite establecer relaciones de causalidad entre variables mediante la manipulación controlada de una o más variables independientes para observar su efecto en variables dependientes bajo condiciones controladas y con procedimientos rigurosos de recolección y análisis de datos (Bernal, 2010).

En la investigación se aplicaron tres tratamientos térmicos a tres especies de hongos comestibles evaluando su efecto sobre sus características fisicoquímica.

### **2.7.1.2. Investigación descriptiva**

Se orienta a caracterizar fenómenos, poblaciones o variables específicas sin manipular deliberadamente las condiciones del estudio sino describiendo con precisión sus propiedades, estados y comportamientos tal como se presentan en el contexto real (Alban et al., 2020).

En la investigación tiene como función caracterizar los atributos fisicoquímicos de las especies de hongos comestibles antes y su posterior deshidratación, sin generar un efecto sus condiciones naturales, lo cual se alinea con el objetivo de establecer una comparación entre las características fisicoquímicas antes y después de la deshidratación.

### **2.7.1.3. Investigación cuantitativa**

Permite la recolección y el análisis de datos numéricos con el objetivo de probar hipótesis establecer relaciones entre variables y generalizar resultados a partir de muestras representativas mediante procedimientos estadísticos objetivos (Valdiviezo, 2019).

Se aplica con la función de la recolección y análisis de datos numéricos como el peso, porcentaje de humedad, de pH, y acidez logrando así obtener una comparación estadística entre valores de cada especie.

## **2.7.2. Métodos de investigación**

### **2.7.2.1. Método científico**

Es un proceso sistemático utilizado para generar conocimiento valido mediante observación formulación de hipótesis experimentación y análisis rigurosos de resultados, proporciona las herramientas para evaluar críticamente los datos recopilados y su comparación con investigaciones previas (Solér, 2023).

De esta manera, la estructura de la investigación responde al enfoque del método científico, ya que parte de una observación inicial, como la variabilidad fisicoquímica entre especies, plantea supuestos verificables y los somete a comprobación mediante un diseño experimental estructurado, garantizando rigor metodológico y validez en los resultados.

### **2.7.2.2. Método experimental**

Se fundamenta en el uso de procedimientos planificados y controlados que permiten evaluar el efecto de una o más variables independientes sobre variables dependientes con el fin de comprobar hipótesis donde la manipulación de tratamientos y la medición de variables permiten establecer relaciones causales confiables dentro de la investigación (Torres Yacelga & Quinche Llerena, 2014).

En la presente investigación, este enfoque se utilizó para someter las muestras a condiciones controladas, manipulando la temperatura como variable independiente y evaluando sus efectos sobre las propiedades fisicoquímicas de cada especie de hongo en el producto final. Para ello, se implementó un diseño experimental que permitió analizar tanto el efecto individual de los factores como la interacción entre el tipo de especie y el tratamiento térmico aplicado, garantizando un análisis estadístico confiable y la obtención de resultados válidos.

### **2.7.3. Técnicas de investigación**

Se emplearon técnicas de carácter científico y analítico que permitieron la recolección y el tratamiento de datos precisos sobre las características fisicoquímicas de los hongos comestibles seleccionados para el estudio.

#### **2.7.3.1. Medición instrumental**

Consiste en la obtención de datos precisos mediante el uso de equipos calibrados y procedimientos estandarizados, es esencial porque permite garantizar con exactitud además de objetividad y reproducibilidad en los resultados reduciendo la subjetividad en la recolección de datos (Castro, 2023)

Técnica empleada para determinar las variables que requieran el uso de un equipo como pH-metro digital, balanza digital para medir peso inicial o peso final antes y después de la deshidratación utilizando instrumentos calibrados permitiendo obtener valores exactos.

#### **2.7.3.2. Análisis estadístico experimental**

Permite interpretar los datos obtenidos de la medición instrumental y determinar si las diferencias entre tratamientos son estadísticamente significativas, el análisis estadístico permite validar científicamente los resultados del proceso mediante la aplicación de pruebas como el

análisis de varianza, permite garantizar que las conclusiones respondan a efectos reales del tratamiento experimental y no de variaciones aleatorias (Torres et al., 2015).

Aplicada para evaluar la respuesta de las muestras frente a los tratamientos térmicos previamente establecidos con sus respectivas temperaturas y tiempos asignadas a cada especie de hongo comestible bajo condiciones constantes y controladas de las mismas.

#### **2.7.4. Instrumentos de investigación**

Para cada técnica se determina un instrumento de investigación los cuales son recursos, herramientas o medios concretos que beneficiaran en la investigación siendo pilar para recolectar, registrar y medir datos.

##### **2.7.4.1. Matriz de registro de datos**

Permite registrar los valores obtenidos de las variables como datos de humedad, pH y acidez en estado fresco y deshidratado valores obtenidos de los equipos mediante bitácoras de laboratorio lo que permite obtener un formato estructurado que sirve para convertir lo que se obtiene visualmente en datos organizados.

Documento físico o digital mediante análisis de datos en Excel con tablas estadísticas con un software estadístico, permitiendo visualizar tendencias y relaciones entre las variables y fórmulas que determinará los valores mediante una estadística descriptiva permitiendo resumir y comparar fácilmente la eficiencia de la deshidratación.

##### **2.7.4.2. Diseño experimental y software estadístico Infostat**

Herramienta metodológica que define de manera escrita y organizada los factores a evaluar, los niveles de cada factor, las combinaciones de tratamientos, el número de réplicas y el orden de ejecución asegurando de esta manera que todos los ensayos se realicen bajo condiciones idénticas y controladas

Para verificar si existen diferencias estadísticas significativas entre tratamiento se empleó el uso de con un ADEVA, también pruebas Tukey para determinar entre grupos si poseen diferencias, cada método permitirá tomar decisiones con base científica y estadística.

## 2.7.4. Localización del área de estudio

### 2.7.4.1. Ubicación del área de recolección de las materias primas

La recolección de cada especie de hongo comestible se llevó a cabo en el cantón Pujili, específicamente en el barrio San Buenaventura. Se observa en la tabla 3 los detalles del lugar.

**Tabla 3.** Ubicación geográfica de la obtención de la materia prima

<b>DETALLES</b>	
<b>Provincia</b>	Cotopaxi
<b>Cantón</b>	Pujili
<b>Región</b>	Sierra central
<b>Parroquia</b>	Pujili urbana
<b>Barrio</b>	San Buenaventura
<b>Latitud oeste</b>	78° 41' 00''
<b>Latitud sur</b>	1° 01' 30''
<b>Altitud</b>	2.930 m.s.n.m.
<b>Temperatura (°C)</b>	12 a 16

### 2.7.4.2. Ubicación del área para el desarrollo de las actividades

El lugar donde se desarrolló las actividades es en los laboratorios y planta agroindustrial ubicados en las instalaciones del campus Salache de la Universidad Técnica de Cotopaxi, ubicado en el cantón Latacunga. Sus características se observan en la tabla 4.

**Tabla 4.** Ubicación geográfica del lugar para el desarrollo de las actividades

<b>DETALLES</b>	
<b>Provincia</b>	Cotopaxi
<b>Cantón</b>	Latacunga
<b>Región</b>	Sierra central
<b>Parroquia</b>	Eloy Alfaro
<b>Barrio</b>	Salache
<b>Latitud oeste</b>	78° 36' 45''
<b>Latitud sur</b>	0° 55' 30''
<b>Altitud</b>	2.850 m.s.n.m.
<b>Temperatura (°C)</b>	13 a 15

## 2.7.5. Materiales/Equipos

En la investigación se utiliza los siguientes materiales, materias primas, equipos y reactivos de acuerdo a cada una de las variables o procedimiento lo requiera.

### 2.7.5.1. Materia prima

- Hongo ostra rosada (*Pleurotus djamor*)
- Hongo ostra ploma (*Pleurotus ostreatus*)
- Hongo portobello (*Agaricus bisporus*)

### 2.7.5.2. Sustancias/Reactivos

- Hidróxido de sodio
- Indicador fenolftaleína
- Soluciones buffer para calibración
- Ácido bórico
- Sulfato de sodio anhídrido
- Sulfato cúprico

### 2.7.5.3. Materiales de laboratorio

- Buretas de 25 mL
- Probetas graduadas de 100 mL y 250 mL
- Matraces aforados de 100 mL y 250 mL
- Vasos de precipitación de 250 mL
- Erlenmeyers de 125 mL
- Pipetas graduadas y automáticas (1 mL, 5 mL, 10 mL)
- Tubos de ensayo
- Embudos
- Digestor Kjeldahl
- Vidriería de vidrio borosilicato (resistente al calor)

### 2.7.6. Equipos

**Tabla 5.** Equipos utilizados en la investigación

Equipo de medición	Especificación/Uso
Estufa de deshidratación eléctrica	Rango de temperatura: 30 °C – 250 °C Precisión: ±1 °C Marca referencial: DEHYDRATOR STAINLESS STEEL FD-12 Uso: Deshidratación controlada de hongos a distintas temperaturas.

Balanza analítica digital	Precisión: 0.001 g Capacidad: hasta 210 g Marca referencial: OHAUS Pioneer o similar Uso: Medición de masa para cálculo de rendimiento.
Horno de aire forzado	Rango: hasta 250 °C Control digital de temperatura Uso: Determinación del contenido de humedad por método gravimétrico.
Sistema kjeldahl	Digestor + destilador + titulador automático Precisión según norma AOAC Uso: Determinación de contenido de proteínas totales en los hongos deshidratados.
Equipo soxhlet	Capacidad: 250 ml Uso con solventes como éter de petróleo Uso: Extracción y cuantificación del contenido de grasa total.
Sistema de digestión para fibra	Con reactores de digestión ácida y básica Uso: Cuantificación de fibra bruta por digestión secuencial
Acidómetro	Solución de NaOH 0,1 N y fenolftaleína como indicador Uso: Cuantificación de la acidez expresada como porcentaje de ácido orgánico.
pH-metro	Potenciómetro digital calibrado con soluciones buffer (ph 4,0 y 7,0) Rango de medición 0-14 pH Uso: Determinación de grado de alcalinidad en extractos acuosos de hongos comestibles

**Adaptado de:** Normativas INEN Y AOAC

## 2.7.7. Metodología de análisis para características fisicoquímicas

### 2.7.7.1. Análisis fisicoquímicos estado fresco y deshidratado

En la investigación se analizaron las propiedades fisicoquímicas (Humedad, pH y acidez) de las especies de hongos comestibles en fresco y deshidratado ante el efecto del proceso donde actúan distintos tiempos y temperaturas.

- **Humedad**

Se cuantifica por el método gravimétrico según la norma AOAC 925.10 / NTE INEN 616, secando una muestra representativa en horno de aire forzado a 105°C hasta un peso constante.

Procedimiento:

- Pesar una capsula limpia y seca (peso P<sub>0</sub>)

- Colocar aproximadamente 5 g de muestra previamente triturada (peso inicial P<sub>1</sub>)
- Secar en horno a 105°C durante 4h
- Retirar, enfriar en desecador 30 min y pesar (peso final P<sub>2</sub>)
- Repetir el secado hasta obtener consistencia en el peso.

Calculo:

Ec 1

$$\text{Humedad (\%)} = \frac{P_1 - P_2}{P_1 - P_0} \times 100$$

- **pH**

Se cuantifica mediante el método de potenciómetro según la norma NTE INEN-ISO 1842:2013 mediante una muestra y validando su valor con respecto a valores establecidos.

Procedimiento:

- Pesar 10 g de muestra y triturar finamente
- Agregar 100 ml de agua destilada
- Mezclar y dejar reposar 30 min
- Medir el pH con potenciómetro calibrado
- Registrar el valor

- **Acidez**

Se cuantifica el porcentaje de ácido orgánico presente en las muestras según la norma AOAC 947.05/ Volumetría, para la obtención de un valor referente para su posterior interpretación.

Procedimiento:

- Tomar 10 ml del extracto preparado para el análisis de pH
- Agregar 2-3 gotas de fenolftaleína
- Titular con NaOH 0,1 N hasta un color rosado persistente
- Registrar el volumen de NaOH consumido

Calculo:

Ec 2

$$\text{Acidez (\%ácido cítrico)} = \frac{V \times N \times \text{meq} \times 100}{m}$$

Donde:

V: Volumen consumido de NaOH (ml)

N: Normalidad del NaOH (0,1 N)

meq: Mili equivalentes del ácido predominante (0,064 ácido cítrico)

m: Volumen o peso de la muestra (ml o g)

## **2.7.8. Metodología de análisis para características nutricionales**

### **2.7.8.1. Análisis nutricionales del mejor tratamiento**

En la investigación se analizaron las propiedades nutricionales (Proteína, fibra y grasa) del mejor tratamiento para así determinar su composición nutricional como un alimento saludable que se use como suplemento alimenticio.

- **Proteína**

Se determina según la norma AOAC 2001.11 / NTE INEN 541. por el método de digestión de Kjeldahl, seguido de destilación y titulación para obtener el contenido de nitrógeno, multiplicado por 6.25.

Procedimiento:

- Se pesa una porción de la muestra y se deposita en los tubos digestores
- Se añade ácido sulfúrico concentrado con sulfato de potasio y un catalizador para elevar el punto de ebullición y acelerar la reacción.
- Los tubos se calientan en un bloque de aluminio a aproximadamente 420°C. el nitrógeno orgánico se convierte en sulfato de amonio.
- Una vez fría la muestra digerida se añade agua e hidróxido de sodio concentrado para hacer la solución básica.
- Se aplica destilación por arrastre de vapor el amoníaco liberado es recogido en una solución receptora de ácido bórico.
- El amoníaco atrapado se titula con una solución estándar de ácido clorhídrico o ácido sulfúrico utilizando un indicador colorimétrico para detectar el punto final.

- El contenido de nitrógeno obtenido se multiplica por el factor de conversión estándar generalmente 6,25 para obtener el porcentaje de proteína.

Calculo:

Ec 3

$$\%N = \frac{(V_M - V_B) \times N_{\text{ácido}} \times 1,4007}{w}$$

Donde:

$V_M$ : Volumen de ácido estándar gastado en la titulación.

$V_B$ : Volumen de ácido estándar gastado en el blanco.

$N_{\text{ácido}}$ : Normalidad del ácido estándar

1,4007: Mili equivalente del nitrógeno x100

$W$ : Peso de la muestra en gramos

Ec 4

$$Proteina (\%) = \%N \times 6,25$$

- **Fibra**

Se evalúa según la norma NTE INEN 522, mediante digestión ácida y alcalina secuencial, filtrado y pesado del residuo final. Su objetivo específico es cuantificar el residuo orgánico libre de cenizas.

Procedimiento:

- Se utiliza una muestra seca y molida generalmente la que queda tras la determinación de humedad.
- Si la muestra contiene más de un 1% de grasa debe extraerse previamente con éter de petróleo o hexano ya que la grasa interfiere en la digestión de la fibra.
- Se añade una cantidad exacta de la muestra desgrasada a un vaso de precipitación. Se agrega 200 ml de ácido sulfúrico al 1,25% hirviendo. Se mantiene la ebullición suave durante exactamente 30 minutos manteniendo el volumen constante. Se filtra el residuo a través de un lino fino o filtro adecuado y se lava con agua destilada caliente hasta eliminar la acidez.
- El residuo de la filtración se transfiere de nuevo al vaso. Se añade 200 ml de hidróxido de sodio al 1,25% hirviendo. Se hierve suavemente durante otro 30 min. Se filtra nuevamente y se

lava el residuo sucesivamente con agua caliente luego con una pequeña porción de ácido sulfúrico diluido y finalmente con alcohol o éter para facilitar el secado.

- El residuo final se coloca en un crisol y se seca en una estufa a 105°C -110°C hasta peso constante ( $P_1$ ). Se introduce el crisol en una mufla a 550°C – 600°C hasta que todo el material orgánico se queme. Se enfría en un desecador y se pesa nuevamente ( $P_2$ ).

Calculo:

Ec 5

$$Fibra\ cruda\ (\%) = \frac{(P_1 - P_2)}{W} \times 100$$

Donde:

W: Peso inicial de la muestra

- **Grasa**

Se evalúa según la norma AOAC 2003.06 donde se cuantifica mediante el método de extracción por sumersión utilizando hexano como solvente. A diferencia del Soxhlet tradicional este procedimiento es mucho más rápido porque la muestra se sumerge directamente en el solvente hirviendo.

Procedimiento:

- Se pesa la muestra y se coloca en dedales de extracción
- Se insertan los dedales en las unidades de extracción y se sumergen en el solvente hirviendo durante aproximadamente 20 minutos este disuelve la mayor parte de la grasa rápidamente.
- Se elevan los dedales por encima del nivel del solvente. Se continua la extracción por goteo durante unos 40 minutos para extraer los residuos finales.
- Se cierra la válvula del sistema para evaporar y recolectar el solvente del vaso de extracción dejando únicamente el residuo graso.
- Los vasos con el residuo se secan en estufa a 102°C por 30 minutos para eliminar trazas de humedad se enfrían en desecador y se pesan.

Calculo:

Ec 6

$$Grasa\ (\%) = \frac{P_{vaso\ con\ grasa} - P_{vaso\ vacío}}{W_{muestra}} \times 100$$

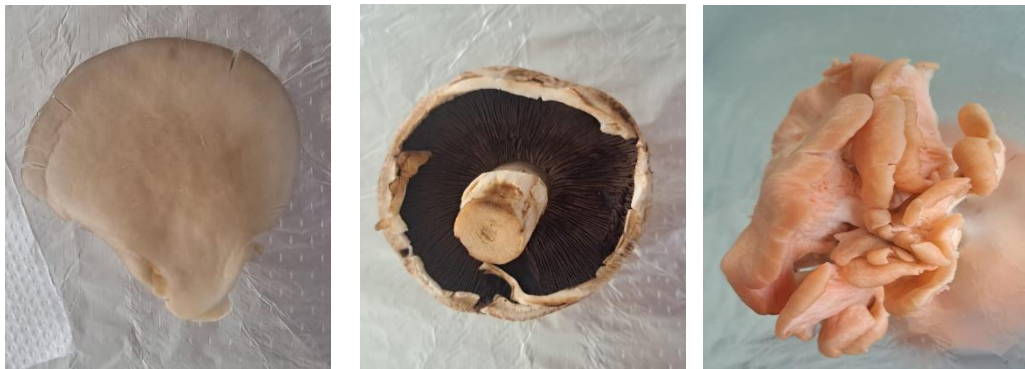
## 2.7.9. Metodología para la deshidratación de hongos

### 2.7.9.1. Procedimiento

El procedimiento a seguir para la deshidratación de las especies de hongos comestibles consta de varias etapas que permitirán asegurar su inocuidad y calidad que caracteriza a los productos deshidratados. A continuación, se detalla cada una de las etapas:

- **Recepción y selección:** Los hongos se reciben frescos, preferentemente el mismo día de la cosecha, verificando que cumplan con criterios de calidad: firmeza, color característico, ausencia de moho, mal olor o signos de descomposición. Solo se seleccionan ejemplares sanos y aptos para consumo.

**Ilustración 4.** Recepción de hongos



**Elaborado por:** Condorcana, F., 2025

- **Limpieza:** La limpieza se realiza de forma seca con cepillos suaves o paños húmedos para retirar tierra o residuos y materia orgánica adherida. No se recomienda el lavado con agua directa, ya que los hongos absorben humedad y esto puede interferir en el proceso de deshidratación. Luego, se secan al aire o con papel absorbente.

**Ilustración 5.** Limpieza



**Elaborado por:** Condorcana, F., 2025

- **Corte:** Se cortan los hongos en láminas de entre 0,5 cm y 1 cm de espesor para facilitar la uniformidad del secado dependiendo el tipo de hongo, para asegurar una deshidratación homogénea permitiendo su empaquetado y análisis posterior.

**Ilustración 6.** Corte



**Elaborado por:** Condorcana, F., 2025

- **Pesado inicial:** Se registra el peso en fresco para calcular el rendimiento mediante una balanza digital de precisión obteniendo el peso inicial (húmedo) de cada muestra.

**Ilustración 7.** Pesaje inicial



**Elaborado por:** Condorcana, F., 2025

- **Distribución en bandejas:** Las muestras se colocan en bandejas perforadas o mallas antiadherentes, asegurando que no se superpongan para permitir un flujo de aire adecuado y uniforme. Las bandejas se introducen en el deshidratador eléctrico.

**Ilustración 8.** Distribución en bandejas



**Elaborado por:** Condorcana, F., 2025

- **Deshidratación eléctrica:** Se utiliza un deshidratador eléctrico programado a una temperatura constante. Este intervalo depende del tipo de hongo, espesor de corte y características del equipo. El objetivo es alcanzar un contenido de humedad final inferior al 12%, recomendado para productos deshidratados para evitar el crecimiento microbiano. Los tratamientos térmicos se describen como el tiempo y la temperatura que serán usados en la deshidratación siendo así los siguientes: (40 °C/6h); (50 °C/5h) y (60°C/4h) cada uno consta de una especie de hongo comestible como la ostra rosada, ostra ploma y portobello.

**Ilustración 9.** Deshidratación eléctrica



**Elaborado por:** Condorcana, F., 2025

- **Enfriamiento:** Una vez terminado el proceso, se permite que los hongos deshidratados se enfríen a temperatura ambiente (20–25 °C) para evitar la condensación en el empaque.

**Ilustración 10.** Enfriamiento o reposo



**Elaborado por:** Condorcana, F., 2025

- **Pesado final:** Posterior la deshidratación se retiran las muestras y se mide el peso final seco. Estos datos permiten calcular la eficiencia del proceso y la pérdida de humedad.

**Ilustración 11.** Pesaje final



**Elaborado por:** Condorcana, F., 2025

- **Empacado y etiquetado:** Se empaican en bolsas trilaminadas o de polietileno con cierre hermético. Cada bolsa se etiqueta con el nombre del hongo, tratamiento térmico, fecha y un código que identifique el tratamiento.

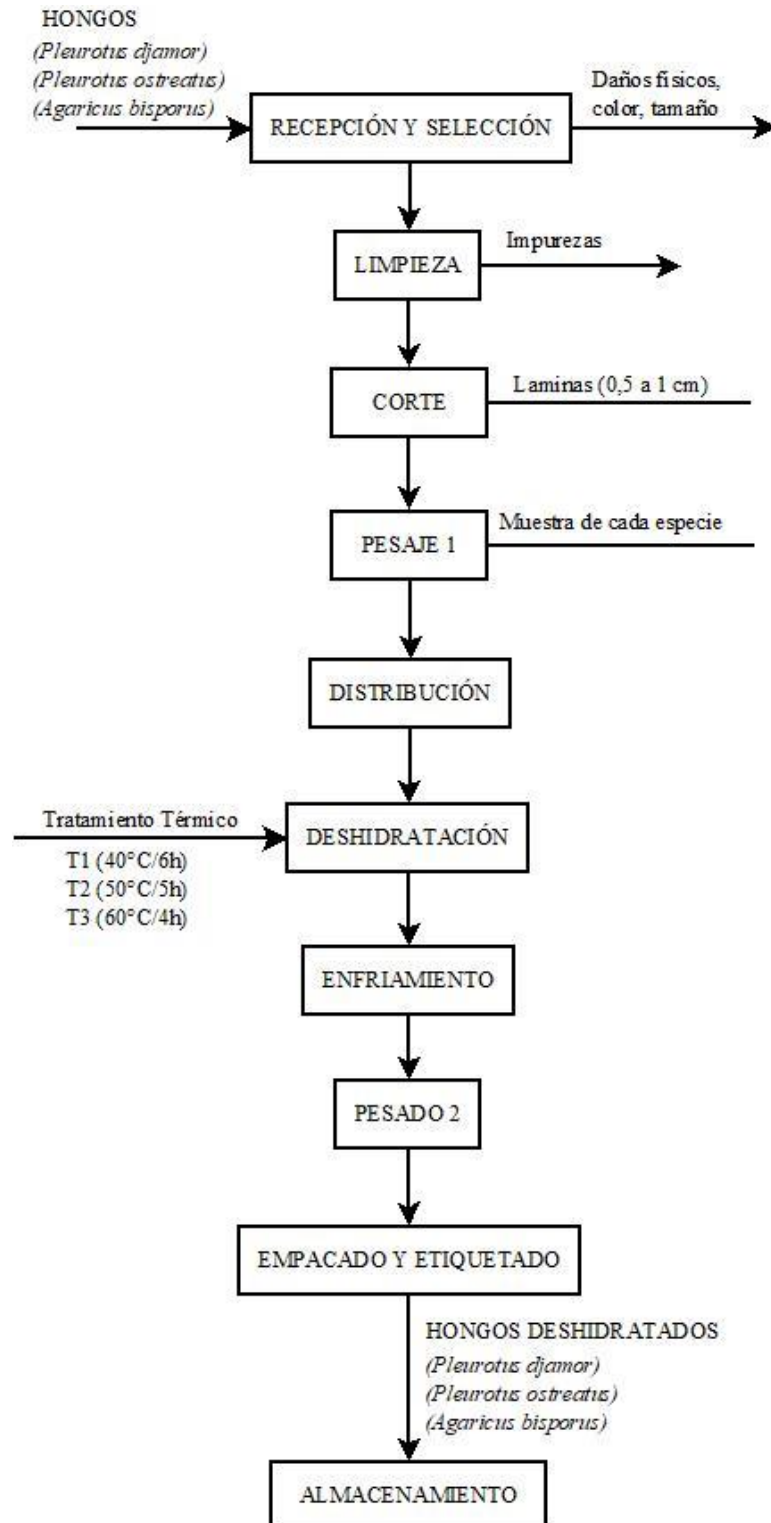
### Ilustración 12. Empacado y etiquetado



**Elaborado por:** Condorcana, F., 2025

- **Almacenamiento:** Se almacena el producto en un ambiente seco y oscuro, idealmente con humedad relativa <60%, para prolongar su vida útil.

### 2.7.9.2. Diagrama de flujo del procedimiento de deshidratación



Elaborado por: Condorcana, F., 2025

## 2.8. VALIDACIÓN DE LAS PREGUNTAS CIENTÍFICAS O HIPÓTESIS

### **Hipótesis nula ( $H_0$ )**

La eficiencia del proceso de deshidratación en las especies de hongos y tratamiento térmico no influye significativamente las características fisicoquímicas de los hongos deshidratados.

### **Hipótesis alterna ( $H_1$ )**

La eficiencia del proceso de deshidratación en las especies de hongos y tratamiento térmico influye significativamente las características fisicoquímicas de los hongos deshidratados.

### **Validación de las hipótesis**

De acuerdo al diseño experimental aplicado se rechaza la hipótesis nula ( $H_0$ ) y aceptando la hipótesis alterna ( $H_1$ ) en donde se analiza que los efectos fueron altamente significativos para todos los factores principales y sus respectivas interacciones con relación a las tres variables establecidas (humedad, pH y acidez). Se menciona que la eficiencia del proceso de deshidratación en las especies de hongos y tratamiento térmico influye significativamente en las características fisicoquímicas de los hongos deshidratados.

## 2.9. DISEÑO EXPERIMENTAL

La presente investigación evalúa la eficiencia de deshidratación en tres especies de hongos que consiste en la selección de las especies de hongos y su tratamiento térmico correspondiente permitiendo identificar cambios en las propiedades fisicoquímicas después de la deshidratación. Se emplea un DBCA (Diseño de Bloques Completamente al Azar) en arreglo factorial AxB, el factor (A) indica la especie de hongo y el factor (B) indica el tratamiento térmico que se somete el hongo para su evaluación. El Bloque constara de las repeticiones.

Se definieron 3 tratamientos térmicos por lo que los parámetros constantes serán la temperatura y el tiempo los cuales fueron  $t_1$  (40 °C/6h);  $t_2$  (50 °C/5h) y  $t_3$  (60°C/4h). Estos se definieron de acuerdo a revisión bibliográfica según la metodología de Soberao et al, (2022).

**Tabla 5.** Factor A: *Especies de hongos comestibles*

DETALLE	ESPECIE
a <sub>1</sub>	<i>Pleurotus djamor</i>
a <sub>2</sub>	<i>Pleurotus ostreatus</i>
a <sub>3</sub>	<i>Agaricus bisporus</i>

**Elaborado por:** Condorcana, F., 2025

Cada especie de hongo se somete a un tratamiento térmico para evaluar la eficiencia de la deshidratación y comprobar si aún conserva sus propiedades fisicoquímicas.

**Tabla 6.** Factor B: *Tratamientos térmicos*

DETALLE	TRATAMIENTO TÉRMICO
b <sub>1</sub>	(40°C/6h)
b <sub>2</sub>	(50°C/5h)
b <sub>3</sub>	(60°C/4h)

**Elaborado por:** Condorcana, F., 2025

### 2.9.1. Tratamientos

Se determinaron 9 tratamientos generados por la combinación de la especie de hongo con su tratamiento térmico.

**Tabla 7.** Combinaciones entre Factor A y Factor B

REPETICIÓN	TRATAMIENTOS	COMBINACIONES	DETALLE
I,II,III	t <sub>1</sub>	a <sub>1</sub> b <sub>1</sub>	<i>Pleurotus djamor</i> + (40°C/6h)
I,II,III	t <sub>2</sub>	a <sub>1</sub> b <sub>2</sub>	<i>Pleurotus djamor</i> + (50°C/5h)
I,II,III	t <sub>3</sub>	a <sub>1</sub> b <sub>3</sub>	<i>Pleurotus djamor</i> + (60°C/4h)
I,II,III	t <sub>4</sub>	a <sub>2</sub> b <sub>1</sub>	<i>Pleurotus ostreatus</i> + (40°C/6h)
I,II,III	t <sub>5</sub>	a <sub>2</sub> b <sub>2</sub>	<i>Pleurotus ostreatus</i> + (50°C/5h)

I,II,III	t <sub>6</sub>	a <sub>2</sub> b <sub>3</sub>	<i>Pleurotus ostreatus</i> + (60°C/4h)
I,II,III	t <sub>7</sub>	a <sub>3</sub> b <sub>1</sub>	<i>Agaricus bisporus</i> + (40°C/6h)
I,II,III	t <sub>8</sub>	a <sub>3</sub> b <sub>2</sub>	<i>Agaricus bisporus</i> + (50°C/5h)
I,II,III	t <sub>9</sub>	a <sub>3</sub> b <sub>3</sub>	<i>Agaricus bisporus</i> + (60°C/4h)

**Elaborado por:** Condorcana, F., 2025

### 2.9.2. Características del experimento

En el diseño experimental se obtuvieron un total de 27 unidades experimentales puesto que son 9 tratamientos por 3 repeticiones.

**Tabla 8.** Detalles del experimento

DETALLE	CANTIDAD
Tratamiento	9
Repeticiones	3
Total (unidades experimentales)	27

**Elaborado por:** Condorcana, F., 2025

### 2.9.3. Características de la unidad experimental

Cada unidad experimental presenta un peso de 100 g de hongo fresco previo su pelado y corte para su proceso de deshidratación.

### 2.9.4. Variables de respuesta

A continuación, se presenta la tabla de operacionalización de variables de acuerdo a la investigación sobre hongos comestibles deshidratados considerando los aspectos fisicoquímicos y nutricionales aplicables a todos los tratamientos con enfoque en la evaluación de la eficiencia de deshidratación.

**Tabla 9.** Operacionalización de variables

<b>Variable dependiente</b>	<b>Variable independiente</b>	<b>Indicadores</b>
Hongo comestible	Factor A	- Propiedades fisicoquímicas
	- Especie de hongo	Humedad
	Factor B	pH
	- Tratamiento térmico	Acidez
<b>ANÁLISIS AL MEJOR TARTAMIENTO</b>		
		- Proteína
	- Propiedades nutricionales	- Fibra bruta
		- Grasa
	- Análisis de costos	Precio de venta estimado

**Elaborado por:** Condorcana, F., 2025

### 2.9.5. Análisis de varianza

**Tabla 10.** Cuadro referente al ADEVA

<b>Fuente de variación</b>	<b>Grados de libertad (gl)</b>	<b>FORMULAS</b>
Repeticiones (bloque)	2	r-1
Factor A	2	a-1
Factor B	2	b-1
Interacción AxB	4	(a-1)(b-1)
Error	16	(ab)(r-1)
Total	26	n-1
C.V	%	

**Elaborado por:** Condorcana, F., 2025

## 2.10. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

### 2.10.1. Composición fisicoquímica en estado fresco

#### 2.10.1.1. Análisis de Humedad

En la tabla 11 se observa los valores obtenidos del contenido presente de humedad en hongos frescos de las variedades ostra rosada, ostra ploma y portobello presentaron contenidos referentes que oscilaron entre 77,09%; 80,44% y 81,60%; lo que reafirma la naturaleza de las

especies de hongos en estudio como sustratos altamente perecibles. Los porcentajes se aproximan al rango de 87-93% reportado para *Pleurotus ostreatus* fresco, donde un elevado porcentaje de agua influye principalmente y directamente en la durabilidad de la vida útil del producto (Torres et al.,2017).

**Tabla 11.** Porcentajes de humedad en hongos frescos

HONGO	HUMEDAD (%)
Ostra ploma	80,44
Ostra rosada	77,09
Portobello	81,60

**Elaborado por:** Condorcana, F., 2025

Las ligeras diferencias presentes se encuentran por debajo de los niveles comunes de la especie *Pleurotus*, pueden atribuirse a variaciones en el tipo de sustrato utilizado, la condición del cultivo y el tiempo transcurrido desde la cosecha hasta el análisis. Previa investigación reafirman que estos factores modifican significativamente la humedad del carpóforo, específicamente cuando se emplean residuos agrícolas como cáscara de gandul, cáscara de frejol y pseudotallo de plátano. Además, la humedad puede variar dependiendo de la composición del compost y la densidad de siembra, lo que afecta la estabilidad pos cosecha (Cortez Salazar, 2016).

Estos resultados se pueden contrastar con la investigación de Apati et al., (2010) que realizan el secado y rehidratación de los hongos ostras, en dicho trabajo, se obtiene una humedad relativa del 75% al secar a los *Pleurotus ostreatus*, mismo valor que no difiere en gran medida de los obtenidos en la presente investigación, los cuales corresponden a 80.44% y 77,09%.

### 2.10.1.2. Análisis de pH

Referente al análisis de pH los valores obtenidos como se observa en la tabla 12 en las variedades evaluadas de hongos frescos presentaron contenidos referentes de 5,64 para ostra rosada, 6,34 ostra ploma y 6,65 en portobello para hongos comestibles. Estos alimentos se clasifican como de pH base, lo que los hace susceptibles al crecimiento de microorganismos alterantes y patógenos si no se implementan medidas de conservación adecuadas.

**Tabla 12.** Valores de pH en hongos frescos

<b>HONGO</b>	<b>pH</b>
<b>Ostra ploma</b>	6,34
<b>Ostra rosada</b>	5,64
<b>Portobello</b>	6,65

**Elaborado por:** Condorcana, F., 2025

El nivel bajo de acidez presente en la ostra rosada, en comparación con la ostra ploma y portobello, podría estar relacionada con una mayor acumulación de ácidos orgánicos durante el desarrollo del carpóforo o con diferencias en la composición nutricional del sustrato. Se ha documentado en previas investigaciones que el tipo de residuo agrícola modifica significativamente el pH y la composición de la especie *Pleurotus ostreatus*, tanto fresco como deshidratado, influenciando su calidad microbiológica y organoléptica. Además, las especies cultivadas en residuos agrícolas varía según la formulación del compost, lo que puede afectar la susceptibilidad a contaminaciones (Cortez, 2016).

El menor valor de pH observado en la ostra rosada podría estar asociado a una mayor acumulación de ácidos orgánicos durante el desarrollo del carpóforo, así como a diferencias en la composición química del sustrato utilizado en su cultivo. Este comportamiento ha sido reportado por Chang et al., (2004), quienes señalan que las especies del género *Pleurotus* presentan variaciones en el pH del tejido fresco debido a su metabolismo secundario y a la degradación diferencial de compuestos lignocelulósicos del sustrato, lo que incide directamente en la acidez final del hongo.

De manera similar, Cortez (2016) documenta que el tipo de residuo agrícola empleado como sustrato modifica significativamente el pH de *Pleurotus ostreatus*, tanto en estado fresco como deshidratado, influyendo en su calidad microbiológica y organoléptica. Sustratos con mayor contenido de carbohidratos fermentables tienden a favorecer la producción de ácidos orgánicos, reduciendo el pH del carpóforo, lo cual concuerda con el valor más bajo registrado para la ostra rosada en el presente estudio.

Los valores más elevados de pH observados en ostra plomo y portobello sugieren una menor acidez del tejido fúngico, lo que puede incrementar la susceptibilidad a contaminaciones microbianas durante el almacenamiento en fresco. Chang et al., (2004) indican que los hongos

con pH cercano a la neutralidad requieren controles estrictos de temperatura y humedad para evitar deterioro acelerado, especialmente en sistemas de comercialización local.

En conjunto, los resultados confirman que el pH en estado fresco está influenciado tanto por la especie como por el sustrato de cultivo, y constituye un parámetro clave para definir estrategias de conservación, manipulación y procesamiento posterior. En particular, las especies con menor pH, como la ostra rosada, podrían presentar ligeras ventajas microbiológicas, aunque siguen siendo altamente perecederas, lo que resalta la necesidad de aplicar procesos como la deshidratación para prolongar su vida útil.

### 2.10.1.7. Análisis de Acidez

En la tabla 13 se detallan los valores obtenidos sobre el análisis de acidez titulable en los hongos frescos para ostra rosada fue de 1,54%; ostra ploma 3,20% y para portobello 2,69%; valores comparables con los reportados para *Pleurotus ostreatus*. Esta acidez tiende a incrementarse durante el almacenamiento, mientras que el pH disminuye, debido a la formación de compuestos ácidos derivados del metabolismo respiratorio y posibles procesos fermentativos iniciales. El mayor porcentaje de acidez en la ostra ploma con un valor de 3,20 sugiere una concentración más elevada de ácidos orgánicos (ácido cítrico) en comparación con la ostra rosada y portobello.

**Tabla 13.** Porcentajes de acidez de hongos frescos

HONGO	Acidez (%)
Ostra ploma	3,20
Ostra rosada	1,54
Portobello	2,69

**Elaborado por:** Condorcana, F., 2025

Esta tendencia coincide con estudios sobre atmósferas modificadas y empaques para *Pleurotus*, donde el aumento de acidez se asocia directamente con cambios en las características organolépticas y adaptación sensorial a medida que progresa la vida útil, por lo cual las investigaciones en estos tipos de empaques en atmósferas controladas, la acidez titulable de *Pleurotus ostreatus* aumenta gradualmente, por ende, una correlación con la degradación de la calidad (Marilza et al.,2010).

Este comportamiento es consistente con lo reportado por Ares et al., (2007), quienes indican que los hongos del género *Pleurotus* presentan variaciones significativas en acidez en función de la especie y del metabolismo respiratorio activo en estado fresco. Asimismo, estos autores señalan que durante el almacenamiento postcosecha se produce un incremento progresivo de la acidez acompañado de una disminución del pH, asociado a la respiración del tejido fúngico y a la acumulación de compuestos ácidos derivados de procesos metabólicos y fermentativos incipientes. En este contexto, el mayor nivel de acidez observado en la ostra ploma podría explicar una mayor susceptibilidad a cambios sensoriales durante el almacenamiento, ya que el aumento de la acidez se ha relacionado directamente con la pérdida de calidad organoléptica en hongos frescos, reforzando la importancia del control postcosecha para preservar su vida útil.

## **2.10.2. Composición fisicoquímica en estado deshidratado**

### **2.10.2.1. Análisis de Humedad**

La humedad final se mantuvo entre aproximadamente 7,4 y 9,8% ver anexo 5, valores que se pueden considerar adecuados para productos deshidratados de larga vida útil, siempre que se acompañen de un envasado y almacenamiento apropiados. En estudios sobre estas variedades se reportaron humedades cercanas a 10-12% en hongos deshidratados con buena estabilidad microbiológica, lo que sitúa los resultados obtenidos ligeramente por debajo de esos valores favoreciendo la reducción del crecimiento de mohos y levaduras.

La Norma Técnica Ecuatoriana para hongos comestibles y sus productos (NTE INEN 2719, basada en el Codex STAN 38-1981) establece que los hongos desecados deben elaborarse conforme al código de prácticas de higiene para frutas y hortalizas deshidratadas, el cual exige contenidos de humedad para garantizar la inocuidad y estabilidad del producto, sin fijar un único porcentaje respaldando el criterio de humedades por debajo de 10-12% para una adecuada conservación. Además, en previas investigaciones presentan resultados con humedades inferiores al 10% prolongando su conservación, comparando así con los valores obtenidos durante el experimento.

En la investigación de Apati et al., (2010), también se presenta el porcentaje de humedad de los hongos luego de realizar la deshidratación, se obtiene un valor del 9,99%, de la misma manera hacen énfasis que para que los hongos se encuentren correctamente deshidratados deben presentar un porcentaje de humedad menor al 10%, esto se cumple ya que los porcentajes de humedad obtenidos en la presente investigación son menores a este porcentaje.

### **2.10.2.2. Análisis de pH**

Los valores de pH en las muestras evidenciaron un intervalo entre 6,76 y 7,3 ver anexo 5, lo que demuestra un comportamiento típico de hongos comestibles, caracterizados por un pH próximo a la neutralidad ya sea en estado fresco o deshidratado. En investigaciones sobre las especies se ha evidenciado que la deshidratación modifica la composición nutricional, pero o provoca cambios drásticos en el pH que se mantiene en torno a 6,5-7,2 en concordancia con los resultados obtenidos (Torres, 2017).

Desde el punto de vista normativos, el Codex y la NTE INEN 2719 para hongos comestibles y sus productos no fijan un valor de pH específico, sino que se concentra en límites microbiológicos y requisitos de higiene no obstante un pH próximo a 7 como los obtenidos en el análisis exige un buen control de humedad, envasado y prácticas higiénicas para minimizar riesgos microbiológicos de acuerdo al criterio citado en el Código de prácticas de higiene citado por la normativa. Un pH cercano a la neutralidad con humedades por debajo de 10% resulta tecnológica y sanitariamente aceptable para hongos deshidratados siempre que se cumplan las demás exigencias de la reglamentación sanitaria en este caso la Normativa Sanitaria 007-98-SA y el Reglamento Técnico Centroamericano aplicados al estudio local en las especies *Pleurotus*.

Este comportamiento concuerda con lo reportado por Torres (2017), quien señala que los procesos de deshidratación en especies del género *Pleurotus* modifican principalmente el contenido de agua y algunos componentes nutricionales, sin provocar cambios drásticos en el pH, el cual se mantiene generalmente en un rango de 6,5 a 7,2. Dicho patrón es consistente con los valores obtenidos en el presente estudio, confirmando que la deshidratación actúa como un método de conservación física más que química.

### **2.10.1.8. Análisis de Acidez**

La acidez titulable de las muestras evidenciaron en un intervalo entre 2,40 y 5,4% (expresado en ácido cítrico) ver anexo 5 mediante esto se observó un incremento de la acidez en tratamientos de mayor temperatura para ostra rosada y portobello especialmente a 60°C/4h. principalmente este incremento puede relacionarse con fenómenos de concentración de solutos por pérdida de agua, liberación de ácidos orgánicos durante el tratamiento térmico y posibles reacciones químicas asociadas a la desnaturalización de componentes celulares sin que ello

implique necesariamente un déficit de la calidad, siempre que el sabor y la aceptabilidad sensorial se mantenga dentro de los parámetros favorables (Molinero, 2015).

Investigaciones con respecto a hongos deshidratados se presenta que los procesos de secado modifican la composición fisicoquímica de las especies de hongos comestibles incluida la acidez, pero de esta forma se demuestra que los productos continúan siendo adecuados para el consumo siempre que cumplan con las exigencias de inocuidad y seguridad alimentaria establecidas en la reglamentación sanitaria nacional y en el Reglamento Técnico Centroamericano. Los valores obtenidos con respecto a la acidez que se evidenciaron se relacionan con los rangos descritos para hongos comestibles deshidratados y de esta forma no afectan los criterios en general de la calidad del Codex para hongos que se centra en la ausencia de defectos y características propias en las especies de hongos deshidratados (Torres, 2017).

Este comportamiento coincide con lo reportado por Kalac (2013), quien señala que los procesos de deshidratación en hongos comestibles inducen cambios en la composición fisicoquímica, incluyendo incrementos aparentes de acidez, como resultado de la reducción de humedad y de modificaciones térmicas en los componentes celulares. El autor destaca que dichos cambios son esperables y aceptables desde el punto de vista tecnológico y nutricional, siempre que el producto final cumpla con los criterios de inocuidad y mantenga características sensoriales adecuadas. En este sentido, los valores de acidez obtenidos se encuentran dentro de los rangos descritos para hongos deshidratados comercialmente aceptables, confirmando que los tratamientos térmicos aplicados no comprometen la aptitud del producto para el consumo ni los criterios generales de calidad establecidos para hongos comestibles deshidratados.

### **2.10.3. Análisis de varianza (ADEVA)**

#### **2.10.3.1. Variable humedad**

Como se observa en la tabla 14 el ADEVA revelo efectos dominantes de los factores evaluados sobre la variabilidad en la humedad de los hongos deshidratados. Los valores elevados indican que tanto el tipo de hongo como el tratamiento térmico, así como su respectiva combinación explican de esta forma la mayor parte de la varianza superando ampliamente al error experimental. El bloque no mostro significancia sugiriendo consistencia en las réplicas. El coeficiente de variación del 0,8372% refleja una alta precisión experimental con una varianza total de 5,3267 por los factores controlables lo que valida la robustez del diseño.

**Tabla 14.** ADEVA humedad

<b>F.V.</b>	<b>SC</b>	<b>gl</b>	<b>CM</b>	<b>F</b>	<b>F. crítico</b>	<b>p-valor</b>
<b>Repeticiones</b>	0,0272	2	0,01	2,80	3,00	0,0906ns
<b>Hongo</b>	2,6572	2	1,33	273,31	3,00	<0,0001**
<b>Tratamiento térmico</b>	2,3622	2	1,18	242,97	3,00	<0,0001**
<b>Hongo*Tratamiento térmico</b>	0,2022	4	0,05	10,40		0,0002
<b>Error</b>	0,0778	16	0,0049			
<b>Total</b>	5,3267	26				
<b>C.V</b>	0,8372%					

**F.V:** Fuente de variación; **SC:** Suma de cuadrados; **gl:** Grados de libertad; **CM:** Cuadrados medios; **F:** F calculada; **ns:** No significativo; **\*\*:** Altamente significativo; **\***: Significativo

**Elaborado por:** Condorcana, F., 2025

A continuación, en la tabla 15, se presenta el resultado de las medias por tipo de hongo y por tratamiento térmico, con respecto a la ostra rosada presento la mayor humedad con el valor de 8,68 con la letra significativa de A seguido de la ostra ploma con un valor de 8,39 letra B y por último el portobello con un valor de 7,92 letra C. Estas diferencias se atribuyen a la capacidad de hidratación inicial de cada especie con respecto a la ostra rosada retienen más agua ligada debido a su estructura micelial más densa mientras que el portobello con mayor porosidad facilita la evaporación. Esto implica que las variedades con mayor humedad inicial requieren tratamientos más intensos para de esta forma alcanzar niveles óptimos de deshidratación afectando así la estabilidad durante el almacenamiento.

Este patrón de efectos significativos de temperatura y tratamiento en el contenido de humedad concuerda con los resultados reportados por Tasova et al., (2020) en su estudio sobre el secado de *Agaricus bisporus*. En esta investigación se encontró que las diferentes temperaturas de secado (50 °C, 60 °C y 70 °C) afectan significativamente las tasas de secado, los tiempos totales y la rehidratación de los hongos, lo que implica que la interacción entre temperatura y otras condiciones de secado influye en las propiedades finales relativas a la humedad y calidad del producto ( $p < 0,05$ ), aunque allí no se aplicó específicamente un ADEVA factorial, los autores señalan que la temperatura del tratamiento térmico es un determinante principal de la variación observada en las características de humedad y rehidratación.

**Tabla 15.** Medias por tipo de hongo

<b>Hongo</b>	<b>Medias</b>	<b>E.E.</b>	<b>Grupos Homogéneos</b>
<b>Ostra rosada</b>	8,68	0,02	A
<b>Ostra ploma</b>	8,39	0,02	B
<b>Portobello</b>	7,92	0,02	C

**Elaborado por:** Condorcana, F., 2025

Con respecto a los resultados de los tratamientos térmicos observados en la tabla 15 demostró una cinética de deshidratación dependiente de la temperatura. Esto se explica por la retención de agua ligada ineficiente en procesos de baja temperatura y larga duración (40°C/6h), donde la evaporación es gradual pero incompleta siendo de contraste con tratamientos donde la temperatura es mayor que promueve una deshidratación más uniforme (60°C/4h). Los tratamientos a temperaturas bajas pueden preservar mejor la textura y nutrientes, pero aumentan el riesgo de rehidratación desigual en productos finales.

Estos hallazgos son compatibles con lo reportado por Apati et al., (2010) en su artículo de investigación, los autores evaluaron hongos ostras (*Pleurotus ostreatus*) deshidratados a 40 °C, 50 °C y 60 °C y observaron que la temperatura de secado afecta tanto la pérdida de humedad como el comportamiento de rehidratación; en particular, los tratamientos a menor temperatura de secado mostraron mejores propiedades de rehidratación después de secados prolongados, lo que sugiere una interacción compleja entre la estructura del hongo y el proceso de eliminación de agua. Este patrón respalda la idea de que estructuras más densas o características propias de cada especie/variedad permiten retener agua que luego repercute en la humedad final.

**Tabla 16.** Medias por tratamiento térmico

<b>Tratamiento térmico</b>	<b>Medias</b>	<b>E.E.</b>	<b>Grupos Homogéneos</b>
<b>60°C/4h</b>	8,71	0,02	A
<b>50°C/5h</b>	8,29	0,02	B
<b>40°C/6h</b>	7,98	0,02	C

**Elaborado por:** Condorcana, F., 2025

En la tabla 16 se muestra la interacción muestra combinaciones óptimas, como la ostra rosada con 60°C/4h que permite un equilibrio debido a su estructura micelial más densa minimizando la retención excesiva. Esto refleja interacciones entre difusividad térmica y propiedades reológicas del hongo, esta combinación reduce pérdidas de masa mejorando la eficiencia en líneas de producción.

Este comportamiento es consistente con lo reportado por Apati et al., (2010) en su estudio sobre el secado de hongos ostra (*Pleurotus ostreatus*), donde se evidenció que las temperaturas de secado más elevadas aceleran la difusión de la humedad desde el interior del tejido fúngico hacia la superficie, reduciendo el tiempo total del proceso y mejorando la uniformidad del secado. Los autores señalan que la eficiencia del proceso depende de un equilibrio entre

temperatura, tiempo y estructura del hongo, ya que temperaturas moderadamente altas favorecen la transferencia de masa sin generar colapsos estructurales severos.

En el presente estudio, la combinación 60 °C/4 h mostró un comportamiento óptimo al permitir una deshidratación más eficiente en menor tiempo, particularmente cuando se evaluó en interacción con la ostra rosada, cuya estructura micelial más densa facilita una distribución más homogénea del calor. Esta interacción refleja la relación entre difusividad térmica y propiedades reológicas del hongo, donde un mayor gradiente térmico favorece la migración del agua ligada sin provocar una retención excesiva.

**Tabla 17.** Interacciones

Hongo	Tratamiento térmico	Medias	E.E.	Grupos Homogéneos		
Ostra rosada	60°C/4h	9,02	0,04	A		
Ostra ploma	60°C/4h	8,65	0,04	B		
Ostra rosada	50°C/5h	8,62	0,04	B	C	
Portobello	60°C/4h	8,45	0,04	B	C	D
Ostra ploma	50°C/5h	8,42	0,04		C	D
Ostra rosada	40°C/6h	8,4	0,04		D	
Ostra ploma	40°C/6h	8,1	0,04			E
Portobello	50°C/5h	7,85	0,04			F
Portobello	40°C/6h	7,45	0,04			G

**Elaborado por:** Condorcana, F., 2025

En la imagen 14 presenta barras que destacan el fuerte impacto del tipo de hongo y el tratamiento térmico sobre la humedad residual (7-9%), con la interacción confirmando variaciones por combinación específica. Esto se refleja directamente en la Tabla 16, donde la ostra rosada a 60°C/4h alcanza 9,02% (grupo A), el valor más alto, debido a su estructura interna densa que retiene humedad pese al secado rápido; en contraste, el portobello a 40°C/6h desciende a 7,45% (grupo G), facilitado por su textura porosa que permite mayor evaporación lenta.

Tales diferencias subrayan la necesidad de adaptar procesos para cada especie tal es el caso de la rosada requiere calor intenso para no quedar húmeda, mientras el portobello se beneficia de secados prolongados. Este patrón visualiza la cinética real del secado, orientando

recomendaciones prácticas para productores locales, donde eficiencia temporal prima sobre uniformidad absoluta.

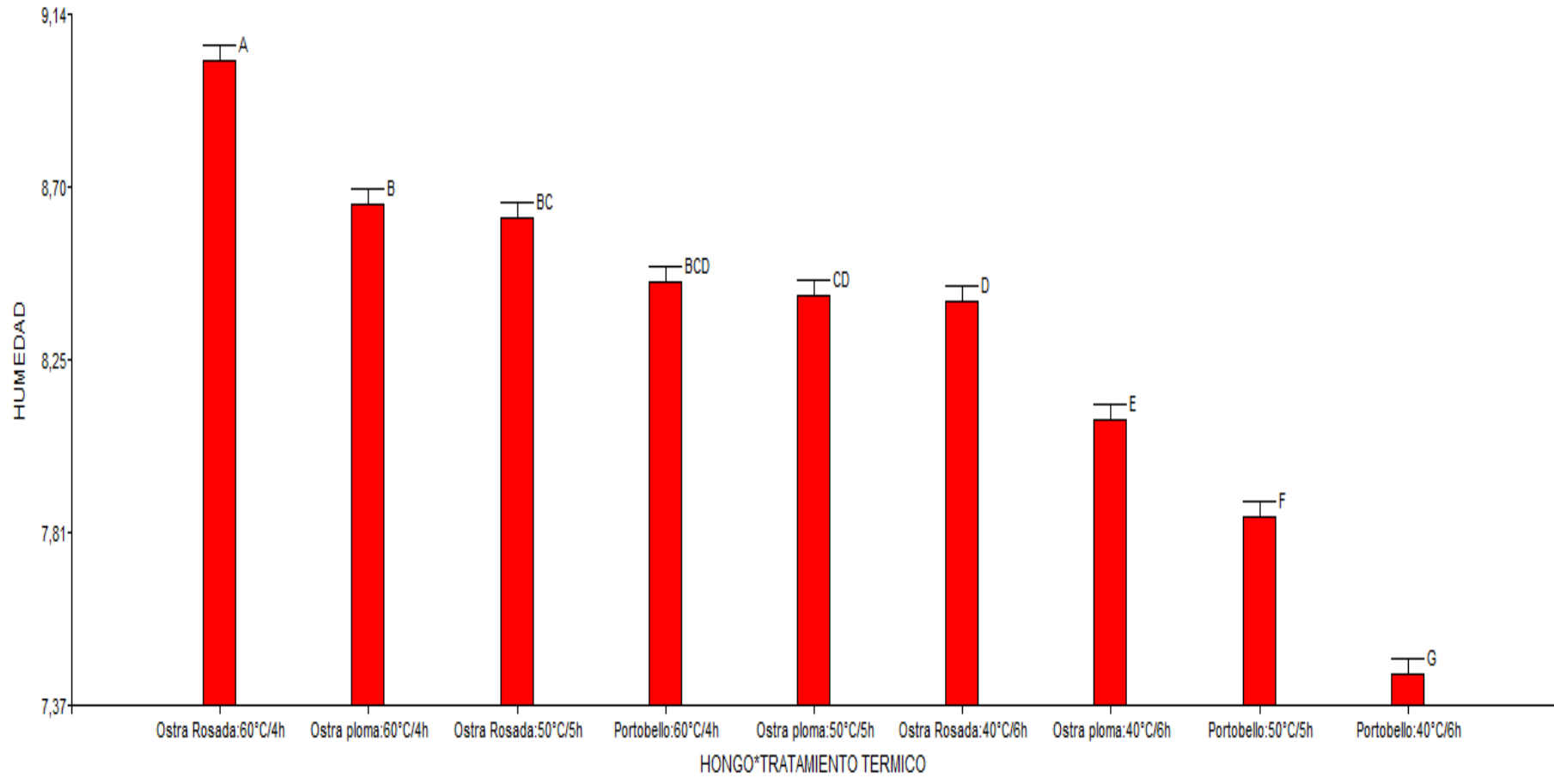
La combinación ostra rosada 60 °C/4 h alcanzó el valor más alto de humedad residual (9,02 %, grupo A), lo cual puede explicarse por la estructura micelial más densa y compacta de esta especie, que favorece la retención de agua ligada incluso bajo condiciones de secado rápido y alta temperatura. Este comportamiento coincide con lo reportado por Apati et al., (2010), quienes indican que en hongos ostra (*Pleurotus ostreatus*) la densidad estructural del tejido fúngico limita la migración interna de humedad, generando mayores valores de humedad residual cuando el secado se realiza a temperaturas elevadas y tiempos reducidos.

En contraste, el tratamiento portobello – 40 °C/6 h presentó la menor humedad residual (7,45 %, grupo G), lo que se atribuye a su textura más porosa y menos densa, que facilita la evaporación progresiva del agua durante secados prolongados a baja temperatura. Apati et al., (2010) señalan que estructuras más abiertas permiten una mayor difusión del vapor de agua, especialmente en procesos de secado lento, lo cual concuerda con los resultados observados en el presente estudio.

Las combinaciones intermedias, como ostra ploman y ostra rosada a 50 °C/5 h, así como portobello a 60 °C/4 h, se ubicaron en grupos homogéneos intermedios (B–D), evidenciando que la cinética de secado responde a un equilibrio entre temperatura, tiempo y propiedades reológicas del hongo. Este patrón confirma que el incremento de la temperatura acelera la transferencia de masa, pero su efecto final sobre la humedad residual depende de la capacidad del tejido fúngico para liberar agua ligada.

Estos resultados subrayan la necesidad de adaptar los parámetros de secado a cada especie de hongo. En el caso de la ostra rosada, se requiere un control más estricto del tratamiento térmico, privilegiando temperaturas más altas para evitar una humedad residual excesiva; mientras que el portobello se beneficia de secados prolongados a temperaturas moderadas o bajas, optimizando la eliminación de humedad sin comprometer la estabilidad del producto. Este enfoque específico por especie resulta clave para mejorar la eficiencia temporal del proceso y reducir pérdidas de masa en sistemas productivos locales, donde la optimización del tiempo suele primar sobre la uniformidad absoluta del secado.

**Ilustración 13.** Gráfica ADEVA de Humedad



**Elaborado por:** Condorcana, F., 2025

### 2.10.3.2. Variable pH

En la tabla 18 el ADEVA mostro dominación del tratamiento térmico sobre la variable del pH demostrando de esta forma variabilidad controlada el coeficiente de variación de 0,29% denota excelente reproducibilidad con el tratamiento confirmando una estabilización alcalina por calor intenso esto debido a la degradación de ácidos orgánicos y liberación de bases.

**Tabla 18.** ADEVA pH

F.V.	SC	gl	CM	F	F. crítico	p-valor
<b>Repeticiones</b>	0,0078	2	0,0039	9,07	3,00	0,0023*
<b>Especie de hongo</b>	0,0761	2	0,0380	88,18	3,00	0,0023*
<b>Tratamiento térmico</b>	0,2269	2	0,1134	262,90	3,00	<0,0001*
<b>Hongo*Tratamiento térmico</b>	0,0163	4	0,0041	9,43		0,0004*
<b>Error</b>	0,0069	16	0,0004			
<b>Total</b>	0,3340	26				
<b>C.V</b>	0,2930%					

**F.V:** Fuente de variación; **SC:** Suma de cuadrados; **gl:** Grados de libertad; **CM:** Cuadrados medios; **F:** F calculada; **ns:** No significativo; **\*\*:** Altamente significativo; **\***: Significativo

**Elaborado por:** Condorcana, F., 2025

La ostra rosada demostró tener un pH elevado seguido de la ostra ploma y portobello como se muestra en la tabla 20, esta alcalinidad dependiente de la especie refleja diferencias en la composición química como mayor contenido de aminoácidos básicos con respecto a la ostra rosada lo cual influye en la estabilidad microbiológica y su sabor. Un pH elevado previene el hidrólisis acida preservando la integridad proteica durante la deshidratación.

Asimismo, Chang et al., (2004) indican que las especies del género *Pleurotus* presentan variaciones en su respuesta al calor debido a diferencias en la composición proteica y en el contenido de aminoácidos básicos, lo que explica el efecto significativo del factor “hongo” observado en el presente estudio ( $F = 88,18$ ;  $p < 0,05$ ). En este contexto, la ostra rosada presentó los valores de pH más elevados, seguida de la ostra ploma y el portobello, lo cual sugiere una mayor concentración de compuestos nitrogenados básicos en la ostra rosada.

Un pH ligeramente alcalino resulta favorable durante la deshidratación, ya que reduce la susceptibilidad al efecto de hidrólisis ácida, contribuyendo a la preservación de la integridad proteica y sensorial del producto final. Sin embargo, desde una perspectiva microbiológica, valores de pH cercanos a la neutralidad refuerzan la necesidad de mantener contenidos de humedad bajos y estrictas prácticas de higiene, a fin de garantizar la inocuidad del producto deshidratado.

**Tabla 19.** Medias por tipo de hongos

Hongo	Medias	E.E.	Grupos Homogéneos
<b>Ostra rosada</b>	7,15	0,01	A
<b>Ostra ploma</b>	7,09	0,01	B
<b>Portobello</b>	7,02	0,01	C

**Elaborado por:** Condorcana, F., 2025

En la tabla 19 se observa las medias con respecto al tratamiento térmico de 60°C/4h produjo consigo un pH más alto seguido de lo demás tratamientos. Por lo cual la temperatura elevada mejora la seguridad microbiológica esto debido a que un pH<6,5 permite reducir el crecimiento de patógenos.

Este comportamiento concuerda con lo reportado por Chang et al., (2004), quienes señalan que las especies del género *Pleurotus* presentan valores de pH cercanos a la neutralidad o ligeramente alcalinos tras procesos térmicos, debido a la estabilidad de los compuestos nitrogenados y a la degradación parcial de ácidos orgánicos durante el secado. En este sentido, la ostra rosada, al presentar una mayor proporción de aminoácidos básicos, tiende a registrar valores de pH ligeramente superiores en comparación con otras especies comestibles.

En relación con el tratamiento térmico en la tabla 20, se observó que el régimen de 60 °C/4 h produjo los valores de pH más elevados, seguido de los tratamientos de menor temperatura. Este resultado confirma que el incremento de la temperatura favorece una ligera alcalinización del producto, atribuida a reacciones térmicas que reducen la acidez titulable del tejido fúngico. Resultados similares fueron descritos por Apati et al. (2010) en hongos ostra deshidratados, donde temperaturas más altas promovieron pH finales más próximos a la neutralidad.

Es importante precisar que un pH cercano a la neutralidad no inhibe por sí solo el crecimiento de microorganismos patógenos; por el contrario, muchos patógenos se desarrollan favorablemente en rangos de pH entre 6,5 y 7,5. Por ello, la mejora de la seguridad microbiológica asociada al tratamiento térmico no se debe exclusivamente al aumento del pH, sino principalmente a la reducción de la humedad residual y a la inactivación térmica de la microbiota inicial. En este contexto, la combinación de pH cercano a 7 con humedades inferiores al 10 % resulta tecnológicamente aceptable siempre que se acompañe de buenas prácticas de higiene, envasado adecuado y control del almacenamiento.

**Tabla 20.** Medias por tratamiento térmico

Tratamiento térmico	Medias	E.E.	Grupos Homogéneos
60°C/4h	7,21	0,01	A
50°C/5h	7,06	0,01	B
40°C/6h	6,99	0,01	C

**Elaborado por:** Condorcana, F., 2025

Con respecto a las interacciones entre tratamientos en la tabla 21 todos los valores superan el valor de 6,5 asegurando la inocuidad microbiológica. La interacción destaca combinaciones como ostra rosada (60°C/4h) óptima para máxima alcalinidad lo que implica la optimización para productos deshidratados con mayor durabilidad y consigo una menor acidez.

Este comportamiento concuerda con lo reportado por Apati et al., (2010) en hongos ostra (*Pleurotus ostreatus*), quienes señalan que temperaturas de secado más elevadas provocan la degradación parcial de ácidos orgánicos y la liberación de compuestos nitrogenados de carácter básico, desplazando el pH hacia valores cercanos a la neutralidad o ligeramente alcalinos. De forma similar, Chang et al., (2004) indican que estos cambios no alteran de manera drástica la estabilidad química del hongo, sino que reflejan una adaptación térmica del tejido fúngico.

**Tabla 21.** Interacciones

Hongo	Tratamiento térmico	Medias	E.E.	Grupos Homogéneos
Ostra rosada	60°C/4h	7,29	0,01	A
Portobello	60°C/4h	7,22	0,01	B
Ostra rosada	40°C/6h	7,14	0,01	C
Ostra ploma	60°C/4h	7,12	0,01	C
Portobello	50°C/5h	7,03	0,01	D
Ostra rosada	50°C/5h	7,03	0,01	D
Ostra ploma	40°C/6h	7,02	0,01	D
Portobello	40°C/6h	7,02	0,01	D
Ostra ploma	50°C/5h	6,92	0,01	E

**Elaborado por:** Condorcana, F., 2025

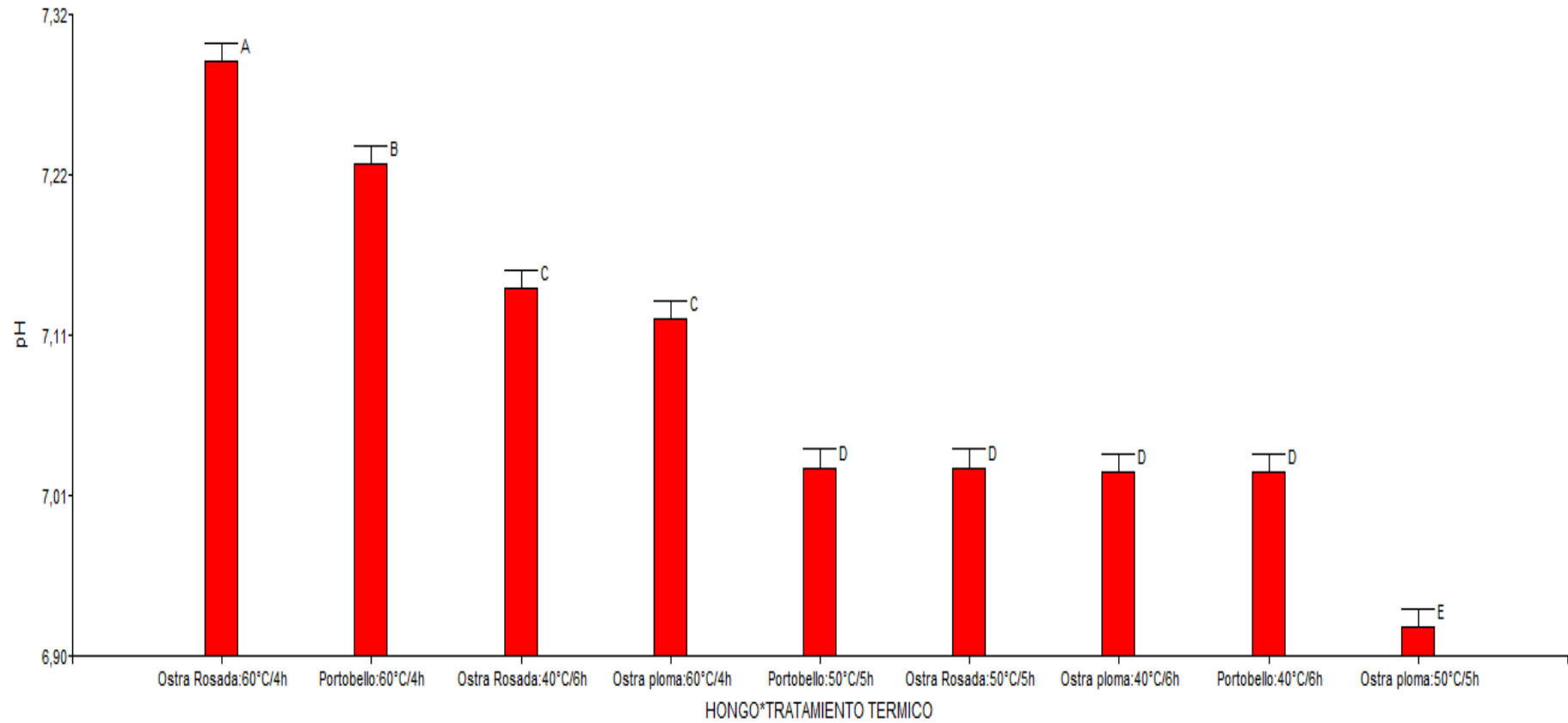
En la imagen 15 se observa el valor más prominente del tratamiento térmico evidencia su rol principal en elevar el pH hacia valores neutros (6,9-7,3), superando el efecto aislado del hongo. La Tabla 22 lo reafirma dado que la ostra rosada a 60°C/4h logra 7,29 (grupo A), óptimo para

reducir riesgos bacterianos, frente a la ostra ploma a 50°C/5h en 6,92 (grupo E), más ácido por menor intensidad calorífica.

Partiendo de pH fresco bajo en rosada (Tabla 17), el calor degrada ácidos naturales, estabilizando el producto por encima de 6,5, umbral clave para inocuidad. Esta representación gráfica integra las medias previas (Tablas 20-21), mostrando cómo la combinación específica determina alcalinidad final, con implicaciones directas para almacenamiento prolongado sin aditivos. En este contexto se determina que el tratamiento 60°C como estándar viable para agroindustrias ecuatorianas, donde estabilidad postcosecha define competitividad. La claridad visual fortalece la argumentación doctoral, evitando sobrecarga numérica.

Este comportamiento concuerda con lo reportado por Manzi et al., (2000), quienes indican que los procesos térmicos aplicados a hongos comestibles, especialmente del género *Pleurotus*, inducen modificaciones en el equilibrio ácido–base debido a cambios en la fracción proteica y en los ácidos orgánicos, desplazando el pH hacia valores neutros. En contraste, combinaciones sometidas a tratamientos menos intensos, como ostra ploma a 50 °C/5 h, conservaron valores de pH ligeramente más ácidos, evidenciando una menor intensidad en dichas transformaciones químicas. Estas interacciones confirman que la optimización del tratamiento térmico es determinante para la estabilidad fisicoquímica del producto, con implicaciones directas en su conservación y aptitud para almacenamiento prolongado sin aditivos.

**Ilustración 14.** Grafica ADEVA de pH



**Elaborado por:** Condorcana, F., 2025

### 2.10.3.3. Variable de acidez

En la acidez como se observa en la tabla 22 se observa el mayor efecto del tratamiento térmico seguido del tipo de hongo y de la interacción todos altamente significativo lo que evidencia que la acidez es el parámetro más sensible a las condiciones de deshidratación. El coeficiente de variación de 1,6% se considera aceptable para este análisis confirmando consistencia experimental

**Tabla 22.** ADEVA acidez

F.V.	SC	gl	CM	F	F. crítico	p-valor
<b>Repeticiones</b>	0,0371	2	0,02	6,73	3,00	0,0076*
<b>Especie de hongo</b>	0,6970	2	0,35	126,53	3,00	<0,0001*
<b>Tratamiento térmico</b>	4,7362	2	2,37	859,82	3,00	<0,0001*
<b>Hongo*Tratamiento térmico</b>	0,9688	4	0,24	87,94		<0,0001*
<b>Error</b>	0,0441	16	0,0028			
<b>Total</b>	6,4830	26				
<b>C.V</b>	1,6033%					

**F.V:** Fuente de variación; **SC:** Suma de cuadrados; **gl:** Grados de libertad; **CM:** Cuadrados medios; **F:** F calculada; **ns:** No significativo; **\*\*:** Altamente significativo; **\***: Significativo

**Elaborado por:** Condorcana, F., 2025

Como se muestra en las tablas 23 y 24 sobre las medias de los factores por separado, la ostra rosada presenta mayor acidez seguida de la ostra pluma y portobello lo que responde a su composición natural de ácidos orgánicos el tratamiento 60°C/4h mostro los valores más elevados de acidez lo cual puede explicarse por una mayor retención de compuestos ácidos no volátiles debido al menor tiempo de exposición térmica. El tratamiento menor de 40°C/6h presentó niveles de acidez menores atribuibles a la volatilización progresiva y degradación térmica prolongada de estos compuestos.

Este comportamiento concuerda con lo reportado por Lewicki (2006), quien señala que, durante el secado de alimentos de origen vegetal y fúngico, los ácidos orgánicos no volátiles tienden a concentrarse a temperaturas más elevadas y tiempos más cortos, mientras que exposiciones térmicas prolongadas a temperaturas menores favorecen su degradación o pérdida gradual. En este contexto, los mayores valores de acidez observados a 60 °C/4 h pueden explicarse por una mayor retención de estos compuestos, mientras que los menores valores registrados a 40 °C/6 h se asocian a una degradación térmica progresiva. El coeficiente de variación de 1,6 % respalda la consistencia experimental y la alta precisión del análisis, confirmando la confiabilidad de los resultados obtenidos.

**Tabla 23.** Medias por tipo de hongos

Hongo	Medias	E.E.	Grupos Homogéneos
Ostra rosada	3,49	0,02	A
Ostra ploma	3,23	0,02	B
Portobello	3,10	0,02	C

**Elaborado por:** Condorcana, F., 2025

**Tabla 24.** Medias por tratamiento térmico

Tratamiento térmico	Medias	E.E.	Grupos Homogéneos
60°C/4h	3,86	0,02	A
50°C/5h	3,06	0,02	B
40°C/6h	2,90	0,02	C

**Elaborado por:** Condorcana, F., 2025

En la tabla 25 se muestra que la interacción significativa resalta que combinaciones como ostra rosada y portobello a 60°C/4h conservan mejor la acidez lo que puede favorecer características sensoriales y cierta estabilidad microbiológica del producto final además de atribuir estrategias para el desarrollo de productos deshidratados con atributos óptimos para su consumo.

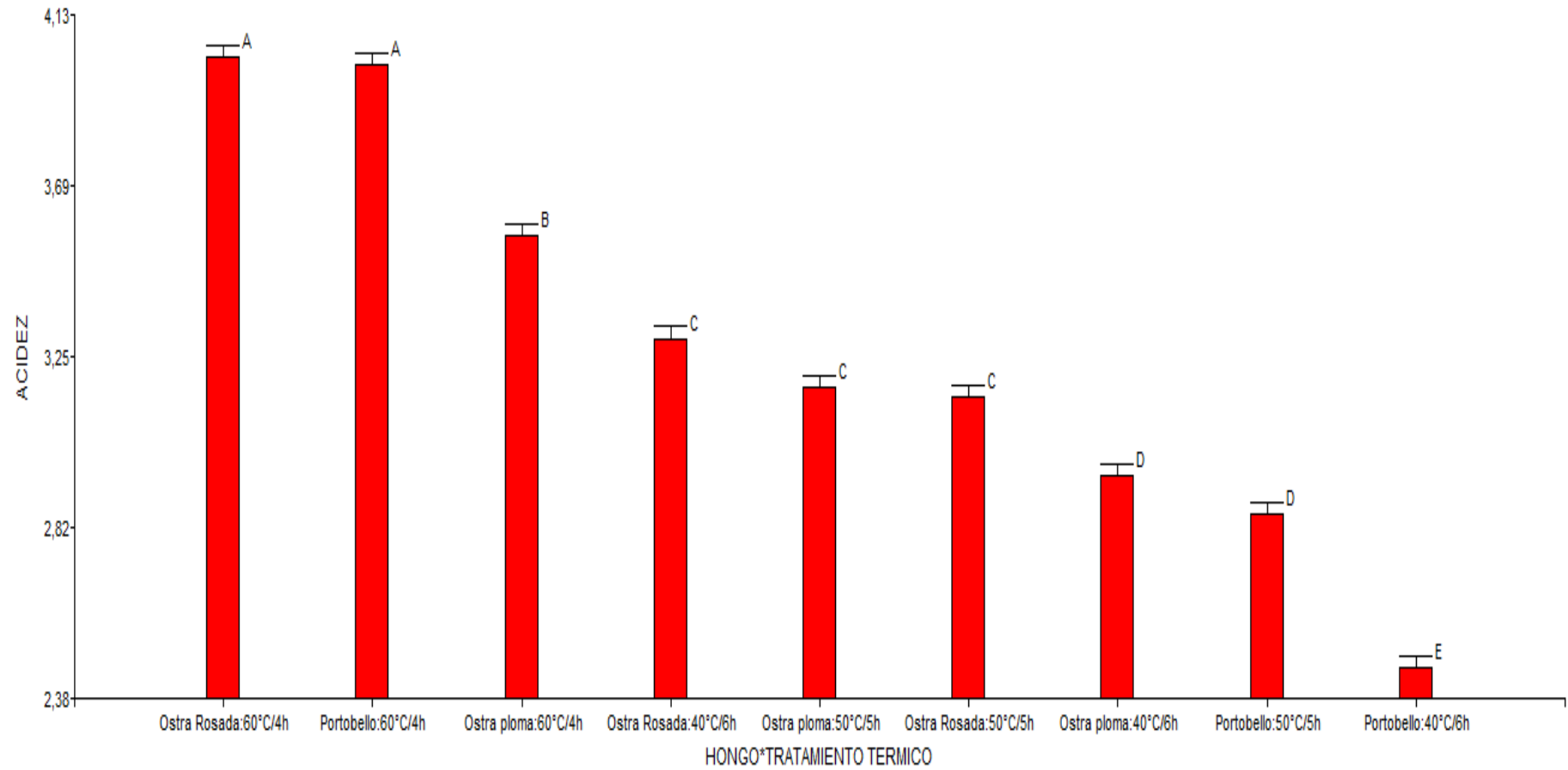
**Tabla 25.** Interacciones

Hongo	Tratamiento térmico	Medias	E.E.	Grupos Homogéneos
Ostra rosada	60°C/4h	4,02	0,03	A
Portobello	60°C/4h	4,00	0,03	A
Ostra ploma	60°C/4h	3,56	0,03	B
Ostra rosada	40°C/6h	3,3	0,03	C
Ostra ploma	50°C/5h	3,17	0,03	C
Ostra rosada	50°C/5h	3,15	0,03	C
Ostra ploma	40°C/6h	2,95	0,03	D
Portobello	50°C/5h	2,85	0,03	D
Portobello	40°C/6h	2,46	0,03	E

**Elaborado por:** Condorcana, F., 2025

En la imagen 16 se observa una barra dominante el efecto térmico sobre la acidez (2,5-5,4%), indicando su sensibilidad máxima a la temperatura frente a otros factores. En la Tabla 28, rosada y portobello a 60°C/4h empatan en 4% (grupo A), por concentración de ácidos no volátiles en

secado corto, versus portobello a 40°C/6h en 2,46% (grupo E), donde exposición larga volatiliza compuestos. Esto explica el salto desde acidez fresca baja (Tabla 23), aportando sabor estable sin defectos sensoriales. La gráfica une interacciones de las medias (Tablas 26-27), visualizando por qué 60°C preserva atributos organolépticos clave para aceptación consumidor. Estos resultados concuerdan con lo reportado por Vega-Gálvez et al. (2012), quienes señalan que en procesos de deshidratación convectiva la intensidad térmica define la retención o pérdida de compuestos ácidos, sin que ello implique un deterioro de la calidad sensorial cuando los valores se mantienen dentro de rangos aceptables. En este sentido, el incremento de acidez observado respecto al estado fresco contribuye a un perfil sensorial más estable y característico, respaldando la selección del tratamiento 60 °C/4 h como una alternativa tecnológicamente óptima para productos deshidratados destinados a mercados de mayor exigencia.

**Ilustración 15.** Gráfica ADEVA de acidez

**Elaborado por:** Condorcana, F., 2025

#### 2.10.4. Identificación del mejor tratamiento

Se observa en la tabla 26 que comprende el contenido de humedad obtenido (9,02 %) cumple con los criterios establecidos en la Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 1529-2, la cual indica que los productos vegetales deshidratados deben presentar valores de humedad generalmente inferiores al 10–12 %, con el fin de limitar el crecimiento microbiano y prolongar la vida útil.

En este sentido, el tratamiento  $t_3$  que comprenda la descripción de la ostra rosada junto al tratamiento térmico (60 °C/4h) se considera técnicamente aceptable, ya que la reducción de humedad alcanzada contribuye a la inhibición de microorganismos alterantes, aspecto reforzado por lo indicado en manuales técnicos del INIAP, donde se señala que humedades por debajo del 10 % son adecuadas para la conservación de hongos comestibles deshidratados en condiciones ambientales controladas.

**Tabla 26.** Medias de las variables fisicoquímicas

Tratamiento	Humedad	Tratamiento	pH	Tratamiento	Acidez
$t_3$	9,02	$t_3$	7,29	$t_3$	4,02
$t_6$	8,65	$t_9$	7,22	$t_9$	4,00
$t_2$	8,62	$t_1$	7,14	$t_6$	3,56
$t_9$	8,45	$t_6$	7,12	$t_1$	3,3
$t_5$	8,42	$t_8$	7,03	$t_5$	3,17
$t_1$	8,40	$t_2$	7,03	$t_2$	3,15
$t_4$	8,10	$t_4$	7,02	$t_4$	2,95
$t_7$	7,85	$t_7$	7,02	$t_8$	2,85
$t_8$	7,45	$t_5$	6,92	$t_7$	2,46

**Elaborado por:** Condorcana, F., 2025

En relación con el pH (7,29), el valor observado en la tabla 26 corresponde a un medio ligeramente neutro, característico de los hongos del género *Pleurotus*. La deshidratación a 60 °C durante 4 horas no provocó variaciones significativas en este parámetro, lo cual concuerda con reportes nacionales que indican que el secado térmico, en ausencia de pretratamientos químicos, no genera cambios sustanciales en el pH del producto.

Desde el punto de vista normativo, la ARCSA no establece rangos específicos de pH para hongos deshidratados; sin embargo, valores cercanos a la neutralidad, combinados con baja actividad de agua, son considerados aceptables y seguros bajo las Buenas Prácticas de Manufactura (BPM) vigentes en Ecuador.

Respecto a la acidez titulable, el valor registrado en la tabla 26 de (4,02%) en el tratamiento 60 °C/4 h se mantiene dentro de rangos reportados para hongos deshidratados en estudios desarrollados en el país, lo que indica que el tratamiento térmico no ocasionó una degradación significativa de compuestos orgánicos responsables de la acidez natural del producto. La ligera acidez observada contribuye, junto con la baja humedad, a mejorar la estabilidad del producto durante el almacenamiento, tal como se menciona en guías técnicas del MAG y del INIAP para el procesamiento de productos vegetales deshidratados.

#### **2.10.4.1. Variables del mejor tratamiento**

En la tabla 29 se detalla un resumen de las medias de los análisis en conjunto de humedad, pH y acidez demostró de tal forma que el tratamiento de 60°C durante un tiempo de 4 horas ( $t_3$ ) es eficaz evidenciando que el mismo permite la deshidratación completa del hongo además de permitir una estabilidad en el pH y preservar una acidez eficaz sin poner en riesgo la calidad del producto.

La consistencia estadística  $p < 0,05$  en todos los factores, un coeficiente de variación de  $< 2\%$  valida de tal forma la robustez del diseño experimental y confiabilidad de los resultados obtenidos mediante el análisis estadístico. La interacción hongo-tratamiento térmico demuestra que, aunque todas las especies responden positivamente a este tratamiento la ostra rosada presentan las mejores respuestas fisicoquímicas.

El tratamiento de deshidratación aplicado a ostra rosada (*Pleurotus djamor*) a 60 °C durante 4 horas mostró un comportamiento fisicoquímico adecuado, evidenciado por valores de humedad aproximados del 9,02 %, pH cercano a 7,29 y una acidez titulable alrededor del 4 %, lo cual refleja una correcta remoción de agua sin alteraciones químicas severas del producto. Estos resultados confirman que el uso de temperaturas relativamente altas en tiempos controlados permite alcanzar condiciones compatibles con la estabilidad y conservación del hongo deshidratado.

**Tabla 27.** Medias del mejor tratamiento

<b>Tratamiento</b>	<b>Parámetro</b>	<b>Medias</b>
t <sub>3</sub>	Humedad	9,02
	pH	7,29
	Acidez	4,02

**Elaborado por:** Condorcana, F., 2025

En la tabla 27 se muestra las medias con respecto a los análisis fisicoquímicos evaluados del tratamiento t<sub>3</sub> que comprende la ostra rosada con el tratamiento térmico 60°C durante 4 horas. En términos comparativos, el tratamiento de ostra rosada a 60 °C durante 4 horas presenta ventajas operativas al permitir una deshidratación eficiente en menor tiempo, manteniendo parámetros fisicoquímicos dentro de los límites aceptables por la normativa ecuatoriana. No obstante, el valor de humedad obtenido, aunque adecuado, es ligeramente superior al observado en tratamientos de mayor tiempo, lo que sugiere que este tratamiento prioriza la eficiencia del proceso sin comprometer la calidad ni la inocuidad del producto final. Por tanto, este tratamiento puede considerarse tecnológicamente viable para su aplicación a escala agroindustrial, especialmente en contextos productivos como la provincia de Cotopaxi, donde se busca optimizar costos energéticos y tiempos de procesamiento.

#### **2.10.4.2. Rendimiento del mejor tratamiento**

Para determinar el rendimiento del hongo deshidratado se consideró la entrada al proceso de 2 lb de hongo fresco (Ostra rosada a 60°C/4h) con un peso de 907,16 g y como resultado se obtuvo un peso de hongo deshidratado de 90 g se define con estos resultados que por libra se obtiene aproximadamente 45 g de hongo deshidratado. Por consecuencia se determina la pérdida de peso o la cantidad de agua eliminada durante el proceso de deshidratación, se realiza el siguiente análisis:

Ec 7

$$\text{Pérdida de peso} = \text{Peso fresco} - \text{Peso deshidratado}$$

$$\text{Pérdida de peso} = 907,18 \text{ g} - 90 \text{ g}$$

$$\text{Pérdida de peso} = 817,18 \text{ g}$$

Se determina que el valor calculado en la ecuación 7 de 817,18 g es el resultante de la cantidad de agua eliminada en el proceso de deshidratación.

Ec 8

$$\text{Rendimiento (\%)} = \frac{\text{Peso final}}{\text{Peso inicial}} \times 100\%$$

$$\text{Rendimiento (\%)} = \frac{90g}{907,18g} \times 100\%$$

$$\text{Rendimiento (\%)} = 9,92\%$$

Ec 9

$$\text{Relación de reducción} = \frac{\text{Peso fresco}}{\text{Peso deshidratado}}$$

$$\text{Relación de reducción} = \frac{907,18 g}{90 g}$$

$$\text{Relación de reducción} = 10,079$$

La relación de reducción calculada en la ecuación 8, permite evidenciar que con los datos obtenidos se requiere 10 kg de hongo fresco para así obtener 1 kg de hongo deshidratado aproximadamente. Los resultados muestran un rendimiento gravimétrico de aproximadamente 9,92% calculado en la ecuación 9, en base al peso fresco y una relación de reducción cercana a 10:1, es decir, se requieren unos 10 kg de hongo fresco para obtener 1 kg de hongo deshidratado.

Estos valores son coherentes con la elevada humedad característica de los hongos comestibles y con lo reportado en investigaciones ecuatorianas sobre *Pleurotus ostreatus* y otros hongos cultivados. Los hongos frescos suelen presentar contenidos de humedad superiores al 85–90%, por lo que, tras la deshidratación, la mayor parte de la masa perdida corresponde al agua eliminada.

La pérdida de peso de 817,18 g sobre 907,18 g iniciales indica que aproximadamente el 90% de la masa del hongo fresco estaba constituida por agua, lo que concuerda con esos rangos. Así, el rendimiento de 9,92% sugiere un contenido final de humedad bajo, compatible con un producto estable y apto para almacenamiento prolongado si se cumplen los parámetros de actividad de agua recomendados.

La relación de reducción calculada en la tabla 9 implica que el valor práctico de diseño (10 kg fresco: 1 kg deshidratado) es técnicamente razonable para estimar requerimientos de materia prima en un proceso industrial. Este coeficiente facilita el balance de materia en plantas de

secado y coincide con los factores de conversión utilizados en ejercicios de deshidratación de vegetales y hongos

### 2.10.5. Composición nutricional del mejor tratamiento

Los resultados del análisis nutricional del hongo ostra rosada (*Pleurotus djamor*) deshidratados indican un contenido de proteína de 23,50 g/100 g, grasa total de 2,12 g/100 g y fibra de 20,35 g/100 g. Estos valores destacan por su alto aporte proteico y fibroso con bajo tenor graso, características ventajosas para aplicaciones alimentarias.

**Tabla 28.** Variables nutricionales del mejor tratamiento

Tratamiento	Parámetro	Mejor tratamiento (%)	Método/Norma
t <sub>3</sub>	Proteína	23,50 g/100 g	AOAC 2001.11 / NTE INEN 541
	Fibra	20,35 g/100 g	NTE INEN 522
	Grasa	2,12 g/100 g	AOAC 2003.06

**Elaborado por:** Condorcana, F., 2025 **Fuente:** ANDESLAB, 2025

En la tabla 28 se presenta el valor de 23,50 g/100 g con respecto al valor proteico destaca por su alto aporte, superando los umbrales recomendados para alimentos considerados fuentes proteicas elevadas. Esto lo posiciona como un complemento valioso en dietas vegetarianas o veganas, especialmente en contextos donde la desnutrición proteica es un desafío, y se compara favorablemente con otros hongos comestibles cultivados en Ecuador, que suelen presentar proteínas en rangos similares, pero con variaciones en otros nutrientes.

En cuanto a la grasa total, el bajo valor de 2,12 g/100 g cumple con criterios para productos de bajo contenido lipídico, reduciendo riesgos asociados a enfermedades cardiovasculares. Este aspecto es ventajoso para aplicaciones alimentarias, ya que contribuye a un perfil nutricional equilibrado y se alinea con recomendaciones para promover alimentos saludables.

La fibra de 20,35 g/100 g excede los mínimos recomendados para una dieta saludable, favoreciendo la salud intestinal y el bienestar general. Comparado con otros hongos como el champiñón, *Pleurotus djamor* ofrece un perfil superior en fibra, lo que lo hace ideal para productos procesados o suplementos nutricionales.

Estas características alto aporte proteico y fibroso con bajo valor graso hacen del hongo ostra rosada un candidato prometedor para el desarrollo de alimentos sostenibles en Ecuador. Su perfil nutricional no solo respalda su potencial económico en la agricultura local, sino que también contribuye a objetivos de seguridad alimentaria, justificando estudios adicionales para optimizar su cultivo y procesamiento.

### 2.10.6. Análisis de costos del mejor tratamiento

De acuerdo con el estudio de costos realizado el tratamiento t<sub>3</sub> (60°C/4h) para la deshidratación de hongo ostra rosada como se observa en la tabla 29, permitió obtener un producto con características adecuadas de estabilidad y calidad.

**Tabla 29.** Análisis de costos del mejor tratamiento

Descripción del producto	Unidad de medida	Cantidad	Valor unitario	Valor total
Hongo ostra rosada	lb	2	\$ 7,00	\$ 14,00
Energía eléctrica	kWh	4	\$ 0,20	\$ 0,80
Envases	Fundas de 100 g	10	\$ 0,10	\$ 1,00
Etiquetas	Adhesivas	10	\$ 0,05	\$ 0,50
<b>Total</b>				<b>\$ 16,30</b>

**Elaborado por:** Condorcana, F., 2025

#### - Suministros de energía

100% \$16,30

4% **\$0,652**

#### -Equipos e insumos

100% \$16,30

5% **\$0,815**

#### -Mano de obra

100% \$16,30

10% **\$1,63**

- **Sumatoria de gastos**

**Tabla 30.** Costo total de gastos

<b>Concepto</b>	<b>Valor</b>
Gastos generales	\$ 16,30
Energía	\$ 0,652
Equipos e insumos	\$ 0,815
Mano de obra	\$ 1,63
<b>Total</b>	<b>\$ 19,397</b>

**Elaborado por:** Condorcana, F., 2025

Se observa en la tabla 30 que el costo total del proceso asciende a \$19,397 considerando materia prima, energía, equipos y mano de obra.

- **Costo neto de producción**

Durante el proceso de deshidratación, a partir de las 2 lb de hongo fresco se obtiene un peso final de 90 g de hongo deshidratado esto de acuerdo a un rendimiento del 10% debido a la eliminación del contenido de agua característico de esta especie de materia prima, obteniendo un peso final deshidratado de 0,091 kg.

Ec 10

$$\text{Costo neto} = \frac{\text{Total de gastos}}{\text{Peso hongo deshidratado}}$$

$$\text{Costo neto} = \frac{19,397}{0,091}$$

$$\text{Costo neto} = \$213,15$$

Se define en la ecuación 10 que el costo neto de producción del kg de hongo deshidratado es de \$213,15 sin considerar la utilidad.

**Utilidad**

100%      \$213,15

20%      **\$42,63**

- **Costo neto + ganancia**

Ec 11

$$\text{Costo final de venta} = \text{Costo neto} + \text{Ganancia}$$

$$\text{Costo final de venta} = 213,15 + 42,63$$

$$\text{Costo final de venta} = \$255,78$$

El costo final de venta calculado en la ecuación 11 determina que del kg de hongo deshidratado es de \$255,78. Se considera que el producto se comercializara en presentaciones de 100 g, el costo unitario corresponde a:

Ec 12

$$\text{Costo unitario} = \frac{\text{Costo final de venta}}{\text{Cantidad de presentaciones}}$$

$$\text{Costo unitario} = \frac{255,78}{10}$$

$$\text{Costo unitario} = \$25,58$$

Mediante el cálculo en la ecuación 12 sobre el costo unitario se determina que cada presentación de 100 g de hongo deshidratado tiene un costo de \$25,58. Se determina que por 1 kg de hongo deshidratado se obtienen 10 fundas de 100 g cada una. Además, el rendimiento obtenido de 10% es característico de los hongos comestibles debido a su alto contenido de humedad

### **3. IMPACTOS DEL PROYECTO**

#### **3.1. Técnicos**

La implementación de tecnologías de deshidratación en hongos promueve el desarrollo técnico en el ámbito agroindustrial permitiendo obtener productos estables seguros y con valor agregado. El estudio de la cinética de secado y los parámetros fisicoquímicos permite optimizar condiciones de operación permitiendo garantizar la eficiencia energética y calidad nutricional del producto final.

#### **3.2. Sociales**

La deshidratación de hongos puede generar un impacto positivo en las comunidades rurales y agro productoras de la provincia de Cotopaxi y otras zonas del Ecuador al promover el uso de recursos locales y la agregación de valor en origen. Este proceso posibilita la creación de pequeñas unidades de procesamiento comunitario generando así emprendimientos y empleo entre poblaciones vulnerables como mujeres y jóvenes, además al promover un producto saludable libre de aditivos y con potencial funcional se promueve una alimentación más consciente accesible y diversificada en línea con las tendencias actuales de consumo responsable y bienestar.

### 3.3. Económicos

Desde el punto de vista económico la deshidratación de hongos permite reducir las pérdidas pos cosecha estimadas en más del 40% en productos frescos convirtiendo excedentes en productos comercializables de mayor duración. Esto fortalece la cadena de valor agroalimentaria incrementando la rentabilidad de los pequeños y medianos productores mejorando la competitividad frente a productos importados o altamente perecibles. Además, el bajo costo relativo de los insumos y equipos permite una inversión accesible y escalable para micro emprendimientos rurales. A largo plazo esto puede dinamizar la economía local abrir nuevos mercados y contribuir a la soberanía alimentaria del país.

### 3.4. Ambientales

El proceso de deshidratación de hongos comestibles representa unas alternativas sostenibles para la conservación de alimentos con bajo impacto ambiental. A diferencia de otros productos agroindustriales los hongos requieren menos recursos hídricos tierra y energía durante su cultivo al aplicar métodos de deshidratación controlados se extiende su vida útil reduciendo el desperdicio alimentario lo que contribuye a disminuir las emisiones de gases de efecto invernadero generados por residuos orgánicos.

Además, este proceso permite el aprovechamiento de excedentes de producción y la descentralización del consumo facilitando su transporte sin necesidad de refrigeración lo que reduce la huella de carbono en la cadena de distribución.

## 4. PRESUPUESTO DEL PROYECTO

**Tabla 31.** Costos de insumos utilizados en la investigación

Ítem/insumos	Detalle/unidad	Precio unitario	Costo total
Hongo ostra rosada	1 lb	\$ 7,00	\$ 7,00
Hongo ostra ploma	1 lb	\$ 4,50	\$ 4,50
Hongo portobello	1 lb	\$ 5,00	\$ 5,00
Agua	1 galón	\$ 2,00	\$ 2,00
Bolsas ziplock	20 unidades	\$ 0,20	\$ 4,00

Marcador	1 unidad	\$ 0,75	\$ 0,75
Papel aluminio	1 rollo	\$ 2,00	\$ 2,00
Papel film	1 rollo	\$ 2,00	\$ 2,00
Vasos	1 paquete	\$ 1,00	\$ 1,00
Alcohol antiséptico	1 litro	\$ 2,50	\$ 2,50
Mascarillas	1 paquete	\$ 1,00	\$ 1,00
Guantes	1 paquete	\$ 1,00	\$ 1,00
Cofias	1 paquete	\$ 1,00	\$ 1,00

**Elaborado por:** Condorcana, F., 2025

**Gasto total respecto a insumos y materia prima:** \$33,75

**Tabla 32.** Costos Análisis fisicoquímicos

Análisis fisicoquímicos	Detalle/unidad	Precio unitario	Costo total
Humedad	1	\$ 8,00	\$ 8,00
pH	1	\$ 5,00	\$ 5,00
Acidez	1	\$ 10,00	\$ 10,00

**Elaborado por:** Condorcana, F., 2025 **Adaptado:** Proforma ANDESLAB, 2025

**Costo total análisis:** \$23

**Tabla 33.** Costos Análisis nutricionales mejor tratamiento

Análisis nutricionales	Detalle/unidad	Precio unitario	Costo total
Proteína	1	\$ 17,00	\$ 17,00
Grasa	1	\$ 19,00	\$ 19,00
Fibra bruta	1	\$ 12,00	\$ 12,00

**Elaborado por:** Condorcana, F., 2025 **Adaptado:** Proforma ANDESLAB, 2025

**Costo total análisis: \$48**

**Tabla 34.** Resumen total de gastos

<b>Detalle</b>	<b>Costo Total</b>
Insumos	\$ 33,75
Análisis fisicoquímicos	\$ 23,00
Análisis nutricionales	\$ 48,00
<b>TOTAL</b>	<b>\$ 104,75</b>

**Elaborado por:** Condorcana, F., 2025

## 5. CONCLUSIONES

- ✓ Mediante la investigación realizada sobre los hongos comestibles Ostra rosada, ostra ploma y portobello evaluando la eficiencia de la deshidratación se confirma que la viabilidad integral del proceso de deshidratación térmica, destacando el tratamiento óptimo de 60°C/4 h aplicado a ostra rosada como estrategia superior para conservación, valorización agroindustrial y contribución a la seguridad alimentaria en Ecuador.
- ✓ Las variedades frescas presentaron humedad de 77,09% (ostra rosada), 80,44% (ostra ploma) y 81,60% (portobello), inferiores al rango típico 87-93% de *Pleurotus ostreatus*, atribuible a sustratos locales (cáscara de gandul, frejol, pseudotallo plátano). Como resultados en el pH se registró valores de 5,64 (ostra rosada), 6,34 (ostra ploma) y 6,65 (portobello), clasificándolos como base ácida susceptible a microorganismos; acidez titulable fue 1,54% (ostra rosada), 3,20% ostra ploma, máxima por ácidos orgánicos y 2,69% (portobello), asociada a metabolismo respiratorio. Con respecto al efecto después de la deshidratación, se obtuvo como resultados los siguientes valores, la humedad final osciló 7,4-9,8% (óptimo <10-12% NTE INEN 1529-2), pH 6,76-7,3 valor neutral, estable sin pretratamientos químicos y acidez 2,40-5,4% debido al incremento por concentración solutos. Estos valores garantizan baja aw, inocuidad con respecto a mohos/levaduras inhibidos y cumplimiento BPM ARCSA/Codex mostrando ausencia defectos.
- ✓ Tras la deshidratación a 60°C/4 h, ostra rosada alcanzó humedad 9,02% valor inferior al 10-12% de NTE INEN 1529-2, pH 7,29 estable y seguro por BPM ARCSA y acidez 4,02%, con efectos altamente significativos en ANOVA de dos factores ( $p < 0,0001$ , Tukey  $p < 0,05$ ) y bajo CV (<2%), garantizando baja actividad de agua, inhibición de patógenos/mohos y extensión de vida útil sin comprometer calidad organoléptica.

- ✓ El producto óptimo presentó 23,50 g/100 g proteína (INEN ISO 937), 2,12 g/100 g grasa y 20,35 g/100 g fibra, superando estándares para fuentes proteicas veganas y fibrosas, con bajo perfil lipídico ideal para dietas saludables contra desnutrición y enfermedades cardiovasculares. El rendimiento gravimétrico de 9,92% con relación 10:1 fresco: deshidratado, pérdida del 90% agua con características inherentes de *Pleurotus* (>85% humedad inicial), validando eficiencia del tratamiento para escalas productivas.
- ✓ El análisis de costos del tratamiento t<sub>3</sub> con respecto a la ostra rosada y ploma a una temperatura de 60°C durante 4 horas presenta un costo unitario por presentación de 100 g es de \$25,58 teniendo una utilidad de 42,63 dólares por kilogramo de hongo deshidratado a diferencia de otras especies de hongos a la venta con un valor de \$3,50 en una presentación de 50 g. Este valor refleja el impacto directo de la materia prima y el proceso de secado evidenciando así que la deshidratación de hongo ostra rosada es un proceso técnicamente viable, aunque con costos elevados que justifican su valor comercial en el mercado de productos deshidratados.

## 6. RECOMENDACIONES

- ✓ Promover el consume de hongos deshidratados como alternativa saludable dentro de una dieta balanceada mediante ferias alimenticias.
- ✓ Deshidratar a distintas temperaturas de la investigación, de esta forma obtener valores óptimos controlando tiempos y temperaturas esenciales para que el producto no pierda sus propiedades nutricionales
- ✓ Realizar evaluación de composición química y nutricional en estos tipos de hongos comestibles utilizando distintos residuos agrícolas para evidenciar las propiedades en comparativa de cada uno.
- ✓ Evaluar secadores solares en lugar de deshidratadores eléctricos para minimizar el costo energético y con ello promover esta alternativa ambiental beneficiosa.
- ✓ Investigar fortificación con micronutrientes aprovechando el alto valor proteico para mercados funcionales veganos dentro de la sociedad.

## 7. BIBLIOGRAFÍA

Agencia Nacional de Regulación, Control y Vigilancia Sanitaria (ARCSA). (2015).

Normativa sanitaria para alimentos procesados. Quito, Ecuador.

- Albuja Rasa, A. I. (2006). Estudio de factibilidad para el cultivo y comercialización de hongos comestibles (tipo Shiitake) en la parroquia de Calderón, Provincia de Pichincha. Tesis de grado, Universidad Politécnica Salesiana.
- Alban, G. P. G., Arguello, A. E. V., & Molina, N. E. C. (2020). Metodologías de investigación educativa (descriptivas, experimentales, participativas, y de investigación-acción). *Recimundo*, 4(3), 163-173.
- Apati, G. P., Furlan, S. A., & Laurindo, J. B. (2010). Drying and rehydration of oyster mushroom. *Brazilian Archives of Biology and Technology*, 53(4), 945–952.  
<https://doi.org/10.1590/S1516-89132010000400025>
- Ares, G., Lareo, C., & Lema, P. (2007). Modified atmosphere packaging of *Pleurotus ostreatus* mushrooms. *Postharvest Biology and Technology*, 44(1), 79–86.  
<https://doi.org/10.1016/j.postharvbio.2006.11.009>
- Beltrán Gómez, M., & Montenegro, F. (2005). Diseño de un deshidratador de hongos comestibles (*Boletus Luteus*). Fundación Grupo Juvenil Salinas.  
<https://redi.cedia.edu.ec/document/133352>
- Bernal, C. A. (2010). Metodología de la investigación: Administración, economía, humanidades y ciencias sociales (3ª ed.). Bogotá, Colombia: Pearson Educación.
- Calero Guevara, L. E. (2018). Valoración del crecimiento del hongo Ostra Rosado (*Pleurotus djamor*) sobre formulaciones de sustratos de residuos agroindustriales y forestales de la provincia de Cotopaxi para la producción de setas comestibles en la empresa ASOPROTEC.
- Cano Vargas, M. I. (2024). Propuesta gastronómica a través de un recetario para la inclusión del hongo ostra rosado en la dieta diaria. Repositorio PUCE.
- Carrera, M. (2018). Producción y comercialización de hongos comestibles en Ecuador. Universidad de Las Américas.  
<https://dspace.udla.edu.ec/bitstream/33000/13614/4/UDLA-EC-TMAE-2021-02.pdf>
- Castro Guevara, M. D. (2023). Efecto del proceso de deshidratación de la carambola (averrhoa carambola) como técnica postcosecha para asegurar la calidad y seguridad Alimentaria (Bachelor's thesis, Riobamba, Universidad Nacional de Chimborazo).
- Castillo, C. A. C. (2024). Historia y patrimonio cultural de los hongos comestibles en Ecuador. *Revista de Ciencias Técnicas y Ambientales*, 7(1), 1-15.
- Castillo, C. A. C. (2024). Historia y patrimonio cultural de los hongos comestibles en Ecuador. *Revista de Ciencias Técnicas y Ambientales*, 7(1), 1-15.

- Chang, S. T., & Miles, P. G. (2004). *Mushrooms: Cultivation, nutritional value, medicinal effect, and environmental impact* (2nd ed.). CRC Press.
- Codex Alimentarius Commission. (2011). *Code of hygienic practice for dried foods*. FAO/OMS.
- Cortez Salazar, T. M. (2016). *Calidad microbiológica, físico-química y organoléptica del hongo comestible *Pleurotus ostreatus*, fresco y deshidratado cultivado en tres residuos agrícolas* [Tesis de grado, Universidad Técnica Estatal de Quevedo]. Repositorio UTEQ. <https://repositorio.uteq.edu.ec/items/cb803c93-519f-457a-b575-0a66dee59405>.
- Cortez Salazar, T. M., Vallejo Torres, C., Díaz Ocampo, R., Morales Rodríguez, W., & Vera Chang, J. (2016). *Calidad microbiológica, físico-química y organoléptica del hongo *Pleurotus ostreatus**. *Revista ESPACIOS*, 37(2).  
<https://repositorio.uteq.edu.ec/items/cb803c93-519f-457a-b575-0a66dee59405>
- Cruz, D. (2020). *Producción y valor proteico de *Pleurotus ostreatus* en la Amazonía ecuatoriana*. *Avances en Ciencias e Ingenierías*, 12(3), 1-15.
- Cruz, D. (2020). *Producción y valor proteico de *Pleurotus ostreatus* en la región andina de Ecuador*. *Revista Avances*, 25(1), 15-22.  
<https://revistas.usfq.edu.ec/index.php/avances/article/download/1806/3170?inline=1>
- Diagnóstico de Pérdidas de Postcosecha Mundial o Del País. (2025).  
<https://es.scribd.com/document/539033855/Diagnostico-de-Perdidas-de-Postcosecha-Mundial-o-Del-Pais-Jean-Rodriguez>
- Flores Arroyo, J. E. (2024). *Trabajo de titulación: Evaluación de propiedades funcionales y nutricionales de hongos comestibles*. Universidad de Cuenca.
- Flores Vera, M. E. (2021). *Evaluación de la capacidad antioxidante del hongo ostra (*Pleurotus ostreatus*) y su aplicación como alimento nutracéutico*. Tesis de grado, Universidad Politécnica Salesiana.
- Flores Vera, M. E. (2021). *Evaluación de la capacidad antioxidante del hongo ostra (*Pleurotus ostreatus*)*. Universidad Politécnica Salesiana.  
<https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/21284/1/UPS-CT009364.pdf>
- Freshdor. (2024). *Todo lo que necesitas saber sobre los hongos Portobello*. Freshdor.
- Galan Romero, J. B. (2022). *Deshidratación de hongos comestibles*. Universidad Agraria del Ecuador.  
<https://cia.uagraria.edu.ec/Archivos/GALAN%20ROMERO%20JOSHUA%20JULIAN.pdf>

- Galán Romero, J. J. (2023). Optimización de deshidratación de *Agaricus bisporus* en plantas piloto [Tesis de pregrado, Universidad Agraria del Ecuador].  
<https://cia.uagraria.edu.ec>
- García, M., & López, J. (2023). Optimización del secado de *Pleurotus columbinus*: Efecto de variables operativas. *Revista de Ingeniería de Alimentos*, 15(2), 45-56.
- García, A. (2004). Determinación de parámetros de deshidratado para hongos ostras (*Pleurotus ostreatus*) [Memoria]. Universidad de Concepción. <http://repositorio.udec.cl/xmlui/handle/11594/8531>
- Gómez López, A. (2005). Guía para la producción de hongos silvestres deshidratados. Instituto Nacional de Investigación Forestal Agrícola y Pecuaria (INIFAP). Recuperado de <https://bibliotecadigital.infor.cl/handle/20.500.12220/4652>
- Gómez et al. (2024). Mejoras en secado solar de hongos en Salinas. Fundación Grupo Juvenil Salinas. <https://redi.cedia.edu.ec/document/133352>
- Guipi. (2021). LAS PROPIEDADES SALUDABLES QUE NO CONOCÍAS DE LOS PORTOBELLOS. Guipi.
- Hussain, S. et al. (2021). The Pink Oyster Mushroom (*Pleurotus djamor*): Physicochemical Properties, Nutritional Indices, Antioxidant Properties, and Hypoglycemic Effects. *Foods*, 10(8), 1805.
- Instituto Ecuatoriano de Normalización (INEN). (2013). NTE INEN 1529-2: Productos vegetales procesados. Productos deshidratados. Requisitos. Quito, Ecuador.
- Instituto Ecuatoriano de Normalización. (s. f.). NTE INEN 2719: Norma para los hongos comestibles y sus productos (basada en Codex STAN 38-1981).  
<https://www.normalizacion.gob.ec/buzon/reglamentos/RTE-182.pdf>
- Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias (INIAP). (2018). Manual técnico para la deshidratación de productos agrícolas. Quito, Ecuador.
- Kalac, P. (2013). Chemical composition and nutritional value of European species of wild growing mushrooms: A review. *Food Chemistry*, 183, 1-15. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2015.03.034>
- López, R. (2007). Evaluación de pérdidas postcosecha en diferentes tipos de productos agrícolas. Repositorio UTA.  
<https://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/23019/1/Tesis-133%20%20Ingenier%C3%ADa%20Agron%C3%B3mica%20-CD%20404.pdf>
- López-Rodríguez, A., Hernández-Corredor, A., Suárez-Franco, M., & Borrero, J. (2008). Eficiencia biológica en la producción de hongos ostra ploma. *Revista Encuentro*, 1(1),

- 1-10.  
<https://revistas.sena.edu.co/index.php/Encuentro/article/download/2178/2479/8575>
- Manzi, P., & Pizzoferrato, L. (2000). Beta-glucans in edible mushrooms. *Food Chemistry*, 68(3), 315–318. [https://doi.org/10.1016/S0308-8146\(99\)00197-1](https://doi.org/10.1016/S0308-8146(99)00197-1)
- Mariaca, R. (2001). Conservación y almacenamiento de hongos silvestres frescos. *Revista de Tecnología Alimentaria*, 7(2), 123-130.
- Marilza, P., et al. (2010). Efecto de dos atmosferas de empaque en la calidad de hongos comestibles *Pleurotus ostreatus*. *Vitae*, 17(1), 7-18.  
<http://www.scielo.org.co/pdf/vitae/v17n1/v17n1a02.pdf>
- Martínez, A., Ruiz, P., & Soto, L. (2021). Cinética de deshidratación y calidad sensorial en *Agaricus bisporus*. *Journal of Food Processing and Preservation*, 45(3), e15234.  
<https://doi.org/10.1111/jfpp.1523>
- Mihai, R. A. (2022). El hongo ostra gris comestible *Pleurotus ostreatus* (Jacq.) P. Kumm. en Ecuador. *Journal of Fungi*, 8(3), 274. <https://www.mdpi.com/2309-608X/8/3/274>
- Ministerio de Agricultura y Ganadería del Ecuador (MAG). (2020). Guía de buenas prácticas agroindustriales para productos vegetales. Quito, Ecuador.
- Moliner, L. G. R. (2015). Deshidratación de hongos comestibles (*Pleurotus ostreatus*). Universidad Técnica Estatal de Quevedo.  
<https://repositorio.uteq.edu.ec/bitstreams/0f8b1fb2-fdab-4ab4-b79c-deefc751d0b5/download>
- Morales García, Y. I. (2019). Elaboración de crema deshidratada de hongos ostra (*Pleurotus ostreatus*) [Tesis]. Universidad Estatal Amazónica. <https://repositorio.uea.edu.ec/handle/123456789/723>
- Narváez, A. A. (2023). Evaluación de sustratos en la producción y postcosecha del hongo ostra rosado (*Pleurotus djamor B.*) Pimampiro, Imbabura. Universidad Técnica del Norte. <http://repositorio.utn.edu.ec/handle/123456789/14638>
- OAS. (2024). Industrialización de hongos comestibles.  
<https://www.oas.org/dsd/publications/Unit/oea60s/ch20.htm>
- Ortiz, J. B. (2022). Evaluación del proceso de deshidratación en hongos comestibles. Universidad Agraria del Ecuador.  
<https://cia.uagraria.edu.ec/Archivos/GALAN%20ROMERO%20JOSHUA%20JULIA%20N.pdf>

- Paredes Lligüisupa, J. J. (2022). Exportaciones de hongos secos desde Ecuador.  
<https://repositorio.uta.edu.ec/bitstreams/123456789/14312/1/UA-ESCL-PDI-001-2022.pdf>
- Pérez, A., et al. (2022). Desarrollo de harinas funcionales a partir de *Pleurotus djamor* [Tesis, Universidad Técnica del Norte]. <https://repositorio.utn.edu.ec>
- Puig-Fernández, Y. (2023). Evaluación de tres métodos de secado en champiñones (*Agaricus bisporus*). Editorialalema.  
<https://editorialalema.org/index.php/pentaciencias/article/view/645>
- Rodríguez, F., Herrera, C., & Torres, R. (2022). Evaluación de deshidratación en hongos *Pleurotus djamor*. *Food Science and Technology International*, 28(4), 312-321.
- Soberao, Y. R. C., Zafra, L. M. C., Mosqueda, L. M., Fernández, Y. P., & Sánchez, A. P. (2022). Secado y rehidratación de la seta comestible *Pleurotus ostreatus*. *Ciencia y Tecnología de Alimentos*, 32(3), 29-34.
- Solér Gil, R. A. (2023). El método científico y el pensamiento complejo para la investigación en la educación superior actual. *Revista Logos Ciencia & Tecnología*.  
<https://www.redalyc.org/journal/5177/517775572009/html/>
- Taşova, M., & Güzel, M. (2020). The effect of drying temperatures on rehydration, model, drying performance and surface area values of mushroom (*Agaricus bisporus* L.). *Turkish Journal of Agricultural Engineering Research*, 1(1), 74–84. Disponible en <https://dergipark.org.tr/en/pub/turkager/issue/53651/704568>
- Taboada, O. M., et al. (año). Secado natural y solar de hongos comestibles silvestres. Instituto de Investigaciones de la Amazonía Peruana. Recuperado de <http://www.iiap.org.pe/upload/Publicacion/PUBL1149.pdf>
- Torres Valle, C. R., Arévalo, T., & Del Carmen, L. (2013). Deshidratación de dos variedades de frutilla (*Fragaria vesca*) mediante la utilización de flujo de aire caliente.
- Torres Yacelga, A. L., & Quinche Llerena, F. D. R. (2014). Métodos de experimentación aplicables en el área de Ciencias Naturales y su incidencia en el proceso enseñanza-aprendizaje del séptimo año de Educación Básica de la Unidad Educativa Misión Andina durante el año académico 2012–2013 (Tesis de pregrado). Universidad Técnica del Norte, Ecuador.
- Torres Granda, M. (2017). Biodegradación de hidrocarburos por hongos comestibles en suelos contaminados [Tesis de maestría, Universidad Politécnica Salesiana]. Repositorio UPS. <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/13679/1/UPS-QT11493.pdf>

- Torres, J. (2017). Evaluación fisicoquímica y microbiológica de hongos comestibles deshidratados del género *Pleurotus*. Universidad [institución editora].
- Torres, C. V. (2017). Calidad alimenticia del hongo *Pleurotus ostreatus*, fresco y deshidratado. Repositorio UPS.  
<https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/3736/6/UPS-YT00206.pdf>
- Torres, C. V., Gallegos, R., & Maldonado, R. (2017). Calidad alimenticia del hongo *Pleurotus ostreatus*. <https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/7020056.pdf>
- Valdiviezo, X. (2019). Metodología de investigación cuantitativa en trabajos de graduación de la modalidad de titulación de la carrera de contabilidad y auditoría.
- Vallejo Torres, C., Díaz Ocampo, R., Morales Rodríguez, W., Vera Chang, J., & Cortéz Salazar, T. M. (2017). Calidad alimenticia del hongo *Pleurotus ostreatus*, fresco y deshidratado, cultivado en tres residuos agrícolas. *Revista ESPAMCIENCIA*, (2), 123-134. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=7020056>
- Vega-Gálvez, A., Miranda, M., Díaz, L. P., López, L., Rodríguez, K., & Di Scala, K. (2012). Effective moisture diffusivity determination and mathematical modelling of the drying curves of the olive-waste cake. *Food and Bioproducts Processing*, 90(2), 279–286.  
<https://doi.org/10.1016/j.fbp.2011.04.001>
- Vega, J. C., & Franco, M. (2013). Eficiencia biológica en la producción de hongos ostra rosada. *Revista Encuentro*, 1(1), 1-10.  
<https://revistas.sena.edu.co/index.php/Encuentro/article/download/2178/2479/8575>
- Vega, R., Campos, D., & Ortiz, J. (2024). Modelos matemáticos para deshidratación de hongos comestibles. *LWT - Food Science and Technology*, 192, 115678.  
<https://doi.org/10.1016/j.lwt.2024.115678>
- Vera Saquinga, S. (2022). Evaluación de la eficiencia biológica en la producción de hongos gírgola [Tesis de pregrado, Universidad Técnica Estatal de Quevedo]. Repositorio UTEQ. <https://repositorio.uteq.edu.ec/bitstream/43000/6867/1/T-UTEQ-138.pdf>
- Virpechamp. (2023). Ficha técnica Portobello. <https://virpechamp.es/wp-content/uploads/2023/05/FICHATECNICAPORTOBELLO.pdf>
- Zamora, J. G. Q. (2024). Valor nutricional de setas de hongos *Pleurotus ostreatus* y *Pleurotus sapidus* cultivados en hojas de mazorcas de maíz y otros sustratos. *Revista UNESUM Ciencias*, 10(1), 45-58.
- Zapana Salcedo, L. F. (2023). Deshidratación de hongos comestibles en secador de lecho fijo. Repositorio UNAP.

[https://repositorio.unap.edu.pe/bitstream/20.500.14082/21923/1/Zapana\\_Salcedo\\_Luis\\_Francisco.pdf](https://repositorio.unap.edu.pe/bitstream/20.500.14082/21923/1/Zapana_Salcedo_Luis_Francisco.pdf)

Zhang, L., et al. (2019). Nutritional composition and antioxidant properties of *Pleurotus ostreatus*. *Journal of Food Science*, 84(7), 1874-1881.