



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI

FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS Y RECURSOS NATURALES

CARRERA DE AGROINDUSTRIA

PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

**“DESARROLLO DE UN MICROENCAPSULADO A BASE DE HONGO
(*Psilocybe Cubensis var. Ecuador*) POR EL MÉTODO DE SECADO POR
ASPERSIÓN”**

Proyecto de Investigación presentado previo a la obtención del Título de
Ingenieros Agroindustriales

Autores:

Soto Aguinda Alexis Jair
Vega Quindigalli Luis Ramiro

Tutora:

Arias Palma Gabriela Beatriz

LATACUNGA – ECUADOR

Marzo 2026

DECLARACIÓN DE AUTORÍA

Soto Aguinda Alexis Jair, con cédula de ciudadanía No. 0503684946 y Vega Quindigalli Luis Ramiro, con cédula de ciudadanía No. 0503680233, declaramos ser autores del presente Proyecto de Investigación: “**DESARROLLO DE UN MICROENCAPSULADO A BASE DE HONGO (*Psilocybe Cubensis var. Ecuador*) POR EL MÉTODO DE SECADO POR ASPERSIÓN**”, siendo la Ingeniera Mg. Gabriela Beatriz Arias Palma, Tutora del presente trabajo; y, eximimos expresamente a la Universidad Técnica de Cotopaxi y a sus representantes legales de posibles reclamos o acciones legales.

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

Latacunga, 24 de febrero del 2026

Alexis Jair Soto Aguinda
C.C: 0503684946
ESTUDIANTE

Luis Ramiro Vega Quindigalli
C.C: 0503680233
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 **SOTO AGUINDA ALEXIS JAIR**, identificado con cédula de ciudadanía **0503684946** de estado civil soltero, a quien en lo sucesivo se denominará **EL CEDENTE**; y, de otra parte, la Doctora Idalia Eleonora Pacheco Tigselema, 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 **“DESARROLLO DE UN MICROENCAPSULADO A BASE DE HONGO (*Psilocybe Cubensis var. Ecuador*) POR EL MÉTODO DE SECADO POR ASPERSIÓN”**, 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: octubre 2021 - marzo 2022

Finalización de la carrera: octubre 2025 - marzo 2026

Tutora: Ing. Gabriela Beatriz Arias Palma, Mg.

Tema: **“DESARROLLO DE UN MICROENCAPSULADO A BASE DE HONGO (*Psilocybe Cubensis var. Ecuador*) POR EL MÉTODO DE SECADO POR ASPERSIÓN”**

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, 24 de febrero del 2026.

Alexis Jair Soto Aguinda

Dra. Idalia Pacheco Tigselema, PhD.

EL CEDENTE

LA CESIONARIA

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 **VEGA QUINDIGALLI LUIS RAMIRO**, identificado con cédula de ciudadanía **0503680233** de estado civil soltero, a quien en lo sucesivo se denominará **EL CEDENTE**; y, de otra parte, la Doctora Idalia Eleonora Pacheco Tigselema, 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 Ingeniería Agroindustrial, titular de los derechos patrimoniales y morales sobre el trabajo de grado **“DESARROLLO DE UN MICROENCAPSULADO A BASE DE HONGO (*Psilocybe Cubensis var. Ecuador*) POR EL MÉTODO DE SECADO POR ASPERSIÓN”**, 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: octubre 2021 - marzo 2022

Finalización de la carrera: octubre 2025 - marzo 2026

Tutora: Ing. Gabriela Beatriz Arias Palma, Mg.

Tema: **“DESARROLLO DE UN MICROENCAPSULADO A BASE DE HONGO (*Psilocybe Cubensis var. Ecuador*) POR EL MÉTODO DE SECADO POR ASPERSIÓN”**

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, 24 de febrero del 2026.

Luis Ramiro Vega Quindigalli

EL CEDENTE

Dra. Idalia Pacheco Tigselema, PhD.

LA CESIONARIA

AVAL DE LA TUTORA DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

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

“DESARROLLO DE UN MICROENCAPSULADO A BASE DE HONGO (*Psilocybe Cubensis var. Ecuador*) POR EL MÉTODO DE SECADO POR ASPERSIÓN”, de Soto Aguinda Alexis Jair y Vega Quindigalli Luis Ramiro, 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 han incorporado las observaciones y recomendaciones propuestas en la Pre-defensa.

Latacunga, 24 de febrero del 2026

Ing. Gabriela Beatriz Arias Palma, Mg.
C.C: 1714592746
DOCENTE TUTORA

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, los postulantes: Soto Aguinda Alexis Jair y Vega Quindigalli Luis Ramiro, con el título del Proyecto de Investigación: “**DESARROLLO DE UN MICROENCAPSULADO A BASE DE HONGO (*Psilocybe Cubensis var. Ecuador*) POR EL MÉTODO DE SECADO POR ASPERSIÓN**”, han 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, 24 de febrero del 2026

Quím. Jaime Orlando Rojas Molina, Mg.

C.C: 0502645435

LECTOR 1 (PRESIDENTE)

Ing. Manuel Enrique Fernández Paredes, Mg.

C.C: 0501511604

LECTOR 2 (MIEMBRO)

Ing. Renato Agustín Romero Corral, Mg.

C.C: 1717122483

LECTOR 3 (MIEMBRO)

AGRADECIMIENTO

Agradezco de manera especial a la Universidad Técnica de Cotopaxi, a la Facultad de Ciencias Agropecuarias y Recursos Naturales y a la carrera de Agroindustria por brindarme la formación académica, los conocimientos y los recursos que hicieron posible el desarrollo de la presente investigación, contribuyendo de manera significativa a mi crecimiento profesional y personal.

De igual forma, expreso mi sincero agradecimiento a la Ing. Gabriela Arias que me guio durante el transcurso de este trabajo de titulación, por su orientación, apoyo académico, disposición y valiosos aportes, los cuales fueron fundamentales para el correcto desarrollo y culminación de esta tesis.

Finalmente, extendiendo mi gratitud a todas las personas que, de manera directa o indirecta, contribuyeron a la realización de este trabajo.

Alexis Jair Soto Aguinda

AGRADECIMIENTO

En primer lugar, a Dios, por permitirme estar vivo y poder disfrutar de mi familia, amigos y colegas.

A la Universidad Técnica de Cotopaxi por brindarme la formación académica en sus establecimientos y los recursos necesarios para el desarrollo de esta investigación. De manera especial, agradezco a mi tutora de tesis, Ing. Gabriela Beatriz Palma Arias, por su orientación, acompañamiento y valiosos aportes técnicos, de igual forma al tribunal de lectores por su apoyo durante la fase experimental.

A mi familia, mi pilar de fe, de apoyo y de superación, agradezco su motivación brindada a lo largo de mi formación, así como a todas las personas quién de manera directa supo brindarme su mano.

Luis Ramiro Vega Quindigalli

DEDICATORIA

Dedico el presente trabajo, en primer lugar, a mi madre, por su apoyo incondicional, paciencia y motivación constante a lo largo de mi formación académica. Su confianza y aliento fueron fundamentales para alcanzar esta meta.

A mi padre, de quien aprendí el valor del esfuerzo, el sacrificio y la perseverancia; enseñanzas que me sirvieron en el camino de este logro. Y de manera especial, a una persona que tuvo gran influencia en mi vida a mi Mamita Miche, quien con sus palabras me enseñó que con confianza todo es posible.

Alexis Jair Soto Aguinda

DEDICATORIA

A mi ángel en el cielo, mamá Ignacia, que supiste criar con mano dura, con bondad y amor por los hijos. Consejera, guía y amiga de un camino joven, pero con muchas ganas de recorrer. Dedicado a mi padre César, un hombre sabio y lleno de historias, me demuestra que siempre puedes volver a empezar. A todos mis hermanos y hermanas que son el ejemplo a seguir, me enseñan que lo importante en la vida es ser buenas personas y siempre trabajadores. A Alexandra, por abrirme las puertas de su familia y su corazón.

A mi compañero de tesis, Alexis, un gran amigo; que la vida y sus ideales lo lleven a lo mejor de los éxitos.

Luis Ramiro Vega Quindigalli

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI
FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS Y RECURSOS NATURALES

**TÍTULO: “DESARROLLO DE UN MICROENCAPSULADO A BASE DE HONGO
(*Psilocybe Cubensis* var. Ecuador) POR EL MÉTODO DE SECADO POR
ASPERSIÓN”.**

Autores:

Soto Aguinda Alexis Jair
Vega Quindigalli Luis Ramiro

RESUMEN

El presente trabajo de investigación se realizó con el propósito de microencapsular el extracto acuoso de hongo (*Psilocybe cubensis* var. Ecuador) mediante secado por aspersión; por tanto, se deshidrató el hongo en una estufa por 24 horas a 50 °C, posteriormente se pulverizó el hongo deshidratado con un molino manual y se cuantificó la concentración de psilocibina con un resultado de 12,53 mg/g. Los compuestos bioactivos se obtuvieron a través de una homogenización de la droga cruda para obtener el extracto acuoso del cual se obtuvo una coloración verde oscura, opacidad y un aroma fúngico característico. Analíticamente, se determinó una naturaleza predominantemente líquida con una humedad del 95,11 % y un contenido de sólidos totales del 4,89 %, una densidad de 1,07 g/ml, una acidez titulable de 0,38 % y un pH de 6,4; lo que sugiere una estabilidad moderada en un medio ligeramente ácido previo al procesamiento. Con el software Design Expert (DX13) se estableció un modelo matemático de superficie de respuesta de 10 corridas experimentales, para el proceso del secado por aspersión se tomó en cuenta las variables independientes de la velocidad de flujo de alimentación (VFA) 500, 600 y 700 ml/h, y la temperatura de aire de entrada (TAE) 140, 150 y 160 °C. Los resultados identificaron que la configuración operativa de 160 °C y 500 mL/h maximiza la eficiencia del proceso, logrando un rendimiento del 77,71 %, una humedad residual del 5,12 % y una concentración de psilocibina de 2,12 mg/g. La caracterización del microencapsulado óptimo reveló mayoritariamente carbohidratos (81,65 %) y proteínas (11,67 %), configuración que favorece la protección del compuesto bioactivo frente a la degradación oxidativa, apoyada por un bajo contenido lipídico (0,65 %). Finalmente, se obtuvo recuentos nulos (0 UFC/g) en aerobios totales, mohos, levaduras y ausencia de *Salmonella spp.*, lo cual certifica al microencapsulado como un insumo estable y seguro para aplicaciones posteriores.

Palabras clave: Microencapsulado, extracto acuoso, concentración de psilocibina, superficie respuesta, optimización, hongo.

TECHNICAL UNIVERSITY OF COTOPAXI
FACULTY OF AGRICULTURAL SCIENCE AND NATURAL RESOURCES

THEME: “DEVELOPMENT OF A MICROENCAPSULATED PRODUCT BASED ON FUNGUS (*Psilocybe Cubensis* var. Ecuador) USING THE SPRAY-DRYING METHOD.”

Authors:

Soto Aguinda Alexis Jair
Vega Quindigalli Luis Ramiro

ABSTRACT

This research was conducted with the aim of microencapsulating the aqueous extract of the fungus (*Psilocybe cubensis* var. Ecuador) using spray drying; thus, the fungus was dehydrated in a stove for 24 hours at 50 °C, then the dehydrated fungus was pulverized with a manual mill and the psilocybin concentration was quantified with a result of 12,53 mg/g. The bioactive compounds were obtained by homogenizing the raw drug to obtain an aqueous extract with a dark green color, opacity, and a characteristic fungal aroma. Analytically, a predominantly liquid nature was determined with a moisture content of 95,11 % and a total solids content of 4,89 %, a density of 1,07 g/ml, a titratable acidity of 0,38 %, and a pH of 6,4; it suggests a moderate stability in a slightly acidic environment previous to processing. Using Design Expert (DX13) software, a mathematical response surface model was established from 10 experimental runs. For the spray drying process, the independent variables of feed flow rate (VFA) 500, 600, and 700 ml/h and inlet air temperature (IAT) of 140, 150, and 160 °C. The results identified that the operating configuration of 160 °C and 500 mL/h maximizes process efficiency, achieving a performance of 77,71 %, a residual moisture content of 5,12 %, and a psilocybin concentration of 2,12 mg/g. The characterization of the optimal microencapsulation revealed mostly carbohydrates (81,65 %) and proteins (11,67 %), a configuration that favors the protection of the bioactive compound against oxidative degradation, supported by a low lipid content (0,65 %). Finally, zero counts (0 CFU/g) were obtained for total aerobes, molds, yeasts, and *Salmonella* spp., certifying the microencapsulated product as a stable and safe input for subsequent applications.

Keywords: Microencapsulation, aqueous extract, psilocybin concentration, surface response, optimization, fungus.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

DECLARACIÓN DE AUTORÍA	ii
CONTRATO DE CESIÓN NO EXCLUSIVA DE DERECHOS DE AUTOR.....	iii
CONTRATO DE CESIÓN NO EXCLUSIVA DE DERECHOS DE AUTOR.....	v
AVAL DE LA TUTORA DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN.....	vii
AVAL DE APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE TITULACIÓN	viii
AGRADECIMIENTO	ix
AGRADECIMIENTO	x
DEDICATORIA.....	xi
DEDICATORIA.....	xii
RESUMEN	xiii
ABSTRACT	xiv
ÍNDICE DE TABLAS.....	xx
ÍNDICE DE FIGURAS	xxi
ÍNDICE DE ECUACIONES	xxi
ÍNDICE DE ANEXOS	xxi
INTRODUCCIÓN.....	1
1. DATOS GENERALES	3
2. DISEÑO DEL PROYECTO.....	4
2.1. Planteamiento del Problema	4
2.2. Marco Contextual	5
2.2.1. Antecedentes.....	5
2.3. Formulación del Problema.....	7
2.4. Objetivos.....	7
2.4.1 Objetivo General.....	7
2.4.2 Objetivos Específicos	7
2.5. Actividades y Sistema de Tareas en Relación con los Objetivos Planteados.....	8

2.6. Fundamentación Científico Técnica.....	11
2.6.1. Marco teórico.....	11
2.6.1.1 Origen del hongo Psilocybe Cubensis.....	11
2.6.1.2 Taxonomía.....	11
2.6.1.3 Variedades de hongo Psilocybe Cubensis.....	12
2.6.1.4. Propiedades psicotrópicas.....	13
2.6.1.5. Contenido de psilocibina en el hongo.	13
2.6.1.6 Uso en la medicina ancestral.....	14
2.6.1.7. Métodos de extracción.....	14
2.6.1.8. Extracción mecánica.....	14
2.6.1.9. Extracción por destilación.	15
2.6.1.10. Extracción por expresión.....	15
2.6.1.11. Métodos de secado.	15
2.6.1.12. Secado por convección.....	15
2.6.1.13. Secado por liofilización.....	15
2.6.1.14. Importancia del desarrollo de bioactivos microencapsuladas.	15
2.6.1.15. Microencapsulación.....	16
2.6.1.16. Aplicaciones de la microencapsulación.....	16
2.6.1.17. Métodos de microencapsulación.....	17
2.6.1.18. Microencapsulación por secado por aspersión.....	18
2.6.1.19. Factores de la microencapsulación.	18
2.6.1.20. Material de pared o encapsulante.....	18
2.6.1.21. Temperatura de aire de entrada y salida.....	18
2.6.1.22. Velocidad de flujo de alimentación.....	19
2.6.1.23. Proceso de secado por aspersión.....	19
2.6.2. Marco conceptual	20
2.6.2.1 Microencapsulación.....	20
2.6.2.2. Secado por aspersión.....	20
2.6.2.3. Parámetros del proceso de secado.....	20
2.6.2.4. Optimización de procesos – microencapsulación.....	21
2.6.2.5. Diseño experimental – Modelo de superficie respuesta.....	21
2.6.2.6. Variables- dependiente – independiente.....	21
2.6.2.7. Hongo Psilocybe - polvo microencapsulado.....	22
2.6.2.8. Análisis fisicoquímico.	22
2.6.2.9. Análisis microbiológico.....	22

2.6.2.10. Rendimiento.....	23
2.6.1.11. Análisis proximal.....	23
2.7. Metodología del Proyecto de Investigación	23
2.7.1. Tipos de investigación	23
2.7.1.1. Investigación bibliográfica.....	23
2.7.1.2. Investigación cuantitativa.....	23
2.7.1.3. Investigación descriptiva.	24
2.7.1.4. Investigación experimental.....	24
2.7.2. Métodos de investigación	24
2.7.2.1. Método inductivo.....	24
2.7.2.2. Método científico	24
2.7.3. Técnica de investigación	25
2.7.3.1. Técnica de observación.....	25
2.7.4. Materiales, reactivos y equipos	25
2.7.4.1. Materia prima.....	25
2.7.4.2. Reactivos.....	25
2.7.4.3 Materiales.	25
2.7.4.4. Equipos.....	26
2.7.5. Metodología para la identificación morfológica del hongo (<i>Psilocybe Cubensis</i> var. Ecuador)	26
2.7.5.1. Pie.....	27
2.7.5.2. Diámetro y color del píleo.....	27
2.7.5.3. Color y reacción.....	27
2.7.6. Secado y molienda del hongo (<i>Psilocybe Cubensis</i> var. Ecuador).....	27
2.7.7. Cuantificación de la concentración de psilocibina en el polvo de hongo (<i>Psilocybe</i> <i>Cubensis</i> var. Ecuador).....	28
2.7.8. Caracterización del extracto acuoso de hongo (<i>Psilocybe Cubensis</i> var. Ecuador) .	28
2.7.9. Optimización del proceso de microencapsulación del extracto acuoso (<i>Psilocybe</i> <i>Cubensis</i> var. Ecuador) en función del rendimiento, humedad y concentración de psilocibina.....	29
2.7.9.1. Secado por aspersión.....	30
2.7.9.2. Determinación del rendimiento.	30
2.7.9.3. Humedad.....	30

2.7.9.4. Concentración de psilocibina.....	31
2.7.10. Análisis proximal de polvo microencapsulado optimizado.....	31
2.7.11. Análisis fisicoquímicos del polvo microencapsulado optimizado	31
2.7.11.1. Concentración de psilocibina.....	31
2.7.12. Análisis microbiológicos de polvo microencapsulado optimizado	31
2.7.13. Metodología para la elaboración de polvo microencapsulado de hongo (Psilocybe Cubensis var. Ecuador).....	32
2.7.14. Diagrama del proceso de elaboración de polvo microencapsulado de hongo Psilocybe Cubensis var Ecuador.....	34
2.8. Hipótesis	35
2.8.1. Hipótesis nula	35
2.8.2. Hipótesis alterna	35
2.9. Diseño Experimental	35
2.9.1. Operacionalización de las variables	35
2.9.2. Corridas experimentales	36
2.10. Análisis y Discusión de Resultados.....	37
2.10.1. Caracterización del extracto acuoso de hongo (Psilocybe Cubensis var. Ecuador)	38
2.10.2. Optimización del proceso de microencapsulación del hongo (Psilocybe Cubensis var. Ecuador) en función al rendimiento, humedad y concentración de psilocibina.....	39
2.10.2.1. Evaluación del modelo para el rendimiento del polvo microencapsulado de hongo.....	40
2.10.2.2. Evaluación del modelo para la concentración de psilocibina.....	42
2.10.2.3. Evaluación del modelo para la humedad en el polvo microencapsulado de hongo	44
2.10.2.4. Optimización de los modelos del diseño experimental.....	47
2.10.3. Caracterización del microencapsulado optimizado mediante análisis fisicoquímicos, proximales y microbiológicos.....	49
2.10.3.1 Caracterización del microencapsulado optimizado mediante análisis microbiológicos.....	51
3. IMPACTOS DEL PROYECTO	53

3.1. Impactos Técnicos	53
3.2. Impactos Sociales	53
3.3. Impactos Económicos	53
3.4. Impactos Ambientales	53
4. RECURSOS Y PRESUPUESTOS	54
5. CONCLUSIONES	56
6. RECOMENDACIONES	57
7. BIBLIOGRAFÍA	59
8. ANEXOS	70

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Actividades y tareas en relación de los objetivos planteados	8
Tabla 2 Clasificación taxonómica del hongo <i>Psilocybe Cubensis</i>	11
Tabla 3 Variedades de hongo <i>Psilocybe Cubensis</i>	12
Tabla 4 Dosificación y consideraciones sobre la psilocibina	14
Tabla 5 Métodos de microencapsulación	17
Tabla 6 Características de los equipos	26
Tabla 7 Metodologías para la caracterización fisicoquímico del extracto acuoso	29
Tabla 8 Descripción del diseño experimental del polvo microencapsulado de hongo <i>Psilocybe Cubensis</i> var Ecuador	35
Tabla 9 Tipos de variables	36
Tabla 10 Corridas experimentales para el microencapsulado de hongo (<i>Psilocybe Cubensis</i> var. Ecuador)	36
Tabla 11 Características morfológicas del hongo (<i>Psilocybe Cubensis</i> var. Ecuador)	37
Tabla 12 Características fisicoquímicas del extracto acuoso de hongo	38
Tabla 13 Matriz experimental para la optimización del microencapsulado de hongo (<i>Psilocybe Cubensis</i> var. Ecuador)	39
Tabla 14 Parámetros del modelo codificado para el rendimiento	40
Tabla 15 Parámetros del modelo codificado de la concentración de psilocibina	42
Tabla 16 Parámetros del modelo codificado de humedad	44
Tabla 17 Restricciones para la optimización del microencapsulado	47
Tabla 18 Optimización del diseño experimental en función de las variables	47
Tabla 19 Caracterización del microencapsulado optimizado en función de las propiedades físicas	49
Tabla 20 Análisis microbiológico de la mejor corrida experimental	51
Tabla 21 Recursos económicos utilizados en el proyecto	54

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Proceso de microencapsulación en secado por aspersión.	19
Figura 2 Superficie de respuesta para el rendimiento del secado.....	41
Figura 3 Superficie de respuesta para la concentración de psilocibina del secado	43
Figura 4 Superficie de respuesta para la humedad del secado	46
Figura 5 Superficie respuesta para la deseabilidad.....	48

ÍNDICE DE ECUACIONES

[Ec. 1] Fórmula para el cálculo del rendimiento	30
[Ec. 2] Fórmula para el cálculo de la humedad.....	31

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1 Datos informativos del docente tutora	70
Anexo 2 Datos informativos del postulante Alexis Soto	71
Anexo 3 Datos informativos del postulante Luis Vega.....	72
Anexo 4 Obtención de polvo microencapsulado a base de hongo <i>Psilocybe Cubensis</i> var, Ecuador por el método de secado por aspersión.	73
Anexo 5 Balance de materia del polvo microencapsulado de hongo de <i>Psilocybe Cubensis</i> var, Ecuador.....	74
Anexo 6 Análisis de la concentración de psilocibina en 3 muestras. (Microencapsulado optimizado, Materia prima seca y extracto acuoso)	75
Anexo 7 Análisis de laboratorio para el extracto (Acidez titulable, pH, humedad, densidad y concentración de psilocibina)	76
Anexo 8 Análisis proximales de la muestra microencapsulado optimizado.	77
Anexo 9 Análisis microbiológicos de la muestra microencapsulado optimizado.....	78
Anexo 10 Matriz experimental para la optimización del polvo microencapsulado de hongo <i>Psilocybe Cubensis</i> var, Ecuador	79
Anexo 11 Análisis microbiológicos del micro encapsulado optimizado	80
Anexo 12 Manual de uso del Fotómetro Qtest.....	81
Anexo 13 Aval de Traducción	83

INTRODUCCIÓN

La investigación de nuevas tecnologías con finalidad de aprovechar y conservar los componentes bioactivos procedentes de fuentes naturales ha tomado gran transcendencia en los últimos años (Navarro, et al., 2025), particularmente en la industria alimentaria. En este entorno, los hongos son de gran interés en virtud de sus componentes que representan diversas aplicaciones en campos científicos (Kurzbaum, et al., 2025). El hongo *Psilocybe cubensis* es una especie con características alucinógenas empleadas en diferentes comunidades nativas del Ecuador en ceremoniales y rituales sagrados con fines medicinales; es una de las especies más empleadas para el consumo debido a su distribución, las cuales están asociadas a ambientes disturbados y con ganado (Albán, et al., 2021).

La interacción entre la nutrición y la salud del ser humano ha tenido un juicio de valor en investigaciones científicas; debido a lo cual estudios actuales señalan que una alimentación equilibrada representa una reducción del riesgo de enfermedades crónicas del mismo modo ayuda al correcto funcionamiento del organismo, también tiene una mejoría en la calidad de vida (Hernández, et al., 2025)

Diversos compuestos bioactivos (polifenoles, ácidos grasos esenciales vitaminas, etc.) presentan limitaciones tal como la inestabilidad frente factores ambientales, degradación térmica, oxidación, esto complica su almacenamiento, transporte y aprovechamiento industrial (Pudžiuvėlytė, et al., 2025) En consecuencia, la microencapsulación en la agroindustria ha emergido como una alternativa para mejorar la calidad, seguridad y funcionalidad de los alimentos, protegiendo los compuestos activos y nutracéuticos recubriendo los compuestos bioactivos de manera uniforme con una película polimérica con la finalidad de obtener capsulas micrométricas; de esta manera se busca satisfacer al consumidor con alimentos funcionales (Cardona et al., 2021).

La microencapsulación acrecienta la solubilidad y biodisponibilidad de los compuestos encapsulados debido a que poseen mayor estabilidad puesto que el núcleo está resguardado total o parcialmente ante la exposición (luz, temperatura, humedad, pH, oxígeno) (Pino & Aragüez, 2021), (Fernández, 2022).

El secado por aspersión es el método más antiguo en la microencapsulación, seca las suspensiones líquidas de manera rápida, mantiene una temperatura baja y controla la liberación de los compuestos bioactivos en forma sólida, además, posee unos de los costos más bajos (Rios Aguirre & Gil , 2021).

El desarrollo de un microencapsulado de hongo (*Psilocybe cubensis* var. Ecuador) a través del secado por aspersión representa una línea de investigación dirigida a investigar y optimizar metodologías que faciliten la estabilización de compuestos bioactivos de origen fungico, posibilitando su conservación, estudio y aplicación en la industria; contribuyendo con la investigación al aprovechamiento de los recursos disponibles y el recurso tecnológico.

1. DATOS GENERALES

Título del Proyecto de investigación

“Desarrollo de un microencapsulado a base de hongo (*Psilocybe Cubensis* var. Ecuador) por el método de secado por aspersión”

Fecha de inicio: octubre del 2025

Fecha de finalización: marzo del 2026

Lugar de ejecución:

Provincia: Cotopaxi – Zona 3

Cantón: Latacunga

Parroquia: Salache bajo

Barrio: Eloy Alfaro

Institución

Universidad Técnica de Cotopaxi

Facultad que auspicia

Ciencias Agropecuarias y Recursos Naturales

Carrera que auspicia

Agroindustria

Equipo de Trabajo:

Tutora: Ing. Gabriela Beatriz Arias Palma, Mg.

Investigador 1: Alexis Jair Soto Aguinda

Investigador 2: Luis Ramiro Vega Quindigalli

Línea de investigación:

Línea: Procesos tecnológicos

Sub línea: Generación de tecnologías para el desarrollo de productos agroindustriales

2. DISEÑO DEL PROYECTO

2.1. Planteamiento del Problema

A nivel mundial el aprovechamiento de los hongos ha tenido relevancia en los últimos años, en virtud de sus componentes y su potencial aplicación en el ámbito medicinal en donde se han aplicado como psicoactivos para tratamientos de diversas enfermedades (depresión, trastorno obsesivo-compulsivo, anorexia nerviosa, estrés postraumático, ansiedad o dolor crónico), además, se ha tratado la dependencia al tabaco y al alcohol (Batista, et al., 2025). Sin embargo, la transformación de matrices biológicas frescas en productos estables que logren tener un almacenamiento, transporte así como procesos industriales es un desafío tecnológico, a causa de su susceptibilidad a factores ambientales tanto como procesos térmicos de esta manera es limitada su estandarización en procesos, su reproducibilidad de resultados, así como la optimización de tecnologías de transformación. (Ramadan, et al., 2023); esto es una gran oportunidad para la agroindustria para solventar los inconvenientes en el proceso de la materia prima y para la aceptación del tratamiento de pacientes.

El hongo (*Psilocybe Cubensis* var. Ecuador) posee metabolitos de naturaleza psicoactiva los que muestran alta perceptibilidad a factores ambientales (temperatura, oxidación, humedad, disposición a la luz). En el Ecuador existe pocos estudios referentes a la caracterización fisicoquímica del extracto, así como su comportamiento en el transcurso del proceso de la microencapsulación, complicando el diseño de formulaciones competentes que protejan los compuestos bioactivos que posee la matriz fúngica. (Buitrago, 2022) Desde el enfoque agroindustrial el déficit de patentes reduce el avance de procesos tecnológicos controlados que posibiliten la obtención de un microencapsulado con propiedades fisicoquímicas estables. Restringiendo la generación de conocimiento con un juicio de valor para el diseño de procesos estandarizados que alcancen a hacer valorados en entorno de investigación bajo marco regulatorio correspondiente.

En este contexto, es importante estudiar las características del extracto acuoso obtenido de la matriz fúngica analizando el comportamiento en la microencapsulación mediante el secado por aspersion de esta manera se busca

contribuir al desarrollo de alternativas tecnológicas que faciliten el manejo, conservación, así como el control de productos derivados de matrices biológicas.

2.2. Marco Contextual

2.2.1. Antecedentes

En la investigación de Rosero (2018) describieron el proceso de obtención de cepas puras de *Psilocybe spp* con fines industriales. La purificación de las cepas se realizó en varias fases (recolección, aislamiento, identificación, caracterización y conservación), identificando una identidad genética del 99 %. El proceso consistió en una liofilización a una presión de 200 atm para el congelado y 300 atm para el secado, con una temperatura de -50 y 30 °C. Las cepas fueron activadas en dos medios de fermentación: estado sólido (FES) o fermentación en estado líquido (FEL). El mejor medio de cultivo fue el Agar Extracto de Malta (MEA) con una velocidad de activación de 2.79 mm/día. Con un nivel de confianza de un 95 % que los efectos de cada medio de cultivo en la velocidad de activación de la cepa presentan diferencias estadísticamente significativas.

Navarrete y Tapia (2022) enfocaron su investigación en la microencapsulación del extracto de chillangua (*Eryngium foetidum*) mediante secado por aspersión. Los investigadores acondicionaron a la planta antes de su procesamiento mediante un deshidratado en una estufa por 24 horas a 40 °C. También evaluaron velocidades de alimentación de 500, 600 y 700 ml/h, junto con temperaturas de aire de entrada de 130, 140 y 150 °C, desarrollando un total de 13 ensayos experimentales. Los resultados determinaron que la condición óptima correspondió a una velocidad de alimentación de 149,93 ml/h y una temperatura de 500 °C. Bajo estos parámetros, el microencapsulado alcanzó un rendimiento del 92,99 %, un contenido de humedad del 21,11 % y una eficiencia de encapsulación del 90,80 %. Por consiguiente, realizaron una caracterización del microencapsulado optimizado de la chillangua, presentó un color amarillo dorado claro verdoso, aroma mentolado, sabor suave, partículas homogéneas, higroscopicidad de 21,99 %, densidad aparente 5,701 g/ml, densidad compactada de 5,65 g/ml, 5,5 de pH, un ángulo de reposo de 36°, solubilidad de 93 %, el índice de Hausner de 5,65 %, índice de Carr 49 %, capacidad antioxidante reductora de hierro de 903,99 (µM Fe²⁺/g) y la morfología 26,24 µM.

Chamba & Quispe (2021) centraron su estudio en la optimización de microencapsulado a base de orégano (*Origanum vulgare, L.*) mediante secado por aspersión. La metodología que emplearon fue un diseño experimental de superficie respuesta con el paquete estadístico Desing Expert 8.0.6. Establecieron nueve corridas experimentales con las variables independientes: velocidad de flujo de alimentación (500, 600, 700) ml/h y temperatura de aire de entrada (130, 140 y 150) °C. Evaluaron la humedad, el rendimiento y la eficiencia de encapsulamiento en cada uno de los tratamientos. El estudio determinó que a una temperatura de 150 °C y una velocidad de 500 ml/h se obtuvo un microencapsulado óptimo con una humedad del 3,35%, un rendimiento del 93,44% y una eficacia del 94,89 %.

Iglesia y Pichucho (2021) investigaron la microencapsulación del extracto de cedrón (*Aloysia citrodora*) empleando la técnica de secado por aspersión. Para ello, realizaron nueve ensayos experimentales utilizando como agentes encapsulantes maltodextrina y goma arábica. Evaluaron velocidades de flujo de alimentación de 500, 600 y 700 ml/h, así como temperaturas de entrada de aire de 130, 140 y 150 °C. Los resultados mostraron que la condición más favorable fue una temperatura de entrada de 150 °C y un flujo de alimentación de 500 ml/h, obteniendo un rendimiento del 94,70 %, un contenido de humedad de 3,845 % y una eficiencia de microencapsulación del 93,9 %.

Aguilar y Meneses (2020) desarrollaron un estudio sobre el aceite de Sacha Inchi (*Plukenetia volubilis L.*) con el objetivo de proteger los ácidos grasos insaturados que son susceptibles a la oxidación lipídica, mediante el proceso de microencapsulación. Se empleó una mezcla de alginato de sodio, caseinato de sodio y Tween 20 en distintas proporciones; alginato de sodio – caseinato de sodio con dos niveles (3:1, 1:3), relación encapsulante – aceite de Sacha inchi con dos niveles (3:1, 9:1), y condiciones de proceso; temperatura de secado con dos niveles (140 °C, 180 °C) y % de alimentación de la emulsión (% Bomba) con dos niveles (10%, 20%). Estas variables se evaluaron con el fin de determinar el mejor tratamiento en base al rendimiento. Como resultado se obtuvo un rendimiento de microencapsulación de 66,7 % a proporción 1:3 alginato–caseinato y 3:1 encapsulante–aceite, utilizando una temperatura de entrada de aire de 140 °C y un 10 % de alimentación de la emulsión.

2.3. Formulación del Problema

¿Cómo influye la temperatura de aire de entrada y la velocidad de flujo de alimentación en la optimización del proceso de microencapsulación del polvo de hongo (*Psilocybe Cubensis var?* Ecuador), por el método de secado por aspersión?

2.4. Objetivos

2.4.1 Objetivo General

Desarrollar un microencapsulado a base de hongo (*Psilocybe Cubensis var.* Ecuador) por el método de secado por aspersión.

2.4.2 Objetivos Específicos

- Caracterizar el extracto acuoso de hongo (*Psilocybe Cubensis var.* Ecuador) mediante análisis fisicoquímicos y sensoriales.
- Optimizar el proceso de microencapsulación del hongo (*Psilocybe Cubensis var.* Ecuador) en función del rendimiento, humedad y concentración de psilocibina.
- Caracterizar el microencapsulado optimizado mediante análisis fisicoquímicos, proximales y microbiológicos.

2.5. Actividades y Sistema de Tareas en Relación con los Objetivos Planteados

Tabla 1

Actividades y tareas en relación de los objetivos planteados

OBJETIVOS	ACTIVIDAD	METODOLOGÍA	RESULTADOS
Caracterizar el extracto acuoso de hongo (<i>Psilocybe Cubensis var</i> , Ecuador) mediante análisis fisicoquímicos.	<ul style="list-style-type: none"> -Recepción del hongo (<i>Psilocybe Cubensis var</i>. Ecuador). Identificación morfológica del hongo. -Secado del hongo por convección forzada. -Determinación de la concentración de psilocibina. -Elaboración del extracto acuoso del hongo (<i>Psilocybe Cubensis var</i>. mediante homogenización mecánica. -Caracterización del extracto acuoso mediante análisis fisicoquímicos: <ul style="list-style-type: none"> - Acidez - pH - Humedad - Densidad relativa - Sólidos totales 	<ul style="list-style-type: none"> Identificación morfológica del hongo según la metodología descrita por (López, 2005) - Pie - Diámetro y color del píleo - Color y reacción Método de secado del hongo por convección forzada por (Chamba & Quispe , 2021) con modificaciones para el proyecto. Método de concentración de psilocibina Qtest (Moreno Garcia, 2025), Método de extracción por homogenización mecánica (Peréz, 2022) Análisis fisicoquímico - Acidez – (Volumetría) - INEN 750, 2013 - pH – (Potenciométrico) - INEN 1087:2013 - Humedad - MO-LSAIA-01.01 	<ul style="list-style-type: none"> - Obtención de las características morfológicas del hongo (<i>Psilocybe Cubensis var</i>. Ecuador) - Obtención del extracto acuoso del hongo de (<i>Psilocybe Cubensis var</i>, Ecuador). - Obtención de las propiedades fisicoquímicas.

<p>Optimizar el proceso de microencapsulación del hongo (<i>Psilocybe Cubensis var</i>, Ecuador) en función del rendimiento, humedad y concentración de psilocibina.</p>	<p>-Establecer las corridas experimentales empleando el programa Desing Expert ver. DX13 en función de las variables de temperatura de aire de entrada y la velocidad de flujo al Spray Dray. -Realizar la microencapsulación del extracto acuosos del hongo (<i>Psilocybe Cubensis var</i>, Ecuador) -Determinar el mejor tratamiento del microencapsulado en función de la humedad, rendimiento y la concentración de psilocibina.</p>	<p>Metodología de microencapsulación: (Chamba Quijije & Quispe Tigmasa, 2021) con modificaciones para el proyecto. - Método de secado por aspersion “Spray Dray” Diseño experimental: modelo de superficie respuesta. - Humedad – MO-LSAIA-01.01 - Rendimiento - (Chamba Quijije & Quispe Tigmasa, 2021) - Concentración de psilocibina – Qtest (Moreno Garcia, 2025)</p>	<p>- Microencapsulado del hongo (<i>Psilocybe Cubensis var</i>, Ecuador). - Obtención del mejor microencapsulado en base a las condiciones óptimas.</p>
<p>Caracterizar el microencapsulado optimizado mediante análisis fisicoquímicos, proximales y microbiológicos.</p>	<p>- Recolección y preparación del polvo microencapsulado óptimo para: Análisis proximal - Ceniza. - Proteína. - Fibra. - E.L.N. -E.E. Análisis fisicoquímico - Concentración de psilocibina Análisis microbiológicos - Mohos - Levaduras - Aerobios totales -Salmonella ssp.</p>	<p>Análisis proximal - Ceniza. M-GO-AL-02/AOAC 923.03 - Proteína.M-GO-AL-04/ AOAC 981.10 - Fibra. MO-LSAIA-01.05 - E.L.N. MO-LSAJA-01.06 - E.E. MO-LSAIA-01.02 - HUMEDAD. MO-LSAIA-01.01 Análisis fisicoquímico - Concentración de psilocibina – Qtest (Moreno Garcia, 2025) Análisis microbiológicos - Mohos. Petrifilm AOAC, 997.02 - Levaduras. Método Petrifilm AOAC. 997 - Aerobios totales. Petrifilm AOAC, Ed. - Salmonella spp. NTE INEN 2983</p>	<p>- Microencapsulado caracterizado. - Análisis proximal del microencapsulado del hongo (<i>Psilocybe Cubensis var</i>, Ecuador). - Análisis microbiológicos del microencapsulado del hongo (<i>Psilocybe Cubensis var</i>, Ecuador). -Análisis de la concentración de psilocibina en el</p>

microencapsulado
caracterizado.

2.6. Fundamentación Científico Técnica

2.6.1. Marco teórico

2.6.1.1 Origen del hongo *Psilocybe Cubensis*.

Su descubrimiento inicial fue en Cuba, de ahí su nombre en latín “*Cubensis*”, descrito por Sumner Earle, un agregado científico estadounidense en una isla para temas agrícolas, cuyo hallazgo luego fue revisado por el etnobotánico Rolf Singer siendo él quien da el nombre definitivo de *Psilocybe* (Montero, 2023). Sin embargo, no es una especie endémica ya que desde su descubrimiento, agricultores y micólogos han encontrado hongos *Cubensis* que brotan espontáneamente del estiércol bovino por lo que se sugiere que en sus esporas viajaron por el aire o especies de aves por lo largo del globo esparciendo la especie.

2.6.1.2 Taxonomía.

Proveniente de la familia *Strophariaceae* posee un píleo de 0,3 a 2,2 cm de ancho, su forma es de cónica convexa, con una pequeña papila cuando es joven, Su color es amarillo o café en el centro y blanquecino en el margen y con una superficie lisa. El tallo de esta especie posee un color blanquecino amarillento, mientras que sus branquias son de color gris, volviéndose oscuras, casi negras con la edad. A medida que se desarrollan el velo, deja un anillo membranoso blanco que se oscurece con el tiempo (Instituto de Salud Pública, 2023).

Tabla 2

*Clasificación taxonómica del hongo *Psilocybe Cubensis**

Reino	Fungí
Phylum	Basidiomycota
Clase	Basidiomycetes
Subclase	Agaricomycetidae
Orden	Agaricales
Familia	Strophariaceae
Género	Psilocybe
Especie	Psilocybe Cubensis

Fuente: (García, 2021)

2.6.1.3 Variedades de hongo *Psilocybe Cubensis*.

Las variedades dependen de la cuantificación de psilocibina y psilocina presente en el cuerpo del hongo. Según Guerrero- Paredes et al. (2021) las especies conocidas son 31 y variedades de *Psilocybe* que se conocen del estado de Oaxaca y registradas en la bibliografía de las cuales 27 son alucinógenas. La mayoría de ellos en el estado de México, acumulando 53 especies alucinógenas por lo que México es el país con más especies alucinógenas a escala mundial.

Tabla 3

Variedades de hongo Psilocybe Cubensis

#	Cepa	Cuerpo fructífero o micelio	Origen del espécimen (silvestre o cultivado en laboratorio, ubicación)	Condiciones de crecimiento	Psilocibina (mg/g)	Psilocina (mg/g)
1	Cubensis tailandes	Cuerpo fructífero	Instituto de investigación de Scottsdale (cultivado en laboratorio)	N/A	8,1 = 0,7	0,7 = 0,2
2	Malvado azul	Cuerpo fructífero	Instituto de investigación de Scottsdale (cultivado en laboratorio)	N/A	11,8 = 0,4	0,36 = 0,15
3	Enredadera	Cuerpo fructífero	Instituto de investigación de Scottsdale (cultivado en laboratorio)	N/A	13 = 3	0,24 = 0,07
4	B+	Cuerpo fructífero	Instituto de investigación de Scottsdale (cultivado en laboratorio)	N/A	11,1 = 2,5	0,22 = 0,09
5	Amarillo Texas	Cuerpo fructífero	Instituto de investigación de Scottsdale	N/A	10,8 = 0,8	0,24 = 0,05
6	<i>P. cubensis</i>	Cuerpo fructífero	Cultivado en laboratorio	Condiciones controlada: mezcla de estiércol de vaca y granos de arroz	0,2 0 0,8	N/A
7	Zen MR	Cuerpo fructífero	Impresión de esporas tomada de la región amazónica cerca de Pucalpa	Agar y centeno en frascos	9,7= 4,2	0 = 3,5
8	Ecuatoriano	Cuerpo fructífero	Impresión de esporas tomada de la región amazónica cerca de Pucalpa	Agar y centeno en frascos	7,6 = 4,7	0 = 0,4
9	Amazónico	Cuerpo fructífero	Impresión de esporas tomada de la región amazónica cerca de Pucalpa	Agar y centeno en frascos	5,1 = 5,7	0 = 0,1
10	<i>P. cubensis</i>	Cuerpo fructífero	Muestras secas en Japón	N/A	4,4 = 1,35	1,7 = 7,8
11	Ejemplares de referencia de <i>P. cubensis</i>	Cuerpo fructífero	Herbario de la ciudad de Whashington	N/A	15,44 = 10,5	2,11 = 1,9
12	Ejemplares de referencia de <i>P. cubensis</i>	Cuerpo fructífero	Herbario de la ciudad de Whashington	N/A	17,3 = 16,33	0,5 = 0,4
13	Ejemplares de referencia de <i>P. cubensis</i>	Cuerpo fructífero	Herbario de la ciudad de Whashington	N/A	19,9 = 18,3	0,44 = 1,5
14	Ecuatoriano	Cuerpo fructífero	Cultivado en España a partir de un proveedor online	Condiciones controladas, humedad superior al 85% temperatura al 20-25%	0,354	N/A
15	B+	Cuerpo fructífero	Cultivado en España a partir de un proveedor online	Condiciones controladas, humedad superior al 85% temperatura al 20-25%	0,354	1
16	Earle) Singer	micelio	Centro de investigación sobre utilización agrícola	Medio basen de glucosa (Lab.)	0,1 = 1,1	N/A
17	Earle) Singer	micelio	Lab. Investigación Regional del Norte	Sumergido, 25 °C, medio glucosa, extracto de levadura, ph 4,5	5,2	N/A
18	<i>P. cubensis</i>	cuerpo fructífero	Cultivado en laboratorio	Entorno de laboratorio	1,2	0,5
19	Mexicano	cuerpo fructífero	Salavaje	Colección salvaje	1,2 - 1,5	1,0 - 5,0
20	Amazónico	cuerpo fructífero	Salvaje	Crecimineto en excremento de búfalo	1,2 - 1,5	1,0 - 3,3
21	<i>P. cubensis</i> #1	cuerpo fructífero	Importado	Muestra seca	10,1 - 13,5	1,7 - 3,0
22	<i>P. cubensis</i> #2	cuerpo fructífero	Kit local	Kit cultivo Japón	5,8 - 7,5	2,1 - 2,5
23	<i>P. cubensis</i> #3	cuerpo fructífero	Salavaje Japón	Recogido localmente	6,9 - 11,7	1,8 - 4,2
24	<i>P. cubensis</i> #4	cuerpo fructífero	Importado	Muestra seca	3,7 - 4,7	0,9 - 1,8
25	<i>P. cubensis</i> #5	cuerpo fructífero	Salavaje Japón	Kit cultivo Japón	0,5 - 8,5	0,9 - 2,1
27	<i>P. cubensis</i> #6	cuerpo fructífero	Cultivado en laboratorio	Recogido localmente	5,0 - 13,0	1,1 - 7,8
27	<i>P. cubensis</i>	cuerpo fructífero	Cultivado en laboratorio	Mezcla de estiércol de vaca y granos de arroz	6,3	1,1

Fuente: (Kurzbaum, y otros, 2025)

2.6.1.4. Propiedades psicotrópicas.

Los llamados hongos mágicos albergan un profármaco: un precursor que una vez el organismo, se metaboliza en psilocina, que es el componente principal responsable de los efectos psicoactivos de este hongo. Ambos alcaloides, debido a su estructura química similar a la serotonina, actúan como agonistas de los receptores 5-HT_{1a} y 5-HT_{2a}. Cuando se unen al receptor 5-HT_{2a}, se produce un aumento en la liberación de glutamato, lo que activa los receptores de ácido N-metil-D-aspartico (NMDA) y ácido α -amino-3-hidroxi-5-metil-4-isoxazol propiónico (AMPA) a través de la acción del glutamato (Caiza, 2023).

Los efectos comienzan después de unos 30 o 40 minutos, notándose un aumento de la temperatura corporal, alteraciones visuales y auditivas. Ensayos clínicos recientes han demostrado la eficiencia potencial del compuesto químico en el tratamiento de enfermedades mentales que no responden a las terapias convencionales. Ensayos como (Ross, y otros, 2016) en donde suministraron psilocibina en dosis únicas y moderadas, en combinación con psicoterapia, produjo beneficios clínicos rápidos, contundentes y sostenidos en la reducción de la ansiedad y la depresión en pacientes con cáncer potencialmente mortal.

En el estudio realizado por (Goodwin, y otros, 2023) se escogió de forma aleatoria a 2,233 participantes con DRT (Depresión Resistente al Tratamiento) para recibir una dosis única de psilocibina de 25 mg, 10 mg y 1 mg. Tres semanas después de la administración, 25 mg de psilocibina y, en menor medida, 10 mg mejoraron las mediciones de la gravedad de la depresión, la ansiedad, el afecto y el pensamiento, informados por los pacientes. Este estudio es el mayor ensayo clínico aleatorizado de psilocibina para la DRT.

2.6.1.5. Contenido de psilocibina en el hongo.

El contenido de psilocibina en *P. Cubensis* varía dependiendo del cultivo, alcanzado el 0,63 %, mientras que la psilocina alcanza el 0,6 %. En otros hongos psicoactivos del mismo género la psilocibina varía de 0,2 % al 1% del peso seco (Instituto de Salud Pública, 2023).

Para (MacCallum, Lo, Pistawka, & Deol, 2022) con base en varios estudios, el contenido de psilocibina es ~1% de psilocibina por gramo de hongo *Psilocybe Cubensis* seco; por lo tanto, una dosis fija de 25 mg de psilocibina es de aproximadamente 2,5 gramos de hongo *Psilocybe Cubensis* seco. Las conversiones (*) suponen un 1 % de psilocibina por gramo de hongo *Psilocybe Cubensis* seco. El contenido de psilocibina entre especies y cepas puede variar entre el 0,5 % y el 2 % por gramo.

Tabla 4

Dosificación y consideraciones sobre la psilocibina

	Dosis estándar	Dosis alta	Dosis supra terapéutica
Psilocibina (extraída aislada o sintética)	25 mg	35 mg	50 - 60 mg
Equivalente de hongo <i>Psilocybe Cubensis</i> seco (entero o en polvo)	2,5 g *	3,5 g *	5 - 6 g *

Fuente: (MacCallum, Lo, Pistawka, & Deol, 2022)

2.6.1.6 Uso en la medicina ancestral.

Utilizada desde hace siglos, los hongos y el hombre han compartido una estrecha relación desde los comienzos de la civilización. Durante la Edad Media en Europa la medicina quedaba limitada por dogmas religiosos y los hongos se ocupaban en remedios populares. Por otra parte, en la China imperial, los hongos eran empleados para fortalecer el sistema inmunológico y promover la longevidad (Hifas Biologics, 2025)

En México, los indígenas mazatecos descubrieron el “teonanácatl” o “carne de los dioses”, un término que se refiere a los hongos sagrados y que más después lo ocuparían para ceremonias y el tratamiento de malestares estomacales por ser más inofensivos que otras especies (Guzmán, 2016).

2.6.1.7. Métodos de extracción.

2.6.1.8. Extracción mecánica.

La extracción mecánica permite obtener los principios activos de las plantas vegetales, este método se divide en tres técnicas: por expresión técnica que consiste

en ejercer presión sobre el material vegetal siendo el más recomendado ya que ayuda a mantener el estado original del aceite, por raspado es muy utilizado para la extracción de aceites esenciales cítricos y por exudación forma de extracción de las resinas y oleorresinas (Guanín, 2024)

2.6.1.9. Extracción por destilación.

Este método consiste en colocar la materia prima en contacto únicamente con vapor de agua, sin la necesidad de agregar solventes. El vapor de agua arrastra el aceite esencial y sube en fase gaseosa en un condensador en el cual regresará en estado líquido (Calero, 2023).

2.6.1.10. Extracción por expresión.

Este método es común para los cítricos. Se aplica una presión mecánica a la cáscara de la fruta, sin el uso de calor, ya que se deteriora las moléculas de la esencia, zumo o pulpas vegetales; se va pasando agua al material, para que se vaya movilizándolo (Gonzabay Bravo et al., 2025)

2.6.1.11. Métodos de secado.

2.6.1.12. Secado por convección.

El secado por convección es una técnica de secado tradicional comúnmente utilizada debido a su versatilidad y facilidad de control. Los hornos de secado termostáticos eléctricos son el equipo estándar empleado para este método (Xu, Zhang, Li, & Li, 2025)

2.6.1.13. Secado por liofilización.

Es un proceso de secado que se basa en sublimar el hielo de un producto congelado. El agua del producto pasa, por tanto, directamente de estado sólido a vapor sin pasar por el estado líquido, para lo cual se debe trabajar por debajo del punto triple del agua, 0,01°C y 4.5 mmHg (Universidad de Granada)

2.6.1.14. Importancia del desarrollo de bioactivos microencapsulados.

Ríos & Gil, 2021 evidencia que la microencapsulación de compuestos bioactivos empleando la técnica de secado por aspersión protegen los compuestos termolábiles presentes lo cual extiende su tiempo de vida útil y mantiene sus propiedades

funcionales. Lo que indica que este tipo de productos pueden tener mayor alcance y ser aplicadas en la industria farmacéutica por la biodisponibilidad de sus componentes activos. Además, se ha demostrado en estudios que es una alternativa para una amplia variedad de productos a excepción de aquellos que son sensibles a altas temperaturas, tales como microorganismos y aceites esenciales, puede ser limitado por ser susceptibles a la inconsistencias y destrucción del producto. (Guevara, Fuentes, Jiménez, & Guevara, 2016)

2.6.1.15. Microencapsulación.

La microencapsulación es una técnica en la que gotas líquidas, partículas sólidas o gaseosas son cubiertas con una película polimérica, de manera que esta contenga una sustancia activa, que generalmente está hecha con cadenas para crear una red con propiedades hidrofóbicas y/o hidrofílicas (Parra Huertas, 2010).

En el proceso de microencapsulado se generan partículas con diámetros que pueden variar de 1-1000 μm según la técnica empleada, entre ellas se generan microcápsulas que contienen el componente activo, las cuales pueden alcanzar tamaños entre 50 nm y 2 mm (Reyna Nava, Michelena Álvarez, Iliná, & Martínez Hernández, 2015).

2.6.1.16. Aplicaciones de la microencapsulación.

La microencapsulación contribuye en la industria alimentaria reduciendo el deterioro del producto y manteniendo características como el sabor, valor nutricional y funcional de los componentes incrementando el tiempo de vida útil del mismo, asegurando la estabilidad, seguridad y calidad del alimento para el consumidor (Ortega, Garcia, Olvera, Infante, & Pérez, 2016).

De este modo las aplicaciones más destacadas en la industria son en la encapsulación de vitaminas, minerales, ácidos grasos, microorganismos probióticos, proteínas, aminoácidos, polifenoles, fibras y enzimas (Vélez Zambrano, Zambrano Vera, & Arteaga Vera, 2024).

De hecho, la microencapsulación no solo es utilizada en la industria alimentaria, se extiende por áreas industriales como la farmacéutica, textil, cosmética, entre otras. (González, 2017)

2.6.1.17. Métodos de microencapsulación.

Tabla 5

Métodos de microencapsulación

Categoría	Método	Descripción general
Métodos químicos	Polimerización interfacial	Se basa en reacciones químicas que ocurren en la interfaz entre dos fases inmiscibles, formando una pared polimérica alrededor del material activo.
	Polimerización <i>in situ</i>	El polímero se forma directamente en el medio donde se encuentra el núcleo, generando la cápsula por reacción química controlada.
	Polimerización matricial	El material activo se incorpora dentro de una matriz polimérica que se forma mediante procesos químicos.
Métodos fisicoquímicos	Coacervación o separación de fases	Consiste en la separación de una fase rica en polímero que rodea al material activo debido a cambios en condiciones fisicoquímicas.
	Gelificación iónica	Se produce la formación de cápsulas mediante la interacción entre polímeros y iones, generando una estructura gelificada.
	Microencapsulación asistida por fluidos supercríticos	Emplea fluidos en estado supercrítico para favorecer la formación de partículas encapsuladas mediante cambios de presión y temperatura.
Métodos físico-mecánicos	Extracción– evaporación de solvente	Se basa en la formación de partículas mediante la eliminación del solvente, lo que provoca la solidificación del material de recubrimiento.
	Secado por aspersión y congelación	Consiste en la atomización del sistema y la posterior eliminación del solvente por secado térmico o congelación.
	Suspensión en aire o recubrimiento en lecho fluido	Las partículas se mantienen suspendidas en una corriente de aire mientras se aplica el material de recubrimiento.
	Revestimiento en paila	Se realiza el recubrimiento de partículas sólidas mediante agitación mecánica en un recipiente giratorio.

Fuente: basada en Brignone et al., 2020.

2.6.1.18. Microencapsulación por secado por aspersión.

En el caso del método de secado por aspersión “Spray Dray”, el principio activo se disuelve o dispersa en una solución del polímero en un disolvente adecuado. Posteriormente, esta mezcla se pulveriza en una cámara en cuyo interior circula aire capaz de proporcionar el calor de vaporización adecuado para eliminar al disolvente del material de cubierta, obteniendo de esta manera el producto microencapsulado (Brignone, Ravetti, & Palma, 2020)

La técnica de secado por aspersión es la más comúnmente usada en la industria de alimentos por su costo beneficio, ya que en la obtención de un producto microencapsulado los costos de producción son económicos a diferencia de otros métodos, además, de la gran disponibilidad del equipo (Esquivel Gonzales, Ochoa Martínez, & Rutiaga Quiñones, 2015).

2.6.1.19. Factores de la microencapsulación.

Los factores que influyen en la calidad de las microcápsulas se clasifican en dos tipos: propiedad de la emulsión de alimentación, que incluye al material de pared y material a encapsular, y los parámetros del secado, que incluyen el contenido de sólidos, viscosidad, tipo de material de pared, flujo y humedad del gas, temperaturas del aire de entrada y salida, velocidad de alimentación, tipo de aspersor y geometría de la cámara (Rodríguez, Aragüez, & Pino, 2022)

2.6.1.20. Material de pared o encapsulante.

La elección del material de pared o encapsulante en la microencapsulación influye directamente en la eficiencia de encapsulación, la estabilidad mecánica y la vida útil final del producto encapsulado. Por ello deben cumplir con características idóneas como una alta solubilidad en disolventes acuosos, buenas propiedades emulsionantes, capacidad de formación de películas y finalmente eficiente en costes (Pudžiuvėlytė, Eglė, Stabrauskienė, & Bernatoniėnė, 2025).

2.6.1.21. Temperatura de aire de entrada y salida.

Los parámetros como lo es la temperatura de entrada y temperatura de salida influyen directamente en el proceso de microencapsulación y su eficiencia. Aragüés et al. 2022 en su investigación desarrollada de Temperaturas de secado para la

microencapsulación de saborizantes frutales mediante secado por aspersión, indican que es recomendable una temperatura de entrada elevada que favorezca una rápida formación de la membrana semipermeable alrededor de la gota al secarse, sin embargo, no puede ser excesivamente alta para que cause daño térmico en el producto. Así mismo, señala que el efecto de la temperatura de salida en relación con la retención de volátiles no está claramente establecido. Pero se ha evidenciado que temperaturas inferiores a 60 °C, el producto final se obtiene con mayor contenido de humedad.

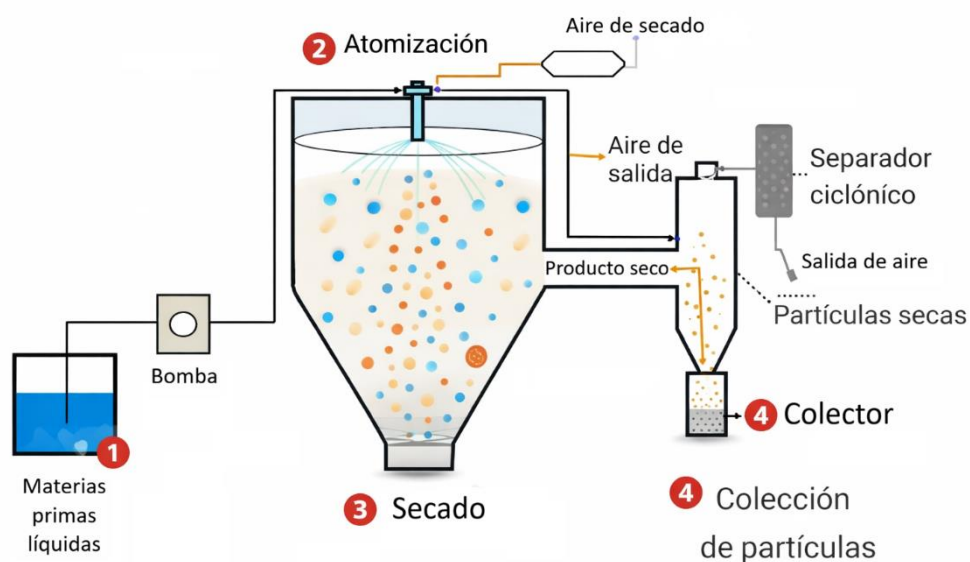
2.6.1.22. Velocidad de flujo de alimentación.

El flujo de alimentación es un parámetro que tiene impacto en el tamaño final de las partículas microencapsuladas. Al aumentar la velocidad del líquido alimentado, la energía de atomización se reduce cuando entra en contacto con las gotas formadas, lo que provoca una colisión y fusión entre las gotas atomizadas lo que hace insuficiente la reducción del tamaño (Páez Valencia, Ochoa Martínez, & Fernández Quintero, 2016).

2.6.1.23. Proceso de secado por aspersión.

Figura 1

Proceso de microencapsulación en secado por aspersión.



Fuente: adaptado de (Pudžiuvėlytė et al., 2025).

En el proceso de microencapsulado Figura 1. por la técnica de secado por aspersión, inicia con la preparación de materias primas líquidas la cual debe tener una viscosidad adecuada para el bombeo del fluido. Posteriormente, el fluido atraviesa la boquilla del atomizador y las convierte en gotas que según las características deseadas del producto se puede obtener partículas entre 1-100 μm . A continuación, se elimina el disolvente mediante el contacto con una corriente de aire de entrada que varía entre 150°C y 220°C, y con una temperatura de aire de salida entre 50°C y 80°C, este proceso ocurre de manera rápida lo cual contribuye y evita la degradación de compuestos sensibles. Finalmente, el polvo es recogido mediante un sistema que utiliza un separador ciclónico. (Pudžiuvėlytė, Eglė, Stabrauskienė, & Bernatienė, 2025)

2.6.2. Marco conceptual

2.6.2.1 Microencapsulación.

La microencapsulación es un proceso por el cual sólidos, líquidos e incluso gases pueden encapsularse con materiales de distinta naturaleza, para dar lugar a partículas de tamaño micrométrico denominada micropartículas (Brignone, Ravetti, & Palma, 2020).

2.6.2.2. Secado por aspersión.

El secado por aspersión funciona bajo el principio de calor y masa. El líquido se atomiza en finas gotas mediante una boquilla o un disco (atomizador rotatorio). Las gotas tienen una gran relación superficie-volumen, lo que facilita una rápida evaporación al exponerse al aire o gas caliente. A medida que la humedad se evapora, las gotas se contraen y se solidifican formando partículas de polvo seco (Muñoz López, Peeters, & Van Impe, 2024)

2.6.2.3. Parámetros del proceso de secado.

La separación del producto final se verá afectado de acuerdo a los parámetros establecidos durante el secado. Los parámetros a considerar son los siguientes:

- Modelo y características del equipo.
- Propiedades y condiciones del producto a secar, flujo de alimentación.
- Diámetro medio y distribución de gotas.

- Distribución de temperatura dentro de la cámara.
- Distribución de temperatura dentro de la cámara
- Tiempos de retención y residencia

Estos parámetros son adaptados y actualizados en la investigación descrita por (Ana Siccha M., 2026)

2.6.2.4. Optimización de procesos – microencapsulación.

Para la (Real Academia Española & Asociación de Academias de la Lengua Española, s.f) la optimización es la acción de desarrollar una actividad lo más eficientemente posible, con la menor cantidad de recursos y el menor tiempo posible. En ese contexto, la optimización del proceso está encaminada a encontrar condiciones que maximicen la calidad. En el microencapsulado esta optimización se da en la retención de compuesto activo, rendimiento y humedad como se describe en el estudio.

2.6.2.5. Diseño experimental – Modelo de superficie respuesta.

Se define como el método, procedimiento o conjunto de reglas para asignar los tratamientos aleatoriamente a las unidades experimentales (Julio Gabriel, Castro, Valverde, & Indacochea, 2017). El modelo de superficie respuesta es una colección de técnicas matemáticas y estadísticas empleadas para desarrollar, mejorar y optimizar procesos (Martínez, 2019), por lo que, la presente investigación se utilizó un diseño experimental con el modelo de superficie respuesta debido a que se adapta mejor a nuestras variables de estudio.

2.6.2.6. Variables- dependiente – independiente.

Una variable es el conjunto de valores (datos) que puede tomar una cierta característica (variable) en un estudio en una población o muestra de esta (Julio Gabriel, Castro, Valverde, & Indacochea, 2017). La variable dependiente es la “causa”, es aquella que cambia o manipula un experimento, mientras que la variable dependiente es el resultado del experimento el “efecto”.

En el presente estudio se menciona las propiedades fisicoquímicas y microbiológicas del polvo microencapsulado de hongo *Psilocybe Cubensis var*,

Ecuador y la temperatura de aire de entrada con la velocidad de flujo de alimentación como variables dependientes e independientes correspondientes.

2.6.2.7. Hongo Psilocybe - polvo microencapsulado.

El hongo es un organismo con aspecto de planta, sin raíces, hojas ni clorofila, que se reproduce por esporas y vive parásito o sobre materia orgánica. El hongo *P. Cubensis* contiene compuestos bioactivos como la psilocibina y psilocina cuya concentración puede variar entre cepas y que puede medirse mediante técnicas analíticas como HPLC – MS/MS (Goff et al., 2024).

El compuesto bioactivo del hongo es sensible a las condiciones del ambiente y procesamiento. En ese sentido, la investigación presentada tiene como objetivo microencapsular las propiedades del hongo y cuantificarlas mediante análisis fisicoquímicos, microbiológicos y proximales.

2.6.2.8. Análisis fisicoquímico.

Implica la caracterización de las muestras desde el punto de vista fisicoquímico, haciendo énfasis en la determinación de su composición química (proteínas, grasas, vitaminas, minerales, hidratos de carbono, contaminantes metálicos, residuos de plaguicidas, toxinas, antioxidantes, etc.) y en que cantidades estos compuestos se encuentran (Mireya, 2020).

En el microencapsulado, la humedad y la concentración de psilocibina son dos análisis importantes ya que marcan al proyecto como variables dependientes. La humedad se basa en la pérdida de peso de la muestra por calentamiento en estufa y es la pérdida de peso en relación con el peso total expresada como porcentaje.

2.6.2.9. Análisis microbiológico.

Se realizan con vistas a identificar y cuantificar los microorganismos presentes en un producto, así como también constituye una poderosa herramienta en la determinación de la calidad higiénico – sanitaria de un proceso de elaboración de alimentos (Mireya, 2020). Estos análisis también son considerados un variable dependiente dentro del estudio y que además es crucial para garantizar que el producto cumpla con normas de inocuidad.

2.6.2.10. Rendimiento.

Desde el punto de vista del estudio experimental, se refiere a la producción efectiva de polvo seco microencapsulado en relación con la cantidad inicial de materia prima (Pacheco & Toapanta, 2022)

2.6.1.11. Análisis proximal.

Los análisis proximales se aplican a los materiales que se usarán para formular una dieta como fuente de proteína o de energía y a los alimentos terminados, como un control para verificar que cumplan con las especificaciones o requerimientos establecidos durante la formulación (FAO, 2019). Los análisis proximales en el microencapsulado son parte de una caracterización que en su interpretación es vista como una respuesta a las variables respuesta en el estudio realizado.

2.7. Metodología del Proyecto de Investigación

2.7.1. Tipos de investigación

2.7.1.1. Investigación bibliográfica.

Este tipo investigación permitió conocer de fuentes verídicas sobre las generalidades del hongo, sus beneficios y usos, así como los métodos de extracción y caracterización del extracto. Los distintos métodos de microencapsulación y los materiales de pared. Definida como un proceso sistemático de recopilación y análisis de información a partir de fuentes documentales previas, con el objetivo de desarrollar una comprensión exhaustiva y actualizada sobre un tema en particular (Ministerio de Educación del Ecuador, 2026).

2.7.1.2. Investigación cuantitativa.

Se utilizó esta investigación puesto que se manejó un análisis estadístico y matemático durante la recopilación de datos numéricos relacionados con las variables dependientes e independientes en el proceso de microencapsulación. La investigación cuantitativa permite formular hipótesis sobre relaciones esperadas entre las variables que hacen parte del problema que se estudia (Galeano, 2020).

2.7.1.3. Investigación descriptiva.

La investigación descriptiva permitió recopiar las características de la población estudiada y de sus propiedades, en específico del hongo como materia prima y en extracto para su posterior caracterización. Además permitió definir los factores para la corridas experimentales como temperatura y velocidad de flujo y la utilización de un diseño experimental. La investigación descriptiva tiene como objetivo describir algunas características fundamentales de conjuntos homogéneos de fenómenos, utilizando criterios sistemáticos que permiten comparar con la de otras fuentes (Guevara Albán et al., 2020).

2.7.1.4. Investigación experimental.

La investigación experimental permitió el desarrollo del microencapsulado durante la fase de secado en todas las corridas experimentales y su posterior recolección y análisis, en donde se obtuvo datos numéricos para su comparación. La metodología empleada para su optimización fue del software Desing Expert. Esta investigación está integrada por un conjunto de actividades metódicas y técnicas que se realizan para recabar la información y datos necesarios sobre el tema a investigar y el problema a resolver (Ruíz, 2019).

2.7.2. Métodos de investigación

2.7.2.1. Método inductivo.

Este método parte de una teoría y luego la pone a prueba utilizando datos empíricos. El método en particular fue útil para formular las hipótesis alterna y nula en la investigación. Con la información recolectada se elaboró un diagrama de flujo que describe el procedimiento.

2.7.2.2. Método científico

Es el procedimiento mediante el cual podemos alcanzar un conocimiento objetivo de la realidad (Barahona et al.,2023). Este método se aplico durante el proceso de microencapsulación del extracto, así como en la formulación del problema. Una vez obtenido de los resultados se aplico nuevamente para analizarlos y aseverar o anular las hipotesis descritas en el documento.

2.7.3. Técnica de investigación

2.7.3.1. Técnica de observación.

La técnica de observación permitió en primera instancia verificar el estado de la materia prima, su procesamiento en el extracto y después en el secado por Spray Dry. Con el polvo microencapsulado y sus análisis se identificó los factores de estudio y como influyen en el proceso.

2.7.4. Materiales, reactivos y equipos

Los materiales ocupados para la elaboración del microencapsulado se encuentran en los siguientes apartados:

2.7.4.1. Materia prima.

- 150 gramos de hongo seco (*Psilocybe Cubensis var. Ecuador*).

2.7.4.2. Reactivos.

- Agua destilada (9 L)
- Maltodextrina
- Goma Xantana
- Hidróxido de sodio al 0.1 N
- Fenolftaleína

2.7.4.3 Materiales.

- Piseta de laboratorio plástica
- Vasos de precipitación
- Platos de aluminio para balanza
- Matraz Erlenmeyer
- Bureta
- Pipeta volumétrica
- Recipientes de acero inoxidable

- Fundas metalizadas
- Fundas plásticas
- Guantes de nitrilo
- Gafas de protección visual
- Mandil de laboratorio
- Mascarilla
- Termómetro

2.7.4.4. Equipos.

Los equipos utilizados durante la investigación fueron las siguientes:

Tabla 6

Características de los equipos

Equipo	Modelo	Capacidad
Balanza analítica	ELICROM 220 x 0,1	300,00 g
Balanza digital	Tcs - 150 - ZE21	2,20 lb
pHmetro	GERMANY	10,00 - 14,00
Spray Dray	MLPG - 5	500,00 kg
Licuada convencional	EHI - 002	5L
Deshidratador	UN30	2000W
Selladora manual	Fr - 400	230 °C
Fotómetro	Qtest	50 mg

Elaborado por: Autores (*Soto & Vega, 2025*)

2.7.5. Metodología para la identificación morfológica del hongo (*Psilocybe Cubensis var. Ecuador*)

Los hongos alucinógenos se obtuvieron de un productor artesanal de la ciudad de Quito. Se realizó una identificación morfológica externa de los hongos según lo descrito por (López, 2005) en donde menciona características generales que debe contar el hongo *Psilocybe Cubensis*. Las siguientes características son:

2.7.5.1. Pie

El pie es la parte del hongo que sostiene al sombrero y que generalmente tiene forma cilíndrica. En él se encuentra una serie de detalles para identificación de la especie, puede llegar a alcanzar una longitud desde los 8 cm hasta los 12 cm de largo.

2.7.5.2. Diámetro y color del píleo

Llamada también sombrero, es una de las partes fundamentales del hongo y que según la especie puede variar de medida. En hongos *Psilocybe* posee un diámetro de 0,3 cm en hongos recién brotados y 2,2 cm en hongos maduros. El color del sombrero va desde blanco a amarillo verdoso y en algunos casos con una mancha dorada en el centro.

2.7.5.3. Color y reacción

En la presente investigación se menciona como “color y reacción” a la exposición del tejido interno de los carpóforos al aire libre con una pequeña cortadura para que se torne ligeramente azulada o púrpura tras la oxidación de la psilocibina presente en el hongo.

Luego de su identificación se compara con la descripción botánica reportada por (Guzman, 2026)

2.7.6. Secado y molienda del hongo (*Psilocybe Cubensis* var. *Ecuador*)

Se realizó una selección de los hongos que no presenten cortaduras ni rasgaduras, así como de no presentar deterioro por moho. Los hongos seccionados son limpiados con agua con un atomizador, rociándolo y secándolo cuidadosamente para después ser enviados a la estufa de la marca UN30. Su secado se realizó con el método de convección forzada y la metodología dispuesta por (Chamba & Quispe, 2021).

El secado se realizó por 24 h a una temperatura de 50 °C, después se recolectó el hongo seco y se pulverizó con un molino convencional obteniendo así 10 g de polvo de hongo.

2.7.7. Cuantificación de la concentración de psilocibina en el polvo de hongo (*Psilocybe Cubensis* var. *Ecuador*)

Para este análisis se utilizó un fotómetro de la marca Miraculix, QTEST. Aclarando que este equipo y sus resultados no reemplaza a un ensayo de laboratorio, pero si refleja la concentración de psilocibina presente en el polvo obtenido anteriormente y por ende un resultado preciso para la investigación.

La metodología para la cuantificación de psilocibina en polvos, medicamentos o extractos son proporcionados por (Moreno Garcia, 2025) investigadora de la empresa Miraculix. A continuación, los pasos para realizar la medición de la concentración de psilocibina.

El fotómetro Qtest fue encendido y se dejó calentar durante aproximadamente 5 a 10 minutos para estabilizar el sistema óptico, considerando normales las fluctuaciones iniciales de los valores. Posteriormente, se realizó el blanco utilizando una cubeta limpia, la cual fue llenada hasta la línea de volumen mínimo requerido y colocada correctamente según la marca de orientación, permitiendo así la calibración del equipo. Una vez completado este paso, se procedió a la medición de la muestra, para ello se pesó 0.05 g del polvo en la balanza analítica y se colocó en un tubo de reacción de 2 ml, se agregó 1,33 ml de solución de extracción y se agito vigorosamente durante 30 segundos. Este proceso se repite dos veces a lo largo de 10 minutos. A continuación, se abrió el tubo de reacción y se extrajo con la ayuda de una jeringa con filtro en la punta la cantidad de 0,33 ml, se pipeteo la cantidad en un tubo de reacción de 1,5 ml y se añadió 1 ml de solución de detección, se cerró el vial y se aseguró la mezcla de los líquidos invirtiendo el vial varias veces. Finalmente, se dejó incubar la muestra en un baño maría a una temperatura de 80 °C durante 15 minutos. Para la medición se pipeteo la solución en una cubeta asegurando la correcta orientación y limpieza de la cubeta, para la lectura correspondiente de manera adecuada.

2.7.8. Caracterización del extracto acuoso de hongo (*Psilocybe Cubensis* var. *Ecuador*)

Para la preparación del extracto acuoso se utilizó la metodología empelada por (Sánchez, 2022), con modificaciones para el proyecto. Se realizó en las siguientes

condiciones: 1:16 masa/volumen con el método de homogenización mecánica en una licuadora convencional del modelo EHI – 002, se mezcló los 10 g del polvo de hongo en 650 ml de agua destilada y se procedió a su homogenización a una temperatura de 20°C por 3 minutos. Se peso 29,7 g de maltodextrina y 0,3 g de goma xantana como agentes encapsulantes y nuevamente se homogenizo por 3 minutos. Se recolectó en un envase de vidrio y se dejó reposar tapado para evitar contaminación. La psilocibina es soluble en agua tal y como lo describe (Armas, 2020) por lo que no se añadió ningún otro solvente para su extracción y del mismo modo no se realizó un filtrado debido a la poca cantidad del material presente en el líquido.

La caracterización del extracto acuoso se realizó por duplicado en los laboratorios de la Universidad Técnica de Cotopaxi de la carrera de Agroindustria, para los siguientes análisis; acidez titulable, pH, humedad, densidad relativa y sólidos totales; conforme menciona la norma NTE INEN y la norma AOAC 945.06. La siguiente tabla contiene las especificaciones:

Tabla 7

Metodologías para la caracterización fisicoquímico del extracto acuoso

Parámetro	Indicador
Acidez Titulable	NTE 750, 2013
pH	NTE 1842, 2013
Humedad	AOAC 945.06
Sólidos totales	AOAC 945.06
Densidad relativa	AOAC 945.06

Elaborado por: Autores (*Soto & Vega, 2025*)

2.7.9. Optimización del proceso de microencapsulación del extracto acuoso (*Psilocybe Cubensis* var. *Ecuador*) en función del rendimiento, humedad y concentración de psilocibina

Para la preparación se tomó en cuenta la metodología descrita en el estudio de (Chamba & Quispe , 2021) en el microencapsulado de orégano. El extracto contiene 29,7 g de maltodextrina (74%), 0,3 g de goma xantana (1%), 10 g (25%) en 650 ml de agua destilada. Esta formulación correspondió para todas las corridas experimentales. Su homogenización se lo realizó en una licuadora del modelo EHI – 002 para obtener una buena estabilidad en la solución.

2.7.9.1. Secado por aspersión

El secado se ejecutó en un atomizador rotatorio del modelo MLPG - 5 con las siguientes condiciones operativas: temperatura de aire de entrada (140, 150, 160 °C) y una velocidad de flujo de (500, 600, 700 ml/h), la temperatura de salida se estableció a 90 °C y esta temperatura será constante para todas las corridas experimentales por lo que no será una variable que afecte el proceso de microencapsulación.

2.7.9.2. Determinación del rendimiento.

Para determinar el rendimiento del polvo microencapsulado del hongo (*Psilocybe Cubensis var. Ecuador*) se establece mediante una fórmula que relaciona el polvo obtenido multiplicado por 100 y el peso de la materia prima inicial en un medio acuoso.

[Ec. 1]

Fórmula para el cálculo del rendimiento

$$\% \text{ Rendimiento} = \frac{P_p}{P_j} \times 100$$

P_p: Peso del polvo obtenido

P_j: peso del polvo inicial

2.7.9.3. Humedad.

El análisis de la humedad se realizó mediante la metodología MO – LSAIA- 01.01 en la Universidad Técnica de Cotopaxi.

Procedimiento:

1. Pese alrededor de 3 g de la muestra seca (microencapsulado).
2. Coloque la muestra en la estufa a 105°C por un mínimo de 4 horas (primera medición).
3. Deje enfriar la muestra en un desecador.
4. Pese nuevamente cuidando de que el material no este expuesto al medio ambiente.

[Ec. 2]

Fórmula para el cálculo de la humedad

$$\% \text{ Humedad} = \frac{(B - A) - (C - A)}{(B - A)} \times 100$$

A: Peso del crisol seco y limpio (g)**B:** Peso del crisol + muestra húmeda (g)**C:** Peso del crisol + muestra seca (g)**2.7.9.4. Concentración de psilocibina.**

Para el análisis de la concentración de psilocibina en el microencapsulado se debe realizar las instrucciones descritas en la metodología 2.7.7.

2.7.10. Análisis proximal de polvo microencapsulado optimizado

El análisis bromatológico fue llevado a cabo en el Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias (INIAP).

- Ceniza. MO-LSAIA-01.02
- Proteína. MO-LSAIA-01.04
- Fibra. MO-LSAIA-01.05
- E.L.N. MO-LSAIA-01.06
- E.E. MO-LSAIA-01.03

2.7.11. Análisis fisicoquímicos del polvo microencapsulado optimizado**2.7.11.1. Concentración de psilocibina.**

Para el análisis de la concentración de psilocibina en el microencapsulado optimizado se debe realizar las instrucciones descritas en la metodología 2.7.7.

2.7.12. Análisis microbiológicos de polvo microencapsulado optimizado

El análisis microbiológico se realizó en los laboratorios de la empresa DLIP Industrial S.A

- Mohos: Método Petrifilm AOAC, 997.02
- Levaduras: Método Petrifilm AOAC. 997.02
- Aerobios totales: Método Petrifilm AOAC, Ed. 22.2023.991.14
- Salmonella ssp: NTE INEN 2983

Se realizó una dilución con relación 10:1; 10 g de la muestra y 90 ml de caldo (medio de peptona), debido a que se adquirió placas de Compact Dry y las mismas ya incorporan cromóforo para las coloraciones y el recuento de las colonias. Los análisis se realizaron por triplicado para cada muestra para aseverar su resultado.

2.7.13. Metodología para la elaboración de polvo microencapsulado de hongo (Psilocybe Cubensis var. Ecuador)

Recepción de materia prima: Se recolecto 150 g de hongo (*Psilocybe Cubensis var. Ecuador*) en óptimas condiciones provenientes de la ciudad de Quito, parroquia Amaguaña.

Selección: Se examino la calidad de los hongos recogidos, las mismas no deben presentar contaminación microbiológica, rasgaduras o corte.

Lavado: Colocarse guantes de nitrilo para lavar los hongos con un atomizador, frotando suavemente el cuerpo del hongo para no lastimarlo. Con un papel absorbente secando al hongo.

Pesaje: Una vez seco se procede a pesar en una balanza digital (Tcs – 150 – ZE21. Con un plato de aluminio como bandeja se pesa en porciones de 10 g y se coloca por separado en una bandeja del deshidratador.

Secado: Se seca los hongos a una temperatura de 50 °C por 24 horas en la estufa universal (UN30).

Molienda: Finalizado el proceso de secado se da inicio al proceso de molienda en un molino manual hasta obtener un polvo fino.

Homogenizado: Mediante una licuadora convencional (EHI. 002) se mezcla los 10 g y la materia prima en 650 ml de agua destilada durante 3 minutos. Hasta obtener una mezcla sin sedimentaciones.

Estandarizado: La estandarización se realizó con los 650 ml del extracto acuoso (25 %) de la materia prima, con 29.7 g (74) % de maltodextrina, 0.3 g (1%) de goma xantana. Nuevamente una homogenización por 3 minutos. Posteriormente, se realizó los análisis: Acidez titulable (INEN 750, 2013, Densidad relativa AOAC 945.06 y Humedad (NTE INEN ISO 712:2013), pH (AOAC 945.06) y sólidos totales (AOAC 945.06)

Atomización de la mezcla: En un recipiente se coloca los 680 ml del extracto homogenizado. Se configura la máquina de secado Spray Dray (MLPG – 5) a una temperatura de 140 – 160 °C, con una temperatura de salida de 90 °C y una velocidad de flujo de 500 mL/h a 700 mL/h. El caudal de la manguera debe ser mayor a 1 cm de diámetro y se inserta en el recipiente con la solución.

Recolección: El polvo finamente obtenido se recolecta en unos vasos de aceros de inoxidable proporcionados por la misma máquina. Se introduce en una funda metalizada para evitar que humedezca el polvo. Se pesa en la balanza analítica (ELICROM 220 x 0,1)

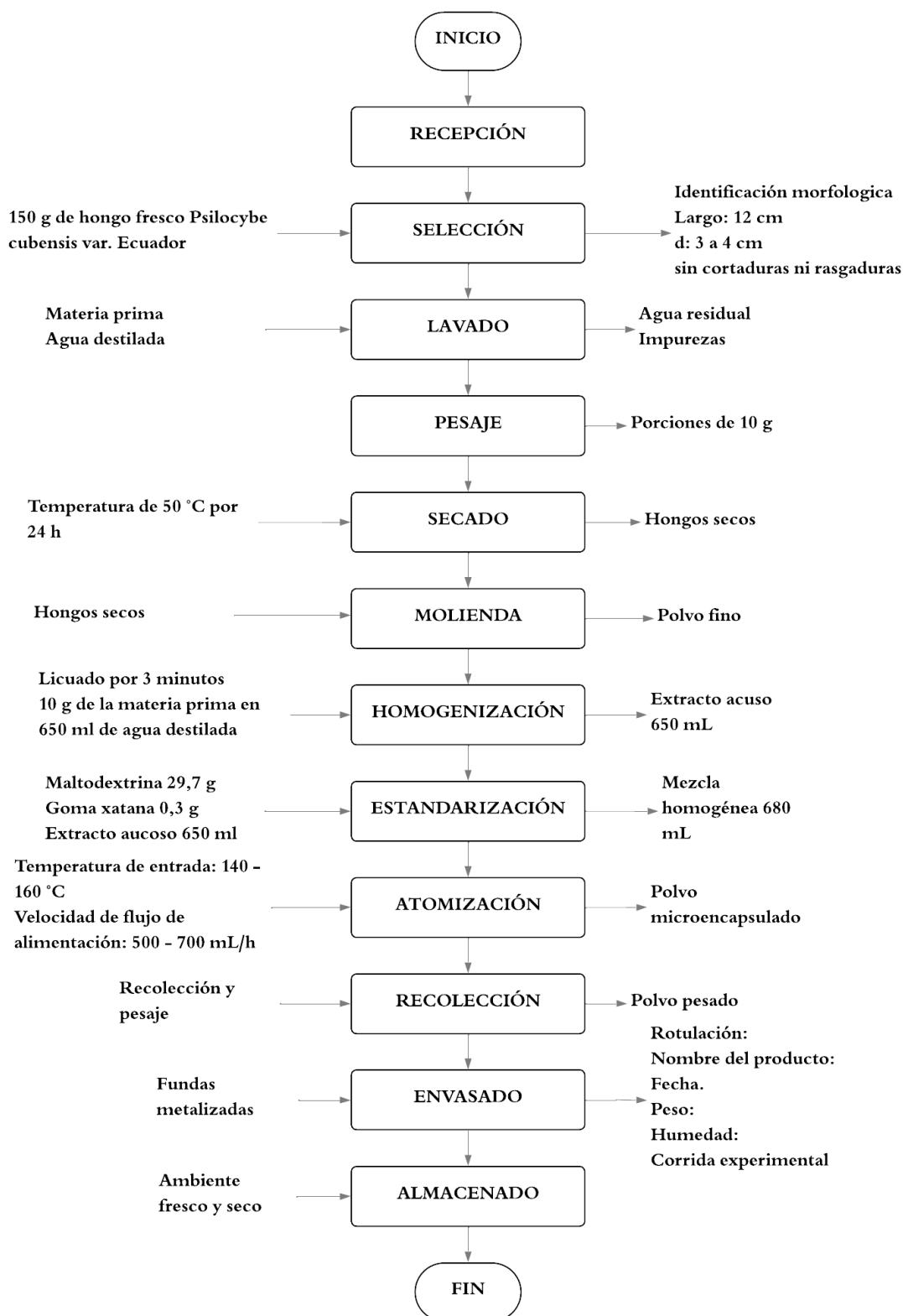
Envasado: El polvo microencapsulado se envasa en fundas metalizadas sellas heréticamente y en fundas plásticas transparentes selladas al calor con la selladora manual Fr – 400.

Almacenado: El producto terminado se pesa y rotula con las siguientes indicaciones:

- Nombre del producto, peso, fecha de elaboración, # corrida experimental, observaciones.

Se conserva en un lugar fresco y seco a una temperatura ambiente.

2.7.14. Diagrama del proceso de elaboración de polvo microencapsulado de hongo *Psilocybe Cubensis* var *Ecuador*



Elaborado por: Autores (Soto & Vega, 2025)

2.8. Hipótesis

2.8.1. Hipótesis nula

Ho: La temperatura de aire de entrada y la velocidad de flujo de alimentación no influyen en el porcentaje de humedad, el rendimiento y la concentración de psilocibina en el polvo microencapsulado del hongo (*Psilocybe Cubensis var. Ecuador*).

2.8.2. Hipótesis alterna

H1: La temperatura de aire de entrada y la velocidad de flujo de alimentación si influye en el porcentaje de humedad, el rendimiento y la concentración de psilocibina en el polvo microencapsulado del hongo (*Psilocybe Cubensis var. Ecuador*).

2.9. Diseño Experimental

En el presente trabajo se empleó un diseño experimental de superficie respuesta con el programa Desing Expert versión DX13, estableciendo 10 corridas experimentales, utilizando los factores de velocidad flujo de alimentación (500 mL/h; 600 mL/h; 700 mL/h) y temperatura de entrada de aire (140 °C; 150 °C; 160 °C). El polvo microencapsulado del hongo (*Psilocybe Cubensis var. Ecuador*) se obtuvo mediante la metodología de secado por aspersión.

Tabla 8

Descripción del diseño experimental del polvo microencapsulado de hongo Psilocybe Cubensis var Ecuador

Detalle	U	Tipo	Mínimo	Intermedio	Máximo
Temperatura de aire de entrada	°C	Numérico	140	150	160
Velocidad de flujo de alimentación	mL/h	Numérico	500	600	700

Elaborado por: Autores (*Soto & Vega, 2025*)

2.9.1. Operacionalización de las variables

Se presenta las variables de estudio, dependientes e independientes. Los indicadores de respuesta y las mediciones en la corrida experimental optima.

Tabla 9*Tipos de variables*

Variable dependiente	Variables independientes	Indicadores	Mediciones
Propiedades fisicoquímicas del polvo microencapsulado de hongo <i>Psilocybe Cubensis</i> var, Ecuador.	Temperatura de aire de entrada Velocidad de flujo de alimentación	Análisis fisicoquímicos	Humedad. Rendimiento Concentración de Psilocibina

Elaborado por: Autores (*Soto & Vega, 2025*)**2.9.2. Corridas experimentales**

El programa Desing Expert versión 13Dx realiza las combinaciones con las variables de estudio presentando 10 corridas experimentales que permiten la microencapsulación por secado por aspersión.

Tabla 10

Corridas experimentales para el microencapsulado de hongo (Psilocybe Cubensis var. Ecuador)

Corridas experimentales	TAE (°C)	VFA (mL/h)
1	150	600
2	140	700
3	150	600
4	160	700
5	160	600
6	150	500
7	150	700
8	140	600
9	140	500
10	160	500

TAE: Temperatura de aire de entrada**VFA:** Velocidad de flujo de alimentación**Elaborado por:** Autores (*Soto & Vega, 2025*)

2.10. Análisis y Discusión de Resultados

Los hongos del género *Psilocybe* forman parte de la familia Strophariaceae (orden Agaricales) es un hongo psicoactivo de gran importancia en la historia en la práctica terapéutica (Kurzbaum, et al., 2025). Se caracterizan por ser organismos saprófitos de estructura delicada y tamaño reducido. Visualmente, se distinguen por sus sombreros en forma de cono o campana, que lucen tonos que van desde la crema y amarillento hasta grises tenues. Bajo el sombrero, presentan láminas adheridas en colores que oscilan entre el púrpura oscuro y el lila, mientras que su tallo cilíndrico suele replicar la paleta de colores de la parte superior (García, 2021)

Se desarrollo la identificación morfológica del hongo (*Psilocybe Cubensis var. Ecuador*), a través de una inspección visual la misma que se evidencia en la tabla 11.

Tabla 11

Características morfológicas del hongo (Psilocybe Cubensis var. Ecuador)

Parámetro evaluado	Resultado	Valor reportado en bibliografía
Pie	10 cm	8-12 cm
Diámetro del píleo (cm)	4 cm	0,3-2,2 cm
Color de píleo	Dorado	Amarillo-Dorado
Color y reacción	Positivo	Azulado-verdoso
Concentración de Psilocibina	12,53 mg/g	10mg/g

Elaborado por: Autores (*Soto & Vega, 2025*)

Los resultados obtenidos en la caracterización del hongo (*Psilocybe Cubensis var. Ecuador*) evidencian que la longitud del pie (10 cm) se encuentra dentro del rango descrito (8–12 cm), el diámetro mostro valores superiores al rango de 0,3-2,2 cm, alcanzado un valor de 3,5 cm y el color dorado del píleo coincide con la tonalidad amarillo-dorada reportada por (López, 2005). Asimismo, la reacción positiva observada es comparable con las descripciones de tonalidades azuladas-verdosas señaladas en el estudio de (Guzman, 2026), lo que indica la presencia de psilocibina en el Hongo. El análisis de psilocibina se realizó en el polvo seco obtenido del proceso de secado y molienda, el mismo, reportó un valor de 12,53 mg/g, que supera ligeramente el valor de referencia reportado por MacCallum et al. (2022), lo cual

podría atribuirse a la variabilidad propia y factores como condiciones del cultivo y la madurez del hongo.

2.10.1. Caracterización del extracto acuoso de hongo (*Psilocybe Cubensis* var. Ecuador)

En la tabla 12 se presentan los hallazgos conseguidos en las características sensoriales y fisicoquímicas del extracto acuoso del hongo (*Psilocybe Cubensis* var. Ecuador).

Tabla 12

Características fisicoquímicas del extracto acuoso de hongo

Parámetro	UM	Extracto acuoso
Características sensoriales	Aspecto	Opaco
	Color	Verde oscuro
	Homogeneidad	Si
	Olor	Fúngico
Características fisicoquímicas	Sólidos totales	(%) 4,89
	Humedad	(%) 95,11
	Densidad	(g/ml) 1,07
	Acidez titulable	(% v/v) 0,38
	Potencial hidrogeno	pH 6,4

Elaborado por: Autores (*Soto & Vega, 2025*)

Los extractos acuosos son mezclas homogéneas de la extracción de los compuestos bioactivos, desde el punto de vista de las características sensoriales, el extracto resultó de un aspecto opaco con un color verde oscuro y esto sugiere a una alta concentración de pigmentos naturales (clorofila); con un olor característico fúngico. En cuanto a las características fisicoquímicas, se obtuvo 4,89 % de sólidos totales lo que sugiere que la mayor parte del extracto este compuesto por agua, este valor fue determinado a través de la diferencia de peso en base al valor de la humedad. Una humedad de 95,11 % confirmando que el extracto es mayormente acuoso. Registrando una densidad de 1,07 g/ml, este es un valor ligeramente superior al del agua pura, esto está relacionado a la presencia de los componentes disueltos, a su vez indicó una acidez titulable del 0,38 % demostrando que existió una

concentración baja de ácidos y un pH del 6,4 mostrando que es ligeramente ácido al estar cerca de la neutralidad y que puede favorecer ciertos procesos o aplicaciones.

Al no existir evidencia con un juicio de valor sobre la caracterización del extracto acuoso del hongo (*Psilocybe Cubensis* var. Ecuador) en función de los parámetros mencionados en la tabla 12, no podemos afirmar que los valores entran en un rango mínimo o máximo ya que aún no se han establecidos límites.

2.10.2. Optimización del proceso de microencapsulación del hongo (*Psilocybe Cubensis* var. Ecuador) en función al rendimiento, humedad y concentración de psilocibina.

En la tabla 13 se presenta la matriz experimental para la microencapsulación del extracto acuoso del hongo (*Psilocybe Cubensis* var. Ecuador) revelando los datos obtenidos en el rendimiento, concentración de psilocibina y humedad, que se obtuvo para cada una de las corridas experimentales. Las cuales fueron sometidas a diferentes condiciones de temperatura de aire de entrada (140, 150, 160) °C, así como velocidad de flujo de alimentación (500, 600, 700) ml.

Tabla 13

Matriz experimental para la optimización del microencapsulado de hongo (*Psilocybe Cubensis* var. Ecuador)

# Corrida	TAE (°C)	VFA (mL/h)	Rendimiento (%)	Concentración de psilocibina (mg/g)	Humedad (%)
1	150	600	73,41	2,68	7,63
2	140	700	73,73	1,24	7,46
3	150	600	73,41	2,68	7,63
4	160	700	70,23	0,33	7,97
5	160	600	72,97	2,71	6,94
6	150	500	73,31	1,61	6,32
7	150	700	70,36	0,96	7,24
8	140	600	71,25	2,65	7,13
9	140	500	70,95	0,16	7,65
10	160	500	77,71	2,12	5,12

TAE: Temperatura de aire de entrada

VFA: Velocidad de flujo de alimentación

Elaborado por: Autores (*Soto & Vega, 2025*)

Se realizó 10 corridas experimentales, las variables de estudio fueron temperaturas de aire de entrada y las velocidades de flujo de alimentación tomando como respuestas el rendimiento, la concentración de psilocibina y la humedad. Resultando la corrida número 10 con un mejor porcentaje de rendimiento de un 77,71 %, una humedad de 5,12 % y una concentración de psilocibina de 2,12 presentada en mg/g. Seguida por el tratamiento 3 con un rendimiento de 73,41 %, un porcentaje de humedad de 7,63 % y una concentración de psilocibina del 2,68 mg/g.

2.10.2.1. Evaluación del modelo para el rendimiento del polvo microencapsulado de hongo

En la tabla 14 se presenta la relevancia del ANOVA (Análisis de varianza de regresión lineal) y el coeficiente para calcular el rendimiento de la variable respuesta; se apreció que el modelo es significativo con un nivel de confianza del 95 %, esto indico que existió una relación estadísticamente significativa ($p \leq 0,05$), el análisis revela que existe una dependencia mutua entre el TAE (temperatura de aire de entrada) y el VFA (velocidad de flujo de alimentación).

Tabla 14

Parámetros del modelo codificado para el rendimiento

Indicador	Rendimiento (%)
Intercepto	72,73
XVFA	-1,28*
XTAE	0,83*
XVFA*XTAE	-2,56*
R ²	0,907
R ² ajustado	0,86
F modelo	19,42*
F falta de ajuste	0,828
Precisión adecuada	14,617

VFA: velocidad de flujo de alimentación

TAE: temperatura del aire de entrada

*Valor significativo para $p \leq 0,05$.

Elaborado por: Autores (Soto & Vega, 2025)

Los resultados del análisis de varianza de regresión demostraron un intercepto de 72,73 % la cual representa el rendimiento promedio en el momento en que se

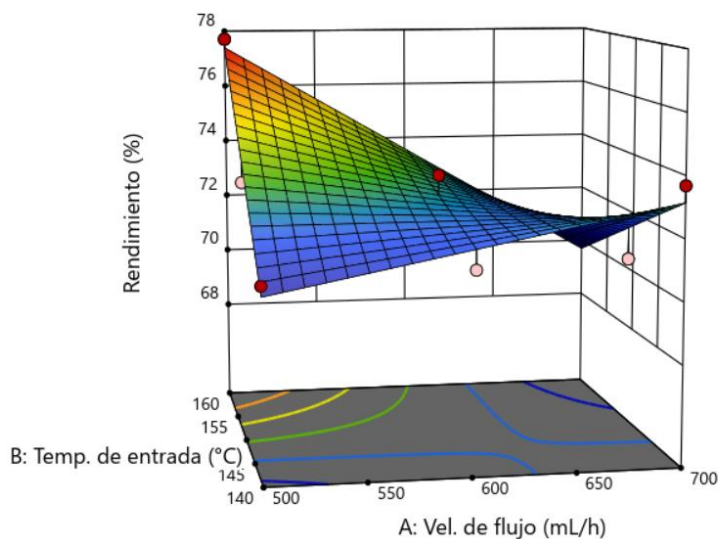
encuentran las variables independientes en su nivel central. Los coeficientes XFVA (-1,28 %) y XFVA*XTAE (-2,56 %) poseen efectos negativos significativos ha relación con el rendimiento, siendo el XFVA*XTAE el factor con mayor efecto reductor; en tanto que, el XTAE (0,83 %) mostró un efecto significativo positivo, esto quiere decir que mejora el rendimiento a medida que incrementa.

El ajuste del coeficiente de correlación (R^2) es de 0,907 lo cual reflejo que el modelo expresa el 90,7 % de la variabilidad del rendimiento, además el R^2 (0,86) corrobora que el diseño es estable y no está sobre ajustado. Así mismo, el F modelo (19,42 %) indico que el diseño global tiene significancia, en tanto que, la prueba de falta de ajuste (0,028) expuso que no existe desviaciones sistemáticas importantes entre los valores experimentales y los predichos.

Según Peceros & Torres, (2025) la temperatura del aire de entrada durante el proceso debe ser seleccionada según el componente con el que se trabaje para evitar el deterioro de sus propiedades; este parámetro tiene relación directa con la velocidad de secado, así como el contenido de agua influyendo directamente en el rendimiento. Aragüez, Pino, & Lantigua, (2022) hacen alusión que la temperatura de entrada del aire esté directamente relacionada con el rendimiento puede deberse al proceso de transferencia de calor y de masa (el aire transfiere calor por convección a la gota líquido y la gota transfiere masa que es el agua). Al elevarse la temperatura de aire de entrada se favorece la evaporación del agua sea más rápida con la consiguiente formación de la microcápsula.

Figura 2

Superficie de respuesta para el rendimiento del secado



Elaborado por: Autores (*Soto & Vega, 2025*)

En la figura 2 de la superficie respuesta se presentó como el porcentaje del rendimiento que esta acondicionado por la temperatura de aire de entrada y la velocidad de flujo de alimentación, se puede observar una tendencia en la cual el rendimiento se incrementa a medida que aumenta la temperatura y reduce una la velocidad de flujo, sin embargo, el comportamiento no es completamente lineal, es decir, que no basta con ascender la temperatura, sino que debe existir un equilibrio entre estos dos factores para lograr una optimización en el proceso. A partir, de un enfoque práctico se sugiere que el control preciso de estos factores operativos es importante para mejorar la eficiencia del sistema y obtener productos con las mejores características.

2.10.2.2. Evaluación del modelo para la concentración de psilocibina

El ANOVA de la tabla 15 exhibe el modelo cuadrático para la concentración de psilocibina resultando significativa con un nivel de confianza del 95 %, los efectos de las variables independientes tienen una relación estadísticamente significativa ($p \leq 0,05$) con la variable dependiente.

Tabla 15

Parámetros del modelo codificado de la concentración de psilocibina

Indicador	Concentración de psilocibina
Intercepto	2,77

XVFA	-0,226
XTAE	0,185
XVFA*XTAE	-0,717*
R ²	0,982
R ² ajustado	0,960
F modelo	44,22 *
F falta de ajuste	0,053
Precisión adecuada	16,26

XVFA: velocidad de flujo de alimentación

TAE: temperatura del aire de entrada

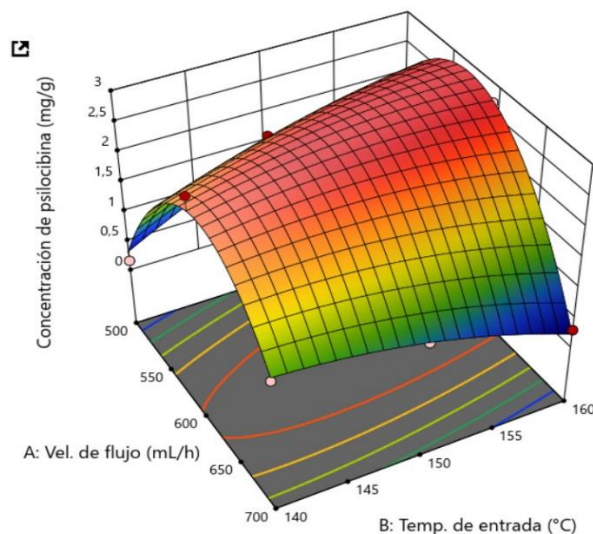
*Valor significativo para $p \leq 0,05$.

Elaborado por: Autores (*Soto & Vega, 2025*)

El diseño estadístico efectuado para la concentración de psilocibina tiene un intercepto de 2,77 que es el resultado estimado de la respuesta cuando los factores se encuentran en su nivel medio codificado. El coeficiente de la velocidad de flujo de alimentación (-0,226) muestra un efecto negativo leve en la concentración de psilocibina. En tanto que, la temperatura del aire de entrada (0,185 %) resultando no significativo, no obstante, el coeficiente presenta un valor positivo, lo cual se infiere que en aumentar la temperatura puede degradar el compuesto bioactivo. La correlación de XVFA*XTAE (-0,717 %) es estadísticamente significativo, mostrando que la combinación de estas variables tiene un impacto en la variable respuesta, prevaleciendo sobre los efectos individuales. El ajuste del modelo tiene R² de 0,982 y un R² ajustado de 0,960; esto corrobora que el modelo (44,22) tiene una alta capacidad explicativa y estabilidad.

Figura 3

Superficie de respuesta para la concentración de psilocibina del secado



Elaborado por: Autores (*Soto & Vega, 2025*)

En la figura 3 se observó la superficie de respuesta la cual muestra la concentración de psilocibina en función de la velocidad de flujo de alimentación y de la temperatura de aire de entrada que fueron evaluados. Se observa que el incremento de la velocidad de flujo de aire está asociada a la disminución de la concentración, esto concuerda con su coeficiente negativo; por otro lado, el aumento de la temperatura tiene un efecto positivo sobre la concentración de psilocibina. La curvatura del diseño muestra que existe la interacción de las variables independientes, esto nos dice que la combinación de los factores mencionados influye significativamente en la concentración.

2.10.2.3. Evaluación del modelo para la humedad en el polvo microencapsulado de hongo

La tabla 16 presenta el ANOVA para determinar la humedad. El modelo factorial es significativo con el 95 % del nivel de confianza indicando que estadísticamente existe una relación ($p \leq 0,05$) entre las variables independientes sobre la variable dependiente.

Tabla 16

Parámetros del modelo codificado de humedad

Indicador	Humedad (%)
Intercepto	7,11
XVFA	0,596*

XTAE	-0,368
XVFA*XTAE	0,760*
R ²	0,831
R ² ajustado	0,747
F modelo	9,88*
F falta de ajuste	0,212
Precisión adecuada	10,185

VFA: velocidad de flujo de alimentación

TAE: temperatura del aire de entrada

*Valor significativo para $p \leq 0,05$.

Elaborado por: Autores (*Soto & Vega, 2025*)

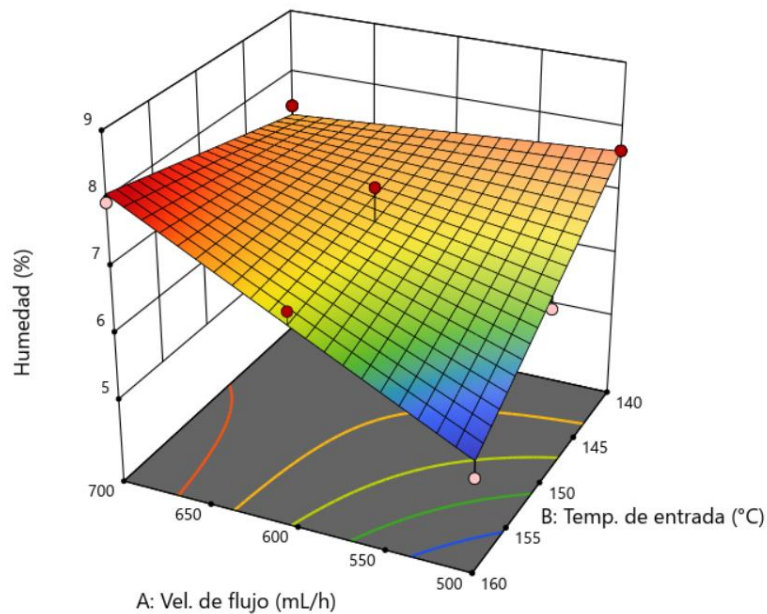
El diseño desarrollado para determinar la humedad presentó un comportamiento confiable; el intercepto (7,11 %) revela el dato base aproximado de la variable respuesta bajo las condiciones promedio de las variables independientes. La velocidad de flujo de alimentación es significativa con 0,596, por consiguiente, señala que al incrementar esta variable la humedad va a aumentar; a comparación de la variable de temperatura de aire de entrada enseña un efecto negativo (-0,368) indicando que a temperaturas altas la variable dependiente tiende a reducirse. La interacción de las variables resultó significativa con 0,760 dando a entender que en conjunto estos factores influyen de manera directa en el comportamiento de la humedad.

El coeficiente de determinación ($R^2 = 0,831$), el R^2 ajustado (0,747) confirma la capacidad predictiva. El F modelo fue de 9,88 indicando que el modelo es significativo, esto indica que se acepta la hipótesis alternativa puesto que las variables evaluadas sí influyen en la variable dependiente. La falta de ajuste (0,212) demuestra que los datos experimentales están representados adecuadamente en el modelo. Y la precisión adecuada corrobora que existe la sensibilidad necesaria para que el modelo sea utilizado en la predicción y optimización dentro de los puntos máximos o mínimos estudiados. La precisión adecuada fue 10,185 lo cual es 10 veces superior al ruido, es mayor a 4 como recomienda (State-Ease, 2025).

Un polvo microencapsulado no debe exceder el rango del 10% de humedad puesto que los sólidos obtenidos tienden a aglomerarse, presentar baja fluidez y sufren degradación de los compuestos activos (Lemache & Simba, 2025). Por lo que la humedad se encuentra en el rango óptimo.

Figura 4

Superficie de respuesta para la humedad del secado



Elaborado por: Autores (*Soto & Vega, 2025*)

La figura 4 presenta la superficie de respuesta en donde la humedad cambia de manera conjunta con la velocidad de flujo de alimentación y la temperatura de aire de entrada en los puntos máximos y mínimos evaluadas en el experimento. Se identifica que los valores más bajos de porcentaje de humedad se manifiestan cuando la temperatura de aire de entrada se incrementa y la velocidad de flujo de alimentación disminuye representadas en la figura en la franja color azul. Por otro lado, las franjas con colores cálidos aluden a las zonas de mayor humedad, que corresponden a las corridas experimentales donde la velocidad de flujo es más elevada y la temperatura es relativamente menor. También la proximidad en los puntos experimentales y la superficie predicha muestra que el diseño describe de manera coherente la tendencia real de los datos, permitiendo la identificación de las regiones operativas donde la humedad puede ser contralada con mayor precisión.

La humedad alcanzó valores de 7,11 % por lo que se compara con estudios recientes (*Stabrauskiene & Bernatoniene, 2024*) en donde obtuvieron valores de humedad del 5,07 % en la optimización de encapsular el compuesto bioactivo de la cascara *Citrus x paradisi L.*

2.10.2.4. Optimización de los modelos del diseño experimental

La optimización de los modelos matemáticos para el proceso de microencapsulado, se realizó bajo los parámetros establecidos que se observan en la tabla 17, con valores máximos y mínimos para la temperatura de aire de entrada y la velocidad de flujo de alimentación con el objetivo de maximizar el rendimiento, la concentración de psilocibina y minimizar la humedad para el microencapsulado de hongo (*Psilocybe Cubensis* var. Ecuador).

Tabla 17

Restricciones para la optimización del microencapsulado

Parámetro	UM	Límite inferior	Límite superior	Criterio
VFA	mL/h	500	700	Intervalo
TAE	°C	140	160	Intervalo
Rendimiento	%	70,23	77,71	Maximizar
Concentración de psilocibina	%	0,16	2,71	Maximizar
Humedad	%	5,12	7,97	Minimizar

VFA: velocidad de flujo de alimentación

TAE: temperatura del aire de entrada

Elaborado por: Autores (*Soto & Vega, 2025*)

En la tabla 18 se muestra los datos de la optimización del proceso del microencapsulado; en donde, se evaluaron parámetros específicos de operación con la finalidad de alcanzar el mejor desempeño en los resultados del microencapsulado.

Tabla 18

Optimización del diseño experimental en función de las variables

N° de corrida	TAE (°C)	VFA (mL/h)	Rendimiento %	Humedad %	Concentración de psilocibina mg/g	Deseabilidad
10	160	500	77,71	5,12	2,12	0,877

VFA: velocidad de flujo de alimentación

TAE: temperatura del aire de entrada

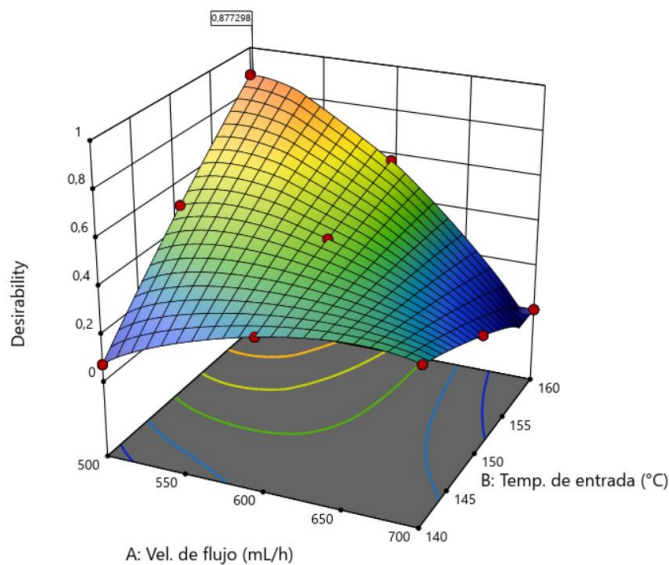
Elaborado por: Autores (*Soto & Vega, 2025*)

En la corrida optima (10) se ejecutó con una temperatura de aire de entrada de 160°C y una velocidad de flujo de alimentación de 500 ml/h, bajo estos parámetros el software arrojó un rendimiento del 77,71 %, lo cual indica que la mayor parte

inicial se logró transformar en producto final.; se obtuvo una humedad del 5,12 % esto sugiere una eliminación de agua adecuada. Con respecto a la concentración de psilocibina (2,12 mg/g) esto evidencia que el compuesto bioactivo se contuvo en una cantidad significativa reflejando que los parámetros técnicos y operacionales no ocasionaron una degradación severa. La deseabilidad fue de 0.877, esto expresa que en conjunto los factores representan una combinación cercana a 1.

Figura 5

Superficie respuesta para la deseabilidad



Elaborado por: Autores (Soto & Vega, 2025)

En la figura 5 se presenta la superficie de respuesta, la misma, que se pudo observar que en una menor velocidad de flujo de alimentación y a una mayor temperatura de alimentación se obtuvo un mayor rendimiento (77,71 %) y una concentración de psilocibina (2,12 mg/g), mientras que para la humedad se registró valores mínimos (5,12 %); con una deseabilidad de 0.877, reflejando que la optimización fue adecuada debido a que mientras más cercano al valor de 1 será mejor.

No existe investigaciones referentes a la microencapsulación del hongo (*Psilocybe Cubensis*) por lo cual no se puede comparar los valores obtenidos o establecer puntos máximos o mínimos de control.

2.10.3. Caracterización del microencapsulado optimizado mediante análisis fisicoquímicos, proximales y microbiológicos.

La tabla 19 detalla los resultados obtenidos tras el proceso de optimización de la microencapsulación mediante el secado por aspersión, con la finalidad de evaluar su estabilidad y composición. A través de un análisis bromatológico riguroso, se buscó comprender cómo la interacción entre las variables independientes (específicamente la temperatura y el flujo de alimentación) influye en la retención de compuestos bioactivos y en la eficiencia del rendimiento. La información presentada a continuación no solo evidencia la viabilidad técnica del método empleado, al mismo tiempo proporcionan datos sobre la integridad nutricional y la potencia del producto final.

Tabla 19

Caracterización del microencapsulado optimizado en función de las propiedades físicas

Análisis		Resultados
Humedad	%	4,31
Rendimiento	%	77,26
Ceniza	%	3,35
Proteína	%	11,67
Fibra	%	2,68
E.L. N (Carbohidratos)	%	81,65
E. E (Grasa)	%	0,65
Concentración de psilocibina	mg/g	2,03

Parámetros del microencapsulado optimizado:

TAE: 160 °C

VFA: 500 mL/h

Elaborado por: Autores (*Soto & Vega, 2025*)

Pacheco & Toapanta, (2022) el rendimiento es el resultado que determina si tiene potencial o no la planta o la materia prima para la microencapsulación y su uso dentro de procesos de conservación. La optimización permitió alcanzar un rendimiento del 77,26%, esto indica que se minimizó las pérdidas por adherencia en la cámara de procesamiento.

Los investigadores Rodríguez, Aragüez, & Pino, (2022) hacen inferencia en que la variabilidad de la humedad puede deberse a factores como los parámetros de secado y propiedades de la emulsión. La humedad se redujo al 4,31% es un indicador crítico de estabilidad higroscópica, asegurando que el producto final posee una baja actividad de agua, inhibiendo la degradación enzimática o contaminación microbiana a largo plazo.

Banu Sezer et al., (2016) manifestaron en su investigación que una parte del análisis próximo sirve para la evaluación nutricional y determinar la pureza de algunos ingredientes que se usan en la elaboración de alimentos. El contenido mineral, reflejó un 3,35% de cenizas. Rios & Gil, (2021) mencionan que un aumento en la cantidad de ceniza en el microencapsulado pudo haberse producido debido a la eficiencia del proceso de secado por aspersion la microencapsulación del producto final retiene compuestos orgánicos como e inorgánicos.

Hernandez, (2023) el extracto libre de nitrógeno (E. L. N) determina la cantidad de componentes nitrogenados no proteicos presentes en un alimento e incluye todas las sustancias que no son proteínas Se caracterizó una alta concentración de carbohidratos (81,65%) y una fracción proteica del 11,67%. Gavin, (2018) en el microencapsulado de guayusa, obtuvo 0,5 % de proteína y expresa que al analizar la materia prima a nivel individual tienen un promedio de 13.77 % por lo que, al ser sometidas a proceso de calor, las proteínas son neutralizadas y por esa razón existe una disminución de este nutriente.

Para Rodrigues et al., (2025) la mayoría de especies de hongos presentan valores de 1 y 6 % de grasa en su composición por lo que es congruente que el microencapsulado obtenga un bajo nivel de lípidos (0,65%), indicando que el método de extracción fue selectivo, reduciendo la presencia de grasas que podrían comprometer la estabilidad oxidativa del polvo.

La fibra fue de 2,68 % revela información crucial sobre el origen y la pureza del material. Desde un punto de vista técnico, este porcentaje indica una presencia moderada de componentes estructurales insolubles (como quitina en hongos o celulosa en plantas). Estos resultados son coherentes con lo descrito por Rosero, (2018), la investigadora realizó un análisis proximal del hongo *Psilocybe Cubensis*

ya que reporto resultados inferiores numéricamente debido a que solo es la materia prima.

La retención de 2,03 mg/g de psilocibina bajo estas condiciones térmicas confirma que la cinética de secado fue lo suficientemente veloz para evitar la termólisis completa del alcaloide, logrando un producto estandarizado con un potencial bioactivo definido.

No se ha encontrado documentos con la información pertinente que permita constatar los valores obtenidos en esta investigación, por la cual no se puede demostrar si los resultados del microencapsulado optimizado se encuentran en los rangos máximos o mínimos.

2.10.3.1 Caracterización del microencapsulado optimizado mediante análisis microbiológicos

Los análisis microbiológicos en el microencapsulado nos permitieron conocer si el producto cumple con las garantías de inocuidad y la normativa según la FARMACOPEA 7.0, del capítulo 5.1.4. La normativa FARMACOPEA 7.0, del capítulo 5.1.4 define los rangos permitidos para la presencia de ciertos microorganismos en preparaciones no estériles. Aplica para preparaciones farmacéuticas terminadas, productos formulados que incluye polvos, cápsulas, granulados, comprimidos ya sean en esta liquido (acuosa) o sólido (no acuoso) (Council of Europe, 2011) Por lo que la normativa encaja con los resultados obtenidos ya que es un producto que contiene un compuesto bioactivo considerado profármaco.

En la tabla 20 se muestra los resultados de los análisis.

Tabla 20

Análisis microbiológico de la mejor corrida experimental

Parámetros	Unidad	Resultados	FARMACOPEA
			EUROPEA 7.0
			Limite Max
Mohos (TYMC)	(UFC/g)	0	$\leq 1 \times 10^2$
Levaduras (TYMC)	(UFC/g)	0	$\leq 1 \times 10^2$

Aerobios totales (TAMC)	(UFC/g)	0	$\leq 1 \times 10^3$
Salmonella spp	Presencia/ausencia	Ausencia	-

TYMC: Recuento microbiano de levaduras y mohos

TAMC: Recuento microbiano aeróbico total

Elaborado por: Autores (*Soto & Vega, 2025*)

La presencia de mohos (TYMC) en el microencapsulado a base de hongo “*P. Cubensis var, Ecuador*” es nula, con un recuento de 0 UFC/g en las 3 réplicas y el blanco, una ausencia total del crecimiento microbiano. Este resultado se compara con los criterios establecidos en la FARMACOPEA 7.0 para preparaciones no acuosas para uso oral con una tolerancia de 10^2 UFC/g. El microencapsulado está muy por debajo de los rangos permitido y se encuentra en norma.

La presencia de levaduras (TYMC) también fue de 0 UFC/g por lo que se encuentra en norma según la FARMACOPEA 7.0 que permite un máximo de 10^2 UFC/g, las muestras que se realizó por triplicado no contiene ninguna contaminación, esto demuestra que las condiciones del proceso fueron controladas con rigurosidad.

La existencia de mohos y levaduras en alimentos o productos de consumo que puedan afectar perjudicialmente a sus componentes son pocos, sin embargo, su presencia puede estar relacionado a malas manipulaciones (Ratón, 2004)

Se denomina organismos aerobios a los microorganismos que puedan vivir o desarrollarse en presencia del oxígeno del aire, suponiendo una amenaza para un producto en desarrollo ya que puede desarrollar otros microorganismos. El recuento de aerobios totales (TAMC) (incluye E. coliformes totales) en el microencapsulado fue de 0 UFC/g, por lo tanto, se encuentra en los parámetros que dicta la FARMACOPEA 7.0. Hubo ausencia de salmonella *spp.* como agente patógeno. Estos resultados se comparan con el estudio realizado por (Gavin, 2018) que obtuvo una carga microbiana de 1.0×10^3 en levaduras y hongos, <3 en coliformes totales y ausencia de salmonella *spp.* en un microencapsulado a base de *Ilex Guayusa*, *Vernonanthura patens* y *Theobroma cacao* en secado por aspersión.

3. IMPACTOS DEL PROYECTO

3.1. Impactos Técnicos

El desarrollo de un microencapsulado a partir del extracto tiene impactos técnicos beneficiosos para la agroindustria, permitiendo el desarrollo de productos innovadores, aumento del tiempo de vida útil, liberación de los compuestos bioactivos de forma segura y proporcionando nueva información para aquellos que estén interesados en el tema y puedan mejorar el proceso de producción.

3.2. Impactos Sociales

La producción de un microencapsulado a base de hongo, desde la perspectiva social, tiene gran impacto debido al conocimiento generado para nuevas investigaciones y aportes a la comunidad micológica. El uso de tecnologías como el secado por aspersión refuerzan el uso de nuevas tecnologías y obtener productos innovadores.

3.3. Impactos Económicos

La obtención de un polvo microencapsulado de *Psilocybe Cubensis var*, Ecuador incentiva el desarrollo de productos orgánicos con materia prima local y de otras partes del país que no son exploradas en su totalidad debido a sus restricciones. El presente estudio fomenta la investigación y el desarrollo de productos o métodos de extracción con dicha materia prima y pueda generar fuentes de empleo en el cultivo, producción y venta en donde pueden participar entidades privadas y gubernamentales.

3.4. Impactos Ambientales

El cultivo de hongo *Psilocybe Cubensis* es una práctica milenaria llevada por chamanes y curanderos como una forma de medicina ancestral, por lo que el desarrollo de un producto a base de este hongo permite diversificar la producción del campo y explorar nuevas alternativas de producción. Se impulsa la generación de cultivos más rentables y su buen uso de forma legal y consciente de sus propiedades psicotrópicas. De tal modo que se en un futuro se pueda utilizar esta tecnología y el hongo en productos amigables con el medio ambiente y sin uso de

químicos agresivos que afecte la salud mental de pacientes y personas interesadas en el tema.

4. RECURSOS Y PRESUPUESTOS

A continuación, para el desarrollo del proyecto se utilizaron los siguientes recursos económicos que se muestran en la tabla 21.

Tabla 21

Recursos económicos utilizados en el proyecto

Descripción	Unidad de medida	Unidades	Costo U.	Costo T.
Material prima/ encapsulante				
Hongo Psilocybe Cubensis (var, Ecuador)	gr	120	\$ 3,50	\$ 420,00
Maltodextrina	gr	8000	\$ 8,00	\$ 8,00
Goma Xantana	gr	100	\$ 1,05	\$ 1,05
Agua	L	11	\$ 1,50	\$ 16,50
Total				\$ 445,55
Equipos de laboratorio				
Fotómetro modelo Miraculix Lab.	Unidad	1	\$ 300,00	\$ 300,00
Balanza Analítica	Horas	1	\$ 35,00	\$ 35,00
Potenciómetro pH pen with fixed	Horas	1	\$ 13,00	\$ 13,00
Licuadora industrial	Horas	1	\$ 45,00	\$ 45,00
Sellador manual	Horas	1	\$ 30,00	\$ 30,00
Total				\$ 423,00
Instrumental y utensilios de manipulación				
Termómetro para 150 ° C.	Unidad	1	\$ 6,00	\$ 6,00
Pinzas estériles	Unidad	1	\$ 0,50	\$ 0,50
Matraz 250 ml	Unidad	1	\$ 4,00	\$ 4,00
Vaso precipitado 250 ml (2 unidades)	Unidad	1	\$ 4,50	\$ 4,50
Atomizador plástico	Unidad	1	\$ 1,50	\$ 1,50
Total				\$ 16,50
Reactivos				
Hidróxido de sodio al 0,1 N	ml	500	\$ 4,50	\$ 4,50
Fenoltaleína al 0,1	ml	100	\$ 1,50	\$ 1,50
Agua destilada	L	1	\$ 2,00	\$ 2,00
Total				\$ 8,00

Materiales de bioseguridad y esterilización

Guantes estériles	Set.	4	\$	0,50	\$	2,00
Mascarilla	Unidad	4	\$	0,50	\$	2,00
Cofia	Unidad	4	\$	0,50	\$	2,00
Alcohol isopropílico al 70%	L	1	\$	2,00	\$	2,00
Agua destilada	L	1	\$	1,50	\$	1,50
Papel aluminio	Unidad	1	\$	3,50	\$	3,50
Total					\$	13,00

Análisis de laboratorio**Análisis fisicoquímico**

Acidez		1	\$	5,00	\$	5,00
pH		2	\$	5,00	\$	10,00
Densidad		1	\$	5,00	\$	5,00
Humedad		10	\$	8,21	\$	82,10
Concentración de Psilocibina		12	\$	18,40	\$	220,80
Total					\$	322,90

Análisis proximal

Humedad	Unidad	1	\$	8,21	\$	8,21
Cenizas	Unidad	1	\$	10,27	\$	10,27
Proteína	Unidad	1	\$	20,54	\$	20,54
Fibra	Unidad	1	\$	15,40	\$	15,40
E.L.N.	Unidad	1	\$	-	\$	-
E.E.	Unidad	1	\$	17,46	\$	17,46
Total					\$	71,88

Equipo industrial

Spray Dray	Corrida experimental	11	\$	78,40	\$	862,40
Total					\$	862,40

Viáticos

Servicio de paquetería	Unidad	1	\$	30,00	\$	30,00
Transporte universidad	Días	60	\$	0,60	\$	36,00
Transporte Laboratorio	Días	4	\$	5,00	\$	20,00
Computadoras	Unidad	1	\$	300,00	\$	300,00
Internet	Mes	2	\$	15,00	\$	30,00
Energía eléctrica	kW/h	1440	\$	0,09	\$	129,60
Alimentación	Días	2	\$	2,50	\$	5,00
Total					\$	550,60
Costo Total					\$	2.713,83

5. CONCLUSIONES

El extracto acuoso del hongo (*Psilocybe Cubensis var.* Ecuador) mostró características sensoriales de un aspecto opaco, color verde oscuro, homogéneo y un olor fúngico característico. Las características fisicoquímicas, evidenciaron un contenido de humedad de 95,11 % y sólidos totales de 4,89 %, corroborando su naturaleza predominantemente acuosa; una densidad de 1,07 g/ml, levemente superior a la del agua debido a la existencia de compuestos disueltos; una acidez titulable de 0,38 %, que expresa una concentración moderada de ácidos orgánicos; y un pH de 6,4, relacionado a un medio tenuemente ácido.

La optimización del proceso de microencapsulación del extracto acuoso de (*Psilocybe cubensis var.* Ecuador) se llevó a cabo mediante un diseño experimental generado por Design-Expert, en el que se realizaron 10 corridas experimentales, evaluando la temperatura de aire de entrada (140–160 °C) y la velocidad de flujo de alimentación (500–700 mL/h) como variables determinantes del rendimiento, la humedad y la concentración de psilocibina. La mejor condición correspondió a 160 °C y 500 mL/h (corrida 10), donde se alcanzó un rendimiento de 77,71 %, una humedad reducida de 5,12 % y una concentración de 2,12 mg/g de psilocibina.

La caracterización del microencapsulado optimo mostro un rendimiento alcanzado (77,26%) demostrando que la mayor parte del material inicial se recuperó, mientras que la humedad de 4,31% indicando condiciones favorables para la conservación. La composición proximal mostró un predominio de carbohidratos (81,65%) y un aporte importante de proteínas (11,67%), sugiriendo una matriz estable que contribuye a la protección del compuesto bioactivo. El contenido de cenizas (3,35%) y fibra (2,68%) confirma la presencia de componentes estructurales y minerales propios de la materia prima. El bajo porcentaje de grasa (0,65%) representa una ventaja en términos de estabilidad frente a la oxidación. La concentración de psilocibina (2,03 mg/g) indica que el compuesto se conservó en niveles definidos.

Los análisis microbiológicos en el microencapsulado optimizado presenta una carga microbiana estable ya que se obtuvo resultados de 0 UFC/g en el recuento de

aerobios totales, en mohos y levaduras también presentó 0 UFC/g y usencia de *salmonella spp.*, resultados que fueron comparados con la normativa FARMACOPEA 7.0 del capítulo 5.1.4. El microencapsulado está por debajo de lo permitido y se encuentra en norma.

6. RECOMENDACIONES

- Para asegurar un análisis preciso en la medición de concentración de psilocibina, es necesario seguir rigurosamente el proceso analítico establecido por la guía del equipo fotómetro QTest. Se debe prestar atención a los parámetros y condiciones operativas establecidas por el fabricante y respetar los tiempos de incubación, la proporción reactivo-muestra, el manejo adecuado de las cubetas y la realización correcta del blanco analítico de manera que reflejen resultados confiables.
- Realizar análisis de microscopía electrónica de barrido (MEB), los cuales permiten observar la morfología superficial, forma, integridad estructural en las microcápsulas, aspectos que nos ofrecen información sobre la eficiencia del proceso de microencapsulación.
- Para garantizar la estabilidad del producto microencapsulado durante el almacenamiento, conservar el polvo en condiciones óptimas de preferencia recipientes herméticos con la finalidad de evitar cualquier tipo de contaminación, asimismo, esto contribuye a la protección de los compuestos bioactivos de factores externos como la humedad, la oxidación y la degradación del producto.
- De manera complementaria, es recomendable analizar la solubilidad, higroscopicidad y densidad aparente del polvo, ya que estos parámetros

afectan su comportamiento durante el almacenamiento y su aplicación en matrices alimentarias.

7. BIBLIOGRAFÍA

- Ortega, M. L., Garcia, G. A., Olvera, L. G., Infante, J. A., & Pérez, C. I. (2016). Aplicaciones de la microencapsulación en recubrimientos comestibles. *ANÁLISIS, CALIDAD Y PROCESAMIENTO DE LOS ALIMENTOS EN MÉXICO*, 343-353.
- Ana Siccha M., O. L. (Junio de 2026). SECADO POR ATOMIZACIÓN (SPRAY DRYER). *Revista de Química*, 9(1). Recuperado el 16 de Enero de 2026, de <https://share.google/bPCLiHi6RmWgOHJdI>
- Aragüez, Y., Pino, J. A., & Lantigua, M. B. (2022). Temperaturas de secado para la microencapsulación de saborizantes frutales mediante secado por aspersión. *Ciencia y Tecnología de Alimentos*, 32(1), 1-6 .
- Armas, C. E. (2020). *Psilocibina: revisión farmacológica y potencial*. UNIVERSIDAD ZARAGOZA. Recuperado el 2 de Febrero de 2026, de <https://share.google/6r0pwQRmqMLCtsicY>
- Banu Sezer, G. B., Eseller, E. K., Hamit Koxsel, H. B., & Boyaci, I. H. (2016). Ash analysis of flour sample by using laser-induced breakdown spectroscopy. *Spectrochimica Acta Part B: Atomic Spectroscopy*, 124, 74-78. doi:<https://doi.org/10.1016/j.sab.2016.08.023>
- Barahona Tapia, L. I., Rosillo Abarca, L. V., Ayala Ayala, L. R., & Barcos Arias, I. F. (2023). Apuntes al método científico en el siglo XXI desde una perspectiva jurídica. *Bibliotecas. Anales de Investigación*, 19(Especial), 1-7. Recuperado el 12 de Enero de 2026, de <https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/9107696.pdf>
- Batista, A., Almiron, H., Forlin, G., Ramírez, N., Popoff, O., & Niveiro, N. (2025). *Psilocibe Cubensis* y *Paneolus Cyanescens* (Basidiomycota, Agaricales), dos especies de hongos Alucinogenos en le NE de Argentina. *SciELO*, 60(1), 1-19. Obtenido de https://www.scielo.org.ar/scielo.php?pid=S1851-23722025000100001&script=sci_arttext&tlng=es

- Brignone, S. G., Ravetti, S., & Palma, S. D. (2020). Microencapsulación/recubrimiento de sistemas particulados de uso farmacéutico. *Pharmaceutical Technology Sudamérica*.
- Buitrago, M. D. (2022). *Estudio químico preliminar y evaluación de la actividad citotóxica de Psilocibe cubensis var. amazonas*. [Tesis-Química Farmacéutica; Universidad el Bosque]. Repositorio institucional. Obtenido de <https://hdl.handle.net/20.500.12495/9293>
- Caiza, L. A. (2023). *Extracción de Alcaloides a partir del hongo Psilocybe cubensis de la cepa Albino A+*. Quito: UNIVERSIDAD CENTRAL DEL ECUADOR. Recuperado el 9 de Enero de 2026, de <https://www.dspace.uce.edu.ec/entities/publication/3e33fcd3-bbdf-47ea-b6a8-891f32b2764f>
- Calero, D. I. (2023). *Cinética del proceso de extracción de aceite esencial de hierbaluisa por el método*. Quito: UNIVERSIDAD CENTRAL DEL ECUADOR. Recuperado el 9 de Enero de 2026, de <https://www.dspace.uce.edu.ec/server/api/core/bitstreams/2fb7efbe-f1ff-4ebc-99ea-90f2c4d06860/content>
- Cardona Tangarife, D. P., Patiño Arias, L. P., & Ormaza Zapata, A. (2021). Aspectos tecnológicos de la microencapsulación de compuestos bioactivos en alimentos mediante secado por aspersión. *SciELO*, 22(1). Obtenido de http://www.scielo.org.co/scielo.php?pid=S0122-87062021000100014&script=sci_arttext&tlng=es
- Chamba, Y., & Quispe, S. (2021). *Desarrollo de un microencapsulado a base de oregano (origanum vulgare, l), mediante secado por aspersión* [Tesis-pregrado Ingeniería Agroindustrial; Universidad Técnica de Cotopaxi]. Repositorio institucional. Obtenido de <http://repositorio.utc.edu.ec/handle/27000/8159>
- Council of Europe. (2011). Microbiological quality of non-sterile products for pharmaceutical use. *Medicinal Genomics*. Recuperado el 16 de Enero de 2026, de https://www.medicinalgenomics.com/wp-content/uploads/2023/05/CFU_Tolerance_European.pdf

- Díaz Montes, E., Cerón, G. I., & Vargas León, E. A. (2023). Encapsulación de compuestos bioactivos: una revisión sistemática. *PÄDI Boletín Científico de Ciencias Básicas e Ingenierías del ICBI*, 10(20), 17-28. doi:10.29057/icbi.v10i20.9575
- Esquivel Gonzales, B. E., Ochoa Martínez, L. A., & Rutiaga Quiñones, O. M. (2015). Microencapsulación mediante secado por aspersion de compuestos bioactivos. *Revista Iberoamericana de Tecnología Postcosecha*, 16(2), 180-192.
- FAO. (2019). Análisis proximales (Capítulo 3). *Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura*. Recuperado el 18 de Enero de 2026, de <https://www.fao.org/4/AB489S/AB489S03.htm>
- Fernández, V. (2022). *La micro-nanoencapsulación en la mejora de la calidad y seguridad alimentaria. [Maestría - TMF Seguridad y calidad de los alimentos; Universidad de la Laguna]*. Repositorio Institucional. Obtenido de <http://riull.ull.es/xmlui/handle/915/31811>
- Galeano, E. M. (2020). *Diseño de proyectos en la investigación cualitativa*. Medellín: UNIVERSIDAD EAFIT. Recuperado el 12 de Enero de 2026, de https://www.google.com.ec/books/edition/Dise%C3%B1o_de_proyectos_en_la_investigaci%C3%B3n/Xkb78OSRMI8C
- García, T. D. (2021). *Evaluación del cultivo de Psilocybe cubensis sobre diferentes sustratos lignocelulósicos [Tesis en licenciatura de biología; Universidad Autónoma del Estado de Morelos]*. Repositorio institucional, Cuernavaca. Obtenido de http://www.riaa.uaem.mx/xmlui/bitstream/handle/20.500.12055/3435/GA_GTRN02.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Gavin Quinchuela, K. E. (2018). Estudio microbiológico de un microencapsulado a base de Ilex Guayusa , Vernonthura patens y Theobroma cacao (cascarilla de cacao). *Tesis doctoral*.
- Gavin, E. (2018). *Estudio microbiológico de un microencapsulado a base de Ilex guayusa, Vernonthura patens y Theobroma cacao (cascarilla de cacao)*.

[Tesis- pregrado Nutrición y dietética; Escuela Superior Politécnica del Litoral]. Repositorio Institucional. Obtenido de <http://www.dspace.espol.edu.ec/handle/123456789/66098>

- Goff, R., Smith, M., Islam, S., Sisley, S., Ferguson, J., Kuzdzal, S., . . . Schug, K. A. (2024). Determinación del contenido de psilocibina y psilocina en múltiples cepas de hongos *Psilocybe cubensis* mediante cromatografía líquida - espectrometría de masas en tándem. *Analytica Chimica Acta*, 342161. doi:10.1016/j.aca.2023.342161
- González, O. J. (2017). Aplicación de la microencapsulación en alimentos. Obtención, evaluación de pigmentos microencapsulados a partir de frutos xkijit (*Renealmia alpinia*) e incorporación en una matriz alimenticia. 28.
- Goodwin, G. M., Aaronson, S. T., Alvarez, O., Atli, M., Bennett, J. C., Croal, M., . . . Malievskaia, E. (2023). Single-dose psilocybin for a treatment-resistant episode of major depression: Impact on patient-reported depression severity, anxiety, function, and quality of life. *Journal of Affective Disorders*, 327, 120-127. doi:<https://doi.org/10.1016/j.jad.2023.01.108>
- Guanín, S. P. (2024). *Evaluación de las variables de proceso de un método de extracción de diente de león*. Quito: UNIVERSIDAD CENTRAL DEL ECUADOR. Recuperado el 9 de Enero de 2026, de <https://www.dspace.uce.edu.ec/server/api/core/bitstreams/44d46d10-dbbb-40a1-883f-7e55700ae301/content>
- Guerrero Paredes, J., Insuasti, J. P., Barrigas Revelo, D. A., & Pineda Soto, C. A. (2021). Producción del hongo (*Psilocybe cubensis*): una revisión. *Biorrefinería*, 4(4). Recuperado el 8 de Enero de 2026, de <https://www.cebaecuador.org/wp-content/uploads/2022/01/11.pdf>
- Guevara Albán, G. P., Verdesoto Arguello, A. E., & Castro Molina, N. E. (2020). Metodologías de investigación educativa (descriptivas, experimentales, participativas, y de investigación-acción). *RECIMUNDO, Revista Científica de la Investigación y el Conocimiento*, 4(3), 163-173. doi:[https://doi.org/10.26820/recimundo/4.\(3\).julio.2020.163-173](https://doi.org/10.26820/recimundo/4.(3).julio.2020.163-173)

- Guevara, J. J., Fuentes, J. M., Jiménez, O., & Guevara, M. L. (2016). Microencapsulación de algunos compuestos bioactivos mediante secado por aspersión/Microencapsulation of some bioactive compounds through spray drying. *Iberoamericana de las Ciencias Biológicas y Agropecuarias: CIBA*, 5(10), 39-49.
- Guzmán, G. (2016). Las relaciones de los hongos sagrados con el hombre a través del tiempo. *Anales de Antropología*, 50(1), 134-147. doi:<https://doi.org/10.1016/j.antro.2015.10.005>
- Guzman, G. (2026). Las especies de *Psilocybe* (Fungi, Basidiomycotina, Agaricales) conocidas de Jalisco (México) y descripción de dos nuevas para la ciencia. *Acta Botánica Mexicana*, 43, 23-32. Recuperado el 2 de Febrero de 2026, de <https://www.redalyc.org/pdf/574/57404303.pdf>
- Hernández, D. G., López, F. C., Clemente, M. T., Vásquez Villegas, P. T., & Gutiérrez, A. L. (2025). *Revista Latinoamericana de Difusión Científica*, 7(13). Obtenido de <https://www.difusioncientifica.info/index.php/difusioncientifica/article/view/220>
- Hernandez, R. (10 de Noviembre de 2023). *SCRIBD*. Obtenido de <https://es.scribd.com/presentation/683551928/Extracto-Libre-de-Nitrogeno>
- Hifas Biologics. (2025). *Hifas Biologics*. Recuperado el 9 de Enero de 2026, de <https://www.hifasbiologics.com/es/hongos-y-medicina-una-historia-que-comenzo-hace-miles-de-anos/>
- Iglesias, D., & Pichucho, P. (2021). *Desarrollo de un microencapsulado de cedrón (Aloysia Citrodora) mediante secado por aspersión. [Tesis-pregado, Ingeniería Agroindustrial, UTC]*. Repositorio Institucional. Obtenido de <http://repositorio.utc.edu.ec/handle/27000/8176>
- Instituto de Salud Pública. (2023). *Psilocybe cubensis. Ministerio de Salud de Chile*, 1-5. Recuperado el 8 de Enero de 2026, de <https://www.ispch.cl/wp-content/uploads/2023/03/Psilocybe-cubensis-22022023A.pdf>

- Julio Gabriel, Castro, C., Valverde, A., & Indacochea, B. (2017). *Diseños experimentales: Teoría y práctica para experimentos agropecuarios*. Universidad Estatal del Sur de Manabí (UNESUM). Jipijapa: Grupo COMPAS. Recuperado el 16 de Enero de 2026, de <https://share.google/4nei5rrL6NpAAytov>
- Kinderlehrer, D. A. (2025). Mushrooms, microdosing, and mental illness: The effect of psilocybin on neurotransmitters, neuroinflammation, and neuroplasticity. *National Library of medicine*, 21, 141-155. Recuperado el 14 de Enero de 2026, de <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/39897712/>
- Kurzbaum, E., Páleníček, T., Shrchaton, A., Azerrad, S., Dekel, Y., & Levy, H. (2025). Exploring *Psilocybe cubensis* strains: cultivation techniques, psychoactive compounds, genetics and research gaps. *Journal of Fungi*, 11(2), 99. Recuperado el 9 de Enero de 2026, de <https://chatgpt.com/c/695fe5cd-35e8-832e-b707-1ef0b9bca014>
- Lemache , S., & Simba, B. (2025). *Obtención de polvo microencapsulado de zanahoria variedad Chantenay (Daucus carota subsp. sativus) por el método de secado por aspersión*. UNIVERSIDAD TECNICA DE COTOPAXI, Latacunga. Recuperado el 17 de Dicimebre de 2025, de <https://repositorio.utc.edu.ec/server/api/core/bitstreams/8bd972d6-7c2d-46ed-be0e-806ce9a6fd5d/content>
- López, F. A. (2005). *Hongos psilocibínicos: un análisis farmacológico, toxicológico y su consecuencia legal*. México D.F.: UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO. doi:<https://ru.dgb.unam.mx/server/api/core/bitstreams/03d2a363-2b8e-41b2-a87a-172dd6c8e441/content>
- MacCallum, C. A., Lo, L. A., Pistawka, C. A., & Deol, J. K. (2022). Therapeutic use of psilocybin: Practical considerations for dosing and administration. *Frontiers in Psychiatry*, 13. doi:<https://doi.org/10.3389/fpsy.2022.1040217>

- Martínez, C. G. (2019). METODOLOGÍA DE SUPERFICIE DE RESPUESTA (RSM). *RPubs*. Recuperado el 16 de Enero de 2026, de https://rpubs.com/Cristina_Gil/RSM
- Ministerio de Educación del Ecuador. (2026). *29 pasos para la investigación bibliográfica*. Ecuador: Ministerio de Educación del Ecuador. Recuperado el 12 de Enero de 2026, de https://recursos.educacion.gob.ec/wp-content/uploads/Ferías_escolares/29-pasos%20para%20la%20investigaci%C3%B3n%20bibliografica.pdf
- Mireya, L. (2020). *Manual de prácticas de análisis de alimentos*. Facultad de Química Farmacéutica Biológica, Universidad Veracruzana. Recuperado el 16 de Enero de 2026, de <https://www.uv.mx/qfb/files/2020/09/Manual-Analisis-de-Alimentos-1.pdf>
- Montero, M. (30 de agosto de 2023). Psiconautas cubensis: breve repaso histórico y efectos del hongo alucinógeno cubano en un joven de Camagüey. *El estornudo*. Recuperado el 08 de enero de 2026, de <https://revistaelestornudo.com/hongos-cuba-consumo-droga-breve-repaso-historico/>
- Moreno Garcia, M. (4 de Octubre de 2025). *Miraculix*. Recuperado el 30 de Enero de 2026, de *Miraculix*: https://www.miraculix-lab.de/en/qttest-photometer/why-blanking-matters?utm_source=chatgpt.com
- Muñoz López, C. A., Peeters, K., & Van Impe, J. (2024). Data-driven modeling of the spray drying process: Process monitoring and prediction of the particle size in pharmaceutical production. *ACS Omega*, 9(24). doi:10.1021/acsomega.3c08032
- Navarrete, L., & Tapia, M. (2022). *Desarrollo de un micorenaosulado del extracto de chillangua (Erygium foetidum), mediante secado por aspersión. [Tesis-pregrado Ingeniería Agroindustria; UTC]*. Repositorio Institucional. Obtenido de <http://repositorio.utc.edu.ec/handle/27000/9358>
- Navarro, S. E., Teresa, V., Plano, D., Sanmartín, C., & Goicoechea, N. (2025). Potential Application of Plant By-Products in Biomedicine: From Current

- Knowledge to Future Opportunities. *National Library of Medicine*, 14(8), 1-40. Obtenido de <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC12382630/>
- Pacheco, C., & Toapanta, J. (2022). *Microencapsulación de un extracto de eneldo (Anethum graveolens) mediante secado por aspersión. [Tesis-pregrado Ingeniería Agroindustrial; UTC]*. Repositorio Institucional. Obtenido de <http://repositorio.utc.edu.ec/handle/27000/9357>
- Páez Valencia, M. L., Ochoa Martínez, C. L., & Fernández Quintero, A. (2016). Condiciones de operación en secado por aspersión de extracto de levadura: efecto sobre las propiedades físicas. *Agronomía Colombiana*, 34(1), s602-s605.
- Parra Huertas, R. A. (2010). Revisión: microencapsulación de alimentos. *Facultad Nacional de Agronomía Medellín*, 63(2), 5669-5684.
- Peceros, M., & Torres, A. (2025). *Optimización de temperatura y concentración de encapsulante en la microencapsulación de Betaxantinas de cáscara de tuna anaranjada (Opuntia Ficus-Indica) por atomizado. [Tesis - Pregrado - Ingeniería en Industrias Alimentarias; UNCP]*. Repositorio institucional. Obtenido de <http://hdl.handle.net/20.500.12894/12536>
- Peréz, C. (2022). *Microencapsulación de compuestos fenólicos de la planta de sunfo (Clionopodium nubigenum Kunth Kuntze), mediante secado por aspersión. [Tesis-pregrado Ingeniería Agroindustrial; UTC]*. Repositorio Institucional. Obtenido de <http://repositorio.utc.edu.ec/handle/27000/9076>
- Pino, J., & Aragüez, Y. (2021). Conocimientos actuales acerca de la encapsulación de aceites esenciales. *SciELO*, 52(1). Obtenido de http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2221-24422021000100010
- Pudžiuvėlytė, L., Eglė, P., Stabrauskienė, J., & Bernatoniene, J. (2025). Spray-Drying Microencapsulation of Natural Bioactives: Advances in Sustainable Wall Materials. *Pharmaceuticals*, 18(7), 963.
- Pudžiuvėlytė, L., Petrauskaitė, E., Stabrauskienė, J., & Bernatoniene, J. (2025). Microencapsulación por secado por aspersión de bioactivos naturales:

- avances en materiales de pared sostenibles. *MDPI Pharmaceuticals*, 18(7), 1-23. doi:<https://doi.org/10.3390/ph18070963>
- Ramadan, E., Cheng, S., Ahmed, R., Liu, C., Al-Rejaie, S., & Gamal, E. (2023). Thermal Degradation of Bioactive Compounds during Drying Process of Horticultural and Agronomic Products: A Comprehensive Overview. *Agronomy*, 13(6). doi:<https://doi.org/10.3390/agronomy13061580>
- Ratón, T. O. (2004). Acción perjudicial de las levaduras sobre los alimentos. *Revista Cubana de Salud Pública*. Recuperado el 14 de Enero de 2026, de http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0864-34662004000300016
- Real Academia Española & Asociación de Academias de la Lengua Española. (s.f). *Optimizar*. Recuperado el 16 de Enero de 2026, de Real Academia Española & Asociación de Academias de la Lengua Española: <https://dle.rae.es/optimizar>
- Reyna Nava, E., Michelena Álvarez, G., Iliná, A., & Martínez Hernández, J. (2015). Microencapsulación de componentes bioactivos. *Investigación y ciencia*, 23(66), 64-70.
- Rios Aguirre, S., & Gil, A. (2021). Microencapsulación por secado por aspersión de compuestos bioactivos en diversas matrices: una revisión. *SciELO*, 24(51). Obtenido de http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0123-77992021000200206
- Rios, A., & Gil, G. (2021). Microencapsulación por secado por aspersión de compuestos bioactivos en diversas matrices: una revisión. *TecnoLógicas*, 24(51), 206-229. Obtenido de <https://doi.org/10.22430/22565337.1836>
- Rodrigues, H., Amorim, M., Freitas, V., Relvas, J., Tavaría, F., & Pintado, M. (2025). Comparative analysis of polysaccharide and nutritional composition of biological and industrial-scale cultivated *Pleurotus ostreatus* mushrooms for functional food and nutraceutical applications. *Comparative analysis of polysaccharide and nutritional composition of biological and industrial-*

scale cultivated Pleurotus ostreatus mushrooms for functional food and nutraceutical applications, 6(3).
doi:<https://doi.org/10.3390/polysaccharides6030062>

Rodríguez, H., Aragüez, Y., & Pino, J. (2022). Microencapsulación de aceites vegetales mediante secado por aspersión. *Afinidad*, 79(596). Obtenido de <https://doi.org/10.55815/400725>

Rosero, P. (2018). *Desarrollo de un proceso para el aislamiento, conservación y almacenamiento de hongos alucinógenos (Psilocybe SPP) a partir de la biodiversidad ecuatoriana [Tesis-maestría en gestión sustentable de recursos naturales; Universidad Técnica del Norte]*. Repositorio institucional . Obtenido de <http://repositorio.utn.edu.ec/handle/123456789/8887>

Ross, S., Bossis, A., Guss, J., Agin-Liebes, G., Malone, T., Cohen, B., . . . Schmindt, B. L. (2016). Rapid and sustained symptom reduction following psilocybin treatment for anxiety and depression in patients with life-threatening cancer: A randomized controlled trial. *Journal of Psychopharmacology*, 30(12), 1165-1180. doi:<https://doi.org/10.1177/0269881116675512>

Ruíz, J. L. (2019). *Investigación experimental*. Oaxaca: Scientific European Federation of Osteopaths (SEFO). Recuperado el 12 de Enero de 2026, de <https://www.scientific-european-federation-osteopaths.org/wp-content/uploads/2019/01/Investigaci%C3%B3n-experimental.pdf>

Sánchez, J. A. (2019). Psilocybe cubensis: Características, hábitat, usos, cultivo. . *PILZE*, 58-63. Obtenido de Revista nature.

Stabrauskiene , J., & Bernatoniene, J. (2024). Optimizing Encapsulation: Comparative Analysis of Spray-Drying and Freeze-Drying for Sustainable Recovery of Bioactive Compounds from Citrus x paradisi L. Peels. *Pharmaceuticals (MDPI)*, 17 (5), 596. Recuperado el 26 de Dicimembre de 2025, de <https://doi.org/10.3390/ph17050596>

State-Ease. (2025). Desing Expert Software (25.0). Obtenido de <https://www.stateease.com/>

Universidad de Granada. (s.f.). *Secado por liofilización*. Facultad de Ciencias, Universidad de Granada. Recuperado el 9 de Enero de 2026, de <https://ciencias.ugr.es/practicadocentes/wp-content/uploads/guiones/SecadoPorLiofilizacion.pdf>

Vélez Zambrano, M. I., Zambrano Vera, A. M., & Arteaga Vera, T. A. (2024). Microencapsulación en la industria alimentaria: avances y tendencias actuales. *Ciencia y Tecnología Agropecuaria*, 9(2), 51-60.

Xu, W., Zhang, H., Li, Y., & Li, X. (2025). Effects of psilocybin on neuroplasticity and depression: A randomized controlled trial. *Journal of Affective Neuroscience*, 14(1), 45-58. doi:<https://doi.org/10.1016/j.jan.2025.03.001>

8. ANEXOS

Anexo 1

Datos informativos del docente tutora



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI

DATOS INFORMATIVOS PERSONAL DOCENTE

DATOS PERSONALES

APELLIDOS: Arias Palma

NOMBRES: Gabriela Beatriz

ESTADO CIVIL: Casada

CEDULA DE CIUDADANIA: 1714592746

LUGAR Y FECHA DE NACIMIENTO: Quito, 3 de Junio de 1983

DIRECCION DOMICILIARIA: Cdla. Tjobamba, Panamericana sur km 3,5

TELEFONO CONVENCIONAL: 032233222 TELEFONO CELULAR: 084705462

CORREO ELECTRONICO: gabriela.arias@utc.edu.ec / gameli83@hotmail.com



ESTUDIOS REALIZADOS Y TITULOS OBTENIDOS

NIVEL	TITULO OBTENIDO	INSTITUCIÓN EDUCATIVA	FECHA DE REGISTRO EN EL SENESCYT	CODIGO DEL REGISTRO SENESCYT
TERCER	INGENIERA AGROINDUSTRIAL	ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL	26-05-2009	1001-09-919392
CUARTO	DIPLOMADO SUPERIOR EN GESTIÓN PARA EL APRENDIZAJE UNIVERSITARIO	ESCUELA POLITÉCNICA DEL EJÉRCITO	31-08-2012	1004-12-750886
CUARTO	MAGISTER EN INGENIERÍA INDUSTRIAL Y PRODUCTIVIDAD	ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL	31-10-2016	1001-2016-1756024

HISTORIAL PROFESIONAL

FACULTAD EN LA QUE LABORA: Ciencias Agropecuarias y Recursos Naturales

CARRERA A LA QUE PERTENECE: Ingeniería Agroindustrial

AREA DEL CONOCIMIENTO EN LA CUAL SE DESEMPEÑA:

Ingeniería, industria y construcción; Industria y producción

Investigación Operativa, Biotecnología

FECHA DE INGRESO A LA UTC: 05 de Octubre del 2009

Anexo 2

Datos informativos del postulante Alexis Soto

DATOS PERSONALES

Nombre y Apellido: Alexis Jair Soto Aguinda

Cedula de identidad: 0503684946

Fecha de nacimiento: 23 de agosto de 2000

Nacionalidad: ecuatoriana

Sexo: Masculino

Estado civil: Soltero

Dirección: Latacunga, San Felipe, ciudadela Jaime Hurtado.

Teléfono: 0987639006

Email: alexis.soto4946@utc.edu.ec



FORMACIÓN ACADÉMICA

Primaria: Unidad Educativa Dr. José María Velasco Ibarra

Secundaria: Colegio de Bachillerato Macas

Título: Bachillerato General Unificado

Superior: Universidad Técnica de Cotopaxi

CURSOS REALIZADOS

CURTIDURIA TUNGURAGUA S.A

Curso de capacitación sobre el proceso de elaboración del cuero bovino.

LEBENS CAPACITACIONES

I Seminario Nacional en bebidas: fermentados y destilados.

EXPERIENCIA LABORAL

1.- Gran feria de carnes "Don Sebitas"

2.- Productos Lácteos "FINO"

REFERENCIA PERSONAL

Ing. Gonzalo Calderón - 0983250152

Lic. Evelin Toaquiza - 0968190977

Anexo 3

Datos informativos del postulante Luis Vega

DATOS PERSONALES

Nombre y Apellido: Vega Quindigalli Luis Ramiro

Cedula de identidad: 0503680233

Fecha de nacimiento: 13 – Junio - 2022

Nacionalidad: ecuatoriana

Sexo: Masculino

Estado civil: Soltero

Dirección: Latacunga – La laguna, avenida Santán

Teléfono: 0995546977

Email: luis.vega0233@utc.edu.ec



FORMACIÓN ACADÉMICA

Primaria: Unidad Educativa Dr. José María Velasco Ibarra

Secundaria: Unidad Educativa Dr. José María Velasco Ibarra

Título: Bachiller General Unificado

Superior: Universidad Técnica de Cotopaxi

CURSOS REALIZADOS

Nombre de la Institución: Universidad Técnica de Cotopaxi
VII Congreso Internacional de Vinculación.

Nombre de la Institución: LEBENS CAPACITACIONES
I Seminario Nacional en bebidas: fermentados y destilados.

Nombre de la Institución: Asociación Nacional de Curtidores del Ecuador
Técnicas y procesos para la elaboración del cuero.

EXPERIENCIA LABORAL

1. Dlip Industrial S.A
2. Embutidos Don Jorge
3. Helados Salcedo

REFERENCIA PERSONAL

Ing. Armando Puco - 096 099 8016







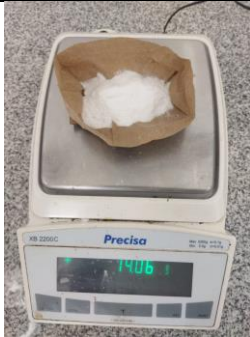





Ing. Fernando Pazmiño - 099 556 7760

Ing. Galo Salazar - 099 582 1591

Anexo 4

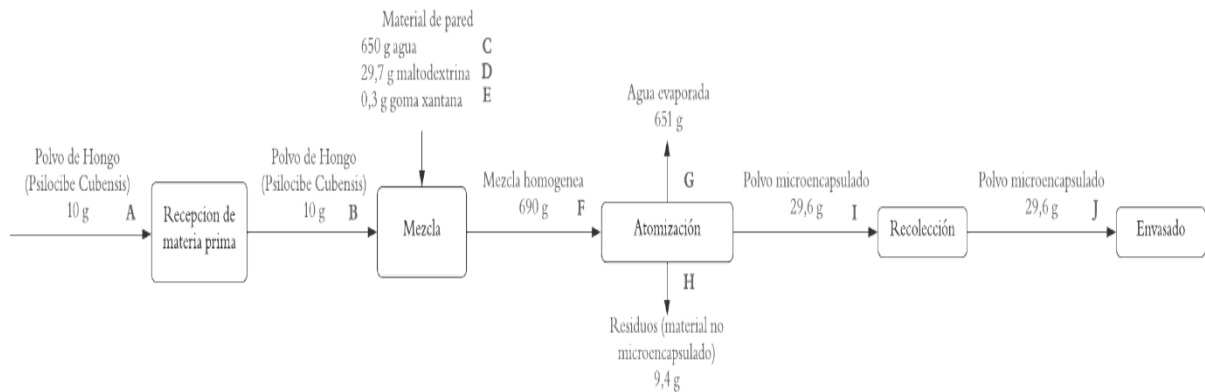
Obtención de polvo microencapsulado a base de hongo Psilocybe

Cubensis var, Ecuador por el método de secado por aspersión.

1. Recepción	2. Selección	3. Lavado	4. Pesaje
			
5. Secado	6. Molienda	7. Estandarizado	8. Homogenización
			
9. Atomización	10. Recolección	11. Envasado	12. Almacenado
			

Anexo 5

Balance de materia del polvo microencapsulado de hongo de *Psilocybe Cubensis* var, Ecuador.



Balance general de materia

$$A = B + C + D + E$$

$$690 \text{ g} = 10 \text{ g} + 650 \text{ g} + 29,7 \text{ g} + 0,3 \text{ g}$$

$$690 \text{ g} = 690 \text{ g}$$

Balance en la recepción de la muestra de hongo de *Psilocybe Cubensis*

$$A = B$$

$$10 \text{ g} = 10 \text{ g}$$

Balance en la mezcla (licuadora industrial)

$$B + C + D + E = F$$

$$10 \text{ g} + 650 \text{ g} + 29,7 \text{ g} + 0,3 \text{ g} = 690 \text{ g}$$

$$690 \text{ g} = 690 \text{ g}$$

Balance en secado por aspersión (Spray Dray)

$$F = G + H + I$$

$$690 \text{ g} = 651 \text{ g} + 9,4 \text{ g} + 29,6 \text{ g}$$

$$690 \text{ g} = 690 \text{ g}$$

Balance en la recolección



$$I = J$$

$$29,6 \text{ g} = 29,6 \text{ g}$$

Anexo 6



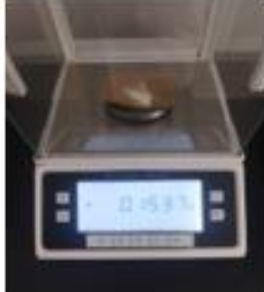









Análisis de la concentración de psilocibina en 3 muestras.

(Microencapsulado optimizado, Materia prima seca y extracto acuoso)

1. Pesaje	2. Tubo de reacción	3. 1.33 ml de solución	4. Extracción 0,33 ml
			
5. Pipeteado 1 ml	6. Adición de 1 ml solución	7. Incubación baño María	8. Preparación del blanco
			
9. Adición de 2 soluciones (blanco)	10. Adición en cubeta (blanco)	11. Encendido del fotómetro	12. Llenado de las muestras en cubetas
			
13. Detección del blanco	14. Calibración	15. Mediciones de las muestras	16. Reporte
			

Anexo 7

Análisis de laboratorio para el extracto (Acidez titulable, pH, humedad, densidad y concentración de psilocibina)

1. Pesaje materia prima	2. Pesaje maltodextrina	3. Pesaje goma xantana	4. Homogenización
			
5. Extracto	6. Acidez titulable	7. pH	8. Humedad de la materia prima
			
9. Humedad en el extracto	10. Concentración de psilocibina	11. Densidad	12. Reportes
			

Anexo 8

Análisis proximales de la muestra microencapsulado optimizado.

	ESTACIÓN EXPERIMENTAL SANTA CATALINA DEPARTAMENTO DE NUTRICIÓN Y CALIDAD LABORATORIO DE SERVICIO DE ANÁLISIS E INVESTIGACIÓN EN ALIMENTOS Panamericana Sur Km. 1. CutuglaguaTlts. 2690891-3007134. Fax 3007134 Casilla postal 17-01-340		MC-LSAIA- 2201 Rev. 10
--	---	--	------------------------------

INFORME DE ENSAYO N°: 26-0004

****NOMBRE DEL PETICIONARIO:** Sr. LUIS RAMIRO VEGA QUIDIGALLI

****INSTITUCIÓN:** UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI

****DIRECCIÓN:** COTOPAXI / LATAJUNGA

****ATENCIÓN:** Sr. LUIS RAMIRO VEGA QUIDIGALLI

FECHA DE EMISIÓN: 2026-01-16

FECHA DE RECEPCIÓN: 2026-01-06

FECHA DE ANÁLISIS: Del 06 al 15 de enero del 2026

HORA DE RECEPCIÓN: 11:00

ANÁLISIS SOLICITADOS: Proximal













RESULTADO DE ANALISIS						
ANÁLISIS	**TIPO DE MUESTRA	CÓDIGO DE LA MUESTRA	MÉTODO INTERNO	METODO DE REFERENCIA	RESULTADO	UNIDAD
HUMEDAD	PoVo de Micro Encapsulado de Hogos Psilocybe	26-0006	MO-LSAIA-01.01	U. FLORIDA 1970	4,31	%
CENIZAS Ω	PoVo de Micro Encapsulado de Hogos Psilocybe	26-0006	MO-LSAIA-01.02	U. FLORIDA 1970	3,35	%
EXTRACTO ETereo (EE) Ω	PoVo de Micro Encapsulado de Hogos Psilocybe	26-0006	MO-LSAIA-01.03	U. FLORIDA 1970	0,65	%
PROTEINA Ω	PoVo de Micro Encapsulado de Hogos Psilocybe	26-0006	MO-LSAIA-01.04	U. FLORIDA 1970	11,67	%
FIBRA Ω	PoVo de Micro Encapsulado de Hogos Psilocybe	26-0006	MO-LSAIA-01.05	U. FLORIDA 1970	2,68	%
ELEMENTOS LIBRES DE NITROGENO E.L.N.	PoVo de Micro Encapsulado de Hogos Psilocybe	26-0006	MO-LSAIA-01.06	U. FLORIDA 1970	81,65	%

OBSERVACIONES: Muestra entregada por el cliente. La toma de muestra no es responsabilidad del laboratorio, le corresponde al cliente. Los ensayos marcados con (Ω) se reportan en base seca. Este documento no puede ser reproducido ni total ni parcialmente sin la aprobación escrita del laboratorio. Los resultados arriba indicados solo están relacionados con la muestra sometida a ensayo que se detalla en este documento tal como se recibió. El laboratorio se responsabiliza de toda la información suministrada en el informe, excepto cuando la información la suministra el cliente. **NOTA DE DESCARGO:** Si el lector de este correo electrónico no es el destinatario del mismo, se le notifica que cualquier copia o distribución de este se encuentra totalmente prohibido. Si usted ha recibido este informe de ensayo por error, por favor notifique inmediatamente al remitente por este mismo medio y elimine la información. De igual manera, la información entregada por el cliente, generada durante las actividades del laboratorio e información contenida en este informe es de carácter confidencial, está dirigida únicamente al destinatario de la misma y solo podrá ser usada por éste. Los datos marcados con ** son suministrados por cliente, el laboratorio no se responsabiliza por esta información.

RESPONSABLES DEL INFORME	
Nombre	Dr. Iván Samaniego PND
Cargo	RESPONSABLE DNC
Firma	
Fecha	2026-01-16

Anexo 9

Análisis microbiológicos de la muestra microencapsulado optimizado.

1. Blanco aerobios totales	2. MH1	3. MH2	4. MH3
			
5. Blanco E. Coli	6. MH1	7. MH2	8. MH3
			
9. Blanco mohos y levaduras	10. MH1	11. MH2	12. MH3
			

Anexo 10

Matriz experimental para la optimización del polvo microencapsulado de hongo Psilocybe Cubensis var, Ecuador

# Corrida	TAE (°C)	VFA (mL/h)	Rendimiento (%)	Concentración de psilocibina (mg/g)	Humedad (%)
1	150	600	73,41	2,68	7,63
2	140	700	73,73	1,24	7,46
3	150	600	73,41	2,68	7,63
4	160	700	70,23	0,33	7,97
5	160	600	72,97	2,71	6,94
6	150	500	73,31	1,61	6,32
7	150	700	70,36	0,96	7,24
8	140	600	71,25	2,65	7,13
9	140	500	70,95	0,16	7,65
10	160	500	77,71	2,12	5,12

Anexo 11

Análisis microbiológicos del micro encapsulado optimizado

	REGISTRO DE CONTROL	ASEGURAMIENTO CALIDAD
	CERTIFICADO DE CALIDAD	CÓDIGO: RC-ASCC-004 VERSIÓN: 07 FECHA DE VIGENCIA: ENERO 2026 PÁGINA: 1 de 1

Fecha de Emisión: 19-01-2026

Aseguramiento y Control de la Calidad de DLIP INDUSTRIAL DLIPINDUSTRIAL S.A certifica que el producto analizado MICROENCAPSULADO DE HONGO PSILOCYBE CUBENSIS, bajo las condiciones establecidas en el presente estudio, cumple con las especificaciones de calidad indicadas a continuación:

Descripción del Producto: Microencapsulado de hongo psilocybe cubensis
Notificación Sanitaria N°/Código BPM: N/A

	Requisitos de Calidad:	Límite de Aceptación:	Resultados:	Método de Ensayo:
Microbiológicos:	Recuento total de Aerobios (UFC/g)	NA	-	INS-ASCC-005
	Recuento de Enterobacterias (UFC/g)	NA	-	INS-ASCC-006
	Recuento de Mohos y Levaduras (UFC/g)	≤ 10 ⁵	< 10 ⁵	INS-ASCC-007
	Recuento de <i>Staphylococcus aureus</i> (UFC/g)	NA	-	INS-ASCC-008
	Recuento de <i>Escherichia coli</i> (UFC/g)	ND	ND	INS-ASCC-009
	Detección de <i>Salmonella</i> (25 gr)	ND	ND	INS-ASCC-010

El presente documento certifica la aptitud para consumo y uso humano, así como también la calidad alimenticia del producto.
DLIP INDUSTRIAL S.A es una empresa certificada con Buenas Prácticas de Manufactura (BPM), con la NORMA ISO 22000:2018 y HACCP bajo la NORMA NTC 5830.
La Empresa se basa en las Normativas del Instituto Ecuatoriano de Normalización – INEN.
La información entregada en este documento es obtenida a través de ensayos realizados en nuestro laboratorio.
Debido a que la empresa se basa en las Normativas del INEN (Instituto Ecuatoriano de Normalización) y al no existir una específica para parámetros microbiológicos para mezclas en polvo para preparar bebidas, se toma como referencia base los requisitos microbiológicos para "COMPLEMENTOS NUTRICIONALES. REQUISITOS NTE INEN 2983:2016 – CLASIFICACIÓN TIPO III"

Producto Conforme: Producto No Conforme:



Av. Naciones Unidas 1084 y Av. Francisco
Caj. Pasarela Torre 10, Piso 7-05, 11-2.
Teléfono: +593 2 502 5077 / 638
Quito - Ecuador



Panamericana Norte, Número: SIN Interconexión
Km.57, Calle: +593 3 271 2008/211
Lima - Perú



Anexo 12

Manual de uso del Photometro Qtest



- INSTRUCTION MANUAL -

PSILOCYBIN-QTEST BULK REAGENTS (FOR USE WITH QTEST PHOTOMETER)

Precise analysis of the psilocybin concentration
in mushrooms, truffles and extracts

IMPORTANT INFORMATION - READ THIS FIRST!

- Wear protective clothing, gloves, and glasses, and always remember the detection solution contains an acid! Particular care must be taken when pipetting the solution into the cuvettes.
- Use this kit at room temperature (if stored in a refrigerator, let it warm up for one hour first).
- Evaluate the result immediately after the 15-minute development time.
- This kit only works with dried fungal material (solid or powdery substances). It does not work with fresh mushrooms.
- Cautious handling of the semi-blunt needle, and hot water (risk of injury/burn).
- The cuvettes have a small triangle that must point in the direction of the LED light beam.
- Read all the instructions (this one and from the QTest photometer) at least once before beginning the test.

INSTRUCTIONS FOR USE

1. FIELD OF USE

- This test kit is for the experienced user who is aware of the dangers of pipetting acids. To increase the accuracy of the result, we recommend using a 1 ml pipette with ejectable tips, but disposable syringes are also included.
- The Psilocybin QTest totals the amount of both active ingredients (psilocybin and psilocin) in your fungal sample. Although we present the total in terms of psilocybin – only because this is the most well-known alkaloid – the results give you the potency of your mushrooms, including both psilocybin and psilocin.
- With the reagents in this test kit you can perform at least 25 concentration analyses, and there is enough reagent to perform an additional 5 blank measurements.

2. PREPARING FOR THE TEST

Take out all the items from your kit. Along with these instructions, you should have:

- 4 x Protective gloves
- 1 x Big brown plastic vial with a screw cap (40 ml clear extraction solution → **have to be stored cool!**)
- 1 x Vial with the detection solution (30 ml detection solution - slightly yellow)
- 5 x 1 ml Syringe
- 3 x Semi blunt needle
- 25 x Syringe filter tip (Sterifilt)
- 25 x 1.5 ml Reaction tube
- 25 x 2 ml Reaction tube
- 25 x Clear cuvettes

You will also need a milligram scale, a water bath at 176 °F (or a pot to boil water), tweezers (or kitchen tongs), scissors/grinder and either a small funnel or a creased piece of paper to pour the mushroom material into the reaction tube with extraction solution vial carefully.

When testing dried material: Before you begin the test, you must thoroughly homogenize your dried mushroom material. A mortar and pestle for freeze-dried samples, a typical grinder, or even scissors with a 50 ml Falcon tube works best. You don't need to powder the sample, as this will result in clogging the filter much more easily. Then mix the chopped material thoroughly. You will use 50 milligrams (mg) of material for the test. The result will tell you the percentage of psilocybin in 1 gram (g) of the remaining homogenized material (in terms of mg/g).

When testing extracts: Extracts are usually more concentrated. To ensure that the color result of the test still fits within the linear range of the Psilocybin QTest, you have to reduce the amount of starting material accordingly. Before testing homogenize your substance. Typically, methanol extracts are triple concentrated, so if you have a crude extract, we recommend dividing the amount you use for the test by factor three (~16,7 mg), or diluting your extract in extraction solution and using just a portion. If the extract is considerably more concentrated, reduce the initial quantity accordingly. The extract must be as solvent-free as possible, as this can interfere with the extraction solution. Remember that you have to multiply the result from the photometer in the end by the factor used to obtain the actual result for the remaining sample.

3. PERFORMING THE TEST

3.1



First, wear the enclosed nitrile gloves and wear appropriate protective clothing and safety glasses. If you wear contact lenses, remove them. The vials' liquids contain acids that may cause skin irritation or severe eye damage. If you come in contact with the liquid, remove the affected clothing immediately and rinse the affected skin area with water for several minutes. In case of eye contact, rinse the affected eye with running water for several minutes. (Keep pets, especially cats, away from the testing area.)

3.2



Carefully weigh 50 mg (0.05 g) of your homogenized material using an accurate milligram scale. For concentrated extracts, use a proportionally lower amount.

Note: Check out our store. We have an affordable, accurate, and calibrated scale available that you can trust.

Preheat your water bath to 167 °F (80 °C) or around ~1 liter of water (about four cups) in a pot on the stove or a kettle. When the water boils, turn off the stove.

3.3



Open the 2 ml plastic reaction tube and pipet 1.33 ml extraction solution into it (if you are using the syringe, you have to do it in two steps first 1 ml and then 0.33 ml). Then carefully pour in your mushroom material using a small funnel or creased piece of paper. Put the lid back on tightly and shake the reaction tube for approximately 30 seconds. Then, put the vial down and wait for 10 minutes. Repeat the shaking process twice during this waiting period, once at about 3 minutes and again at around 7 minutes. If the material sticks on the top, shake it more often while waiting.

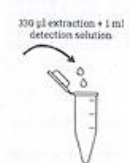
3.4



If you have a centrifuge, you can also centrifuge off the biomass and use the particle-free supernatant. If not then unpack the syringe and the syringe filter tip. Attach the filter tip closely to the syringe. Open your plastic reaction tube and insert the filter tip (make sure to insert the round filter as straight and tight as possible into the 2 ml tube). The filter should be able to be pushed just a little way into the reaction vessel and seal it completely. Now you can turn the reaction vessel upside down, pull the syringe plunger completely, and hold it there. This will create negative pressure, and the syringe will slowly fill with liquid, you will just need 0.33 ml for the next step. But we recommend drawing up about 0.5 ml (if the filter clogs, you can clean it carefully and try again).

Remove the syringe from the plastic tube. Also, detach the sterile filter from the syringe and gently tap the syringe with your fingernail while holding it upright. In this way, any air bubbles will rise and you can carefully push out as much extraction solution until exactly 0.33 ml remains in the syringe without air bubbles. The most accurate way to do this is to use a pipette, if you don't have one then follow our instructions as closely as possible.

3.5



Pipet 0.33 ml (330 µl) of the filtered extraction solution into the smaller 1.5 ml reaction tube using a pipet for more accuracy or try to be as accurate as possible with the syringe. Add 1 ml of the detection solution and close the reaction tube. Mix the liquids by inverting the tube several times.

NOTE: The liquid in the reaction tube may now be greenish. This color change indicates the presence of psilocin in the sample but does not provide a quantitative result. You still need to incubate the tube in hot water.

PREPARE A CONTROL BLANK: Scientifically correct at this point would always be to additionally prepare a reaction tube with pure extraction solution and detection solution, which is then also incubated in a water bath and which you can later use as a blank measurement in the photometer.

3.6



Incubate the samples at 176 °F (80 °C) for 15 minutes in a water bath or a pot/kettle. The reaction tubes should be quite full and therefore swimming upright on top of the water, if you have you can use a floating rack.

Note: To heat up some water, remove the pot from the heat source, turn off the stove, and wait for 5 minutes. If using a pot/kettle ensure the water is no longer boiling. Too high temperatures lead to an increase in the measurement results and should be strictly avoided.

3.7



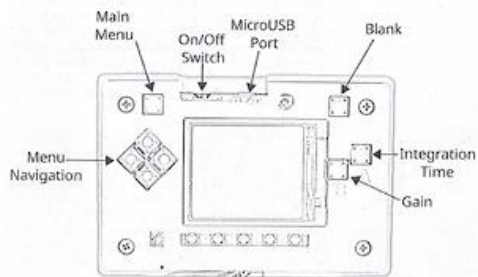
The solution in the tube will start to change color. After 15 minutes, carefully remove the floating tube from the water bath. After a few minutes, the tubes will be cool enough to handle. In the meantime start your photometer, select the psilocybin detection method, and let the LED equilibrate for at least 5 minutes. Now you can open the reaction tube and pipet the whole solution into one cuvette. Start with blanking the photometer by using your control blank or prepare a fresh one (pipet 0.33 ml of fresh extraction solution into 1 ml of detection solution).

3.8

RESULTS: The corresponding concentration of psilocybin/psilocin is listed as milligrams per gram of material (mg/g). This concentration applies to your remaining homogenized material.

For extracts, you need to multiply the number you read on the photometer by the same factor that you reduced your starting material at the beginning of the process. For example, if you tested a 3X extract and reduced your starting material by a factor of three, you must multiply by three to obtain the correct result. Similarly, if you tested a 10X extract (using 5 mg), you must multiply by ten.

4. SHORT INSTRUCTIONS QTEST PHOTOMETER



First Steps:

- Read the "Read Me" instructions that you can find at the photometer section in our webshop (connect it to the computer).
- Switch on the photometer.
- The intro splash screen appears followed by the default absorbance screen.
- Press the top left button to enter the menu and use the cluster of 4 buttons on the left-hand side to navigate "←→" the menu.
- To select a mode (e.g., transmission) press the right "→" button in the cluster.
- Press the top left button to go back to the menu at any time.
- Select the psilocybin measurement using the menu navigation.
- Let the LEDs warm up!
- Before starting a measurement, you need to blank (aka "zero" or "calibrate") the colorimeter. This sets the measurement background against which your sample is compared. Place the blank sample in the cuvette holder. Place the black light-blocking cover over the cuvette holder (the face marked triangle pointing downwards should be positioned parallel to the photometer screen, and ensure that it is pointing toward you).
- Place the black light-blocking cover over the cuvette holder.
- Press the top right Blank button. You should see a flashing "Blanking" line on the screen.
- Once the blanking has finished, place your sample in and record the concentration value.
- Now several samples can be measured one after another without needing to press a new button.
- Do not allow acid to drip onto the photometer, especially the optics. Work cleanly!

SIGNAL CHAT AND FREQUENTLY ASKED QUESTIONS

Check our FAQ Section at our <https://www.miraculix-lab.de/en/faq-photometer>



For assistance in evaluation, especially with the photometer, join our Photometer Signal Chat (quick Q&A with us and other photometer users!).



5. LIMITATIONS

- The Psilocybin QTest was developed to enable the most linear and accurate concentration determination of psilocybin/psilocin. Even norbaeocystin and baecocystin do not show false positives. As the test is also incredibly sensitive, weak false positive reactions can occur with fungal material that does not contain psilocybin. The cross-reaction is most likely a false positive reaction to reactive indole. So when testing wild mushrooms, correlate your possibly weak concentration result with the morphology of your mushrooms and make sure they are psilocybin-containing mushrooms.
- Mushrooms collected in the wild can always be so-called doubles. This is especially dangerous for the poisonous *Galerina marginata*. A positive concentration result does not exclude the possibility that the homogenized quantity also contains other, potentially deadly poisonous mushrooms.
- Sources of potential inaccuracies in concentration results: samples were boiled under additional heat and not just incubated in hot water will result in a higher concentration result (nearly black), inaccurate weighing (scale not accurate), variations in the amount of extraction liquid added, expired/discoleored detection reagents, not all Psilocybin/Psilocin was extracted due to short extraction time, too short or too long incubation time, non-representative sample tested (homogenized quantity too small or insufficiently homogenized).

6. STORAGE AND SHELF LIFE

Store the reagents in the refrigerator (35 - 45 °F) and out of direct sunlight for a shelf life of at least 18 months after production. Especially the extraction solution should be stored always cooled. Taking aliquots of the extraction solution directly in the tubes increases stability, because the whole solution does not have to be taken out of the refrigerator several times. The extraction liquid may turn slightly yellow over time. That's okay, it is still usable.

7. WARNINGS

- Pay attention to the warnings on the zip bag. Always keep the detection solution in this bag even after use.
- The test kit must always be kept away from children and animals.
- When using the test kit, suitable gloves, protective clothing, and face/eye protection must be worn.
- If you wear contact lenses, remove them before use.
- All delivered materials and liquids should not be ingested or inhaled.
- The included liquids in the test kit contain various acids that can cause skin irritation or severe eye damage/irritation. Skin, eyes, mouth, or clothing contact should be avoided.
- If contact occurs with the above-mentioned areas, remove the relevant clothing immediately. Rinse or flush affected skin areas immediately with plenty of water for several minutes.
- In case of contact with the eyes, rinse them immediately with plenty of water for several minutes.
- Cautious handling of the semi-blunt needle and hot water (risk of injury/burn).

8. DISCLAIMERS

- Miraculix QTests are to be used only for research purposes and to quantify unknown substances.
- Your sample could be adulterated with one or more unknown substances that cross-react with the reagents, affecting the quantitative result.
- The result does not mean your sample is safe to consume. It could still contain unwanted substances and impurities that can be harmful or even deadly.
- The result does not serve as an identification for the mushroom species. Psilocybin mushrooms can have a similar appearance to poisonous mushrooms. Mushrooms that do not contain psilocybin could cross-react with the reagents and produce minor stainings. This is a false positive reaction presumably to reactive indole.
- Miraculix assumes no responsibility for using or misusing the test kit or the results.
- Samples processed with the test kit are not to be consumed.
- Patent pending technology.

Anexo 13

Aval de Traducción

AVAL DE TRADUCCIÓN - PROFESIONAL EXTERNO

Yo Veintimilla Amores Carmen Yesenia con cédula de identidad número: 0503125882, Licenciada en Ciencias de la Educación Mención Inglés con número de registro de la SENESCYT No. 1031-2018-2010793; **CERTIFICO** haber revisado y aprobado la traducción al idioma Inglés del resumen del trabajo de investigación con el título: **“DESARROLLO DE UN MICROENCAPSULADO A BASE DE HONGO (*Psilocybe Cubensis* var. Ecuador) POR EL MÉTODO DE SECADO POR ASPERSIÓN”** de: Soto Aguinda Alexis Jair y Vega Quindigalli Luis Ramiro de la carrera de Agroindustria, perteneciente a la Facultad de Ciencias Agropecuarias y Recursos Naturales.

En virtud de lo expuesto y para constancia de lo mismo se registra la firma respectiva.

Latacunga, 24 de febrero del 2026



Carmen Yesenia Veintimilla Amores

C.I: 0503125882

Email: veintimillaamorescarmenyesenia@yahoo.es

Contacto: 0984504822