



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI
FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS Y RECURSOS
NATURALES
CARRERA DE INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL

PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

Título:

**“ELABORACIÓN DE UN MICROENCAPSULADO DEL
EXTRACTO DE TZINZO (*Tagetes minuta*) MEDIANTE EL
MÉTODO DE SECADO POR ASPERSIÓN”**

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

Autoras:

Rodríguez Andachi Evelin Abigail
Shiguango Chanaluisa Sadia Maricela

Tutor:

Cevallos Carvajal Edwin Ramiro, Ing. Mg.

LATACUNGA – ECUADOR

Agosto 2022

DECLARACIÓN DE AUTORÍA

Rodríguez Andachi Evelin Abigail, con cédula de ciudadanía No. 1208491256 y Shiguango Chanaluisa Sadia Maricela, con cédula de ciudadanía No. 2200230163, declaramos ser autoras del presente proyecto de investigación: “ELABORACIÓN DE UN MICROENCAPSULADO DEL EXTRACTO DE TZINZO (*Tagetes minuta*) MEDIANTE EL MÉTODO DE SECADO POR ASPERSIÓN”, siendo el Ingeniero Mg. Edwin Ramiro Cevallos Carvajal, Tutor 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, 22 de agosto del 2022

Evelin Abigail Rodríguez Andachi
Estudiante
CC: 1208491256

Sadia Maricela Shiguango Chanaluisa
Estudiante
CC: 2200230163

Ing. Edwin Cevallos Carvajal, Mg.
Docente Tutor
CC: 0501864854

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 **RODRIGUEZ ANDACHI EVELIN ABIGAIL** identificada con cédula de ciudadanía 1208491256 de estado civil soltera, a quien en lo sucesivo se denominará **LA CEDENTE**, de otra parte, el Ph.D. Cristian Fabricio Tinajero Jiménez, en calidad de Rector, 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. - **LA CEDENTE** es una persona natural estudiante de la carrera de Ingeniería Agroindustrial, titular de los derechos patrimoniales y morales sobre el trabajo de grado “Elaboración de un microencapsulado del extracto de Tzinzo (*Tagetes minuta*) mediante 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 2016 - marzo 2017

Finalización de la carrera: abril – agosto 2022

Aprobación en Consejo Directivo: 3 de junio del 2022

Tutor: Ingeniero Mg. Edwin Ramiro Cevallos Carvajal

Tema: “ELABORACIÓN DE UN MICROENCAPSULADO DEL EXTRACTO DE TZINZO (*Tagetes minuta*) MEDIANTE 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, **LA 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 **LA 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 **LA 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 **LA 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 **LA CEDENTE** en forma escrita.

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

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

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

En señal de conformidad las partes suscriben este documento en dos ejemplares de igual valor y tenor en la ciudad de Latacunga, a los 22 días del mes de agosto del 2022.

Evelin Abigail Rodríguez Andachi

Ph.D. Cristian Fabricio Tinajero Jiménez

LA 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 **SHIGUANGO CHANALUISA SADIA MARICELA**, identificada con cédula de ciudadanía 2200230163 de estado civil soltera, a quien en lo sucesivo se denominará **LA CEDENTE** y, de otra parte, el Ph.D. Cristian Fabricio Tinajero Jiménez, en calidad de Rector, 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. - **LA CEDENTE** es una persona natural estudiante de la carrera de Ingeniería Agroindustrial, titular de los derechos patrimoniales y morales sobre el trabajo de grado “Elaboración de un microencapsulado del extracto de Tzinzo (*Tagetes minuta*) mediante 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 2016 - marzo 2017

Finalización de la carrera: abril – agosto 2022

Aprobación en Consejo Directivo: 3 de junio del 2022

Tutor: Ingeniero Mg. Edwin Ramiro Cevallos Carvajal

Tema: “ELABORACIÓN DE UN MICROENCAPSULADO DEL EXTRACTO DE TZINZO (*Tagetes minuta*) MEDIANTE 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, **LA 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 **LA 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:

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.

La publicación del trabajo de grado.

La traducción, adaptación, arreglo u otra transformación del trabajo de grado con fines académicos y de consulta.

La importación al territorio nacional de copias del trabajo de grado hechas sin autorización del titular del derecho por cualquier medio incluyendo mediante transmisión.

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 **LA 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 **LA 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 **LA CEDENTE** en forma escrita.

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

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

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

En señal de conformidad las partes suscriben este documento en dos ejemplares de igual valor y tenor en la ciudad de Latacunga, a los 22 días del mes de agosto del 2022.

Sadia Maricela Shiguango Chanaluisa

Ing. Cristian Fabricio Tinajero Jiménez, Ph.D.

LA CEDENTE

LA CESIONARIA

AVAL DEL TUTOR EL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

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

“ELABORACIÓN DE UN MICROENCAPSULADO DEL EXTRACTO DE TZINZO (*Tagetes minuta*) MEDIANTE EL MÉTODO DE SECADO POR ASPERSIÓN”, de Rodríguez Andachi Evelin Abigail y Shiguango Chanaluisa Sadia Maricela, de la carrera de Ingeniería Agroindustrial, considero que el presente trabajo investigativo es merecedor del Aval de aprobación al cumplir las normas, técnicas y formatos previstos, así como también ha incorporado las observaciones y recomendaciones propuestas en la Pre defensa.

Latacunga, 22 de agosto del 2022

Ing. Edwin Ramiro Cevallos Carvajal, Mg.

DOCENTE TUTOR

CC: 0501864854

AVAL DE LOS LECTORES DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

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, las postulantes: Rodríguez Andachi Evelin Abigail y Shiguango Chanaluisa Sadia Maricela, con el título del Proyecto de Investigación: **“ELABORACIÓN DE UN MICROENCAPSULADO DEL EXTRACTO DE TZINZO (*Tagetes minuta*) MEDIANTE 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 realizar los empastados correspondientes, según la normativa institucional.

Latacunga, 22 de agosto del 2022

Lector 1 (Presidente)

Ing. Hernán Patricio Bastidas Pacheco, MSc.

CC: 0501886261

Lector 2

Quim. Jaime Orlando Rojas Molina, Mg.

CC: 0502645435

Lector 3

Ing. Ana Maricela Trávez Castellano, Mg.

CC: 0502270937

AGRADECIMIENTO

Agradezco a la Universidad Técnica de Cotopaxi por haberme abierto las puertas de la Facultad de Caren, a los docentes de la Carrera de Ingeniería Agroindustrial quienes me inculcaron sus conocimientos y valores, en especial a mi tutor Ing. Edwin Cevallos y al Químico Orlando Rojas quienes formaron parte de este proceso con su enseñanza y colaboración permitiendo el desarrollo de este trabajo, a mis amigos, que, en cada momento, en cada conversación, compartimos alegrías y tristezas, victorias y a veces caídas, pero que todas han servido para seguir construyendo, seguir formando nuestro carácter profesional. A Dios por permitirme disfrutar de lo maravillo de la vida, por darme fuerza para levantarme de todas las caídas, por ser el aliento cuando más lo necesité.

A todos infinitas gracias.

Rodríguez Andachi Evelin Abigail

AGRADECIMIENTO

A los docentes de Ingeniería Agroindustrial de la Universidad Técnica de Cotopaxi, por haber compartido sus valiosos conocimientos, quienes hicieron que pueda crecer día a día como profesional, gracias a cada uno por su paciencia y dedicación, en especial a mi tutor Ing. Edwin Cevallos, quien con sus conocimientos y experiencias me guió a través de cada una de las etapas de este proyecto para alcanzar los resultados que esperaba. Por supuesto, también agradezco al Quím. Orlando Rojas, quien formó parte de este proceso con su conocimiento, enseñanza y colaboración permitiendo el desarrollo práctico de este trabajo. Agradezco a Dios por haberme otorgado una familia maravillosa, quienes han creído en mí, dándome ejemplo de superación, humildad y sacrificio; enseñándome a valorar todo lo que tengo, son lo más importante en mi vida, gracias por su apoyo incondicional en los buenos y peores momentos que ha sido fundamental para mi desarrollo personal y académico.

Shiguango Chanaluisa Sadia Maricela

DEDICATORIA

A Jesucristo, mi más grande amor e inspiración; contigo todo, sin ti nada, con tu gracia me basta.

A la memoria de mi abuelo Isaías Isaac Rodríguez Puente, por enseñarme con su amor de padre a ser una guerrera de la vida. A Milton y Rosita, mis padres, quienes estuvieron siempre pendiente sin importar la hora y dar su voto de confianza para alcanzar un peldaño profesional más de los tantos trazados en mi vida. A Paola, Anabel y Maykel, mis hermanos; y, Daniel, mi cuñado, que con sus palabras de aliento me dieron fortaleza para alcanzar el objetivo trazado. A Yarita y todos los ángeles que se presentaron en mi camino, quienes con su presencia sentí la energía suficiente y me guiaron en el camino que decidí para mi vida profesional.

Evelin

DEDICATORIA

A mis padres Vidal y Martha, quienes con su amor, paciencia y sacrificio en todos estos años me han permitido llegar a cumplir un sueño más, sin su apoyo constante e incondicional en todo ámbito de mi vida, nada de esto fuera posible.

A mis hermanas Karen, Yuri, Rosa y a mi hermano Nelson por ser mi compañía, apoyo moral y soporte a lo largo de mi vida.

A mis sobrinas Analía y Maely que han sido mi fuerza y mi motivación en todo mi proceso académico.

A todos ellos dedico el presente trabajo, porque han fomentado en mí, el deseo de superación y de triunfo en la vida.

Sadia

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI
FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS Y RECURSOS NATURALES

TÍTULO: “ELABORACIÓN DE UN MICROENCAPSULADO DEL EXTRACTO DE TZINZO (*Tagetes minuta*) MEDIANTE EL MÉTODO DE SECADO POR ASPERSIÓN”.

AUTORAS: Rodríguez Andachi Evelin Abigail
Shiguango Chanaluisa Sadia Maricela

RESUMEN

La presente investigación, tuvo como objetivo elaborar un microencapsulado de extracto de Tzinzo (*Tagetes minuta*) mediante el método de secado por aspersión (Spray drying), utilizando goma arábica y maltodextrina como material encapsulante. Para el diseño y procesamiento de la información se utilizó el programa Design Expert 8.0.6. mediante un diseño de superficie respuesta IV óptimo de 13 corridas experimentales siendo los factores de control la temperatura de entrada de aire (TAE) de 130 a 150 °C y velocidad de flujo de alimentación (VFA) de 500 ml/h a 700 ml/h. Los datos obtenidos en el proceso de optimización numérica, mostraron las condiciones óptimas a 150°C y 500 ml/h, donde se obtuvo un rendimiento de 91,9%, 89,2% de eficacia y 2,11% de humedad. Además, se caracterizó la corrida óptima donde se obtuvo valores de pH 5,3, densidad aparente 0,0254g/ml, densidad compacta 0,0489 g/ml, acidez titulable 0,18% m/m ácido cítrico, capacidad antioxidante reductor de hierro 829,89 ($\mu\text{M Fe}^{2+}/\text{g}$ muestra), índice de Carr 15,724, índice de Hausner 0,3889, ángulo de reposo 33,27, higroscopicidad 8,824 %, y solubilidad 22,47%, microscopía con un tamaño de partículas de 6,71 a 100 μm , no presentaron grietas, ni fisuras aparentes, el microencapsulado posee una alta capacidad antioxidante permitiendo así la formación de un polvo óptimo.

Palabras clave: tzinzo, microencapsulado, aspersión, spray dryer, optimización, higroscopicidad.

TECHNICAL UNIVERSITY OF COTOPAXI

FACULTY OF AGRICULTURAL SCIENCE AND NATURAL RESOURCES

THEME: “ELABORATION OF A MICROENCAPSULATION OF THE EXTRACT OF TZINZO (*Tagetes minuta*) THROUGH THE SPRAY DRYING METHOD”

AUTHORS: Rodríguez Andachi Evelin Abigail

Shiguango Chanaluisa Sadia Maricela

ABSTRACT

The objective of this research was to elaborate a microencapsulated extract of Tzinzo (*Tagetes minuta*) through the spray drying method, using gum arabic and maltodextrin as encapsulating material. For the design and processing of the information, the Design Expert 8.0.6 program was used. Through an optimal IV response surface design, 13 experimental runs were carried out, the control factors being the air inlet temperature (ART) from 130 to 150 °C and the feed flow rate (VFA) from 500 ml/h to 700 ml/h. The data obtained in the numerical optimization process showed the optimal conditions at 150°C and 500 ml/h, where a yield of 91.9%, 89.2% efficiency and 2.11% humidity were obtained. In addition, the optimal run was characterized, obtaining values of pH 5.3, apparent density 0.0254g/ml, compact density 0.0489 g/ml, titratable acidity 0.18% m/m citric acid, antioxidant capacity reducing iron 829.89 ($\mu\text{M Fe}^{2+}/\text{g}$ sample), Carr index 15.724, Hausner index 0.3889, angle of repose 33.27, hygroscopicity 8.824%, and solubility 22.47%, microscopy with a particle size of 6, 71 to 100 μm , they did not present cracks or apparent fissures, the microencapsulated has a high antioxidant capacity thus allowing the formation of an optimal powder.

Keywords: tzinzo, microencapsulation, aspersion, spray dryer, optimization, hygroscopicity.

ÍNDICE DE CONTENIDO

DECLARACIÓN DE AUTORÍA	ii
CONTRATO DE CESIÓN NO EXCLUSIVA DE DERECHOS DE AUTOR.....	iii
CONTRATO DE CESIÓN NO EXCLUSIVA DE DERECHOS DE AUTOR.....	vi
AVAL DEL TUTOR EL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN	ix
AVAL DE LOS LECTORES DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN	x
AGRADECIMIENTO	xi
AGRADECIMIENTO	xii
DEDICATORIA	xiii
DEDICATORIA	xiv
RESUMEN.....	xv
ABSTRACT.....	xvi
ÍNDICE DE CONTENIDO	xvii
ÍNDICE DE TABLAS.....	xx
ÍNDICE DE FIGURAS	xxi
ÍNDICE DE ANEXOS	xxii
1. INFORMACIÓN GENERAL.....	1
2. JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO	2
3. BENEFICIARIOS DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN	2
3.1. Beneficiarios Directos	2
3.2. Beneficiarios Indirectos.....	3
4. EL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN	3
5. OBJETIVOS	4
5.1. Objetivo General.....	4
5.2. Objetivos Específicos.....	4
6. ACTIVIDADES Y SISTEMA DE TAREAS EN RELACIÓN A LOS OBJETIVOS PLANTEADOS.....	6
7. FUNDAMENTACIÓN CIENTÍFICA TÉCNICA.....	8
7.1. Antecedentes	8
7.2. Fundamentación teórica	10

7.2.1.	Historia del Tzinzo (<i>Tagetes minuta</i>)	10
7.2.2.	Descripción general del Tzinzo (<i>Tagetes minuta</i>).	11
7.2.3.	Clasificación Taxonómica del Tzinzo (<i>Tagetes minuta</i>).	11
7.2.4.	Composición química del Tzinzo (<i>Tagetes minuta</i>).	12
7.2.5.	Composición química de la hoja de Tzinzo (<i>Tagetes minuta</i>).	12
7.2.6.	Composición química de la especie <i>Tagetes minuta</i>	12
7.2.7.	Extracto hidroalcohólico.	15
7.2.8.	Maltodextrina.	15
7.2.9.	Goma Arábica.	15
7.2.10.	Capacidad antioxidante.	15
7.2.11.	Microencapsulación.	16
7.2.12.	Microencapsulación mediante secado por aspersión.	21
8.	VALIDACIÓN DE LAS PREGUNTAS CIENTÍFICAS O HIPÓTESIS.	24
8.1.	Hipotesis Nula	24
8.2.	Hipotesis Alternativa.	24
9.	METODOLOGÍA / DISEÑO EXPERIMENTAL	25
9.1.	Tipos de investigación.	25
9.1.1.	Investigación cuantitativa.	25
9.1.2.	Investigación descriptiva.	25
9.1.3.	Investigación bibliográfica.	25
9.1.4.	Investigación experimental	25
9.2.	Técnicas de investigación.	25
9.2.1.	Observación.	25
9.2.2.	Pruebas de laboratorio.	26
9.3.	Diseño Experimental	26
9.3.1.	Descripción del diseño experimental.	26
9.3.2.	Tabla de variables.	26

9.4.	Materiales y Equipos.....	27
9.4.1.	Materia prima, equipos, materiales de laboratorio, reactivos, otros materiales.....	27
9.5.	Metodología	29
9.5.1.	Metodología de la Extracción de los componentes bioactivos del Tzinzo.	29
9.5.2.	Metodología de Extracción hidroalcohólica de la planta.	29
9.5.3.	Metodología de Eliminación del disolvente alcohólico del extracto.	29
9.5.4.	Caracterización del extracto acuoso del Tzinzo.	30
9.5.5.	Optimización del proceso de microencapsulación.....	30
9.5.6.	Caracterización del microencapsulado optimizado.....	32
9.5.7.	Diagrama de Flujo de proceso.....	35
10.	ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS	36
10.1.	Extracción de los componentes bioactivos de Tzinzo.....	36
10.1.	Caracterización del extracto acuoso del Tzinzo	36
10.2.	Optimización del proceso de microencapsulación.....	37
10.2.1.	Evaluación del modelo para la humedad.	41
10.2.2.	Eficacia de la microencapsulación.	44
10.2.3.	Capacidad antioxidante.	45
10.3.	Caracterización del microencapsulado óptimo.....	49
10.3.1.	Determinación de densidad aparente.	49
10.3.2.	Determinación de densidad compacta.	50
10.3.3.	Determinación de Índice de Carr, índice de Hausner y Ángulo de reposo.	50
10.3.4.	Determinación de higroscopicidad y solubilidad.....	52
10.3.5.	Caracterización morfológica del microencapsulado por microscopía electrónica de barrido (MEB).	53
11.	IMPACTOS (técnicos, sociales, ambientales)	55
12.	PRESUPUESTO.....	56

13. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	58
13.1. Conclusiones	58
13.2. Recomendaciones	59
14. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	60
15. ANEXOS	71

ÍNDICE DE TABLAS

<i>Tabla 1. Actividades relacionadas con los objetivos planteados.....</i>	<i>6</i>
<i>Tabla 2. Descripción del Tzinzo (Tagetes minuta)</i>	<i>11</i>
<i>Tabla 3. Taxonomía del Tzinzo (Tagetes minuta).....</i>	<i>12</i>
<i>Tabla 4. Composición química del Tzinzo (Tagetes minuta).....</i>	<i>14</i>
<i>Tabla 5. Descripción de los métodos químicos de microencapsulación.....</i>	<i>20</i>
<i>Tabla 6. Descripción de los métodos físicos de microencapsulación.....</i>	<i>20</i>
<i>Tabla 7. Variables de la investigación.....</i>	<i>26</i>
<i>Tabla 8. Diseño experimental</i>	<i>27</i>
<i>Tabla 9. Descripción de las corridas.....</i>	<i>27</i>
<i>Tabla 10. Cantidad por masa y porcentaje de cada emulsión.....</i>	<i>31</i>
<i>Tabla 11. Análisis fisicoquímicos del extracto de tzinzo</i>	<i>36</i>
<i>Tabla 12. Matriz experimental para la microencapsulación del extracto de tzinzo.....</i>	<i>38</i>
<i>Tabla 13. Optimización del proceso de microencapsulado.....</i>	<i>38</i>
<i>Tabla 14. Parámetros del modelo codificado de los indicadores y porcentaje de rendimiento.....</i>	<i>39</i>
<i>Tabla 15. Parámetros del modelo codificado para el porcentaje de humedad.....</i>	<i>42</i>
<i>Tabla 16. Parámetros del modelo codificado para el contenido para la eficacia de encapsulamiento</i>	<i>44</i>
<i>Tabla 17. Parámetros del modelo codificado para el contenido para la capacidad antioxidante.....</i>	<i>46</i>
<i>Tabla 18. Caracterización del polvo</i>	<i>49</i>
<i>Tabla 19. Fluidéz de un polvo según índice de Carr</i>	<i>50</i>
<i>Tabla 20. Propiedades de flujo y sus correspondientes ángulos de reposo.....</i>	<i>51</i>
<i>Tabla 21. Presupuesto</i>	<i>56</i>

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. <i>Tzinzo (Tagetes minuta)</i>	10
Figura 2. <i>Partes de Tzinzo (Tagetes minuta)</i>	11
Figura 3. <i>Estructura de microesferas y microcápsulas</i>	16
Figura 4. <i>Esquema de funcionamiento de un mini spray Dryer Buchi B-290</i>	22
Figura 5. <i>Diagrama de flujo del proceso de microencapsulación</i>	35
Figura 6. <i>Superficie de respuesta para el rendimiento de la microencapsulación</i>	41
Figura 7. <i>Superficie de respuesta para la humedad de las muestras</i>	43
Figura 8. <i>Superficie de respuesta para la eficacia de la microencapsulación</i>	45
Figura 9. <i>superficie de respuesta para la capacidad antioxidante</i>	47
Figura 10. <i>Superficie de respuesta para la optimización del proceso de microencapsulado (Deseabilidad)</i>	48
Figura 11. <i>Micrografías SEM a 750X de la muestra “Tzinzo” (MS-22-0395) - Cuatro áreas diferentes</i>	53
Figura 12. <i>Selección y desojado de materia prima</i>	76
Figura 13. <i>Pesado y secado de las hojas</i>	76
Figura 14. <i>Molienda y empaçado del Tzinzo</i>	76
Figura 15. <i>Macerado y concentración del extracto hidroalcohólico</i>	77
Figura 16. <i>Filtrado y extracción del disolvente hidroalcohólico</i>	77
Figura 17. <i>Medición de pH y °Brix</i>	77
Figura 18. <i>Envasado y empaçado para el proceso de microencapsulado</i>	77
Figura 19. <i>Homogenización de la solución por Ultraturrax</i>	78
Figura 20. <i>Solución homogenizada</i>	78
Figura 21. <i>Proceso de secado por aspersion</i>	78
Figura 22. <i>Producto final del secado por aspersion</i>	78
Figura 23. <i>Determinación de humedad del extracto</i>	79
Figura 24. <i>Determinación de humedad</i>	79
Figura 25. <i>Determinación de polifenoles totales</i>	79
Figura 26. <i>Determinación de densidad aparente y compacta, índice de Carr y Hausner</i> .	80
Figura 27. <i>Determinación de solubilidad</i>	80
Figura 28. <i>Determinación de higroscopicidad</i>	80
Figura 29. <i>Determinación ángulo de reposo</i>	80
Figura 30. <i>Micrografías SEM a 750X</i>	81

ÍNDICE DE ANEXOS

<i>Anexo A. Ubicación geográfica.....</i>	<i>71</i>
<i>Anexo B. Datos de Tutor.....</i>	<i>72</i>
<i>Anexo C. Datos del estudiante 1.....</i>	<i>73</i>
<i>Anexo D. Datos del estudiante 2.....</i>	<i>74</i>
<i>Anexo E. Aval del Traductor.....</i>	<i>75</i>
<i>Anexo F. Evidencia del Microencapsulado del extracto de Tzinzo en la Escuela Politécnica Nacional 82</i>	
<i>Anexo G. Evidencia del análisis de Microscopía Electrónica de barrido (SEM).....</i>	<i>84</i>

1. INFORMACIÓN GENERAL

Título

Elaboración de un microencapsulado del extracto de Tzinzo (*Tagetes Minuta*) mediante el método de secado por aspersión.

Fecha de inicio: abril 2022

Fecha de finalización: agosto 2022

Lugar de ejecución

Barrio: Salache bajo

Parroquia: Eloy Alfaro

Cantón: Latacunga

Provincia: Cotopaxi

Zona: 3

Institución: Universidad Técnica de Cotopaxi

Facultad que auspicia: Ciencias Agropecuarias y Recursos Naturales (CAREN)

Carrera que auspicia: Carrera de Ingeniería Agroindustria

Nombres de equipo de investigadores

Tutor de titulación: Ing. Edwin Ramiro Cevallos Carvajal Mg.

Estudiantes:

Rodríguez Andachi Evelin Abigail

Shiguango Chanaluisa Sadia Maricela

Área de conocimiento

Área: Ingeniería, Industria y Construcción

Subárea: Industria y producción

Línea de investigación**Línea**

Desarrollo y seguridad alimentaria

Sub líneas

Desarrollo de nuevos productos agroindustriales e ingredientes bioactivos para uso alimentario

2. JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO

La microencapsulación se aplica ampliamente en las industrias alimentarias y farmacéuticas para diferentes propósitos, incluida la transmisión controlada de compuestos biológicamente activos (sólidos, líquidos o gaseosos) y a la estabilización de agentes antimicrobianos. El objetivo principal de la microencapsulación es proteger las sustancias bioactivas de las influencias ambientales, especialmente de la humedad, el pH y la oxidación, así como restringir el procesamiento y los cambios químicos o las pérdidas durante el almacenamiento, y sus condiciones ambientales por medio de la aplicación de agentes de pared (maltodextrina y goma arábiga). El secado por aspersión es conocido como uno de los métodos de envasado más populares debido a su bajo costo y capacidad para trabajar con materiales inestables a escala industrial. Con este tipo de aglomeración, la sustancia activa puede disolverse o suspenderse en una solución polimérica, quedando atrapada como moléculas secas (Hernández et al., 2016).

Las especies de Tagetes son un tipo de planta con un amplio espectro de actividades biológicas, en la que se pueden encontrar propiedades medicinales, antioxidantes y antibacterianas contra los microorganismos gramnegativos y positivos, así como propiedades bactericidas, insecticidas y antibacterianas. Se utiliza en muchos países como remedio tradicional para el dolor de estómago, diarrea, vómitos, fiebre, enfermedades de la piel y del hígado (Eras, 2019).

Los extractos acuosos son conocidos ampliamente por aprovechar la versatilidad de las plantas, siendo consumidas comúnmente la mayor parte de la planta, dando como resultado el consumo frecuente en dietas de flavonoides como una clase de metabolitos secundarios polifenólicos que se encuentran en las plantas por medio de la extracción acuosa para su posterior microencapsulado, con el objetivo de conservar sus características organolépticas y bioquímicas (Bakry et al., 2015).

3. BENEFICIARIOS DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

3.1. Beneficiarios Directos

Los beneficiarios directos de este proyecto de investigación son los productores de la parroquia San Buenaventura de la Provincia de Cotopaxi, quienes se dedican a la producción y comercialización de plantas medicinales y productos agrícolas.

3.2. Beneficiarios Indirectos

Los beneficiarios indirectos son las industrias farmacéuticas, que se especializan en la producción de productos medicinales para el tratamiento o prevención de enfermedades, así como también la industria biotecnológica y alimentaria.

4. EL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

El uso de plantas medicinales y la medicina tradicional ha sido destacado por la Organización Mundial de la Salud, en cuanto a su importancia en los sistemas de salud en muchos países en vías de desarrollo, instando a los estados y miembros a hacer estudios de diferentes plantas medicinales utilizadas por los curanderos tradicionales y la población que no cuenta con los recursos suficientes para adquirir fármacos o medicina costosa, por ello recurren a la medicina natural, pues resulta ser más económica y tiene efectos positivos, de manera que se las incluya en la farmacopea nacional.

En nuestro país, no hay suficiente investigación científica sobre las propiedades del Tzinzo (*Tagetes minuta*), dado que es considerada una maleza, por falta de estudios de las propiedades y beneficios de la misma, ya que poseen actividad antibacteriana y otras propiedades de gran importancia. El uso ineficiente de los beneficios y propiedades de las plantas se traduce en un desperdicio, que deberían ser aprovechados por los profesionales de la alimentación o agroindustria y promover en el mercado el consumo de alimentos sanos.

Los aditivos alimentarios son importantes, ya que estos poseen normativas, pero aun así existe la desconfianza en los consumidores por los ciertos riesgos a la salud que pueden presentarse, es por ello que se requiere elaborar el microencapsulado con el propósito de ayudar a que ciertos compuestos, como vitaminas, minerales, saborizantes y otros tipos, utilizados en la composición de un producto resistan al procesamiento, almacenamiento, transporte, comercialización, etc., y así mejorar el sabor, el olor, valor nutricional y apariencia del alimento.

Por lo tanto, se pueden usar técnicas únicas para garantizar la estabilidad de estos componentes funcionales y permitir que sus aplicaciones en los productos de consumo colectivo como actores responsables de evitar la oxidación y la pérdida de las características organolépticas de las plantas. En la industria de alimentos local existe una demanda por parte del público por el enriquecimiento de los alimentos con compuestos funcionales, es por ello que el estudio sugiere la aplicación de microencapsulación a base de maltodextrina y goma arábiga de tal manera que permita conservar los beneficios del Tzinzo, induciendo de esta manera al investigador a implementar nuevos estudios de la planta y su extracto aplicándolos en ámbitos orientados a la inocuidad alimentaria y la salud.

5. OBJETIVOS

5.1. *Objetivo General*

- Elaborar un microencapsulado del extracto de Tzinzo (*Tagetes minuta*) mediante el método de secado por aspersion, utilizando goma arábica y maltodextrina.

5.2. *Objetivos Especificos*

- Caracterizar el extracto acuoso de Tzinzo (*Tagetes minuta*) mediante ensayos fisicoquímicos.
- Optimizar el proceso de secado por aspersion del extracto de Tzinzo (*Tagetes minuta*) en función al rendimiento, humedad y eficacia de la encapsulación.
- Caracterizar el microencapsulado mediante ensayos fisicoquímicos.

6. ACTIVIDADES Y SISTEMA DE TAREAS EN RELACIÓN A LOS OBJETIVOS PLANTEADOS

Tabla 1

Actividades relacionadas con los objetivos planteados (Continuación...)

OBJETIVOS	ACTIVIDAD	RESULTADOS	MEDIOS DE VERIFICACIÓN
Objetivo Específico 1: Caracterizar el extracto acuoso de Tzinzo (<i>Tagetes minuta</i>) mediante ensayos fisicoquímicos.	Desarrollar ensayos fisicoquímicos al extracto acuoso de Tzinzo.	Obtención de las propiedades fisicoquímicas presentes en el extracto acuoso.	Determinación de pH, humedad, sólidos solubles y capacidad antioxidante. (tabla n° 11)
Objetivo Específico 2: Optimizar el proceso de secado por aspersión del extracto de Tzinzo (<i>Tagetes minuta</i>) en función al rendimiento, humedad y eficacia de la encapsulación.	Toma de muestras de polvo para realizar los análisis. – Rendimiento. – Humedad. – Eficacia – Antioxidantes. (FRAP)	Resultado de las propiedades químicas.	Determinación de rendimiento, humedad y eficacia, aplicación de la técnica de FRAP. (tabla n° 12)
Objetivo Específico 3: Caracterizar el microencapsulado mediante ensayos fisicoquímicos.	Realizar análisis fisicoquímicos - pH - Cantidad de sólidos totales - Capacidad antioxidante	Datos de las propiedades fisicoquímicas del microencapsulado.	Determinación de pH, cantidad de sólidos totales, capacidad antioxidante, humedad, densidad aparente y compacta, índice de Car y Hausner, solubilidad, higroscopia, ángulo de reposo

Actividades relacionadas con los objetivos planteados

-
- | | |
|---------------------|--------------------------------|
| - Humedad | (tabla 18) y microscopía |
| - Densidad compacta | electrónica de barrido (figura |
| - Densidad aparente | 11) |
| - Índice de Car | |
| - Índice de Hausner | |
| - Solubilidad | |
| - Higroscopicidad | |
| - Microscopía SEM | |
-

Elaborado por: Rodríguez, E & Shiguango, S, 2022

7. FUNDAMENTACIÓN CIENTÍFICA TÉCNICA

7.1. Antecedentes

Según el estudio realizado por Ibrahim (2018), con el Tema “Ácido tagetnoico, un nuevo inhibidor de la lipoxigenasa peroxiácido graso de *Tagetes minuta* que crece en Arabia Saudita”, se observó que un nuevo ácido peroxiácido tagetnoico y cuatro metabolitos conocidos (ecliptal, bitiofeno, dihidroespinaisterona y estigmasterol) se separaron de la fracción de n-hexano de las partes aéreas de *Tagetes minuta* L. Los compuestos dihidroespinaisterona y tagetnoico mostraron un potente potencial inhibidor de la lipoxigenasa respectivamente en comparación con la indometacina, además, el estudio de acoplamiento molecular reveló que la potente actividad de tagetnoico se debe al enlace H y la interacción hidrofóbica. Los resultados de este estudio sugirieron que el consumo dietético de *Tagetes minuta* sería útil para las personas con riesgo de trastornos inflamatorios agudos y crónicos.

Según Rosado (2017) con su tema de investigación “Productos vegetales y metabolitos secundarios con actividad acaricida frente a garrapatas”, menciona que: El único trabajo publicado sobre la actividad acaricida de los aceites esenciales contra las garrapatas del género *Amblyomma* fue realizado por García (2012). Estos autores evaluaron la actividad acaricida de los aceites esenciales extraídos de las hojas y tallos de *Tagetes minuta* (Asteraceae) contra las larvas de *Amblyomma cajennense* utilizando la LIT a concentraciones del 2,5 al 40%, con una eficacia del 95% a una concentración del 20%. Se obtuvieron resultados similares con la aplicación de la técnica AIT. La composición química del aceite esencial se realizó mediante GC/MS y análisis de espectroscopia, donde se identificaron cuatro componentes principales que comprenden más del 70 % del aceite esencial, incluidos limoneno (6,96 %), β -ocimeno (5,11 %), dihidrotagetona (54,21%) y tagetona (6,73%).

Según Kai (2021), en su tema de investigación “Aceites esenciales de flores comestibles: una revisión de las composiciones químicas, bioactividades, seguridad y aplicaciones en la conservación de alimentos”, menciona que: Se descubrió que el AE de *Tagetes* (*Tagetes minuta*) posee un potente efecto anti plagas en tres plagas comunes de granos, incluidas *Tribolium castaneum*, *Rhyzopertha dominica* y *Callosobruchus analis*, por lo que este AE se introdujo como un insecticida potencial prometedor para proteger los granos durante el almacenamiento. Se informó que una plaga, a saber, *Sitophilus oryzae*, es bastante sensible al borneol, timol y 1,8-cineol, que existen naturalmente en los aceites esenciales de las flores. Con respecto a *Rhyzopertha dominica*, el linalol y el alcanfor fueron los compuestos más eficientes y dieron 100% de mortalidad a esta plaga a las 24 h.

De acuerdo con el estudio realizado por (Nuñez et al., 2015), con el Tema “Microencapsulación de extracto de hierba mate (*Ilex paraguariensis*) liofilizado mediante secado por aspersión”, se observó un alto contenido de fenoles totales y una buena actividad antioxidante en el extracto acuoso de las hojas. El uso de maltodextrina en altas concentraciones da como resultado un mayor rendimiento de microencapsulación, lo que permite tener una referencia comprobada sobre la aplicación de agentes de pared que brindan una microencapsulación de alto rendimiento y estabilidad. (pp. 60-68)

Según Shofinita (2014), con el tema “Secado por aspersión de extractos de cáscara de naranja: rendimiento, contenido fenólico total y evaluación económica”, mencionan que: el secado por aspersión es una de las técnicas más utilizadas en el sector alimentario, principalmente se aplica para la preparación de ingredientes secos y estabilización de alimentos mediante la eliminación de la humedad de estos.

De acuerdo con (Oyenihi et al., 2021) con su tema de investigación “Los extractos de hoja de *Tagetes minuta* desencadenaron la apoptosis en la línea celular de cáncer de mama humano MCF-7”, menciona que: en este estudio, se exploró los mecanismos subyacentes al potencial anticancerígeno de la MT en el cáncer de mama. Los extractos de hexano y diclorometano de hoja de *Tagetes minuta* exhibieron una citotoxicidad moderada contra MCF-7 de manera dependiente de la dosis. Estos extractos indujeron la generación de especies reactivas de oxígeno (ROS) que estuvo acompañada por la interrupción del potencial transmembrana mitocondrial, lo que resultó en la activación de la caspasa y, finalmente, en la muerte celular apoptótica. El estudio reveló por primera vez que los extractos de hojas de *Tagetes minuta* induce la muerte de células de cáncer de mama mediante la apoptosis mitocondrial dependiente de caspasa. La conclusión, por lo tanto, es que los extractos de hexano y diclorometano de *Tagetes minuta* (la hoja) tiene el potencial de ser utilizada como un agente anticancerígeno.

Según el estudio realizado por (Onur et al., 2014) “El extracto acuoso se obtuvo por extracción secuencial de las raíces de la planta de saponaria”, las propiedades del polvo del producto y los índices característicos del proceso se determinaron después del secado por aspersión, con diferentes temperaturas de entrada y salida de aire. La productividad y la velocidad de secado mostraron una tendencia decreciente a medida que aumentaba la temperatura de salida del aire, ya que las altas temperaturas de salida requerían caudales de alimentación bajos. En general, los resultados mostraron que el método de secado por aspersión

se puede usar satisfactoriamente para el extracto de raíz de saponaria con humedad y actividad de agua aceptables de los polvos y propiedades funcionales de los polvos reconstituidos.

7.2.Fundamentación teórica

7.2.1.Historia del Tzinzo (*Tagetes minuta*)

Figura 1

Tzinzo (Tagetes minuta)



Nota. En la figura se muestra la planta de Tzinzo. Fuente: Ecologica (2014).

Conocida también como: chinchilla, chil chil, suico, huacatay (Perú), ruda criolla (Colombia). Originaria de Sudamérica (Argentina, Chile, Bolivia, Perú y Paraguay). Fue encajada en Estados Unidos, Australia, África y Asia (Uvidia, 2012).

Además, de sus hojas se extrae un aceite esencial utilizado en perfumería y aromaterapia. Las hojas se utilizan comúnmente para la cicatrización de heridas, con efectos antiinflamatorios, broncodilatadores, hipotensor, espasmolítico, antifúngicos, germicida, carminativo, vermífugo y microbicida, así como también para problemas de riñón, hemorroides, dolores musculares, también se utilizan para repeler hormigas y mosquitos. La mayor parte de la planta se utiliza como diaforético, diurético, purgante, fortalecedor del estómago, estimulante menstrual. Las flores se utilizan para ataques epilépticos, fiebres, como un leve laxante, repelente de insectos, gastritis e indigestión (Bazán et al., 2014).

Las especies de *Tagetes* constituyen un grupo de antagonistas potenciales, por obtener propiedades nematocidas, insectocidas, antivirales y fungicidas. Han mostrado de esta manera una gran eficacia en el control de fitonemátodos, especialmente contra *Pratylenchus* spp. y *Meloidogyne* spp. Son hierbas aromáticas anuales de la familia Asteraceae, de distribución cosmopolita y con una variedad de aplicaciones de gran importancia económica y ecológica. Al ser una planta rica en monoterpenos, sesquiterpenos, flavonoides, tiofenos y compuestos

aromáticos acíclicos, monocíclicos y bicíclicos, es utilizado como plaguicida; asimismo, en algunas comunidades de la serranía es utilizada como condimento en la preparación de platos a base de maíz y frejol. También es utilizado como antimicrobiano, antifúngico, antiviral, entre otras aplicaciones (Herrera, 2019).

7.2.2. Descripción general del Tzinzo (*Tagetes minuta*).

Figura 2

Partes de Tzinzo (Tagetes minuta)



Fuente: Torres (2019).

En la tabla 2, se describen las características de la planta de Tzinzo.

Tabla 2

Descripción del Tzinzo (Tagetes minuta)

Descripción	Detalles
Altura:	0,30 – 1,80 metros
Forma de las hojas:	Pinnatisectas con 4-8 partes de segmentos lanceolados, aserrados y segmento terminal algo mayor, de 8-15 cm de largo.
Color y tipo de flores:	Blancas con toques amarillo pálido, se disponen en cimas corimbiformes compactas conteniendo bolsas oleíferas.
Forma del fruto:	En cápsulas, se abre al madurar.
Olor:	Penetrante, persistente pero agradable.
Sabor:	Agradable

Fuente: Uvidia (2012).

7.2.3. Clasificación Taxonómica del Tzinzo (*Tagetes minuta*).

En la tabla 3, se describe la taxonomía del tzinzo.

Tabla 3*Taxonomía del Tzinzo (Tagetes minuta)*

Taxonomía	
Tipo:	Plantae
Subtipo:	Traqueobionta
Clase:	Magnoliopsida
Subclase:	Asteridae
Orden:	Asterales
Familia:	Asteraceae
Género:	Tagetes
Especie:	T. minuta L.
Nombre científico:	<i>Tagetes minuta</i>
Nombre común:	Tzinzo, huacatay, chinchilla, ruda criolla.

Fuente: Eras (2019).

7.2.4. Composición química del Tzinzo (*Tagetes minuta*).

Los principales constituyentes de la especie *Tagetes minuta* incluyen hidrocarburos monoterpénicos, monoterpenos oxigenados y, en ocasiones, sesquiterpenos, (isómeros (Z) y (E)- β -ocimeno, los isómeros de limoneno, (Z)- y (E)-ocimenona, dihidrotagetona y espatilenol) (Eras, 2019).

7.2.5. Composición química de la hoja de Tzinzo (*Tagetes minuta*).

Las hojas de *Tagetes minuta* producen un aceite esencial de color naranja identificando un total de 28 compuestos que representan el 74,2% de la composición total del aceite sustraído, coexistiendo los principales componentes (Z) -ocimenona (15,9%), (E) - ocimenona (34,8%), (Z) - β -ocimeno (8,3%), limoneno (2,3%), (Z) -tagetona (1,8%), dihidrotagetona (1,4%) y un derivado no identificado de dimetilvinilcetona (20,6%); también contiene una gran proporción de terpenoides oxigenados (57,9%), representados por monoterpenos oxigenados (57,4%) y sesquiterpenos oxigenados (0,5%) y una proporción menor de componentes no oxigenados (12,1%), representados por monoterpenos no oxigenados (11%) y sesquiterpenos (1,1%), resultando que los monoterpenos oxigenados son el grupo químico más abundante de compuestos dentro del aceite esencial, también el (Z)-Ocimenona y (E)-ocimenona (34,8%) (Eras, 2019).

7.2.6. Composición química de la especie *Tagetes minuta*.

La especie *Tagetes minuta* dentro de sus compuestos químicos presenta, flavonoides, triterpenos, esteroides, alcaloides, taninos y catequinas. Conteniendo en sus hojas activos que contienen flavonoides, patulitrina, piretrina I y II, cinerina I y II, ácido valerianico, ácido

siringico y etimol, sustancia responsable del aroma de la planta. También contiene cimenona, ocimeno, estragol y tagetona; los cuales forman parte del grupo funcional de los fenoles. El aceite esencial contiene bitienil, cinerina I y II, canfeno, citral, ácido acético, monometilfumarato, jasmolina I y II, limoneno, linalool, cis-ocimenona, transocimenona, patulitrina, feniletanol, α y β pineno, piretrina I y II, quercetagequina, tiofeno y ácido valerianico, ácido siringico, salicaldehído, tagetona, cis-tagetona, dihidrotagetona (Ayala, 2021).

- **Los flavonoides**

Presentes en plantas y frutas, su estructura está formada por un grupo carbonilo, estos compuestos son sintetizados por las plantas en respuesta a una infección microbiana, y constituyen los compuestos fenólicos naturales más grandes y su efecto sobre las bacterias puede estar relacionado con su capacidad para formarse con proteínas extracelulares, sustancias solubles y adicionales (Ayala, 2021).

- **Catequinas**

Las catequinas, son compatibles con el grupo de los flavonoides conocidos como flavan-3-oles. Gracias a sus propiedades captadoras de radicales libres son antioxidantes utilizados para retrasar la oxidación de las grasas. Ejercen actividades sobre *Streptococcus mutans*, *Shigella* y *Vibrio cholerae* O1, y otros microorganismos. La catequina tiene un efecto inhibitorio sobre la glucosil transferasa en *Staphylococcus mutans* y efecto inactivador sobre la toxina de *Vibrio cholerae*. La catequina tiene actividades antioxidantes, antiartríticas, anti-inflamatorias, antiulcéricas, anti-agregantes, inmunoestimulantes y hepatoprotectivas (Ayala, 2021).

- **Terpenoides y aceites esenciales**

Eficaces contra virus, hongos, bacterias y protozoos. Se ha confirmado que el petalostemumol tiene una excelente actividad contra *Staphylococcus aureus* y *Bacillus subtilis*, pero no son menos efectivos contra las bacterias Gramnegativas. Los componentes activos de los aceites esenciales interactúan con una gran escala de acciones farmacológicas exhibiendo propiedades, antimicrobianas, antioxidantes y otras como antiinflamatorias y anticancerígenas. A esta lista también forman parte los terpenos carbohidratos, éteres cetonas responsables del aroma y, finalmente, el aldehído (Ayala, 2021).

- **Fenoles**

El fenol se define como compuestos químicos orgánicos, que constan de un anillo aromático (benceno) unido a uno o varios grupos hidroxilo. Los compuestos fenólicos se encuentran entre los productos naturales más importantes del metabolismo secundario de las plantas y poseen efectos antimicrobianos, antivirales y antifúngicos (Ayala, 2021).

○ **Alcaloides**

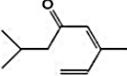
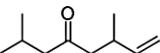
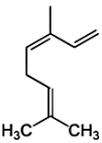
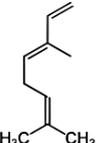
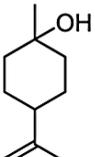
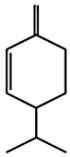
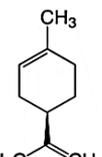
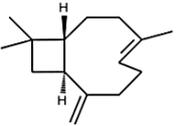
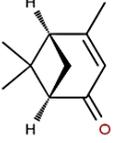
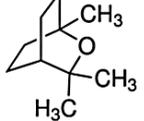
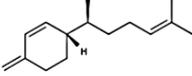
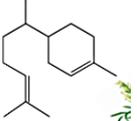
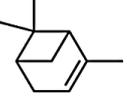
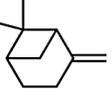
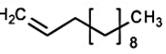
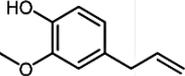
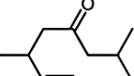
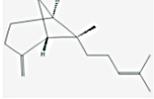
Los compuestos nitrogenados heterocíclicos se denominan alcaloides. Varios alcaloides vegetales pertenecientes del grupo de las isoquinolinas son de gran importancia por su efecto antiinflamatorio. Se entiende que su mecanismo de acción se ve implicado por la interferencia entre la pared celular y el ADN del microorganismo (Ayala, 2021).

○ **Taninos**

Los taninos son compuestos polifenólicos y se clasifican en condensados y sustancias solubles en agua. Se encuentran presentes en legumbres, vegetales y frutas. También poseen propiedades antisépticas que combaten virus, hongos y bacterias, se estima que los taninos tienen actividad antimicrobiana porque atacan a los microorganismos al agrupar las proteínas de su superficie. Además, tienen propiedades antibacterianas, astringentes y antisépticas antiinflamatorias, y antioxidantes (Ayala, 2021).

Tabla 4

Composición química del Tzinzo (Tagetes minuta)

Tagetona 	Dihidrotagetona 	Cis-Ocimenona 	Trans-Ocimenona 
Terpineol 	β Felandreno 	Limoneno 	β Cariofileno 
Cis-Verbenone 	1,8 Cinoleone 	β sesquifelandreno 	β Bisaboleno 
α pineno 	β pineno 	Dodéceno 	Undecano 
Eugenol 	β ocimono 	β Trans bergamoteno 	

Fuente: BIOPAT (2019).

7.2.7. Extracto hidroalcohólico.

Es necesario trabajar con hojas secas y molidas, se utiliza etanol al 70% durante 15 días con agitación constante, a una temperatura ambiente y si es posible en una botella, frasco o recipiente oscuro o ámbar (Zamalloa, 2011).

7.2.8. Maltodextrina.

Es un almidón hidrolizado que requiere enzimas o ácidos para formar materiales de pared en la microencapsulación de alimentos y se utiliza en la industria alimentaria debido a su aroma y sabor neutro, bajo costo, baja viscosidad, alta concentración de sólidos y buena protección antioxidante; por otro lado, la maltodextrina debido a su baja emulsificación y retención de materia volátil obliga a añadir otro componente en la microencapsulación (Barros et al., 2014).

7.2.9. Goma Arábica.

La goma arábica, es un polisacárido complejo, ramificado, neutro o ligeramente ácido, obtenido de los tallos y ramas de Acacia senegal y Acacia seyal. Es ampliamente utilizado en aplicaciones alimentarias y farmacéuticas. GA se ha utilizado principalmente como agente de protección para nanopartículas. En un estudio, se produjeron nanopartículas de oro utilizando un enfoque novedoso que utiliza GA y radiación de rayos X sincrotrón. Aquí se irradió una solución acuosa de HAuCl₄ y GA con rayos X de un sincrotrón (4–30 keV, 105 Gy/s) a temperatura ambiente durante 5 minutos sin otros agentes reductores químicos ni catalizadores. Con este método se produjeron nanopartículas muy pequeñas (Au-SNP) de un diámetro medio de 1,6 nm. También se produjeron partículas cubiertas con GA (Au-SNPs@GA) de 40 nm de diámetro (Mukherjee, 2020).

Es un polímero ampliamente utilizado en el método de secado por aspersión, consta de componentes químicos y proteínas, destinado a formar emulsiones estables con la mayoría de extractos y, por lo general, se modifica para garantizar que este método pueda retener los volátiles durante la atomización (Barros et al., 2014).

7.2.10. Capacidad antioxidante.

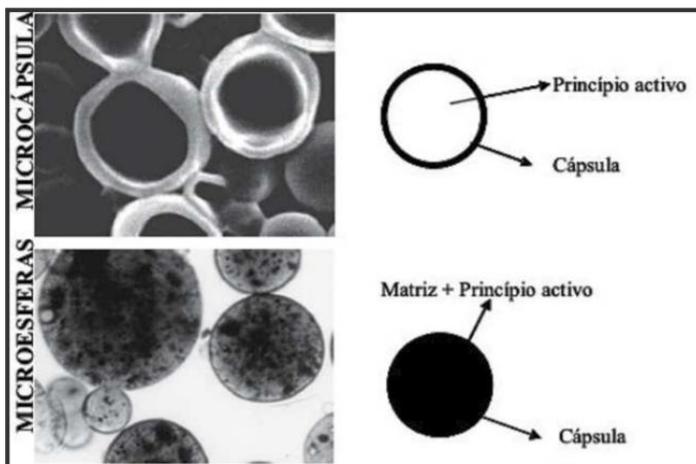
La alta presencia de antioxidantes fenólicos ha despertado interés en sus investigaciones, ya sean estos naturales o medicinales. En la mayoría de los casos, la actividad antioxidante está relacionada con la presencia de compuestos fenólicos, que son fuertes adsorbentes de especies reactivas de oxígeno y también inhibidoras de enzimas que generan radicales libres (Conde et al., 2021).

Los antioxidantes se dividen en: sintetizados endógenamente en el cuerpo y obtenidos exógenamente a través de la nutrición y su función se basa en prevenir o retrasar la oxidación de los sustratos biológicos, y prevenir el daño a las moléculas relacionadas. Los antioxidantes son una sustancia que están presentes en alimentos para consumo diario y la prevención de diversas enfermedades, actualmente se aplican en la industria para retrasar procesos de oxidación y evitar la presencia de efectos negativos (Pacheco, 2020).

7.2.11. Microencapsulación.

Figura 3

Estructura de microesferas y microcápsulas



Fuente: Parzanese (2013).

La microencapsulación se inició por la National Cash Register Company en 1930, para preservar los tintes mediante el uso de gelatina como recubrimiento, con el objetivo de reducir el uso de papel carbón para copiar, permitiendo que el proceso continúe desarrollándose e innovando a lo largo de los años para almacenar pequeños productos y obtener el máximo efecto. La microencapsulación es el proceso de encapsular materiales sólidos, líquidos y gaseosos de tamaño menor a 1 mm, protegiéndolos del ambiente, reaccionando con otros compuestos o experimentando reacciones oxidativas provocadas por el oxígeno o la luz; la sustancia permanece estable hasta ser liberada en las condiciones especificadas. Las microcápsulas están conformadas por el núcleo y la cápsula, ambos deben ser altamente compatibles ya que de ello depende su forma, estabilidad y vida útil, así como del método de extracción (Bastidas, 2019).

En la industria alimentaria, se pretende que los componentes útiles de las plantas se conserven por más tiempo al ser agregados, ya que en esta adición se generarían algunos

problemas debido a que las plantas se utilizan en infusión ancestralmente. La microencapsulación es un proceso en el que un sólido, líquido o gas está rodeado por una membrana, agente encapsulante o matriz donde los materiales que están en su interior son el centro activo, conocido como la carga útil. En este proceso, el material instalado en la pared se utiliza como escudo contra el oxígeno para evitar la oxidación, la finalidad de la microencapsulación es evitar el desequilibrio del mecanismo de protección antioxidante, en el campo de los alimentos, la microencapsulación se utiliza para proteger el material microencapsulante de las condiciones degenerativas del extracto es decir de la humedad, anti oxidación, haciendo que las estabilidad del microencapsulado sea idónea y se pueda usar como conservante para otro producto. En productos alimenticios, la microencapsulación proporciona ventajas en cuanto al sabor, aroma, estabilidad, capacidad antioxidante, valor nutricional y apariencia del alimento (Parra, 2011).

Por lo tanto, existen diferentes tipos de micropartículas: microcápsulas y micropartículas, que inciden en las principales ventajas de esta tecnología: enmascara el sabor desagradable presente en las sustancias, evita la interacción con el medio ambiente y aumenta la eficiencia de extracción del componente activo natural para reducir la toxicidad. Los dos métodos principales utilizados para microencapsular un material activo mediante proteínas vegetales son el secado por aspersion y la coacervación. Ambos métodos se caracterizan por la "química verde", siendo las proteínas vegetales un recurso renovable y biodegradable, y ninguno de estos métodos requiere la aplicación de disolventes orgánicos (Nesterenko et al., 2013).

Las microcápsulas obtenidas por cualquiera de los métodos descritos deberán caracterizarse y controlarse mediante ensayos para asegurar su calidad y homogeneidad, así como su comportamiento y funcionalidad en la matriz alimentaria. Los principales parámetros que se analizan para tal fin son:

- Características morfológicas, tamaño de partícula y estructura interna.

Las técnicas de microscopía óptica y microscopía electrónica de barrido (SEM) se utilizan a menudo para analizar la morfología de las microcápsulas, que también ayudan a detectar cualquier agregación de partículas y determinar el tamaño y el volumen de las microcápsulas. La estructura interna se puede describir observando la sección transversal de partículas finas con microscopía electrónica de barrido. El tamaño y la distribución de tamaños de las microesferas se determinan utilizando microscopía directa, métodos de tamizado o sedimentación, métodos de difracción láser y el método Coulter Counter (utilizados para contar

y medir el tamaño de las partículas al detectar y medir los cambios en la resistencia eléctrica de las partículas en suspensión en un líquido conductor que pasa por un pequeño orificio).

- Rendimiento de producción.

Este índice representa el porcentaje de microcápsulas obtenidas con respecto a la cantidad total de material utilizado (sustancia de interés + polímero de pared). El alto costo de la mayoría de los polímeros y principios activos utilizados es una prueba económica fundamental.

- Eficacia de la encapsulación y contenido de la sustancia encapsulada.

Para cuantificar la cantidad de sustancia presente en las micropartículas, el polímero formador de pared debe disolverse primero en un disolvente adecuado, o la sustancia debe extraerse con un disolvente en el que este sea soluble y el polímero insoluble.

El contenido de la sustancia microencapsulada se calcula mediante la siguiente fórmula:

$$c. s. e. (\%) = \text{Cantidad de sustancia encapsulada} \times 100$$

Es importante encapsular tanto el contenido de la sustancia como la eficiencia de encapsulación lo más alto posible. Es importante incluir tantas unidades de masa de micropartículas de material de encapsulación como sea posible para que el peso final de la formulación no sea muy alto. Asimismo, es importante para lograr un buen rendimiento de producción que toda la sustancia de interés utilizada sea encapsulada. Además de estos estudios, se deberán realizar controles para detectar disolventes orgánicos residuales en los casos en que las micropartículas sean obtenidas por procesos que impliquen el uso de disolventes. Si una suspensión está hecha de micropartículas, el objetivo principal es reducir la difusión del material encapsulado en el medio de suspensión y preservar las propiedades originales de las micropartículas durante el almacenamiento, lo que requiere estudios de estabilidad. (Parzanese, 2013, p. 5).

Las ventajas y desventajas de la microencapsulación:

7.2.11.1 Ventajas.

- Brinda protección al centro activo de la degradación producida por agentes externos (calor, aire, luz, humedad).
- Las sustancias microencapsuladas se liberan progresivamente de la pared donde se encuentran, obteniendo productos con mejores características sensoriales y nutricionales.
- Permite la transformación de sustancias activas líquidas en sólidas, facilitando su manipulación en la industria.

- Estabiliza sustancias de interés que, son inestables al no ser microencapsuladas, por ejemplo, vitaminas y carotenos.
- La aplicación de la microencapsulación de aceites esenciales en alimentos, previene la volatilización y extiende la vida útil de estos compuestos biológicos.

7.2.11.2 Desventajas.

- En el proceso de microencapsulación se pierde una fracción significativa de la sustancia de interés que forma el centro activo.
- Inestabilidad de las proteínas frente a la microencapsulación.
- Costos de equipamiento y dificultad para realizar algunos procesos en continuo.
- Se debe continuar investigando y desarrollando nuevos métodos de encapsulación, así como formularse materiales de pared que garanticen las condiciones de protección requerida por las distintas sustancias encapsuladas (Parzanese, 2013).

7.2.11.3 Tipos y morfología de las microcápsulas.

Dependiendo del material a recubrir y de las propiedades deseadas de las microcápsulas finales, se puede elegir una gran variedad de polímeros naturales o sintéticos. La correcta elección del material encapsulante es muy importante, ya que influye en la eficiencia de la encapsulación y la estabilidad de la microcápsula. La composición del material de revestimiento es el principal determinante de las propiedades funcionales de la microcápsula y de la forma en que se puede utilizar. Un encapsulante ideal debe proveer propiedades emulsificantes a la película, ser biodegradable, resistente al tracto intestinal, de baja viscosidad y alto contenido de sólidos, baja higroscopicidad, no reactivo con el núcleo, y capaz de sellar y retener el núcleo en el interior de la cápsula, tener capacidad para proporcionar la máxima protección al núcleo contra las condiciones adversas. La mayoría de materiales de la pared no tienen todas las propiedades deseadas. Tales materiales pueden ser carbohidratos: almidones, almidones modificados, dextrinas, sacarosa, celulosa y quitosano; gomas: la goma árabiga, alginato y carragenina; lípidos: cera, parafina, monoglicéridos y diglicéridos, aceites hidrogenados y grasas; materiales inorgánicos: sulfato de calcio y silicatos; proteínas de gluten, caseína, gelatina, albúmina, entre otros (Luna et al., 2016).

7.2.11.4 *Métodos de microencapsulación.*

Tabla 5

Descripción de los métodos químicos de microencapsulación

MÉTODOS QUÍMICOS	DESCRIPCIÓN
Polimerización interfacial	Para este proceso es necesario tener un compuesto hidrofóbico que forme con polímeros en un microencapsulado hidrofóbico.
Polimerización en suspensión	Este proceso es uno de los más utilizados para la producción de microcápsulas debido a que se utiliza agua como medio de suspensión.
Polimerización en emulsión	En este proceso las microcápsulas presentan una baja viscosidad y buena remoción del calor generado, además de ser la única técnica capaz de producir polímeros de alto peso molecular con grandes velocidades de reacción

Fuente: (Jamekhorshid et al., 2014).

Tabla 6

Descripción de los métodos físicos de microencapsulación

MÉTODOS FÍSICOS	DESCRIPCIÓN
Recubrimiento de bandeja	Las partículas se recubren despacio con material externo.
Recubrimiento por suspensión en aire	El núcleo de las partículas debe ser sólidas y se encuentran suspendidas en una corriente de aire, para después aplicar un solvente volátil dejando así una capa protectora delgada polimérica.
Extrusión centrifuga	Es la salida de un líquido en forma de chorro y rodea formando la solución protectora.
Boquilla vibratoria	Esto se da por una micro granulación, usa un flujo laminar por medio de boquillas que vibran y se presenta una gelificación interna y externa.
Secado por pulverización	Este método es para la obtención de un polvo seco a partir de un líquido del secado rápido con un gas caliente. Este es el método preferido de secado de muchos materiales sensibles al calor, como alimentos y productos farmacéuticos.
Evaporación de disolventes	Depende de la formulación y variables de proceso para obtener un tamaño y distribución del microencapsulado y para esto se mantiene controlado la velocidad de agitación y volumen de la fase orgánica.

Fuente: (Jamekhorshid et al., 2014).

7.2.12. Microencapsulación mediante secado por aspersión.

La encapsulación por el método de secado por aspersión ha sido utilizada en la industria alimentaria desde los años 1950, para proteger diferentes sustancias de la degradación y/o oxidación durante los procesos, y para convertir líquidos a polvos. Esta tecnología es una operación en la cual un producto en forma de líquido, es esparcido en aire caliente, para así obtener un polvo instantáneamente, el líquido utilizado puede ser una emulsión, una solución o una suspensión. En este proceso las temperaturas utilizadas son de 150 - 220 °C, por lo tanto, la evaporación ocurre muy rápido, después la temperatura disminuye a 50-80 °C, obteniendo un producto con un tamaño de 10-50 μm , considerándose un polvo fino, hasta un tamaño de 2-3 mm, consideradas partículas de tamaño grande. Es un método económico y efectivo en la protección de materiales, comparado con otras tecnologías. Es comúnmente aplicado para la encapsulación de saborizantes, probióticos y moléculas bio-activas. Este proceso ofrece una variación amplia en las matrices de microencapsulación, existen diferentes tipos de materiales para la realización de esta técnica, sin embargo, como todos los procesos en la industria alimentaria se llevan a cabo de forma acuosa, es recomendable que el material deba ser soluble en agua. Estos tipos de materiales pueden ser utilizados en el secado por aspersión, sin embargo, existe una pequeña desventaja para su uso en este proceso ya que algunos son muy poco solubles en agua, por lo tanto, la cantidad de agua que se debe evaporar es mayor y la cantidad del ingrediente activo se tiene que disminuir. Por otra parte, se ha observado que, si se reduce la cantidad de material encapsulante, se alcanza un efecto positivo en la estabilidad de la sustancia encapsulada. Una aplicación muy conocida del secado por aspersión en la industria alimentaria, es la leche en polvo, se considera una microencapsulación ya que la grasa de la leche se protege de oxidaciones por una capa formada de lactosa y proteína de la leche (Hernandez, 2016).

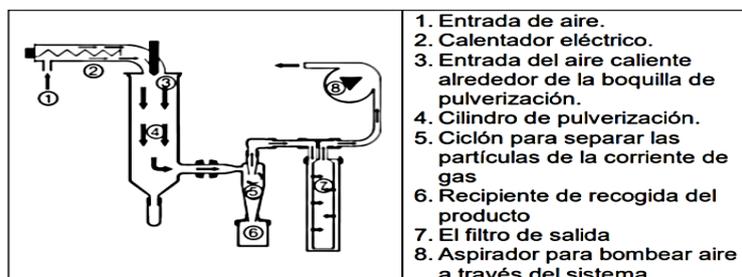
Los principales agentes encapsulantes utilizados para este método son: carbohidratos (almidón y derivados, maltodextrinas, jarabes de maíz, sacarosa, dextrana, ciclodextrinas, carboximetilcelulosa, metilcelulosa, etilcelulosa, nitrocelulosa, acetilcelulosa); gomas (arábiga, mezquite, guar, alginato de sodio, carragenina); lípidos (ceras, parafinas, grasas, ácido esteárico, tristearina, mono y diglicéridos) y proteínas (gelatina, proteína de soya, caseinatos, suero de leche, zeína, gluten, caseína). Estos encapsulantes deben ser capaces de facilitar emulsiones estables durante el proceso de secado por aspersión y tener muy buenas propiedades formadoras de películas para proporcionar una capa que proteja al ingrediente activo de la oxidación (Hernández, 2012).

7.2.12.1. Secado por Spray (Spray Drying).

Es el método más utilizado y el de menor costo. El proceso demanda tres etapas básicas: la formación de la emulsión entre el material central y el de pared, la homogenización y la aspersión. La emulsión se atomiza dentro de una corriente de aire caliente. Al evaporarse el agua los sólidos remanentes forman una cápsula rodeando a la sustancia de interés por atracción másica, la exclusión instantánea del agua mantiene la temperatura del centro por debajo de los 100°C. La recolección de las microcápsulas obtenidas se realiza mediante ciclones. Los parámetros más importantes que deben controlarse durante este proceso son: las temperaturas de entrada y salida del aire de secado, el flujo de alimentación del producto a secar el tiempo de residencia y el acondicionamiento de la materia prima. Comparado con otros métodos mencionados, el secado por spray presenta una eficacia de encapsulación relativamente alta. Generalmente los materiales de pared usados para microencapsulación por secado por spray son goma arábica, maltodextrina, almidón y carbometilcelulosa. Las principales ventajas son la disponibilidad de equipos a distintas escalas (laboratorio, piloto, industrial), la buena estabilidad del producto final, la adecuada retención de volátiles y la posibilidad de producir a gran escala en modo continuo (Parzanese, 2016).

Figura 4

Esquema de funcionamiento de un Mini Spray Dryer Buchi B-290



Fuente: Aguilar (2017).

El “Mini Spray Dryer Buchi B-290 tiene una boquilla de dos fluidos integrado: El aire comprimido se utiliza para dispersar el cuerpo líquido en finas gotas que se secan posteriormente en el cilindro” Según Aguilar (2017).

Este tipo de proceso presenta grandes ventajas en relación a otro tipo de secados:

- Alto Rendimiento: proceso rápido, pocos segundos.
- La evaporación de agua contenida refrigera la partícula, permitiendo usar altas temperaturas en el aire de secado sin afectar al producto.
- Proceso continuo y controlado.

- Mayor homogeneidad de la producción.
- Superior presentación del producto.
- Instalación controlada por un solo operador.
- Fácil de automatizar.
- Admite trabajo continuo de 24 horas (Llabrés, 2020).

7.2.12.2. Etapas del secado por aspersión.

Las gotas líquidas formadas son arrastradas en una corriente de aire caliente, pueden alimentarse a contra corriente o en paralelo (más común), en forma de rocío o llovizna fina a una torre o cámara. Las gotas van perdiendo su humedad a medida que hacen contacto con el aire, obteniendo así, pequeñas partículas sólidas que son recolectadas. El aire caliente que ha acumulado humedad sale de la torre a través del ventilador. La duración del secado depende de la superficie de contacto aire-líquido y del tamaño de las gotas (de 1 a 10 segundos para un tamaño de 10 a 20 mg), lo cual influye sobre la velocidad de desplazamiento de las gotas y de la longitud de su recorrido. Es recomendable que el tamaño sea muy uniforme, por lo cual las dimensiones del aparato deben ser tales que permitan el secado de las gotas antes de alcanzar las paredes del aparato. Un mal secado, puede conducir a que las partículas húmedas se acumulen entre sí o se peguen en la pared. En el caso de los zumos de frutas, los azúcares son responsables de este hecho y se recomienda enfriar constantemente las paredes del secador (Anany et.al., 2021).

7.2.12.3. Temperatura de aire de entrada.

A medida que ingresa el aire caliente, la temperatura está entre 100° y 200 °C, aunque las gotas del líquido atomizado se calientan hasta 40 °C este proceso no permite que el producto se retrase debido al corto tiempo de secado. El método descrito se puede utilizar tanto para recubrimientos sólidos como líquidos. Cuando el solvente se evapora, el material de recubrimiento cubre las partículas, lo cual es muy importante para cubrir olores y sabores (López, 2010).

7.2.12.4. Temperatura de aire de salida.

Presenta condiciones para formar una cápsula de alto nivel que servirá de ayuda al extracto encapsulado la variación de temperatura que debe tener es de 160°C bajar a 70°C. Las temperaturas tanto de entrada como de salida deben ser las indicadas puesto que si son más altas o más bajas pierden o no reaccionan de la mejor manera en el proceso de anti oxidación del alimento (Esquivel et al., 2015).

7.2.12.5. Densidad aparente del Microencapsulado.

La densidad aparente de las microcápsulas es la relación entre el peso y las unidades de volumen obtenidas con un polvo de flujo libre; sin embargo, es suficiente para que el polvo enraíce en la superficie volumétrica. La densidad de impacto, por otro lado, expresa la densidad creada por el polvo al someterlo a vibración sin comprimirlo, y es un proceso simple que consiste en homogeneizar la muestra, reduciendo así el espacio disponible para el aire (Bae, 2010).

7.2.12.6. Humedad del Microencapsulado.

El método para determinar el contenido de humedad es el análisis por pérdida de peso en la estufa durante el secado, donde el contenido de humedad se determina por el cambio en el peso de la muestra después de la evaporación del agua absorbida en el horno. Otros métodos incluyen la titulación de Karl Fischer, la calorimetría diferencial de barrido y las microondas. Teniendo en cuenta que el método del amortiguador para la determinación de la humedad es un método muy amplio porque el protocolo incluye pasos que pueden afectar el análisis, como el recipiente del crisol, el manejo de la muestra y el entorno, los cuales son factores que afectan directamente en el análisis, lo que da un resultado inexacto (Tirado et al., 2015).

7.2.12.7. Estabilidad oxidativa del Microencapsulado.

Las muestras de cada polvo se colocan en recipientes de vidrio herméticamente cerrados y se almacenan en una incubadora durante mucho tiempo. La estabilidad oxidativa se comprueba midiendo el índice de peróxido (PV) de los polvos resultantes. Cada dos semanas, se toma una alícuota de cada muestra presente en los recipientes (Jamekhorshid, et al. 2014, pp. 531-542).

8. VALIDACIÓN DE LAS PREGUNTAS CIENTÍFICAS O HIPÓTESIS

8.1. Hipotesis Nula

Ho: La velocidad de flujo de alimentación y la temperatura de entrada de aire, no afectarán en el proceso de secado por aspersion del extracto de Tzinzo (*Tagetes minuta*).

8.2. Hipotesis Alternativa

Ha: La velocidad de flujo de alimentación y la temperatura de entrada de aire, afectarán en el proceso de secado por aspersion del extracto de Tzinzo (*Tagetes minuta*).

9. METODOLOGÍA / DISEÑO EXPERIMENTAL

9.1. Tipos de investigación

9.1.1. Investigación cuantitativa.

Este estudio se centró en los efectos de los cambios en el flujo de alimentación de aire y la temperatura durante el proceso de secado, manteniendo constante la composición de los materiales encapsulantes, como la maltodextrina y la goma arábiga, para que los datos pudieran evaluarse de manera científica, con la ayuda de la estadística, recopilando variables cuantificables que puedan ser explicadas (Rus, 2021).

9.1.2. Investigación descriptiva.

Se centraliza principalmente en establecer el qué, cuándo, cómo y dónde del objeto a estudiar, con el fin de recoger datos que permitan proyectar información confiable sin manipular las variables estudiadas, de esta forma se logró obtener información referente al problema de investigación para lo cual se utilizó la observación como técnica de investigación, ya que permite la recopilación de información (Rus, 2021).

9.1.3. Investigación bibliográfica.

Incluye la revisión, búsqueda, recopilación, organización, evaluación, crítica e información de materiales bibliográficos existentes utilizando diversas formas, tales como: libros, artículos, sitios web, literatura como fuentes sobre el Tzinzo, compuestos bioactivos, extracción acuosa, microencapsulación, secado por aspersion, material encapsulante, entre otros (Gómez et al., 2014).

9.1.4. Investigación experimental

Se obtiene datos a través de la experimentación y los compara con variables constantes, con el fin de determinar las causas o efectos de los fenómenos de estudio. Realizándola bajo condiciones controladas para obtener resultados específicos (Ramirez, 2022).

9.2. Técnicas de investigación

9.2.1. Observación.

Según Díaz (2012), “Consiste en monitorear visualmente el caso, recopilar y registrar información para su posterior análisis”. Se empleó con la finalidad de identificar las características químicas y fisicoquímicas de los polvos obtenidos en el proceso de microencapsulación, respuesta a la transformación de las variables independientes como la temperatura de entrada de aire y velocidad de flujo de alimentación.

9.2.2. Pruebas de laboratorio.

Según López (2022), “Medios necesarios para llevar a cabo experimentos, investigaciones o trabajos de carácter científico o técnico”. Mediante esta técnica podemos validar los resultados obtenidos, como el potencial de hidrógeno, humedad, densidades, sólidos solubles, capacidad antioxidante reductora de hierro del extracto acuoso y de la mejor muestra de polvo obtenida en el proceso de secado por aspersión.

9.3. Diseño Experimental

9.3.1. Descripción del diseño experimental.

El diseño experimental y el procesamiento de los resultados del secado por aspersión (microencapsulación) se desarrolló mediante el programa Design Expert 8.0.6 de Stat-Ease Corporation, EE.UU., aplicando un modelo de superficie de respuesta IV óptimo, estableciendo 13 corridas experimentales como factores las temperaturas de entrada de 130°C a 150°C y velocidad de flujo de alimentación del aire (500 ml/h a 700ml/h). Esta herramienta permitirá observar las mejores respuestas del rendimiento, humedad y eficacia de la microencapsulación, generando un método de optimización numérica y un modelo matemático que describe la variación de la variable respuesta.

9.3.2. Tabla de variables.

La tabla 7 presenta las variables e indicadores a tomar en cuenta en el proceso de microencapsulación del extracto de Tzinzo.

Tabla 7

Variables de la investigación

Variables Dependientes	Variables Independientes	Indicadores
· Microencapsulación del extracto de Tzinzo mediante el método de secado por aspersión.	· Flujo de alimentación del aire (500ml/h y 700(ml/h) · Temperatura del aire 130°C y 150°C.	· Humedad · Rendimiento · Eficacia del microencapsulado

Elaborado por: (Rodríguez, E & Shiguango, S, 2022)

En la tabla 8, se observa los parámetros de temperatura y flujo de alimentación a aplicarse en el proceso de secado por aspersión.

Tabla 8*Diseño experimental*

Detalle	U	Tipo	V. Mínimo	V. Máximo
Flujo de alimentación	ml/h	Numérico	500	700
Temperatura de entrada de aire proceso de microencapsulado	°C	Numérico	130	150

Elaborado por: (Rodríguez, E & Shiguango, S, 2022)

En la tabla 9 se describe los números de corridas, el parámetro de flujo y temperatura de cada corrida.

Tabla 9*Descripción de las corridas*

Corrida	Flujo de alimentación (ml/h)	Temperatura de entrada del aire (°C)
1	500	150
2	500	130
3	700	150

Elaborado por: (Rodríguez, E & Shiguango, S, 2022)

9.4. Materiales y Equipos**9.4.1. Materia prima, equipos, materiales de laboratorio, reactivos, otros materiales.****Materia Prima**

- Tzinzo (*Tagetes minuta*)
- Goma arábica grado alimentario
- Maltodextrina grado alimentario

Equipos

- Balanza analítica marca Want 220 0,0001 sensor magnético 4 decimales
- Balanza analítica de precisión marca Precisa de 3200 G desde 0,01g
- Bomba de vacío de agua
- Bomba generadora de vacío marca Rocker-300
- Brixómetro
- Centrifugadora (BOECO C-28A)
- Desecador
- Empacadora al vacío
- Espectrofotómetro

- Estufa (Mettler Universal 30)
- Microscopio electrónico de barrido: Marca ASPEX
- pH metro
- Rota evaporador
- Selladora
- Spray Dryer (SD-303)
- Ultraturrax (Coleparmer)

Materiales de Laboratorio

- Agua destilada
- Matraces Erlenmeyer 100 ml
- Probeta 100 ml – 500 ml
- Varilla de agitación
- Vasos de precipitación 50 ml – 500 ml
- Tubos de ensayos

Reactivos

- Acetato de sodio trihidratado (NaAc.3H₂O)
- Ácido acético
- Ácido clorhídrico
- Ácido Gálico
- Carbonato de Sodio
- Cloruro férrico
- Etanol para análisis
- Sulfato de sodio
- Solución Fehling
- Solución Folin-Ciocalteu
- Sal de Mohr [Fe (NH₄)₂SO₄]
- TPTZ [2,4,6-tri (2-piridil)-1,3,5-triazina]

Otros materiales

- Bandejas de papel aluminio
- Botella plástica
- Envases Ámbar
- Fundas Ziplo
- Papel aluminio

- Tela lienzo
- Tijeras

9.5. Metodología

9.5.1. Metodología de la Extracción de los componentes bioactivos del Tzinzo.

Se recolectaron 8 kg de planta de Tzinzo, en condiciones óptimas (tiernas y sin floración), se seleccionaron las hojas y se pesaron, su peso total fue de 1652,4 g, el material vegetal se colocó en papel aluminio sobre unas rejillas, evitando así la volatilización de metabolitos biológicos y la pérdida del porcentaje de humedad, para ser expuestas a la estufa a 40 °C durante 48 horas.

Finalizado el proceso de secado de los 1652,4 g de hojas frescas de Tzinzo (*Tagetes minuta*) se dio inicio al proceso de molienda, logrando obtener un polvo fino de 1185,2 g. Moler la muestra da como resultado una muestra pulverizada más homogénea con un tamaño de partícula de menos de 0,5 mm (Azwanida, 2015).

9.5.2. Metodología de Extracción hidroalcohólica de la planta.

La extracción hidroalcohólica del polvo de las hojas de Tzinzo se basó en la preparación de una disolución alcohólica al 90% (v/v), en donde se colocó 592,6 g de polvo de Tzinzo y 3,2 litros de etanol para análisis, siendo la misma cantidad para 2 envases, usando en total 6,4 litros de etanol y 1185,2 g de polvo de Tzinzo. Se colocó los envases a una temperatura de 60°C por 24 horas con el objetivo de recoger sus principios activos en la solución alcohólica.

El proceso de extracción es un paso esencial en la caracterización de extractos acuosos de plantas. De hecho, se ve influenciado por varios factores, como el tamaño de partícula, el sequedad o frescura de la planta, el volumen de la sustancia, las propiedades del disolvente en diferentes proporciones y el volumen del disolvente (Machado et al., 2013).

9.5.3. Metodología de Eliminación del disolvente alcohólico del extracto.

Se utilizó un evaporador Biobase RE-2000 con parámetros de funcionamiento de 50°C de temperatura, 70 rpm y presión de bomba de vacío de 0,065 MPa para obtener 500 ml de extracto sin alcohol.

Los evaporadores rotatorios permiten purificar los extractos mediante la eliminación de solventes durante el proceso de evaporación, de los cuales el etanol es el disolvente más utilizado porque tiene una polaridad similar al agua y generalmente se considera seguro (Anugrahwati, 2016).

9.5.4. Caracterización del extracto acuoso del Tzinzo.

9.5.4.1. Metodología de Determinación del pH del extracto.

El valor de pH obtenido en la muestra de extracto obtenida fue de 5,14 a una temperatura de 15,5 °C. El pH de los extractos alcohólicos es ligeramente superior al valor registrado en extracto acuoso, ambos de carácter ligeramente ácido (Pérez et al., 2016).

9.5.4.2. Determinación de humedad.

Se pesó 10 g de microencapsulado y se colocó en la estufa a 105°C por 24 horas, se retiró y colocó en el desecador por 30 minutos, se pesó en una balanza analítica para obtener el porcentaje de pérdida a peso constante. Se calculó utilizando la ecuación: (Mohammed, 2017).

$$\%H = \frac{W_1 - W_2}{W_1} * 100 \quad (\text{Ecuación 1})$$

Donde:

W1: Peso de la muestra (g) antes del secado en horno

W2: Peso de la muestra (g) después del secado en horno

9.5.4.3. Determinación Capacidad antioxidante reductora de hierro (FRAP).

Se basó en la reducción del hierro férrico presente en el reactivo de FRAP hasta la forma ferrosa por presencia de antioxidantes.

Reactivo FRAP: buffer ácido acético-acetato de sodio (pH 3,6), TPTZ (2,4,6-tri(2-piridil)-s-triazina) y $FeCl_3$. Se genera una coloración azul, de intensa proporcionalidad a la capacidad reductora de la muestra (se genera un complejo ferroso-TPTZ) que puede cuantificarse por colorimetría (593nm) en base a un patrón de sulfato ferroso (Rioja, 2018).

9.5.4.4. Acidez Titulable.

Para aplicar el método de la acidez titulable se realizó el siguiente experimento en una alícuota de 5 ml depositada en un vaso de precipitación y se colocó 3 gotas de fenolftaleína, a titulación se hizo con NaOH (Figuroa et al., 2020).

9.5.5. Optimización del proceso de microencapsulación.

Para la preparación de 500g de emulsión se pesaron 290g de agua destilada, 70g de extracto de tzinzo, 70g de goma arábiga y 70g de maltodextrina, siendo la misma cantidad de emulsión para las 3 corridas (Anwar et al., 2018).

Tabla 10*Cantidad por masa y porcentaje de cada emulsión*

Materia prima	Masa (g)	Contenido (%)
Agua destilada	290	58
Extracto de tzinzo	70	14
Goma arábica	70	14
Maltodextrina	70	14
TOTAL	500	100

Elaborado por: (Rodríguez, E & Shiguango, S, 2022)

9.5.5.1. Secado por aspersión de la mezcla homogénea.

Una vez formulada la mezcla homogénea del extracto acuoso de tzinzo se preparó 3 emulsiones que fueron la alimentación del proceso de microencapsulado con las siguientes condiciones: 150°C a 500ml/h flujo de alimentación, 130°C a 500ml/h flujo de alimentación, 150°C a 700 ml/h flujo de alimentación parámetros seleccionados en el proceso de microencapsulación basándose en la información recopilada (Müller et al., 2002).

9.5.5.2. Determinación del rendimiento del microencapsulado.

La fórmula del rendimiento del microencapsulado, se detallará como la cantidad de microcápsulas obtenidas sobre la cantidad de microcápsulas requeridas (Pulido, 2010).

$$\% \text{ del rendimiento} = \frac{\text{cantidad de microcápsulas obtenidas}}{\text{cantidad de microcápsulas requeridas}} * 100 \quad (\text{Ecuación 2})$$

9.5.5.3. Determinación del porcentaje de eficacia de microencapsulación.

La suspensión de microcápsulas fue centrifugada a 2500 rpm/15 min para separar los polifenoles microencapsulados. Luego se determinó la concentración de polifenoles del sobrenadante. Para la obtención del contenido de polifenoles sin microencapsular se procede a lavar las microcápsulas con etanol al 60% de concentración, cuantificando la cantidad de polifenoles que no fueron encapsulados. La eficiencia del micro encapsulamiento es calculada (%EE) con la siguiente fórmula (Campo, 2021).

$$\%EE = \frac{(A - B)}{A} * 100 \quad (\text{Ecuación 3})$$

Donde:

A= Contenido de polifenoles totales en la emulsión (mg/g)

B= Contenido de polifenoles totales en el disolvente de lavado (mg/g)

9.5.6. Caracterización del microencapsulado optimizado.

9.5.6.1. Determinación del pH.

Para el análisis de pH se tomó en cuenta el numeral 9.5.4.1.

9.5.6.2. Determinación de la humedad.

Para este análisis se tomó en cuenta el numeral 9.5.4.2.

9.5.6.3. Determinación de densidad aparente.

Para determinar la densidad aparente de las muestras, se pesaron en una probeta 0,5 g de polvo, en donde se buscó definir su volumen a partir de la escala para determinar la densidad por medio de la relación entre la masa y volumen (Copado et al., 2021), con la siguiente fórmula:

$$Da = \frac{m}{v} \quad (\text{Ecuación 4})$$

Donde:

m= masa de la muestra utilizada (0,5g)

v= volumen de la muestra en ml

9.5.6.4. Determinación de densidad compacta.

Se colocó en una probeta 1g de polvo, posteriormente se procedió a golpear por 50 veces de forma manual, con el objetivo de alcanzar una diferencia significativa con el volumen que fue obtenido en la determinación de densidad aparente, para luego por medio del cociente entre masa del polvo y su volumen poder determinar la densidad compacta (Copado, 2021), usando la siguiente fórmula:

$$Dc = \frac{m}{Vc} \quad (\text{Ecuación 5})$$

Donde:

m= masa de la muestra utilizada (1g)

vc= volumen de muestra compactada en ml

9.5.6.5. Solubilidad.

Para el análisis de solubilidad se pesó 1g de polvo, este se colocó en un vaso de precipitación con 100 ml de agua destilada, se agitó manualmente hasta que se solubilice totalmente la muestra, posteriormente se agregó 10 ml de la muestra en tubos de ensayo para luego ser sometidas a la centrifugadora a condiciones de 4000 rpm durante 5 minutos, una vez retiradas las muestras de la centrifugadora se procedió a filtrar 20ml de muestra, el papel con

los residuos de la muestra se lo coloca en una caja petri anteriormente pesada sin tapa, a continuación se colocó en una estufa a 105°C por un tiempo de 3 horas hasta que el papel este totalmente seco, finalmente se colocó en un desecador por un lapso de 20 minutos hasta que la muestra se enfríe y procedemos a pesar el papel filtro, se calculó mediante la siguiente fórmula (Parra, 2011).

$$\text{Solubilidad} = \frac{\text{peso sólidos} * 4}{\text{Peso muestra}} * 100 \quad (\text{Ecuación 6})$$

9.5.6.6. Caracterización morfológica del microencapsulado por microscopía electrónica de barrido (MEB).

Material sólido pulverizado de color amarillo-verdoso correspondiente a extracto de origen orgánico. Se utilizó la corrida con mejor rendimiento y eficacia de microencapsulado. Para el análisis de microscopía electrónica de barrido se realizó en una cámara cerrada sin influencia significativa (Lagos, 2022).

Método empleado:

- Las micrografías fueron adquiridas con las siguientes condiciones:
- Voltaje de aceleración: 20 kV carga
- Porcentaje de carga de filamento: 65,2%
- Emisión de corriente: 119,2 μA
- Presión de vacío: $2,3 \times 10^{-5}$ Torr
- Magnificaciones: 750x

9.5.6.7. Determinación del índice de Carr.

Se define como la comprensibilidad de una muestra pulverulenta o granulada. Se calculó mediante de la siguiente fórmula: (Baranauskaite et al., 2019).

$$IC = \frac{Da - Dc}{Dc} * 100 \quad (\text{Ecuación 7})$$

Donde:

Da: Densidad aparente

Dc: Densidad compactada

9.5.6.8. Determinación del índice de Hausner.

Utilizando el volumen de material compactado y aparente, se calculó por medio de la siguiente fórmula: (Baranauskaite et al., 2019).

$$IH = \frac{Dc}{Da} \quad (\text{Ecuación 8})$$

9.5.6.9. Determinación de la Higroscopicidad.

Respecto a la determinación de higroscopicidad, se pesó 0,5g de muestra microencapsulada y se colocó en una caja petri previamente pesada, en un desecador se colocó 25 ml de solución salina de Sulfato de sodio al 0.1N con una humedad relativa del 80% y 225ml de agua destilada, se colocó la caja petri y se mantuvo a una temperatura ambiente durante 7 días, terminado este tiempo se retiró y pesó la muestra.

Es una propiedad que poseen los materiales granulares que depende de la porosidad del material y está definida como la capacidad para absorber o ceder la humedad del ambiente que lo rodea. El equilibrio higroscópico ocurre cuando una masa de material granular con un contenido de humedad dado, alcanza el equilibrio con el aire, a una determinada humedad relativa y a una misma temperatura (Díaz J. , 2005). Se determinó la higroscopicidad en porcentaje aplicando la siguiente fórmula (Gavilanez, 2020).

$$\text{Higroscopicidad} \frac{g}{100g} = \frac{(\text{Peso mcps final} - \text{Peso mcps inicial})}{\text{Peso mcps inicial}} * 100 \quad (\text{Ecuación 9})$$

9.5.6.10. Determinación del ángulo de reposo.

El ángulo de reposo es importante para el diseño de sistemas de procesamiento, almacenamiento y transporte de materiales, es así que se determinó por medio de la altura y radio en el que reposó la muestra microencapsulada con la ayuda de un pie de rey dejando caer una cierta cantidad del polvo en una superficie plana (Teferra, 2019). Para los datos se aplicó la siguiente fórmula:

$$\theta = \tan^{-1}\left(\frac{h}{r}\right) \quad (\text{Ecuación 10})$$

Donde:

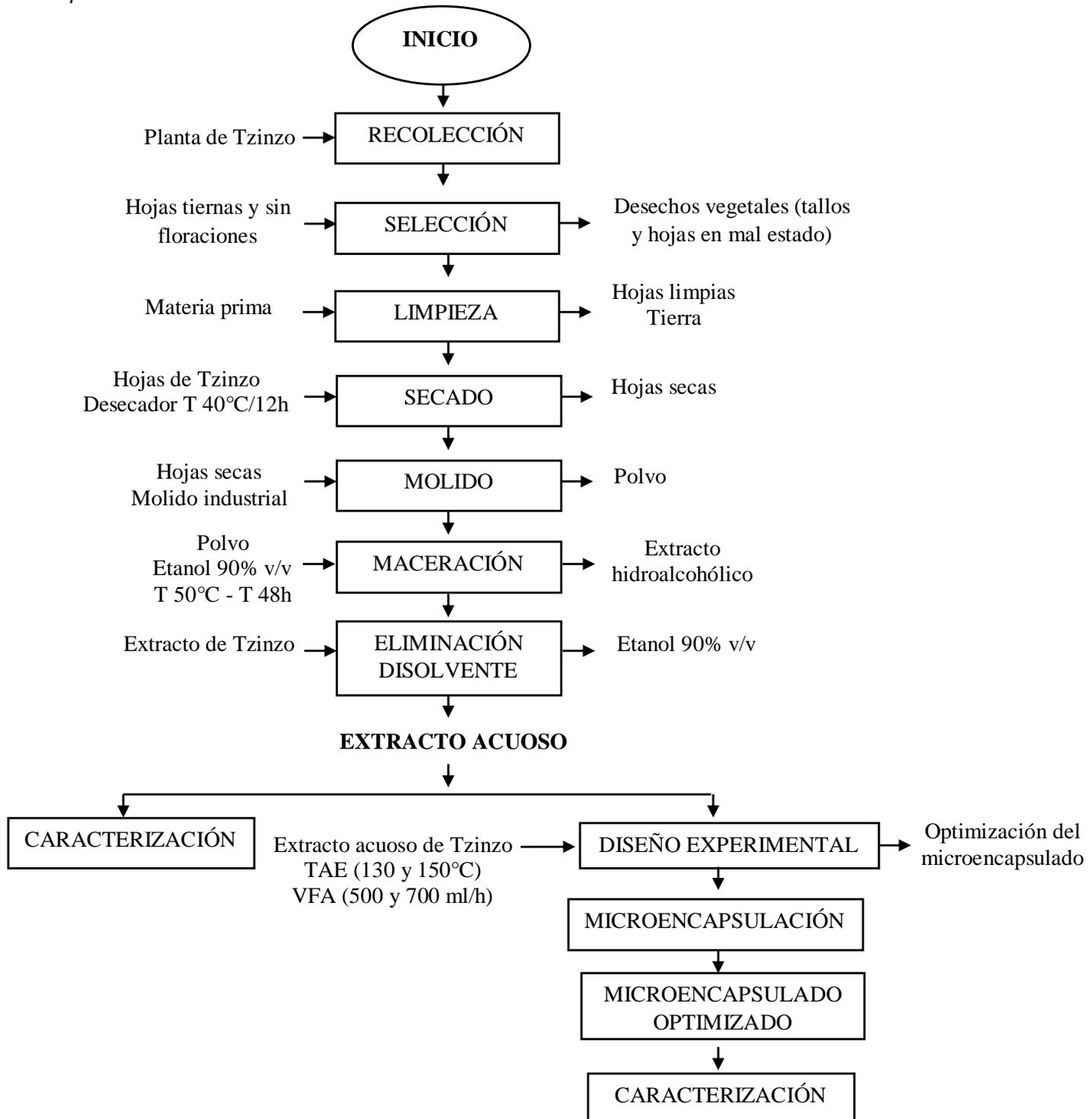
θ =ángulo de reposo

h=altura del cono

r=radio

9.5.7. Diagrama de Flujo de proceso.

Figura 5 Diagrama de flujo del proceso de microencapsulación



Elaborado por: (Rodríguez, E & Shiguango, S, 2022)

10. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

10.1. *Extracción de los componentes bioactivos de Tzinzo*

Se recolectó 8 kg de planta de Tzinzo (*Tagetes minuta*), se procedió a la selección de las hojas, su peso total fue de 1652,4 g, posteriormente el material vegetal se colocó en papel aluminio sobre unas rejillas, para ser expuestas a la estufa a una temperatura de 40°C por 48 horas. Una vez finalizado el proceso de secado, se dio inicio a la molienda obteniendo un polvo fino de 1185,2 g. La extracción hidroalcohólica del producto de la pulverización de las hojas se basa en la preparación de una disolución alcohólica al 90% v/v, siendo la misma cantidad para 2 envases, usando en total 6,35 litros de etanol y 1185,2 g de polvo de Tzinzo. Se colocó los envases a una temperatura de 60°C por 24 horas con el objetivo de recoger su centro activo en la solución alcohólica. Se utilizó un evaporador con los parámetros de operación: a 50°C por 70 rpm a una presión de la bomba al vacío de 0,065 MPa permitiendo así obtener 500ml de extracto libre de alcohol.

10.1. *Caracterización del extracto acuoso del Tzinzo*

Tabla 11

Análisis fisicoquímicos del extracto de tzinzo

Parámetros	Medida
Potencial de hidrógeno	5,14
Humedad (%m/m)	78,64
Sólidos solubles (°Brix)	18,9
Capacidad antioxidante reductor de hierro ($\mu\text{M}/\text{g}$ muestra)	829,89

Elaborado por: (Rodríguez, E & Shiguango, S, 2022)

De acuerdo a la tabla 11 se presenta un pH de 5,14 del extracto de acuoso, podemos observar que es ligeramente ácido y que difiere con los resultados de (Pérez et al., 2016), quien reporta valores de pH de 6 para extracto acuoso de Hobo (*Spondias mombin L*), y (Ochoa et al., 2013), 5,96 para extractos de hojas frescas de Zorrillo o Mucura (*Petiveria alliacea L.*), dando así la relación planta: disolvente, que tiene gran influencia sobre el pH de los extractos, la cual tiende a disminuir a la inversa de este parámetro.

De acuerdo a la humedad en la tabla 11 se puede observar un resultado de 78,64%, valor que se asemeja a lo realizado por Enríquez (2015) quien reportó un 89,34% de humedad en el

extracto acuoso de soya, en contraste con lo expuesto por (Tello et al., 2020), con una humedad del 2,86% en el extracto de Diente de león (*Taraxacum officinale*), es así que esos límites dan validez al proceso de extracción de Tzinzo y su cantidad de agua retenida.

Los sólidos solubles por medición de °Brix muestran un valor de 18,9 para el extracto de tzinzo, similar con lo expuesto por (Heredia et al., 2021), para el néctar de guanábana (*Annona muricata*) 12 °Brix de naturaleza viscosa, al igual que lo expuesto por (Manzanarez et al., 2020), con un grado de 14,65°Brix del extracto de higo. La concentración de sólidos solubles se mantiene en relación proporcional con la temperatura, el tiempo de extracción y materia vegetal utilizada, de acuerdo con Perdomo (2012), en el estudio sobre la cinética de lixiviación de cortezas de manglar rojo (*Rhizophora mangle*) en agua, quienes obtuvieron valores de 25-45°.

En la determinación de capacidad antioxidante reductor de hierro presentó un valor de 829,89 $\mu\text{M}/g$ muestra, siendo comparable con lo investigado por (Arrazola et al., 2014), en la microencapsulación de antocianinas de Berenjena (*Solanum melongena*), exponiendo un valor de 8,3 a 9,1 Mm/100g, y 15,8 $\frac{\mu\text{g}}{\text{ml}}$ y 8,2 $\mu\text{g}/\text{ml}$ para el extracto alcohólico de alcachofa (*Cynara scolymus*) respectivamente estudiado por (Boncun et al., 2013), lo que indica que el extracto acuoso posee mayor capacidad antioxidante que el extracto etanólico debido a que, mientras más bajo es la actividad de eliminación de radicales (IC_{50}) mayor capacidad de antioxidante existe (Mejía, 2019). La mayor parte de la capacidad antioxidante de los vegetales puede ser debido a los polifenoles que poseen, características biológicas extensas y, particularmente, a sus propiedades de secuestro de radicales libres.

10.2. Optimización del proceso de microencapsulación

En la tabla 12 se evidencia la matriz experimental para la microencapsulación del extracto de tzinzo en función al rendimiento, humedad, eficacia del micro encapsulamiento y capacidad antioxidante.

Tabla 12*Matriz experimental para la microencapsulación del extracto de tzinzo*

Corrida	TAE (°)	VFA (ml/h)	Rendimiento (%)	Humedad (%)	Eficacia del encapsulamiento (%)	Capacidad antioxidante (µM/g muestra)
1	140	500	87,5	2,93	86,89	799,01
<u>2</u>	<u>130</u>	<u>700</u>	<u>81,23</u>	<u>4,54</u>	<u>75,12</u>	<u>839,23</u>
3	140	600	85,67	3,12	84,14	811,23
4	150	600	88,23	2,53	85,23	803,34
5	130	500	85,11	3,89	81,23	789,09
6	140	600	84,99	3,21	83,98	808,65
7	140	700	82,65	3,76	79,89	834,45
8	140	600	85,01	3,17	84,31	814,34
<u>9</u>	<u>150</u>	<u>500</u>	<u>91,9</u>	<u>2,11</u>	<u>89,2</u>	<u>776,56</u>
10	140	600	85,74	3,34	83,89	810,76
11	130	600	83,45	4,01	78,67	819,89
12	140	600	84,78	3,29	84,67	821,34
13	150	700	84,23	2,72	82,12	813,67

Elaborado por: (Rodríguez, E & Shiguango, S, 2022)

De acuerdo a la tabla 12 se observa el mejor porcentaje de rendimiento y humedad, así como la eficacia del encapsulado, tomando en cuenta el mejor parámetro de temperatura de aire de entrada y velocidad de flujo de alimentación.

Tabla 13*Optimización del proceso de microencapsulado*

TAE	VFA	Rendimiento	Humedad	Eficacia del encapsulamiento	Deseabilidad
150	500	91,9	2,11	89,2	0.990

Elaborado por: (Rodríguez, E & Shiguango, S, 2022)

Se lo realizó en función del rendimiento, humedad y eficacia, no se utilizó la capacidad antioxidante debido a que se pierde los compuestos bioactivos de la planta y esto generaría problemas al momento de expresar el secado.

Los parámetros de 150°C y 500 ml/h de flujo de alimentación permitieron obtener un 89,2% de eficacia de microencapsulación del extracto acuoso, al igual que 2,11% de humedad de los polvos, siendo lo opuesto con la humedad de los polvos obtenidos por (Sharayei et al., 2019), con cifras de 4,12 a 4,73% debido a un mayor rango de temperaturas desde 40 a 200°C en la microencapsulación del extracto de cáscara de granada (*Punica granatum*) al 5 y 10% de maltodextrina utilizada.

De acuerdo con la tabla 14, se observa el modelo codificado en función del porcentaje de rendimiento obtenido en el microencapsulado, donde se observa mediante el análisis de varianza un modelo cuadrático que se adapta al proceso de microencapsulado.

Tabla 14

Parámetros del modelo codificado de los indicadores y porcentaje de rendimiento

Indicador	Rendimiento (%)
Intercepto	85,25
X_{TAE}	2,43*
X_{VFA}	-2,73*
$X_{TAE} X_{VFA}$	-0,95*
X_{TAE}^2	0,57*
X_{VFA}^2	-0,19
R^2	0,9877
R^2 ajustado	0,9789
R^2 predicho	0,9525
F modelo	112,52*
F falta de ajuste	0,51
Precisión adecuada	39,161

Elaborado por: (Rodríguez, E & Shiguango, S, 2022)

TAE: temperatura de aire de entrada

VFA: velocidad de flujo de alimentación

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

Los rendimientos del polvo variaron desde un 81,23 % hasta un 91,9 %, al igual que las investigaciones realizadas por Alex et al., (2016), sobre la microencapsulación del aceite de sachá inchi (*Plukenetia volubilis L.*) mediante secado por aspersión la temperatura de entrada fue de 150°C, con un rendimiento del 82,10 al 93,90%. En el estudio realizado por (Sarghini et al., 2021), en la composición química e idoneidad de microencapsulación del extracto de fruta de zumaque (*Rhus coriaria L.*), se demostró que la adición de maltodextrina era adecuada como vehículo para el secado por aspersión del extracto de zumaque, teniendo los mayores rendimientos, siempre >82%, valores que representan un significativo aumento en comparación con lo expuesto por Herazo (2013), en la obtención y estabilización de antiocianinas de berenjena (*Solanum melongena*), con valores bajos de 26,6%, utilizando 15% de maltodextrina a una temperatura de 170°C, las pérdidas de polvo durante el proceso de secado asociada al bajo rendimiento se debió principalmente a la acumulación de algunas partículas del polvo que se depositan sobre la pared de la cámara de secado y ciclón. Así como lo expuesto por (Navarro et al., 2020), en la Encapsulación de un extracto de una planta nativa rica en compuestos fenólicos, las mezclas de agentes encapsulantes permitieron la formación de una matriz polimérica eficiente con rendimientos entre 46 y 64%, valores similares reporta Sansone (2014), en la microencapsulación por secado por atomización del extracto de Uva africana (*Lannea microcarpa*), con un 46,7 – 63,2%, el cual no resultó tanto alto, debido probablemente al pequeño volumen de alimentación líquida (200ml) y el bajo contenido de sólidos esparcidos, así como a la pérdida de las partículas más pequeñas y livianas con el escape del secador por aspersión, entonces, a mayor contenido de sólidos, mayor rendimiento de polvo, pero un contenido de sólidos demasiado alto daría como resultado que se encapsule una cantidad baja de material activo en el polvo. Comparando los valores bajos con los resultados obtenidos en nuestra investigación, se puede concluir que a mayor temperatura de aire de entrada y menor velocidad de flujo de alimentación se obtiene un mejor rendimiento, siendo un polvo seco, con baja higroscopicidad y que no se pega en el equipo, no obstante, según Ríos & Gil (2021), citaron que, la misma estructura química de los polifenoles presentes en la planta los hace sensibles a factores como: los cambios de pH, temperatura y la presencia de oxígeno, afectando la estabilidad de sus grupos carbonilos e insaturaciones, además, los polifenoles pueden ser afectados debido a la interacción con enzimas como polifenoloxidasas, peroxidasas, glicolasas y esterasas, las cuales degradan a los compuestos fenólicos en compuestos, como el ácido ascórbico.

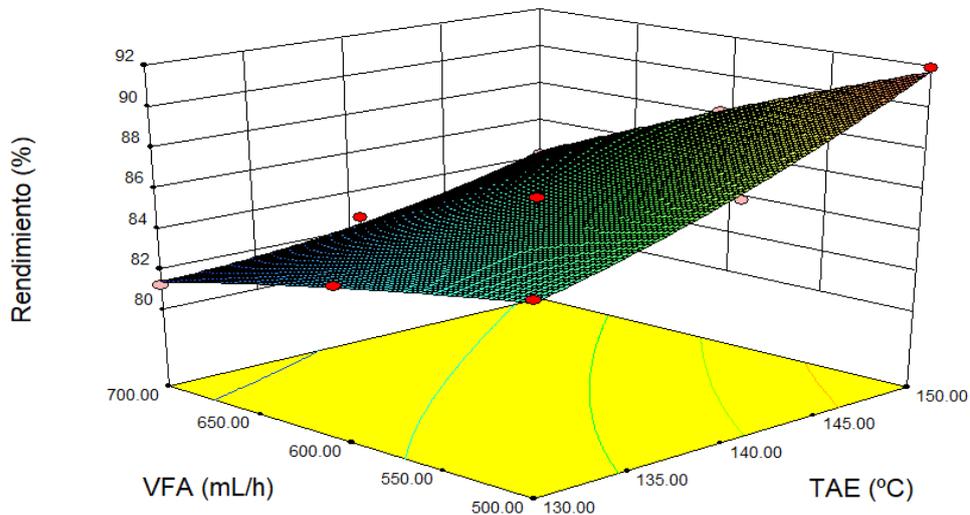
El análisis de varianza expuesto en la tabla 14 indicó un valor F del modelo cuadrático mayor al ser mostrado en la tabla de Fisher con un valor significativo para $p < 0,05$ mostrando diferencias significativas en contraste con la prueba para la tabla de ajuste.

El modelo propuesto presenta un valor de (R^2) alto 0,9789 debido a la adición de términos que son significativos al modelo, situación que es perceptible al incrementar términos significativos y se adaptó a un modelo cuadrático. Por medio de R^2 ajustado, se observa además en la tabla 14 que tanto el R^2 ajustado y predicho no tienen una mayor diferencia siendo esta de 0,02.

La figura 6 representa la superficie de respuesta respecto al rendimiento y las condiciones de operación de la microencapsulación, en donde se observa una relación directamente proporcional entre la temperatura de entrada de aire y el rendimiento, al igual que la relación directamente proporcional que mantiene el flujo de alimentación de emulsión al equipo.

Figura 6

Superficie de respuesta para el rendimiento de la microencapsulación.



Elaborado por: (Rodríguez, E & Shiguango, S, 2022)

10.2.1. Evaluación del modelo para la humedad.

De acuerdo a la tabla 15 se presenta las variables del modelo codificado del comportamiento de la humedad respecto a la temperatura del aire y velocidad de flujo de alimentación de la microencapsulación.

Tabla 15*Parámetros del modelo codificado para el porcentaje de humedad*

Indicador	Humedad (%)
Intercepto	3,28
X _{TAE}	-0,85*
X _{VFA}	0,35*
R ²	0,9790
R ² ajustado	0,9748
R ² predicho	0,9637
F modelo	233,51*
F falta de ajuste	1,60
Precisión adecuada	47,943

Elaborado por: (Rodríguez, E & Shiguango, S, 2022)

TAE: temperatura de aire de entrada

VFA: velocidad de flujo de alimentación

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

El contenido de humedad de las microcápsulas varió de 2,11 a 4,54% (Tabla 12), que está en el rango de 4,12% en la microencapsulación sobre el extracto acuoso de cáscara de granada (*Punica granatum*), 4,14% en los polvos libres de agentes de pared, informado por (Sharayei et al., 2019), Los resultados obtenidos de humedad están entre 3,15 a 4,90%, según (Daza et al., 2016).

El análisis de varianza para el modelo de regresión indicó que el valor F del modelo cuadrático fue superior al valor de la tabla de Fisher, por lo que se rechazó la hipótesis nula y se concluyó que el modelo y las diferencias fueron significativas. La prueba para la falta de ajuste no resultó significativa.

El coeficiente de determinación (R^2) fue alto, pero puede estar sobrevalorado por la adición de muchos términos al modelo, aunque no sean significativos. El (R^2) predicho del modelo está acorde con el valor del (R^2) ajustado, pues la diferencia entre ambos está alrededor del 0,2 sugerido por StateEase (2010).

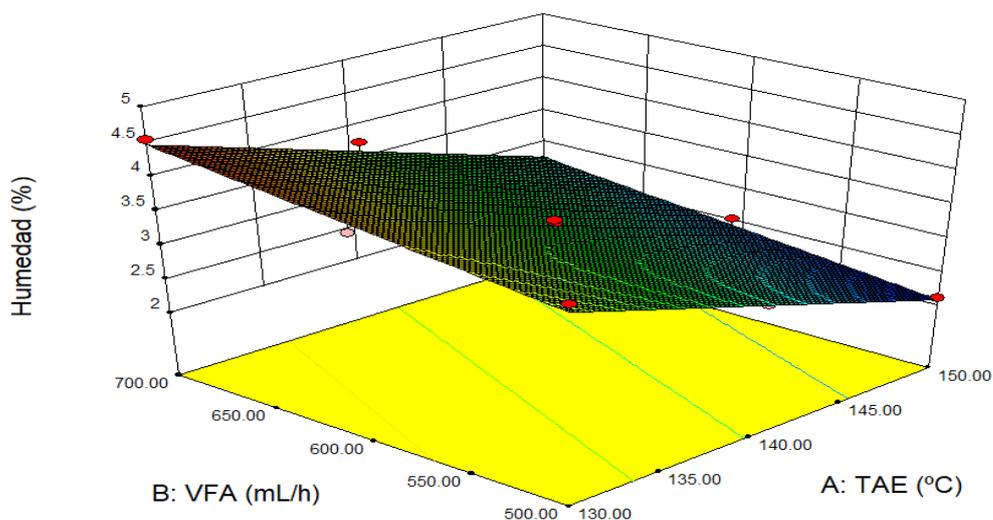
En el modelo resultaron significativos los términos cuadráticos, la temperatura del aire de entrada con signo negativo y la velocidad del flujo de alimentación con signo positivo.

Esto significa que un aumento de la temperatura del aire de entrada favoreció una disminución de la humedad. A mayor diferencia de la temperatura entre el aire de secado y las microgotas, mayor será la velocidad de transferencia de calor dentro de ellas, lo que proporciona la fuerza conductora para la extracción de la humedad. A medida que el agua es conducida a través de la microgota en forma de vapor, esta debe ser llevada lejos o la propia humedad creará una atmósfera saturada en la superficie de la partícula. Esto causará la eliminación del vapor de agua. Esta relación permite observar que a medida que aumenta la temperatura de alimentación del aire al equipo se disminuye el contenido de humedad de los polvos de manera similar a lo expuesto por (Mahboubeh et al., 2012), en el secado por atomización del jugo de morera negra (*Morus nigra*), al igual que en el secado por atomización de extracto de fruta de Gac (*Momordica cochinchinensis*), con una disminución de humedad de 5,3% al 3,9%, al aumentar la temperatura de 120 a 200°C, lo que confirma que las temperaturas de entrada de aire más altas mejoran la transferencia de calor y disminuye la humedad de los polvos.

Según (Jittanit et al., 2011), en la producción de polvo de tamarindo con valores por debajo de 4%, señala que a temperaturas más altas de entrada de aire, existe una gradiente de temperatura mayor entre la alimentación atomizada y el aire de secado, lo que resulta en una mayor fuerza motriz para la evaporación del agua, produciendo polvos con menor contenido de humedad; los valores de humedad obtenidos son cercanos a los reportados por (Fernandes et al., 2013), en el secado de aceite esencial de romero que va de 0,26 a 3,16%.

Figura 7

Superficie de respuesta para la humedad de las muestras.



Elaborado por: (Rodríguez, E & Shiguango, S, 2022)

10.2.2. Eficacia de la microencapsulación.

De acuerdo a la tabla 16 se presenta los parámetros del modelo codificado para el porcentaje de la eficacia de encapsulamiento.

Tabla 16

Parámetros del modelo codificado para el contenido para la eficacia de encapsulamiento

Indicador	Eficacia encapsulamiento (%)
Intercepto	84,09
X _{TAE}	3,59*
X _{VFA}	-3,36*
X _{TAE} X _{VFA}	-0,24*
X _{TAE} ²	-1,87*
X _{VFA} ²	-0,43*
R ²	0,9929
R ² ajustado	0,9879
R ² predicho	0,9574
F modelo	196,47*
F falta de ajuste	2,64 50,82
Precisión adecuada	

Elaborado por: (Rodríguez, E & Shiguango, S, 2022)

TAE: temperatura de aire de entrada

VFA: velocidad de flujo de alimentación

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

De acuerdo a la tabla 16, respecto al análisis de varianza y modelo cuadrático, una diferencia significativa de 0,2 entre el valor de R² y R² ajustado permite validar la relación que tienen la temperatura de entrada de aire y flujo de alimentación planteado por StateEase (2010).

De acuerdo a la tabla 13, se obtuvo un resultado del 89,2% de eficacia, comparado con lo expuesto por (Navarro et al., 2020), en la encapsulación de un extracto de una planta nativa rica en compuestos fenólicos, las mezclas de agentes encapsulantes permitieron la formación de una matriz polimérica eficiente con un porcentaje de eficacia del 65% usando la maltodextrina con pectina de cáscara de cacao y 92% siendo la más alta usando maltodextrina y proteína de soja, siendo agentes protectores más efectivos, mostrando mayor estabilidad. Según (Estevinho et al., 2021), en la microencapsulación de diferentes plantas: Hipérico (*Hypericum perforatum L.*), Salvia (*Salvia officinalis L.*), y Clavo de olor (*Syzygium*

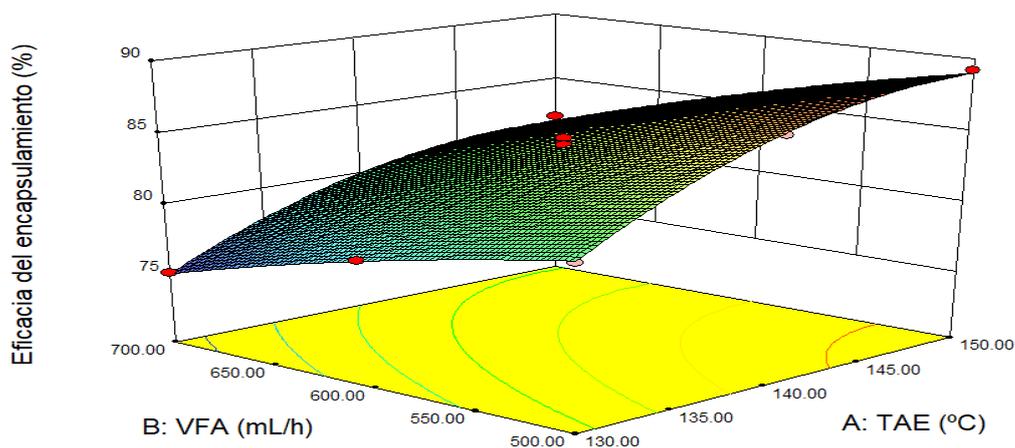
aromaticum), la eficiencia de encapsulación fue del 100%. Valores similares reporta Sansone (2014), en la microencapsulación por secado por atomización del extracto de Uva africana (*Lannea microcarpa*), con un 91,8% de eficacia, la funcionalidad de la planta está correlacionada con el contenido de polifenoles, es decir, cuanto mayor es el contenido de polifenoles real en la forma de polvo encapsulado producido, mayor debe ser la actividad funcional de la formulación final, y, por lo tanto, la eficacia de encapsulación obtenida es una característica muy interesante y prometedora.

La eficiencia de la microencapsulación y estabilidad de las microcápsulas durante el almacenamiento depende de la composición del material de pared. Según Ríos & Gil (2021) en una investigación realizada por (Tolun et al., 2020), la combinación de maltodextrina y goma arábica proporciona una estabilidad sustancialmente mejorada de los polifenoles en comparación con las microcápsulas obtenidas solo con maltodextrina, siendo la mejor combinación maltodextrina con equivalente dextrosa 4-7 y goma arábica ya que mostró una mejor protección que la mezcla maltodextrina con equivalente dextrosa 17-20 y goma arábica.

Respecto a la eficacia del microencapsulado es notoria la respuesta que tiene esta variable frente al incremento de temperatura de entrada de aire, y disminución de velocidad de flujo de alimentación de tal manera que aumenta la eficacia.

Figura 8

Superficie de respuesta para la eficacia de la microencapsulación.



Elaborado por: (Rodríguez, E & Shiguango, S, 2022)

10.2.3. Capacidad antioxidante.

De acuerdo con la tabla 17 se presenta la significancia del análisis de varianza y los coeficientes estimados para el contenido de capacidad antioxidante.

Tabla 17*Parámetros del modelo codificado para el contenido para la capacidad antioxidante*

Indicador	FRAP ($\mu\text{M Fe}^{2+}/\text{g}$)
Intercepto	814,70
X_{TAE}	-9,11*
X_{VFA}	20,45*
$X_{\text{TAE}} X_{\text{VFA}}$	-3,26*
X_{TAE}^2	-6,69*
X_{VFA}^2	-1,58*
R^2	0,9423
R^2 ajustado	0,9011
R^2 predicho	0,7360
F modelo	22,85*
F falta de ajuste	1,35
Precisión adecuada	16,372

Elaborado por: (Rodríguez, E & Shiguango, S, 2022)

TAE: temperatura de aire de entrada

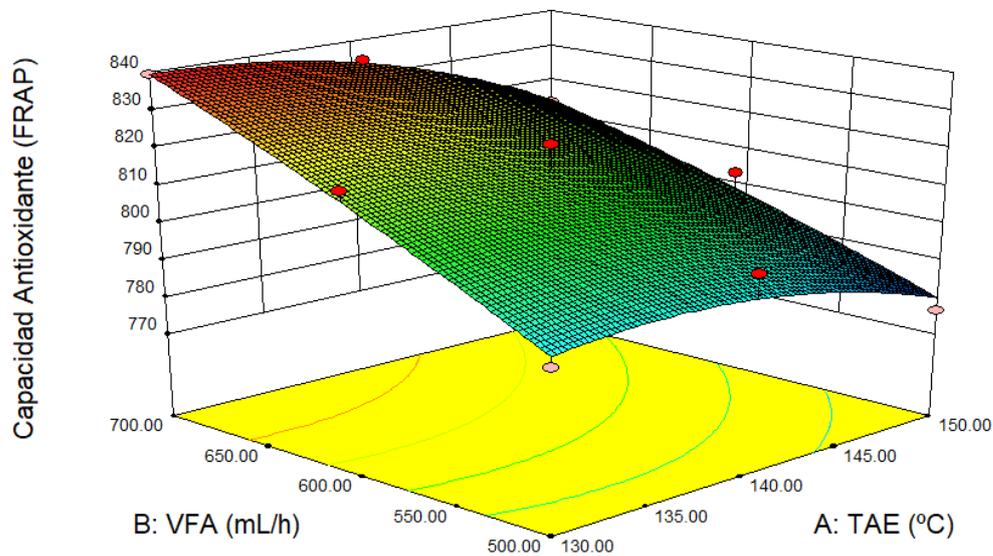
VFA: velocidad de flujo de alimentación

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

Se adaptó a un modelo cuadrático, a una temperatura de aire de entrada menor aumentando la capacidad antioxidante, los valores superiores a 0,05 indican que los términos del modelo son significativos para la variable respuesta de flujo de alimentación con 20,45 y con un nivel de confianza del 94,23% de la variabilidad de contenido de antioxidantes, por lo tanto, se acepta la hipótesis alternativa y se rechaza la hipótesis nula, valores similares a lo reportado por (Campo et al., 2020), en la microencapsulación de extracto de cálices *Hibiscus sabdariffa L.*, al realizar la comparación de medias para los valores de porcentaje de secuestro del radical DPPH, asociado a los factores temperatura/tiempo y disolvente, se pudo llegar a la conclusión de que, con un 95,0% de nivel de confianza, ningún p-valor es inferior a 0,05, por lo que ninguna de las condiciones tuvo un efecto estadísticamente significativo sobre la capacidad secuestradora de radicales libres.

Figura 9

Superficie de respuesta para la capacidad antioxidante



Elaborado por: (Rodríguez, E & Shiguango, S, 2022)

En la figura 9 se representa la superficie respuesta obtenida para la capacidad antioxidante máxima de 839,23 ($\mu\text{M Fe}^{2+}/\text{g}$ muestra) con una temperatura de aire de entrada de 130°C y 700 ml/h de flujo de alimentación, y una capacidad antioxidante mínima de 776,56 ($\mu\text{M Fe}^{2+}/\text{g}$ muestra) con una temperatura de aire de entrada de 150°C y 500 ml/h de flujo de alimentación, esta superficie respuesta indica que la capacidad de antioxidante de los polvos se incrementa a medida que el flujo de alimentación aumenta y la temperatura disminuye, por ellos la capacidad antioxidante se ve afectado por su fácil volatilización. Valor máximo similar a (Hurtado et al., 2015), para el extracto hidroalcohólico de nogal peruano (*Juglans Neotropical*), con un valor de $1019,10 \mu\text{mol trolox/g}$ de extracto seco. Por otro lado, valores mínimos similares a lo citado por (Pérez et al., 2018), en el cual el extracto de Greigia (*Greigia mulfordii*) obtuvo una concentración de $776,42 \mu\text{mol trolox/g}$ de extracto, valores mayores a los datos de (Moreno et al., 2014), quien realizó estudios en aguacate (*Persea americana*) y encontró que la variedad Hass, tiene un valor de $189,80 \pm 10,80 \mu\text{mol trolox/g}$ muestra, uvilla (*Physalis peruviana*) $70,30 \pm 9,60 \mu\text{mol trolox/g}$ extracto.

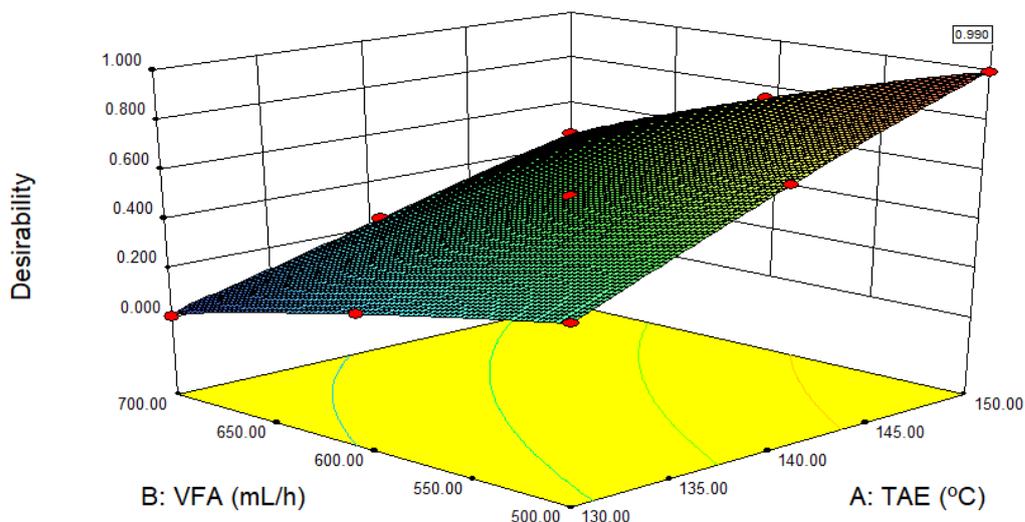
Según Rodriguez (1999), señala que en el lento secado de cuatro vegetales de hoja verde se dio una retención más baja de carotenoides, debido a la activación de las enzimas y esta aumenta al pulverizarlas ya que se pierde la integridad causando la degradación e isomerización

de los pigmentos amarillos que contienen β -carotenos, estos factores sumados al tiempo de almacenamiento son los principales responsables de su pérdida.

De acuerdo con (Juscamaita et al., 2017), en la evaluación de la estabilidad de carotenoides y actividad antioxidante de la flor de mastuerzo (*Tropaeolum majus L.*), reporta el % de carotenoides totales por efecto de la interacción del agente encapsulante y temperatura de secado, en las que se evidencia que la mayor estabilidad de carotenoides se obtiene con el agente encapsulante goma arábica y temperaturas de secado de 130 y 150°C obteniendo mayores % de recuperación de carotenoides; Pedroza (2002) en las particularidades de los procesos para la microencapsulación, señala que el tipo de material encapsulante influye en la estabilidad de la emulsión antes de secar, como el tamaño de partícula, en las propiedades de flujo y en la vida útil del material deshidratado; así mismo, Larroza (2007), en la encapsulación de licopeno mediante secado por aspersión y procesos de inclusión molecular, señalan que la goma arábica podría considerarse una excelente elección como material de pared para la encapsulación de licopeno por secado por aspersión. A ello, se le atribuye el mayor % de recuperación de carotenoides en comparación del agente encapsulante maltodextrina, ya que la eficiencia en esta depende del grado de hidrólisis de las maltodextrinas, ya que muy bajos equivalentes de dextrosa no tienen el efecto positivo.

Figura 10

Superficie de respuesta para la optimización del proceso de microencapsulado (Deseabilidad).



Elaborado por: (Rodríguez, E & Shiguango, S, 2022)

La deseabilidad del proceso alcanza un 0,990, y un rendimiento del 91,9%, a diferencia de lo expuesto por (Hernández et al., 2020), en donde obtuvo un 33% de rendimiento en la microencapsulación de tuna (*Opuntia ficus-indica*) y un 92,54% expuesto por (Sharayei et al., 2019), en la microencapsulación de extracto de cáscara de granada (*Punica granatum*) al utilizar 10% de ciclodextrina y 87,26% al utilizar maltodextrina.

La superficie de respuesta para la optimización del proceso de microencapsulación presentada en la figura 10 obedece a la variación de la temperatura de entrada de aire y la velocidad de flujo de alimentación de la emulsión al equipo como un factor delimitante en el modelo en cuanto a la interacción de las variables del proceso.

10.3. Caracterización del microencapsulado óptimo.

De acuerdo con la tabla 18 se evidencia las características del microencapsulado optimizado, el mismo que fue obtenido mediante un flujo de alimentación al equipo de 500 ml/h a una temperatura de entrada de aire de 150°C condiciones que permitieron obtener un mayor rendimiento y eficacia del proceso.

Tabla 18

Caracterización del polvo

Característica	Resultado
Rendimiento (%)	91,9
Humedad (%)	2,11
Eficacia de microencapsulación (%)	89,2
Potencial de hidrógeno	5,3
Densidad aparente (g/ml)	0,0254
Densidad compactada	0,0489
Acidez titulable	0,18
Capacidad antioxidante reductor del hierro ($\mu\text{M Fe}^{2+}/\text{g}$ muestra)	829,89
Índice de Carr	15,724
Índice de Hausner	0,3889
Ángulo de reposo	33,27
Higroscopicidad (%)	8,824
Solubilidad (%)	22,47

Elaborado por: (Rodríguez, E & Shiguango, S, 2022)

10.3.1. Determinación de densidad aparente.

Las tres muestras microencapsuladas presentaron una densidad aparente de 0,31, 0,36 y 0,38 g/ml, se realizó la desviación estándar de estos resultados, obteniendo un 0,0254. (Souza et al., 2009), estudió la relación entre la densidad aparente y las temperaturas de secado y

observaron que la densidad disminuye con el aumento de la temperatura de entrada de aire de secado, ya que, a altas temperaturas, las velocidades de evaporación son más rápidas y en efecto el producto seco obtenido tiene una estructura más hueca.

Según (Jittanit et al., 2011), en la obtención de polvo de tamarindo, con densidades de 0,45 y 0,64g/ml en MD y AG respectivamente, la temperatura de secado y la fórmula de alimentación se considera como las causas de la baja y alta densidad aparente, es decir, la mayor temperatura de secado conduce a una mayor tasa de evaporación de la humedad de la alimentación, lo que resulta en una mayor porosidad y una menor densidad aparente del polvo seco, además, a la misma temperatura de secado, la mayor cantidad de MD reduciría la densidad aparente, contrario a esto, la mayor cantidad de AG elevaría la densidad aparente del polvo.

10.3.2. Determinación de densidad compacta.

Las tres muestras microencapsuladas presentaron una variación de 0,55 y 0,67 m/v, las muestras 1 y 3 dieron el mismo valor (0,55 m/v), se realizó la desviación estándar de los 3 resultado, dando como densidad compacta final un 0,0489 m/v, similar a los reportados por (Finney et al., 2006), 0,57 a 0,08 g/ml para microencapsulados de aceite esencial de naranja (*Citrus x sinensis*). La densidad compacta es un factor importante ya que se relaciona con el empaque, transporte y comercialización de polvos, debido a que este valor suele ser útil en términos del peso o cantidad de material que cabe en un contenedor.

10.3.3. Determinación de Índice de Carr, índice de Hausner y Ángulo de reposo.

De acuerdo con (Islam et al., 2017), el índice de Carr o comprensibilidad indica de qué manera la presión reduce el volumen de un conjunto de gránulos y sirve para determinar la fluidez de los polvos.

Tabla 19

Fluidez de un polvo según índice de Carr

Índice de Carr	Fluidez
< 15	Excelente
15-20	Buena
20-35	Intermedia
35-45	Poca
>45	Muy poca fluidez

Fuente: (Islam et al., 2017).

De acuerdo con la tabla 19, donde se representa los valores mínimos y máximos que indican poca y excelente fluidez, se realizó una desviación estándar con los datos obtenidos en los análisis ($<0,34$, $<0,53$ y $<0,78$.), obteniendo un 15,724 IC siendo de buena fluidez. De acuerdo con valores reportados por (Leyva et al., 2018), en su estudio de, potencial de los agregados esféricos de almidón de taro (*Colocasia esculenta*) como material de pared para pulverización, el almidón de malanga agregados esféricos tenían un IC de 14.9% es un indicador de que el producto puede comprimirse y es útil para diversas aplicaciones, como la formación de tabletas en la industria farmacéutica.

Según (Islam et al., 2017), el índice de Hausner, determina la cohesividad que tienen los polvos, los valores de $<1,2$ indican baja cohesividad, valores entre 1,2 y 1,4 indican cohesividad intermedia y valores $>1,4$ indican alta cohesividad. El resultado obtenido del promedio de las 3 muestras fue de 0,3889, por tanto, este polvo se considera de baja cohesividad, mientras menos cohesivo sea un polvo, mayor será su fluidez, lo anterior se cumple al comparar los resultados de ambos parámetros con los valores reportados por (Santhalakshmy et al., 2015), en el efecto de la temperatura de entrada sobre las propiedades fisicoquímicas del polvo de fruta jamun (*Syzygium cumini*) secado por aspersión, donde el IC es de 36,1% y el IH es de 1,57.

Tabla 20

Propiedades de flujo y sus correspondientes ángulos de reposo

Flujo	Ángulo de reposo
Libre flujo	25-30°
	31-35°
Bastante cohesivo	36-40°
	41-45°
Cohesivo	46-55°
Muy pobre	56-65°
Extremadamente pobre	$>66^{\circ}$

Fuente: (Jinapong et al., 2008).

De acuerdo con la bibliografía (Jinapong et al., 2008) el polvo microencapsulado se considera libre de flujo, ya que se obtuvo un valor de 33,27°, encontrándose en un rango de 31-35°, valor similar a lo reportado por Romero (2014), quien obtuvo para los polvos de jugo de

zarzamora (*Rubus ulmifolius*) clarificado, obtenidos por gelificación, aspersión, liofilización y congelación liofilización, ángulos de 18,76°; 32,80° y 35,16° respectivamente.

10.3.4. Determinación de higroscopicidad y solubilidad.

La higroscopicidad que ese obtuvo fue de 8,824%, lo que según Topuz (2017), es categorizada como polvo de baja higroscopia, ya que es menor al 20%. Valores similares obtuvo (Botrel et al., 2014), con el aceite de pescado (4,9 – 4,9%), la baja higroscopicidad se explica por la elevada concentración de maltodextrina (70g) en el polvo final ya que la maltodextrina tiene una baja absorción de agua en el tiempo, según (Moghaddam et al., 2017). Sin embargo, la alta temperatura de entrada de aire (150°C) pudo no haber ayudado a que la higroscopicidad sea aún menor, porque el aumento de la temperatura genera menor humedad, lo que se relaciona con una mayor gradiente de concentración de agua entre el producto y el aire circundante, de acuerdo con Samsu (2020).

Según (Toyosit et al., 2021), en la caracterización del extracto de Moringa (*Moringa oleifera*), la mezcla de Maltodextrina y Goma arábiga son las aceptables para el proceso de microencapsulación, ya que al obtener menor higroscopicidad mejora la estabilidad de almacenamiento y menora su susceptibilidad a la degradación relacionada con la humedad.

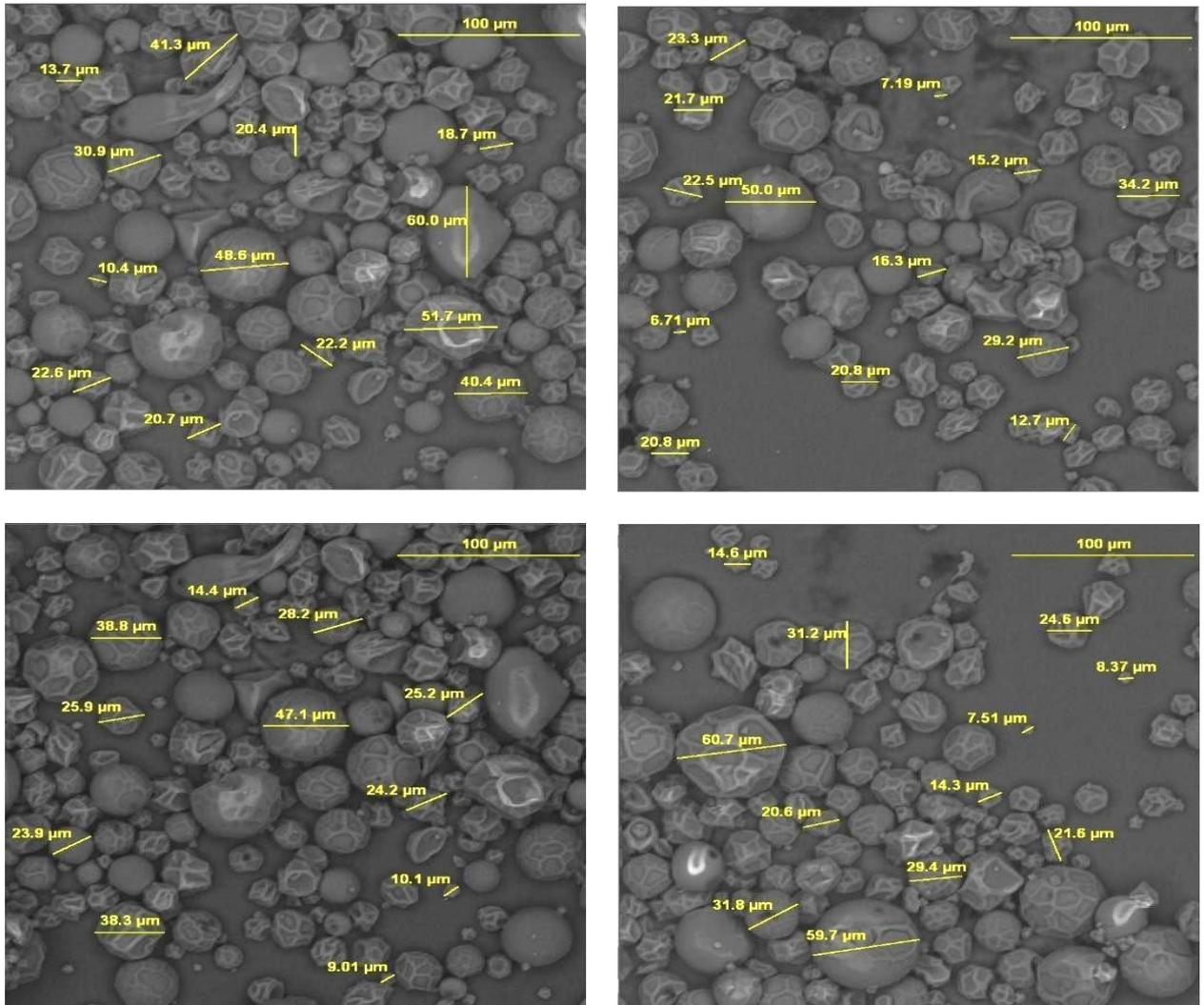
En cuanto a la solubilidad del microencapsulado optimizado fue de 22,47%, siendo aceptable, según Topuz (2017), en el estudio de secado por aspersión de jugos de frutas y vegetales. Según (Kha et al., 2014), la alta temperatura de entrada empleada produjo un bajo contenido de humedad lo que condujo a una mayor solubilidad, así como también el estudio realizado por (Jittanit et al., 2011), menciona que, a mayor temperatura y flujo de alimentación, mayor es la solubilidad del producto independiente de la concentración del material encapsulante.

10.3.5. Caracterización morfológica del microencapsulado por microscopía electrónica de barrido (MEB).

En la figura 11, se presentan las micrografías obtenidas de cuatro áreas de la muestra.

Figura 11

Micrografías SEM a 750X de la muestra “Tzinzo” (MS-22-0395) - Cuatro áreas diferentes.



Fuente: Escuela Politécnica Nacional, 2022.

En las imágenes se observó que las microcápsulas presentaron una forma predominante esférica, con un rango de tamaño muy grande, con diámetros que variaron de 6,71 a 100 µm aproximadamente; no presentaron grietas, ni fisuras aparentes, lo cual es una ventaja, ya que indica que las microcápsulas tienen una menor permeabilidad a los gases, aumentando así la protección. Esto es interesante en el caso de los polvos, una vez que la “población” de partículas

más pequeñas puede penetrar en los espacios entre las más grandes, ocupando así menos espacio.

Según (Estevinho et al., 2021), en la microencapsulación de diferentes plantas: Hipérico (*Hypericum perforatum L.*), Salvia (*Salvia officinalis L.*), y Clavo de olor (*Syzygium aromaticum*), todas las micropartículas presentan una forma regular, una superficie muy lisa y un tamaño medio inferior a 20 μm .

Sansone (2014), en la microencapsulación por secado por atomización del extracto de Uva africana (*Lannea microcarpa*), demostraron una reducción en la distribución dimensional de las micropartículas (d50, 4.75 μm) con respecto al vacío (d50, 6.47 μm). Este comportamiento probablemente se debió a una interacción física entre los componentes carboximetilcelulosa sódica (NaCMC) y la planta en la formación de la matriz durante el proceso de secado por aspersión. El tamaño reducido de las partículas generalmente mejora la fluidez y la velocidad de disolución del polvo. Los estudios morfológicos, realizados por análisis microscópico, mostraron resultados similares, en cuanto a la forma y distribución de la matriz, de todas las micropartículas producidas, las imágenes muestran el polvo en estado amorfo con micropartículas esféricas bien formadas, pequeñas y modernas con una superficie lisa.

De acuerdo con (Carneiro et al., 2013), las microcápsulas producidas con maltodextrina y goma arábiga mostraron mayor tamaño, probablemente debido a su mayor viscosidad de emulsión. Cuanto mayor es la viscosidad de la emulsión, mayores son las gotas formadas durante la atomización y, por lo tanto, mayores son las partículas en polvo obtenidas.

Según (Azevedo et al., 2020), en “las nanopartículas de gelatina permiten la dispersabilidad en agua y potencializan la actividad antimicrobiana de aceite de Buriti (*Mauritia flexuosa*)”, las partículas con una gran distribución de diámetro y tamaño pueden afectar la textura y comprometer los compuestos bioactivos incorporados. El índice de polidispersión de menos de 1 indica homogeneidad en la partícula analizada, así, una partícula que se presenta de manera más homogénea se inserta en un producto de manera más eficiente, sin afectar la textura, por lo que es positivo para el uso del consumidor.

11. IMPACTOS (Técnicos, Sociales y Ambientales)

- **Técnicos**

Los efectos técnicos que genera la presente investigación están enmarcados como fuente de generación de alimentos sustentables y de producción sostenible, de carácter exportable en torno a la necesidad de su consumidor mediante el uso de la riqueza organoléptica de la planta y proporcionando una guía para la creación de microcápsulas de diferentes variedades de hiervas aromáticas de la región. Además, proporciona a la industria alimentaria, compuestos bioactivos que trabajan como una barrera para evitar reacciones químicas, lo que fomenta el aumento de la vida útil, facilitando su manipulación al ajustar el estado físico del compuesto que serán usados en el almacenamiento de algunos productos.

- **Sociales**

Se impulsa a los agricultores a generar materias primas, ya que siendo una planta de interés debido a su potencial agroindustrial, permitirá generar un pleno desarrollo en los sectores sociales y económicos de las comunidades de los sectores más vulnerables de la provincia, aplicando la tecnología para la producción de microencapsulado con la necesidad de un consumo diario de recursos naturales bajo el concepto de vida sana capaz de aprovechar los recursos naturales y la conservación de las propiedades organolépticas utilizados en el ámbito de la medicina ancestral bajo el precepto de una industrialización capaz de conservar la riqueza del producto natural.

- **Ambientales**

Al implementar el proyecto de investigación, se fomentará a las industrias a usar compuestos naturales más amigables con el medio ambiente, evitando el uso de aditivos químicos que causan la degradación ambiental y por ende a la salud humana. La creación de un producto a base de Tzinzo que se encuentra en las tierras altas del Ecuador promueve la conservación ambiental basada en la explotación temporal de recursos naturales para cuidar el medio ambiente a través de un proyecto rentable y sostenible en el tiempo capaz de conservar la riqueza de nuestra tierra.

12. PRESUPUESTO

Tabla 21

Presupuesto

RECURSOS	CANTIDAD	UNIDAD	V. UNITARIO	V. TOTAL
HUMANOS				
Tutor	1	0	0,00	\$ -
Lectores	3	0	0,00	\$ -
Postulante(s)	2	0	0,00	\$ -
Mano de obra	2	0	0,00	\$ -
Subtotal	\$			-
VIATICOS				
Transporte universidad (2 personas)	60	días	1,20	\$ 72,00
Transporte Laboratorio EPN	4	días	10,00	\$ 40,00
Computadoras	2	u	800,00	\$ 1.600,00
Internet	3	m	17,00	\$ 51,00
Energía eléctrica	1440	kW/h	0,09	\$ 129,60
Alimentación	60	días	2,50	\$ 150,00
Subtotal	\$			2.042,60
MATERIA PRIMA				
Tzinzo (<i>Tagetes minuta</i>)	8	kg	2,00	\$ 16,00
Goma arábica grado alimentario	500	g	3,15	\$ 3,15
Maltodextrina grado alimentario	500	g	3,15	\$ 3,15
Subtotal	\$			22,30
PROCESO DE SECADO POR ASPERSIÓN				
Spray Drying (SD - 303)	3	u	78,40	\$ 235,20
Subtotal	\$			235,20
MICROSCOPIA ELECTRÓNICA DE BARRIDO				
Micrografías de muestra microencapsulada	1,00	u	131,04	\$ 131,04
Subtotal	\$			131,04
MATERIALES DE LABORATORIO				
Balanza analítica sensor magnético 4 decimales	1	u	879	\$ 879,00
Balanza analítica de precisión precisa	1	u	350	\$ 350,00
Brixómetro	1	u	37	\$ 37,00
Centrifugadora	1	u	3567,732	\$ 3.567,73
Desecador	1	u	75	\$ 75,00
Empacadora al vacío	1	u	1129	\$ 1.129,00
PH metro	1	u	13	\$ 13,00
Estufa (Memmert Universal 30)	1	u	6500	\$ 6.500,00
Rota evaporador	1	u	4500	\$ 4.500,00
Selladora	1	u	100	\$ 100,00
Subtotal	\$			17.150,73

REACTIVOS					
Acetato de sodio trihidratado	20	ml	2,5	\$	50,00
Ácido acético	200	ml	0,5	\$	100,00
Ácido clorhídrico	100	ml	1	\$	100,00
ácido gálico	10	g	10	\$	100,00
Carbonato de sodio	50	u	1	\$	50,00
Cloruro férrico	50	g	1	\$	50,00
Etanol para análisis	7	l	10	\$	70,00
Sulfato de sodio	20	g	0,5	\$	10,00
Solución Fehling	1	l	20	\$	20,00
Solución Folin-Ciocalteu	10	l	1,5	\$	15,00
Sal de Mohr [Fe (NH ₄) ₂ SO ₄]	2	g	20	\$	40,00
TPTZ [2,4,6-tri (2-piridil)-1,3,5-triazina]	2	g	10,00	\$	20,00
Subtotal				\$	625,00
OTROS MATERIALES					
Probeta 250ml	1	u	16,4	\$	16,40
Probeta 25ml	1	u	12,8	\$	12,80
Probeta 10ml	1	u	5,9	\$	5,90
Tubos de ensayo	10	u	0,4	\$	4,00
Cajas petri	1	u	1,2	\$	1,20
Pipeta automática	1	u	55	\$	55,00
Pipetas	2	u	1,9	\$	3,80
Crisol	6	u	3,49	\$	20,94
Agua destilada	2	u	0,95	\$	1,90
Vaso de precipitación 50ml	8	u	2	\$	16,00
Vaso de precipitación 250ml	2	u	3,5	\$	7,00
Matraz Erlenmeyer 100ml	3	u	4,5	\$	13,50
Varilla de agitación	1	u	2,5	\$	2,50
Papel aluminio	2	u	1,25	\$	2,50
Tela lienzo	2	u	1,50	\$	3,00
Bandejas de papel aluminio	2	u	1,32	\$	2,64
Fundas Ziplo	12	u	0,20	\$	2,40
Botella plástica	2	u	0,50	\$	1,00
Envases Ámbar 125 ml	3	u	0,60	\$	1,80
Envases Ámbar 1000 ml	1	u	1,25	\$	1,25
Tijeras	1	u	0,75	\$	0,75
Subtotal				\$	176,28
MATERIAL DIDÁCTICO					
Impresiones	7	u	8,00	\$	56,00
Anillados	7	u	1,50	\$	10,50
Subtotal				\$	66,50
TOTAL				\$	20.318,61

Elaborado por: (Rodríguez, E & Shiguango, S, 2022)

13. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

13.1. Conclusiones

- Por medio de diferentes metodologías investigadas, se logró obtener 500ml de extracto acuoso de Tzinzo (*Tagetes minuta*) con las siguientes características: pH 5,14, humedad 78,64%, sólidos solubles 18,9 y capacidad antioxidante 829,89 ($\mu\text{M Fe}^{2+}/\text{g}$ muestra).
- En el proceso de optimización se determinó cómo tratamiento óptimo la corrida 9 en el microencapsulado con los siguientes parámetros: 150°C temperatura de aire de entrada y 500ml/h de velocidad de flujo de alimentación, presentando las siguientes variables respuestas: rendimiento 91,9%, eficacia de microencapsulado 89,2%, humedad 2,11%, al aumentar la temperatura de aire de entrada y disminuir la velocidad de flujo de alimentación se obtiene un mayor rendimiento, obteniendo un polvo seco, con baja higroscopicidad y partículas no aglomeradas que se puedan pegar al equipo, evitando la pérdida de polvo durante el proceso de secado. A temperaturas más altas de aire de entrada, existe una gradiente de temperatura mayor entre la alimentación atomizada y el aire de secado, dando como resultado una mayor evaporación del agua, disminuyendo así el contenido de humedad de los polvos. En cuanto a la eficacia, la mezcla de los materiales encapsulantes (MD Y GA) proporciona una estabilidad sustancialmente mejorada, así como el mayor contenido de polifenoles totales permitieron una mayor actividad funcional.
- Mediante ensayos fisicoquímicos se caracterizó el microencapsulado óptimo, obteniendo los siguientes resultados: higroscopicidad 8,824%, densidad aparente 0,0254g/ml, densidad compacta 0,0489 m/v, pH 5,3, ángulo de reposo 33,27°, solubilidad 22,47%, índice de Hausner 0,3889, índice de Carr 15,724, Acidez titulable 0,18% m/m ácido cítrico, capacidad antioxidante reductor de hierro 829,89 ($\mu\text{M Fe}^{2+}/\text{g}$ muestra), microscopía con un tamaño de partículas de 6,71 a 100 μm , no presentaron grietas, ni fisuras aparentes, demostrando así que los materiales encapsulantes goma arábica y maltodextrina siendo las dos de grado alimentario, poseen una buena emulsificación y retención de compuestos volátiles que favorecen a la estructura de la pared encapsulante, permitiendo así la formación de polvos óptimos, comprobando de esta que a mayor contenido de humedad el comportamiento de los polvos refleja mayor fluidez y baja cohesividad.

13.2. *Recomendaciones*

- Ampliar el trabajo de investigación mediante la aplicación del polvo microencapsulado obtenido, como aditivo alimentario, con el fin de verificar la utilidad de la microencapsulación como una herramienta capaz de conservar las capacidades organolépticas de la fuente natural, siendo suministrados en productos de consumo masivo evaluando su vida útil y alteraciones de las características del producto, investigar más sobre la planta y su aplicación en diferentes áreas (farmacéutica y agroquímica) ya que gran parte de ella se utiliza como diaforético, diurético, purgante, fortalecedor del estómago (gastritis), estimulante menstrual, calmante de ataques epilépticos, fiebres e indigestión, además tiene propiedades nematocidas, insecticidas, antivirales y fungicidas.
- Realizar pruebas con otros materiales encapsulantes y diferentes métodos de microencapsulación, utilizando plantas nativas de la provincia de Cotopaxi que contengan un alto contenido de compuestos bioactivos, aprovechando así la diversidad de especies de plantas.
- Analizar las características morfológicas del microencapsulado de Tzinzo (*Tagetes minuta*) mediante los métodos de Microscopia de barrido (SEM) y termogravimétrico (TGA) con el objetivo de conocer el tamaño y formas de las micropartículas.

14. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Aguilar, L., & Carcausto, K. (2017). *Atomización de extracto Anto Cianico de Flores de Mastuerzo (Tropaeolum majus L.) para su uso en salchichas tipo Frankfurt*. Obtenido de <https://repositorio.uncp.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12894/1581/Aguilar-Carcausto%20-%20TESIS.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Alex, P., Orestes, H., Alexis, D., Andrea, V., Eduardo, R., Roxana, V., . . . Fausto, T. (2016). Microencapsulación de aceite de sacha inchi (*Plukenetia volubilis* L.) mediante secado por aspersión. *Rev. Colombiana Ciencia Química Farmaceutica*, 422-437.
- Anany, D., & Santos, L. (2021). *Microencapsulación del jugo de mora (Rubus glaucus) usando Goma Garrofin en el proceso de atomización*. Obtenido de https://repositorio.unprg.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12893/9546/Santos_Cubas_Deysi_Jazm%c3%adn_y_Santos_Cubas_Lourdes_Melinna.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Anugrahwati, M. (2016). Extraction of Ethanolic Extract of Red Betel Leaves and Its Cytotoxicity Teste on HeLa Cells. *ScienceDirect*, 1402-1407.
- Anwar, E., & Farhana, N. (2018). Formulación y evaluación del sistema de microesferas de maltodextrina-goma arábica cargadas con fitosomas para el suministro de extracto de *Camellia sinensis*. *Journal of Young Pharmacists*, 56-62.
- Arrazola, G., Herazo, I., & Alvis, A. (2014). Microencapsulación de Antocianinas de Berenjena (*Solanum melongena* L.) mediante Secado por Aspersión y Evaluación de la Estabilidad de su Color y Capacidad Antioxidante. *Industria Alimentaria*.
- Ayala, L. (2021). Efecto de la tintura de Huacatay (*Tagetes Minuta*) para el tratamiento de gingivitis en caninos domésticos (*Canis Lupus Familiaris*). *Repositorio Univeridad Técnica de Cotopaxi*, 24-27.
- Azevedo, G., Passos, T., Da Cruz, S., Medeiros, I., Araújo, N., Lima, B., . . . De Assis, C. (2020). Las nanopartículas de gelatina permiten la dispersabilidad en agua y potencializan la actividad antimicrobiana del aceite de Buriti (*Mauritia flexuosa*). *BMC Biotecnología*, 1-13.
- Azwanida, N. (2015). Una revisión sobre el uso de métodos de extracción en plantas medicinales, principio, fuerza y limitación. *Plantas medicinales y aromáticas*, 1.
- Bae, E., & Lee, J. (2010). *Microencapsulation of avocado oil by spray drying using whey protein and maltodextrin*. Obtenido de <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/18465295/>

- Bakry, M., Abbas, S., Ali, B., Majeed, H., & etc, .. (13 de Noviembre de 2015). *Microencapsulación de aceites: una revisión exhaustiva de los beneficios, las técnicas y las aplicaciones*. Obtenido de <https://ift.onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1111/1541-4337.12179>
- Baranauskaite, Bernatoniene, & Kopustinskiene. (2019). Impacto de la gelatina suplementada con goma arábica, Tween 20 y β -ciclodextrina en la microencapsulación del extracto de orégano turco. *Moléculas*, 176.
- Barros, R. d., Borges, S., & Botrel, D. (30 de Enero de 2014). *Goma arábica/almidón/maltodextrina/inulina como materiales de pared en la microencapsulación de aceite esencial de romero*. Obtenido de <https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2013.09.083>
- Bastidas, V. (Agosto de 2019). “*Evaluación de la actividad antioxidante del contenido de antocianinas microencapsuladas de mora (Rubus glaucus)*”. Obtenido de <https://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/30186/1/BQ%20198.pdf>
- Bazán, Y., & Benites, J. (2014). Características farmacognósticas de las hojas y cuantificación de flavonoides totales del extracto fluido de *Tagetes minuta* L (Huacatay) provenientes del caserío pedregal. *Tesis*, 15-17.
- BIOPAT. (Enero de 2019). *Huacatay*. Obtenido de <https://www.indecopi.gob.pe/documents/20791/3180041/huacatay.pdf/34301a4a-8f44-7402-4442-ebb6487dee0a>
- Boncun, B., Ruiz, G., Soto, M., Venegas, E., & Ruidias, D. (2013). Capacidad antioxidante in vitro de los extractos acuosos e hidroetanólicos de las hojas de *Cynara scolymus* L. “alcachofa” frente al 2, 2-difenil-1-picrilhidrazilo. . *Pharmaciencia*, 169.
- Botrel, D., Barros, R. d., Borges, S., & Yoshida, M. (2014). Influencia de los sistemas de matriz de pared en las propiedades de micropartículas atomizadas que contienen aceite de pescado. *Investigación Internacionald e Alimentos*, 344-352.
- Campo, M. (2021). Microencapsulación mediante secado por atomización a partir de un extracto de los cálices de *Hibiscus sabdariffa* L. *Revista Colombiana de Química*, 40.
- Campo, M., Granja, D., Cuesta, N. M., & Márquez, I. (2020). Microencapsulation by spray drying from an extract of the calyces of *Hibiscus sabdariffa* L. *Revista Colombiana de Química*, 40-50.

- Carneiro, H., Tonon, R., Grosso, C., & Hubinger, M. (2013). Encapsulation efficiency and oxidative stability of flaxseed oil microencapsulated by spray drying using different combinations of wall materials. 443-451.
- Conde, C., Tovar, C., & León, G. (4 de Abril de 2021). *Actividad antioxidante del extracto etanólico de Capsicum baccatum L.* Obtenido de <https://zenodo.org/record/4662064#.YfnvdupBw2w>
- Copado, Ixtaina, & Tomás. (2021). Aplicación de los productos de la reacción de Maillard en microcápsulas de aceite de semilla de chía con diferentes relaciones núcleo/pared. *Universidad Nacional de la Plata (UNLP)*, 265. Obtenido de http://sedici.unlp.edu.ar/bitstream/handle/10915/113155/Documento_completo.pdf-PDFA.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Criollo, V. (2022). Microencapsulación de una mezcla de aceite de palma, palmiste y estearina de palma (*Elaeis guineensis*) mediante el método de secado por atomización. *Departamento de ciencias de la vida y de la agricultura - ESPE*, 58-60.
- Daza, L., Fujita, A., Fávoro, C., Rodrigues, J., Granato, D., & Genovese, M. (2016). Efecto de las condiciones de secado por pulverización sobre las propiedades físicas de los extractos de frutas de Cagaita (*Eugenia dysenterica* DC.). *Procesamiento de alimentos y bioproductos*, 20-29.
- Díaz, D. S. (Julio de 2019). *Comparación de dos métodos de evaluación de la actividad antimicrobiana del aceite esencial de Tzinso (Tagetes Minuta) sobre cepas de Porphyromona Gingivalis. Estudio in vitro.* Obtenido de <http://www.dspace.uce.edu.ec/bitstream/25000/18804/1/T-UCE-0015-ODO-178.pdf>
- Díaz, J. (2005). Propuesta metodológica para determinar el potencial de humedad de un material granular a partir de la humedad relativa. *Ingeniería y Competitividad*, 3. Obtenido de <https://www.redalyc.org/pdf/2913/291323470007.pdf>
- Díaz, L. (2012). Observación. *Textos de Apoyo didáctico*, 6-10. Obtenido de psicologia.unam.mx/documentos/pdf/publicaciones/La_observacion_Lidia_Diaz_Sanjuan_Texto_Apoyo_Didactico_Metodo_Clinico_3_Sem.pdf
- Ecologica, A. (Noviembre de 2014). *Extracción de semillas de Huacatay.* Obtenido de <http://ecosiembra.blogspot.com/2014/11/extraccion-de-semillas-de-huacatay.html>
- Enríquez, F., & Silva, L. (2015). Utilización de extracto acuoso y en polvo de soya (*Glycine max*) para la elaboración de Manjar blanco. *Sistematización de experiencias prácticas de investigación y/o intervención*, 23-30.

- Eras, D. (Julio de 2019). *Comparación de dos métodos de evaluación de la actividad antimicrobiana del aceite esencial de Tzinso (Tagetes Minuta) sobre cepas de Porphyromona Gingivalis. Estudio in vitro.* Obtenido de <http://www.dspace.uce.edu.ec/bitstream/25000/18804/1/T-UCE-0015-ODO-178.pdf>
- Esquivel, B., Ochoca, L., & Rutiaga, O. (2015). *Microencapsulación mediante secado por aspersión de compuestos bioactivos.* Obtenido de <https://www.redalyc.org/pdf/813/81343176006.pdf>
- Estevinho, B., Loana, H., Blaga, A., & Rocha, F. (2021). Development of Controlled Delivery Functional Systems by Microencapsulation of Different Extracts of Plants: Hypericum perforatum L., Salvia officinalis L. and Syzygium aromaticum. *Food and Bioprocess Technology*, 1503-1517.
- Fernandes, R., Borges, S., & Botrel, D. (2013). Influence of spray drying operating conditions on. *Ciencia y tecnología de alimentos*, 171-178.
- Figuerola, J. (05 de mayo de 2020). Microencapsulación de antocianinas con actividad antioxidante extraídas a partir de la cáscara de pitahaya roja (Hylocereus undatus). *Repositorio Universidad Técnica de Ambato*, 25. Obtenido de <https://ibero.mx/campus/publicaciones/quimanal/pdf/practicaslaboratorio.pdf>
- Finney, Buffo, & Reineccius. (2006). Effects of Type of Atomization and Processing Temperatures on the Physical Properties and Stability of Spray-Dried Flavors. *Institute of Food Technologists*, 1108-1114.
- Gavilanez, S. (2020). Optimización del proceso de extracción hidroalcohólica a partir del orégano (Origanum vulgare L.). *Proyecto de investigación*, 52.
- Gómez, E., Navas, D., Aponte, G., & Betancourt, L. (2014). *Metodología para la revisión bibliográfica y la gestión de información de temas científicos, a través de su estructuración y sistematización.* Obtenido de Dyna: <https://www.redalyc.org/pdf/496/49630405022.pdf>
- Herazo, I. (2013). *Obtención y estabilización de antocianinas de berenjena (Solanum melongena L.) mediante microencapsulación y su evaluación como compuesto funcional en la industria alimentaria.* Obtenido de <https://1library.co/document/ydlk1xgz-obtenci%C3%B3n-y-estabilizaci%C3%B3n-de-antocianinas-de-berenjena.html>

- Heredia, W., García, J., Párraga, C., Heredia, E., & Salvatierra, J. (2021). Néctar de fruta con extracto acuoso de hoja de guanábana (*Annona muricata* L.): Calidad fisicoquímica, sensorial y funcional. *Revista de investigación científica Manglar*, Vol 18.
- Hernández, C., Iliina, A., Ventura, J., & Etc, .. (2016). *La microencapsulación de bioactivos para su aplicación en la industria*. Obtenido de <https://www.redalyc.org/pdf/2231/223148420003.pdf>
- Hernández, J., Cerón, A., Moctezuma, J., Núñez, I., & Martínez, A. (2020). PROCESAMIENTO DE TUNA DE NOPAL (*Opuntia robusta*) A PARTIR DEL SECADO POR ASPERSIÓN PARA LA OBTENCIÓN DE UN MICROENCAPSULADO. *Revista de Ingeniería y Tecnologías para el Desarrollo Sustentable*, 30-34.
- Hernández, M. (2015). *La Fotografía como Técnica de Recolección de Información*. Obtenido de Wordpress: <https://recolecciondeinformacion.wordpress.com/2015/11/27/la-fotografia-como-tecnica-de-recoleccion-de-informacion/>
- Hernández, O. D. (2012). *Microencapsulación de sustancias oleosas mediante secado por aspersión*. Obtenido de <http://scielo.sld.cu/pdf/far/v44n3/far13310.pdf>
- Herrera, W., & Sandoval, M. (2019). Toxicidad del extracto etanólico de plantas de campo y callos in vitro de *Tagetes minuta* y *Tagetes erecta* sobre *Meloidogyne* spp. en *Solanum lycopersicum* L. *TESIS*, 10-11.
- Hurtado, P., Jurado, B., Ramos, E., & Calixto, M. (2015). Evaluación de la actividad antioxidante del extracto hidroalcohólico estandarizado de hojas de *Juglans Neotropica* Diels (nogal peruano). *Revista de la sociedad química de Perú*, Vol. 81.
- Ibrahim, S. R., & Mohamed, G. A. (08 de Octubre de 2018). *Ácido tagetnoico, un nuevo inhibidor de la lipoxigenasa peroxiácido graso de Tagetes minuta que crece en Arabia Saudita*. Obtenido de <https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/14786419.2018.1488712>
- Islam, Kiramura, Kokawa, Monalisa, Tsai, & Miyamura. (2017). Effects of micro wet milling and vacuum spray drying on the physicochemical and antioxidant properties of orange (*Citrus unshiu*) juice with pulp powder. *Food and Bioproducts Processing*, 132-144.
- Jamekhorshid, A., Sadrameli, S., & Farid, M. (Marzo de 2014). *A review of microencapsulation methods of phase change materials (PCMs) as a thermal energy storage (TES) medium*. Obtenido de <https://doi.org/10.1016/j.rser.2013.12.033>

- Jinapong, Suphantharika, & Jamnong. (2008). Production of instant soymilk powders by ultrafiltration, spray drying and fluidized bed agglomeration. *Journal of Food Engineering*, 194-205.
- Jittanit, W., Chantara-In, M., Deying, T., & Ratanavong, W. (2011). Production of tamarind powder by drum dryer using maltodextrin. *Department of Food Science and Technology, Faculty of Agro-Industry*, 33-41.
- Juscamaita, L., Pérez, T., Espinoza, C., Quispe, M., Hinostroza, G., Flores, O., & Manyari, G. (2017). Evaluación de la estabilidad de carotenoides y actividad antioxidante de la flor de mastuerzo (*Tropaeolum majus* L.) en la microencapsulación por Spray-Drying. *Revista de la sociedad química del Perú*, 282-293.
- Kai, C., & Arun, M. (2021). *Edible flower essential oils: A review of chemical compositions, bioactivities, safety and applications in food preservation*. Obtenido de <https://www.sciencedirect.com/topics/agricultural-and-biological-sciences/tagetes-minuta>
- Kha, T., Nguyen, M., Roach, P., & Stathopoulos, C. (2014). Microencapsulación de aceite de Gac: optimización de las condiciones de secado por aspersión utilizando la metodología de superficie de respuesta. *Tecnología del polvo*, 298-309.
- Lagos, K. (2022). *Informe de resultados Microscopía Tzinzo*. LANUM Escuela Politécnica Nacional.
- Larroza, I., & Zerlotti, A. (2007). Encapsulation of lycopene using spray-drying and molecular inclusion processes. *Food Science and Technology*, 893-900.
- Leyva, J., Pérez, A., Acevedo, E., & Álvarez, J. (2018). Potencial de los agregados esféricos de almidón de taro como material de pared para pulverización microencapsulación por secado: propiedades funcionales, físicas y térmicas. *Revista internacional de macromoléculas biológicas* 120, 237-244.
- Llabrés, C. (2020). *Proceso de secado spray*. Obtenido de <https://www.akribis.info/web/proceso-de-secado-spray/>
- López, L. (2022). *Laboratorio*. Obtenido de Universidad Veracruzana: <https://www.uv.mx/veracruz/cess/vinculacion-y-extension/laboratorio/>
- López, O. (Septiembre de 2010). *Microencapsulación de sustancias oleosas mediante secado por aspersión*. Obtenido de http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0034-75152010000300013

- Luna, J., López, J., Jiménez, O., & Luna, L. (Junio de 2016). *Microencapsulación de algunos compuestos bioactivos mediante secado por aspersión*. Obtenido de file:///C:/Users/Rosa/Downloads/Dialnet-MicroencapsulacionDeAlgunosCompuestosBioactivosMed-5738794.pdf
- Machado, A. R., Bastos, J. K., & Freitas, L. A. (2013). Dynamic maceratio of *Copaifera langsdorffii* leaves: a technological study using factorial factorial design. *SCielo Brasil*, 1.
- Mahboubbeh, F., Djomeh, Z., Kalbasi, A., & Omid, M. (2012). Effect of spray drying conditions and feed composition on the physical properties of black mulberry juice powder. *Food and Bioproducts Processing*, 667-675.
- Manzanarez, L., Cruz, S., Márquez, E., Ornelas, J., Del Toro, C., Wong, F., . . . Soto, R. (2020). Microencapsulación de extractos de higo (*Ficus carica*) por coacervación compleja y evaluación de su capacidad antioxidante. *Biotecnia*.
- Mejía, P. (2019). Microencapsulación de Antocianinas de Berenjena (*Solanum melongena* L.) mediante Secado por Aspersión y Evaluación de la Estabilidad de su Color y Capacidad Antioxidante. *Repositorio UPS*, 85.
- Moghaddam, A., Pero, M., & Askari, G. (2017). Optimización de las condiciones de secado por aspersión de jugo de cereza agria en función de las propiedades fisicoquímicas, utilizando la metodología de superficie de respuesta (RSM). *Revista de Ciencia y tecnología de los alimentos*, 174-184.
- Mohammed, N. (15 de junio de 2017). *Condiciones del proceso de microencapsulación por secado por aspersión de aceite de Nigella Sativa*. Obtenido de <https://doi.org/10.1016/j.powtec.2017.03.045>
- Moreno, E., Ortiz, B., & Restrepo, L. (2014). Contenido total de fenoles y actividad antioxidante de pulpa de seis frutas tropicales. *Universidad Nacional de Colombia*, 1-8.
- Mukherjee, S., & Kumar, M. (2020). *Nanoparticle syntesis harnessing benign green routes*. Obtenido de <https://www.sciencedirect.com/topics/biochemistry-genetics-and-molecular-biology/gum-arabic>
- Müller, Radtke, & Sabiduría. (2002). Matrices lipídicas nanoestructuradas para mejorar la microencapsulación de fármacos. *International Journal of Pharmaceutics*, 121-128.
- Navarro, M., Ventura, L., Meza, R., Ayora, T., & Abud, M. (2020). Spray drying encapsulation of a native plant extract rich in phenolic compounds with combinations of maltodextrin

- and non-conventional wall materials. *Journal of Food Science and Technology*, 4111-4122.
- Nesterenko, A., Alric, I., Silvestre, F., & Durrieu, V. (Marzo de 2013). *Vegetable proteins in microencapsulation: A review of recent interventions and their effectiveness*. Obtenido de pg. 469-479: <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2012.06.035>
- Núñez, G., Bremer, B., Pinto, S., Verruck, S., Murakami, F., & Mello., E. P. (abril de 2015). *Microencapsulación de extracto de Ilex paraguariensis liofilizado mediante secado por aspersión*. Obtenido de Pag. 60-68: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0260877414004993?via%3Dihub>
- Ochoa, A., Marin, J., Rivero, D., & Aguilera, E. (2013). Caracterización física, físico-química y química de extractos totales de hojas frescas de *Petiveria alliacea* L. con acción antimicrobiana. *Revista mexicana de ciencias farmacéuticas*, 52-59.
- Onur, O., Safiye, N., & Pazir, F. (febrero de 2014). *The effects of spray drying process parameters on the characteristic process indices and rheological powder properties of microencapsulated plant (Gypsophila) extract powder*. Obtenido de <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0032591013007699>
- Oyenihi, O. R., Delgoda, R., & Matsabisa, M. G. (marzo de 2021). *Los extractos de hoja de Tegeres minuta desencadenaron la apoptosis en la línea celular de cáncer de mama humano MCF-7*. Obtenido de <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0254629920311583>
- Pacheco, F. (Mayo de 2020). *Polifenoles y actividad antioxidante de extractos acuosos de cálices de Hibiscus sabdariffa L.* Obtenido de https://www.researchgate.net/publication/341343483_Polifenoles_y_actividad_antioxidante_de_extractos_acuosos_de_calices_de_Hibiscus_sabdariffa_L
- Parra, R. (9 de Febrero de 2011). *Microencapsulación de alimentos*. Obtenido de <http://www.scielo.org.co/pdf/rfnam/v63n2/a20v63n01.pdf>
- Parra, R. (2011). Microencapsulación de Alimentos. *Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia*, 5670-5680.
- Parzanese, M. (Mayo de 2013). *Microencapsulación*. Obtenido de http://www.alimentosargentinos.gob.ar/contenido/sectores/tecnologia/Ficha_20_Microencapsulacion.pdf

- Parzanese, M. (2016). *Tecnología para la industria alimentaria*. Obtenido de Microencapsulación:
http://www.alimentosargentinos.gob.ar/contenido/sectores/tecnologia/Ficha_20_Microencapsulacion.pdf
- Pedroza, R. (2002). Alimentos Microencapsulados: Particularidades de los Procesos para la Microencapsulación de Alimentos para Larvas de Especies Acuícolas. *Universidad Iberoamericana. Departamento de Ingenierías (Tecnología de Alimentos)* , 438-447.
- Perdomo, Y., & Curbelo, C. (2012). Leaching kinetics of the red mangrove bark in water. *Revista cubana Farm*, 1.
- Pérez, Y. (2016). Caracterización fisicoquímicas de extractos de *Spondias mombin* L. *Revista Cubana de Química*, 444-449.
- Pérez, Y., & Mera, N. (2018). Evaluación de la actividad antioxidante de liposomas obtenidos a partir del extracto etanólico de *Greigia mulfordii*. *Universidad Técnica de Ambato*, 1-66.
- Pérez, Y., Rodríguez, E., Aguilar, B., González, M., & Hung, B. (2016). Caracterización físico-química de extractos de *Spondias mombin* L. *Revista Cubana de Química*, 444-449.
- Pulido, A., & Beristain, C. (2010). Encapsulación de ácido ascóric mediante secado por aspersión, utilizando quitosano como material de pared. *Revista Mexicana de Ingeniería Química*, 189-195.
- Ramírez, F. (2022). *Investigación experimental*. Obtenido de Significados:
<https://www.significados.com/investigacion-experimental/#:~:text=La%20investigaci%C3%B3n%20experimental%20es%20aquella,suele%20llamarse%20m%C3%A9todo%20cient%C3%ADfico%20experimental.>
- Rioja, A. (25 de diciembre de 2018). *Determinación de la capacidad antioxidante total, fenoles totales y la actividad enzimática en una bebida no láctea en base a granos de *Chenopodium quinoa**. Obtenido de
[https://www.redalyc.org/journal/4263/426358213006/html/#:~:text=El%20m%C3%A9todo%20FRAP%20se%20fundamenta,2\)%20por%20presencia%20de%20antioxidantes.](https://www.redalyc.org/journal/4263/426358213006/html/#:~:text=El%20m%C3%A9todo%20FRAP%20se%20fundamenta,2)%20por%20presencia%20de%20antioxidantes.)
- Ríos, S., & Gil, M. (2021). Microencapsulation of Bioactive Compounds in Diverse Matrices by Spray Drying: A literature Review. *Tecnológicas*, 1-24.

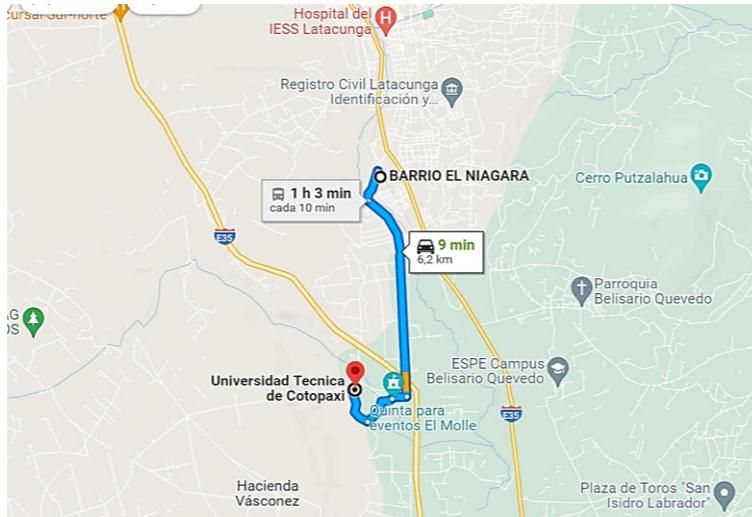
- Rodriguez, D. (1999). La Retención de los Carotenoides Provitamina A en Alimentos Preparados, Procesados y Almacenados. *Carotenoides y Preparación de Alimentos*, 1-105.
- Romero, H. (2014). Obtención y caracterización de un polvo de almidón de papa adicionado con antiocianinas y bacterias probióticas com potencial ingredientes funcional. *Universidad Veracruzana*, 1-118.
- Rosado, J., & Aguilar, A. (2017). *Tagetes minuta* Oils. *Plant products and secondary metabolites with acaricide activity against ticks*. Obtenido de <https://www.sciencedirect.com/topics/agricultural-and-biological-sciences/tagetes-minuta>
- Rus, E. (2021). *Investigación cuantitativa*. Obtenido de Economipedia: <https://economipedia.com/definiciones/investigacion-cuantitativa.html>
- Samsu, Z., & Mohamad, A. (2020). Producción de leche de palma de aceite en polvo mediante la técnica de secado por aspersión. *materialstoday: proceedings*, 306-312.
- Sansone, F., Mencherini, T., Picerno, P., Esposito, T., Del Gaudio, P., Russo, P., . . . Lauro, M. (2014). Microencapsulación por secado por atomización del extracto de *Lansea microcarpa*: características tecnológicas y actividad antioxidante. *Revista de Investigación de Farmacia y Farmacognosia*, 100-109.
- Santhalakshmy, S., Don, S., Sneha, F., & Sabeena, M. (2015). Effect of inlet temperature on physicochemical properties of spray-dried jamun fruit juice powder. *Powder Technology*, 37-43.
- Sarghini, G., Cinquanta, B., & Scognamiglio, M. (2021). Chemical composition and microencapsulation suitability of sumac (*Rhus coriaria* L.) fruit extract. *European Food Research and Technology*, 1133-1148.
- Sharayei, P., Azaroazhooh, E., & Ramaswamy, H. (2019). Efecto de la microencapsulación sobre las propiedades antioxidantes y antifúngicas del extracto acuoso de cáscara de granada. *Revista de ciencias y tecnología de alimentos*, 723-733.
- Shofinita, D., & Langrish. (Octubre de 2014). *Secado por aspersión de extractos de cáscara de naranja: rendimiento, contenido fenólico total y evaluación económica*. Obtenido de <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0260877414001411>
- Souza, A., Borges, S., Magalhaes, N., & Ricardo, H. (2009). Influence of spray drying conditions on the physical properties of dried pulp tomato. *Ciênc. Tecnol. Aliment., Campinas*, 291-294.

- StateEase. (2010). *Design expert software*. Obtenido de <https://www.stateease.com/>
- Teferra, T. (2019). Capítulo 3. Propiedades de ingeniería de los materiales alimentarios. *Manual de ingeniería de maquinaria agrícola, lechera y alimentaria (tercera edición)*, 45-89.
- Tello, J., López, O., Pérez, Y., Ruiz, V., & Carpio, C. (2020). Potencial antiinflamatorio y citotóxico del extracto acuoso de *Taraxacum officinale* (diente de león). *Revista Cubana de plantas medicinas*, 18.
- Tirado, D., Montero, P., & Acevedo, D. (2015). *Estudio Comparativo de Métodos Empleados para la Determinación de Humedad de Varias Matrices Alimentarias*. Obtenido de <https://doi.org/10.4067/S0718-07642015000200002>
- Tolun, A., & Altintas, N. A. (2020). Efecto de diferentes materiales microencapsulantes y humedades relativas sobre la estabilidad al almacenamiento del extracto de orujo de uva microencapsulado. *Química de alimentos*, 1.
- Topuz, I. T. (2017). Secado por aspersion de jugos de frutas y vegetales: efecto de las condiciones de secado en el rendimiento y propiedades físicas del producto. *Tendencias en ciencia y tecnología de los alimentos*, 91-102.
- Torres, D. (2019). *Huacatay*. Obtenido de <https://ecuador.inaturalist.org/taxa/79313-Tagetes-minuta>
- Toyosit, G., Ayodeji, O., Fenaie, R., & Obilana, A. (2021). Caracterización del Extracto en Polvo de Hoja de Moringa oleifera Encapsulado en Recubrimientos de Maltodextrina y/o Goma Arábica. *Academic Open Access Publishing*, 1-19.
- Tuyo, L. (2015). “Efecto de la actividad antimicótica “in vitro” del aceite esencial de *Tagetes minuta* L "Huatacay" frente a *Candida albicans*. *Tesis*, 14.
- Uvidia, R. A. (2012). *Determinación de la actividad antimicrobiana del extracto etanólico y subextractos etéreo y clorofórmico de *Duranta triacanta* Juss, *Callistemon speciosus*, y *Tagetes minuta* L.* Obtenido de <http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/2467/1/56T00361.pdf>
- Zamalloa, Y., & Pfuyo, R. (2011). *Evaluación del efecto citoprotector gástrico y efecto hepatoprotector del extracto seco hidroalcohólico al 70% de *Llanten* (*Plantago mayor* L.) en animales de experimentación.* Obtenido de <http://repositorio.unsaac.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12918/1067/253T20110047.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

15. ANEXOS

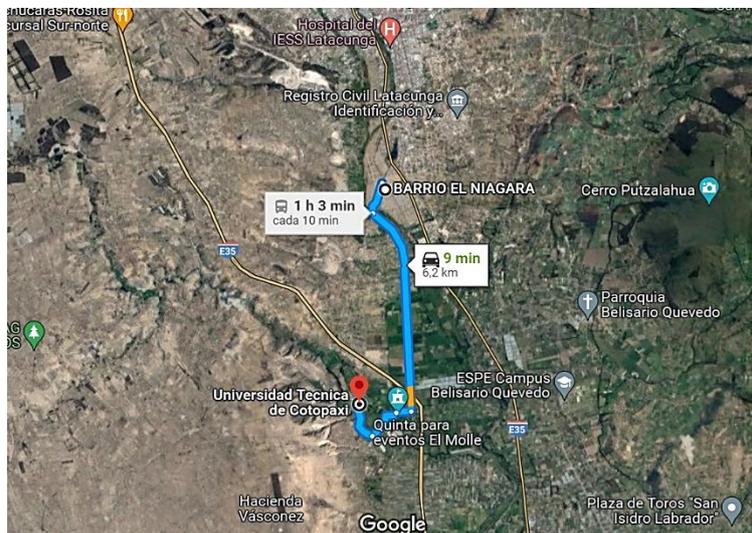
Anexo A. Ubicación geográfica

Anexo 1.1. Mapa físico



Mapa físico de la ubicación de la Universidad Técnica de Cotopaxi, Extensión Salache, Facultad CAREN, Provincia de Cotopaxi, donde se realizará el proyecto de investigación.

Anexo 1.2. Mapa satelital



Vista satelital de la ubicación de la Universidad Técnica de Cotopaxi, Extensión Salache, Facultad CAREN, Provincia de Cotopaxi, donde se realizará el proyecto de investigación.

Anexo B. Datos de Tutor

NOMBRES Y APELLIDOS : EDWIN RAMIRO CEVALLOS CARVAJAL
 CÉDULA DE CIUDADANÍA : 0501864854
 FECHA DE NACIMIENTO : 19 de julio 1973
 ESTADO CIVIL : Casado
 CIUDAD : Latacunga
 DOMICILIO : Los Girasoles y Av. Yolanda Medina (Rumipamba de las Rosas-Salcedo)
 LUGAR/OCUPACIÓN ACTUAL : DOCENTE UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI
 TELÉFONO : 0995073500
 CORREO ELECTRÓNICO : edwin.cevallos@utc.edu.ec

**ESTUDIOS REALIZADOS**

NIVEL	TITULO OBTENIDO	INSTITUCIÓN EDUCATIVA	FECHA DE REGISTRO EN EL SENESCYT	CÓDIGO DE REGISTRO DE SENESCYT
Tercer/ Tecnólogo	Tecnólogo en administración de sistemas de calidad	Instituto Tecnológico Superior Corporativo Edwards Deming	2005-10-10	2249-05-65252
Tercer	Ingeniería Agroindustrial	Universidad Técnica de Cotopaxi	2002-08-27	1020-02-179936
Cuarto	Magister en Gestión de proyectos socio productivo	Universidad Tecnológica Indoamérica	2015-12-21	1045-15-86073542
Cuarto	Magister en Agroindustrias mención en Tecnología de alimentos	Universidad Técnica de Cotopaxi	2021-12-23	1020-2021-2403766

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.

Anexo C. Datos del estudiante 1

NOMBRES Y APELLIDOS	:	EVELIN ABIGAIL RODRIGUEZ ANDACHI	
CÉDULA DE CIUDADANÍA	:	1208491256	
FECHA DE NACIMIENTO	:	20/01/1998	
ESTADO CIVIL	:	Soltera	
CIUDAD	:	Latacunga	
DOMICILIO	:	Urbanización Monserrate. Av. Rafael Enríquez Cajiago.	
TELÉFONO	:	0992691101	
LUGAR/OCUPACIÓN ACTUAL	:	ESTUDIANTE - UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI	
CORREO ELECTRÓNICO	:	evelynabigal24@gmail.com	

ESTUDIOS REALIZADOS:

PRIMARIA: Unidad Educativa “Gabriela Mistral”

BACHILLER: Aplicaciones Informáticas – Unidad Educativa “Moraspungo”

SUPERIOR: Universidad Técnica de Cotopaxi

CARRERA QUE ESTÁ CURSANDO: Ingeniería Agroindustrial – 10mo semestre

CURSOS REALIZADOS:

- Seminario en línea sobre la aplicación de los mucílago en el sector Agroalimentario – Difusión de resultados del proyecto mucílago.
- I Congreso Internacional de Innovación y Emprendimiento en tiempos de pandemia y post pandemia.
- "II Jornadas de difusión científica agroindustrial".
- I Seminario Nacional de Innovación y Emprendimiento en Tiempos de Pandemia y Postpandemia.
- Semana de la difusión del Centro de Emprendimiento UTC como eje transversal de las funciones sustantivas.
- Gestión de la Agroindustria UTC como eje de desarrollo en la industria agroalimentaria

Anexo D. Datos del estudiante 2

NOMBRES Y APELLIDOS	:	SADIA MARICELA SHIGUANGO CHANALUISA	
CÉDULA DE CIUDADANÍA	:	2200230163	
FECHA DE NACIMIENTO	:	10/01/1995	
ESTADO CIVIL	:	Soltera	
CIUDAD	:	Latacunga	
DOMICILIO	:	Ciudadela Miño Molina	
TELÉFONO	:	0979890598	
LUGAR/OCUPACIÓN ACTUAL	:	ESTUDIANTE - UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI	
CORREO ELECTRÓNICO	:	sadia.shiguango95@gmail.com	

ESTUDIOS REALIZADOS:

PRIMARIA: Unidad Educativa “Ciudad del Coca”

BACHILLER: Explotaciones Agropecuarias – Unidad Educativa Fiscal “Padre Miguel Gamboa”

SUPERIOR: Universidad Técnica de Cotopaxi

CARRERA QUE ESTÁ CURSANDO: Ingeniería Agroindustrial – 10mo semestre

CURSOS REALIZADOS:

- Seminario en línea sobre la aplicación de los mucílagos en el sector Agroalimentario – Difusión de resultados del proyecto mucílagos.
- I Congreso Internacional de Innovación y Emprendimiento en tiempos de pandemia y post pandemia.
- "II Jornadas de difusión científica agroindustrial".
- I Seminario Nacional de Innovación y Emprendimiento en Tiempos de Pandemia y Postpandemia.
- Semana de la difusión del Centro de Emprendimiento UTC como eje transversal de las funciones sustantivas.
- Gestión de la Agroindustria UTC como eje de desarrollo en la industria agroalimentaria.

Anexo E. Aval del Traductor

Obtención del extracto de tzinzo

Figura 12 Selección y desojado de materia prima



Figura 13 Pesado y secado de las hojas



Figura 14 Molienda y empackado del Tzinzo



Figura 15 Macerado y concentración del extracto hidroalcohólico



Figura 16 Filtrado y extracción del disolvente hidroalcohólico



Figura 17 Medición de pH y °Brix



Figura 18 Envasado y empaquete para el proceso de microencapsulado



Proceso de secado por aspersión

Figura 19 Homogenización de la solución por Ultraturrax

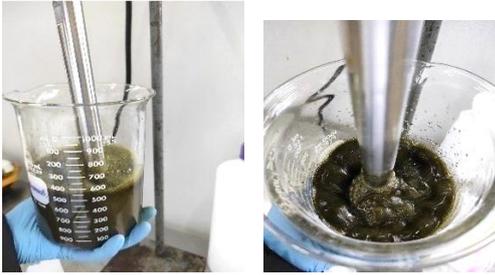


Figura 20 Solución homogenizada



Figura 21 Proceso de secado por aspersión

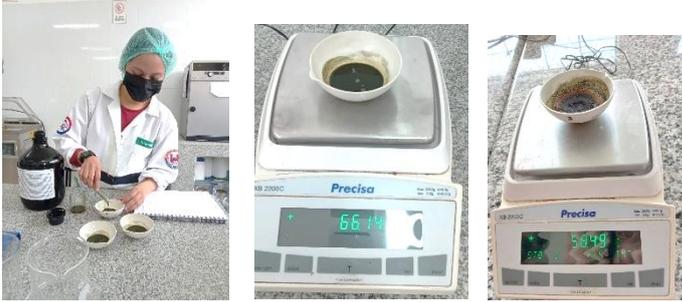


Figura 22 Producto final del secado por aspersión



Análisis de extracto acuoso

Figura 23 Determinación de humedad del extracto



Análisis de las muestras microencapsuladas

Figura 24 Determinación de humedad



Figura 25 Determinación de polifenoles totales

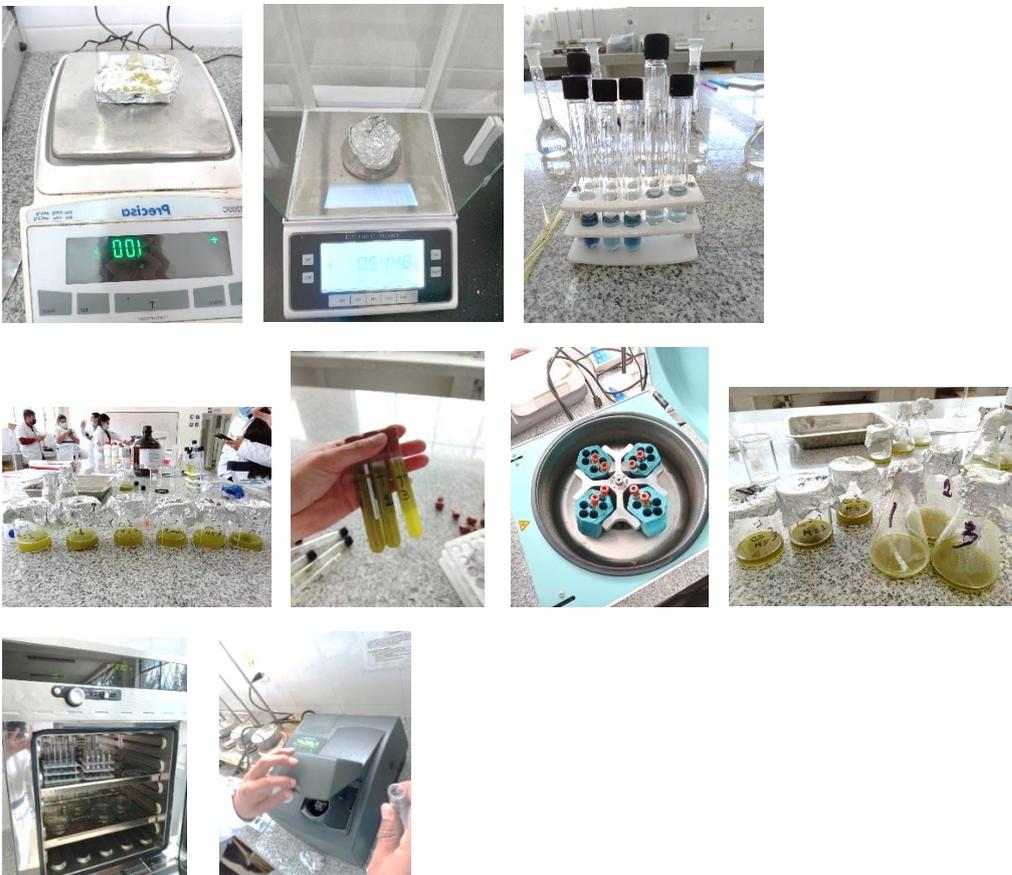


Figura 26 Determinación de densidad aparente y compacta, índice de Carr y Hausner

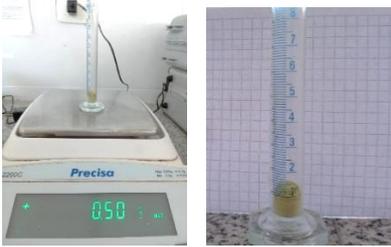


Figura 27 Determinación de solubilidad



Figura 28 Determinación de higroscopicidad

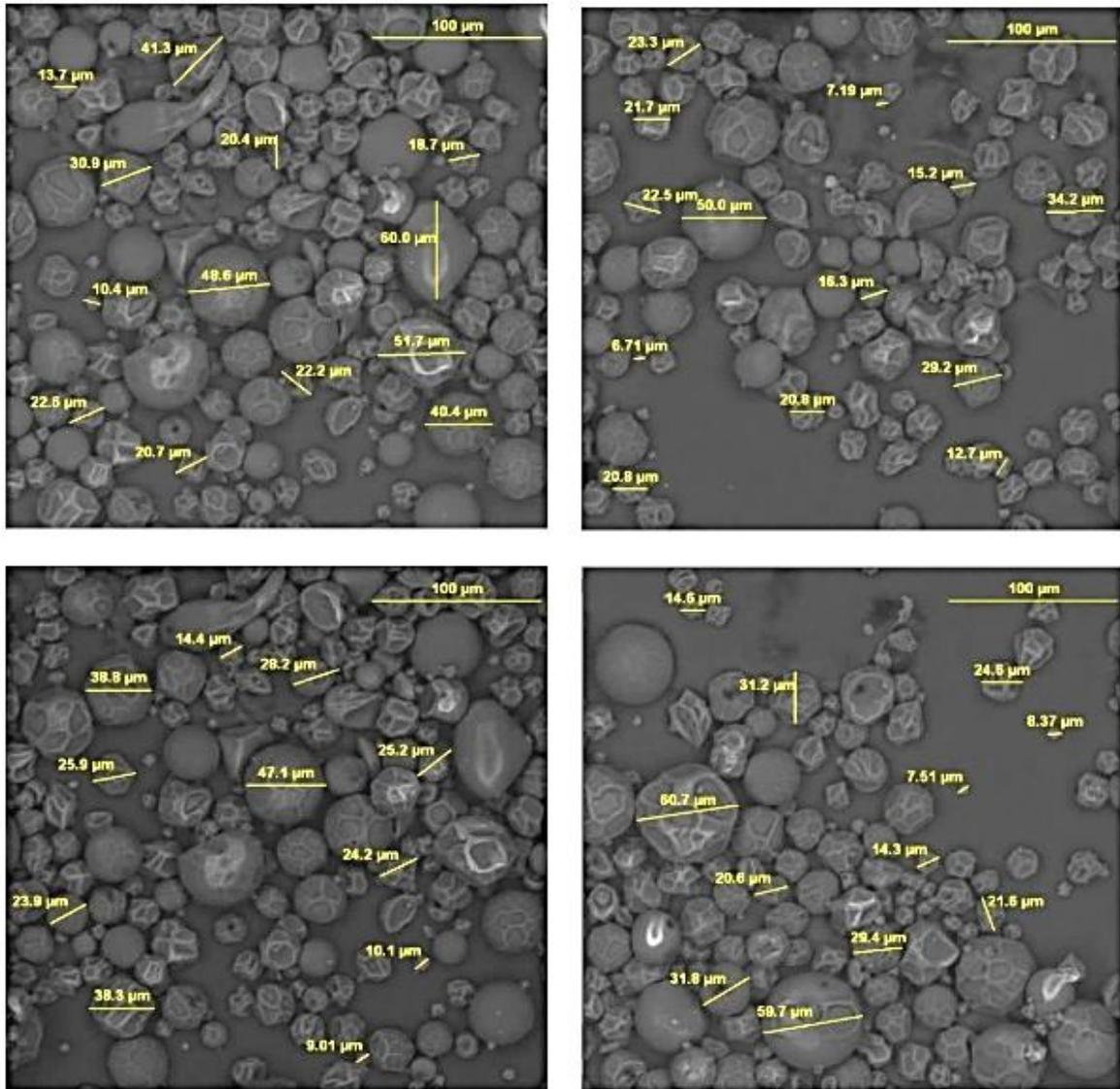


Figura 29 Determinación ángulo de reposo



Microscopía electrónica de barrido

Figura 30 Micrografías SEM a 750X



Anexo F. Evidencia del Microencapsulado del extracto de Tzinzo en la Escuela Politécnica Nacional

	Instructivo para entrega de muestras en el DECAB	CÓDIGO: I-PT-7.4-01-01	
		FECHA DE VIGENCIA: 11/01/2019	
ISO/IEC 17025	VERSIÓN: 01		

Condiciones generales:

Las muestras deben traerse al laboratorio en recipientes bien cerrados y etiquetadas con los siguientes datos como mínimo:

Nombre de la muestra, nombre del cliente, fecha, condiciones de almacenamiento requeridas por el cliente, o en su defecto identificadas de la forma que el cliente lo considere necesarias para su fácil reconocimiento, esto debe quedar claro ya que, con la identificación o descripción del cliente a las muestras a entregar en el DECAB, se dará el informe final de resultados.

La cantidad de muestra a entregar en Servicio al Cliente del DECAB será las siguientes dependiendo al área que ingresen:

• Para análisis físico - químicos

- a.- Las muestras deben ser tomadas en forma aséptica en recipientes limpios y mantenerlas en recipientes bien cerrados.
- b.- Dependiendo de la muestra, deberán mantenerse las muestras en condiciones de almacenamiento diverso, ejemplo a temperatura ambiente, refrigeración o congelación.
- c.- La cantidad mínima de muestra es de 100 ml si es líquida, o 100 g si es sólida.

• Para análisis microbiológicos

- a.- Las muestras deben ser tomadas en forma aséptica en recipientes limpios y esterilizados y luego mantener los recipientes bien cerrados.
- b.- Dependiendo de la muestra deberán mantenerse en condiciones de almacenamiento especiales, ejemplo a temperatura ambiente, refrigeración o congelación.
- c.- Muestras de agua potable, de pozo y vertientes, deben ser trasladadas al laboratorio en un tiempo máximo de 4 a 6 horas después de haberse tomado la muestra, y de preferencia mantener las muestras en condiciones de refrigeración.
- d.- La cantidad mínima de muestra para análisis es de 500 ml si la muestra es líquida, o de 100 g si es sólida.

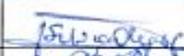
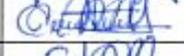
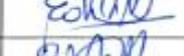
• Para análisis de minerales

- a.- La cantidad de muestra mínima es de 50 g si es sólida, ó 50 ml si es líquida.

Excepción: en casos excepcionales se recibirán muestras con un peso inferior al establecido por el laboratorio, siempre que el mismo cubra la cantidad requerida para realizar por triplicado los ensayos solicitados y que el contenido del analito en las muestras esté en el rango de cuantificación de dicho analito.

NOTA 1: Señor cliente, le informamos que el tiempo de almacenamiento, dentro de nuestras instalaciones, de las muestras no perecibles por Ud. enviadas es de **60 días**. Le pedimos tener en cuenta este detalle en caso de que desee que sea repetido el ensayo en esa misma muestra o en caso de que se requiera su devolución. Las muestras perecibles son eliminadas inmediatamente.

NOTA 2: Para el análisis de una misma muestra en diferentes laboratorios o áreas se sugiere entregar en Servicio al Cliente en porciones separadas y debidamente identificadas.

Detalle	Cargo	Nombre	Firma	Fecha
ELABORADO	RT	Selma Olivas		11/01/2019
REVISADO	AC	Mayra Maguano		11/01/2019
APROBADO	RC	Edwin Vera		11/01/2019
AUTORIZADO	RC	Edwin Vera		11/01/2019



**ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL
DEPARTAMENTO DE CIENCIA DE ALIMENTOS Y BIOTECNOLOGÍA
DECAB**

Campus Politécnico José Rubén Orellana Ricaurte
Direc.: Pasaje Andalucía E12-A y Alfredo Mena Caamaño, Edificio # 19



Telf.: 2976300 Ext. 4236
e-mail: decab@epn.edu.ec
RUC: 1760005620001
Quito - Ecuador

PROFORMA

Código: DC-P1055-2022	Fecha: 2022-05-20
Cliente: SHIGUANGO SADIA	Dirección: LATACUNGA
Cédula: 2200230163	RUC:
Teléfono:	Celular: 0979890598
Contacto: SADIA SHIGUANGO	E-mail: sadia.shiguango0163@utc.edu.ec

Servicio	Método	Unidad/Laboratorio	Cant.	V. Unitario	Total
HOMOGENIZADO DE MUESTRAS	N/A	BIOPOLIMEROS	3	10,00	30,00
SECADO POR ASPERSIÓN DE 1KG DE ALIMENTACIÓN	N/A	PLANTA PILOTO	3	60,00	180,00
				Sub Total:	210,00
				IVA (12.0%):	25,20
				Total:	235,20

Notas:

VALIDEZ DE LA PROFORMA: 30 DÍAS

Forma de Pago:
100% ANTICPO

Cliente: SHIGUANGO SADIA

Responsable: silvia.oleas@epn.edu.ec

Código: F-PG-7.1-01-01

Vigencia del formato: 20/04/2022

Versión: 00

Anexo G. Evidencia del análisis de Microscopía Electrónica de barrido (SEM)



ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL LABORATORIO DE NUEVOS MATERIALES (LANUM)

Campus Politécnico "José Rubén Orellana Ricaurte" • Calle Isabela Católica S/N y Alfredo Mena Caamaño
RUC: 1760005620001 • Tel.: (00593-2) 2976300 Ext.: 3000
Apartado 17-01-2759 • E-mail: lanum.fim@epn.edu.ec • Quito – Ecuador



INFORME DE RESULTADOS No. IS-2022-029

Orden de trabajo: DT-OT0022-2022

Quito, 11 de julio de 2022

DATOS DE LA EMPRESA/INSTITUCIÓN SOLICITANTE

Solicitado por: Evelin Rodríguez
Empresa / Institución: Universidad Técnica de Cotopaxi
Teléfono: 0992691101
Dirección: Latacunga
E-Mail: evelin.rodriguez1256@utc.edu.ec

Identificación de la(s) muestra(s) (cliente):

- Tzinzo
- Eneldo

Descripción de la(s) muestra(s):

Materiales sólido pulverizado de color amarillo-verdoso correspondientes a extractos de origen orgánico.

LABORATORIO

Fecha de ingreso al Laboratorio: 2022/07/05

Identificación de la(s) muestra(s) (código LANUM):

MS-22-0395 para la muestra Tzinzo
MS-22-0396 para la muestra Eneldo

Fecha en que se realizó el análisis: 2022/07/08

Área del laboratorio donde se realizó el ensayo: Área de análisis (Microscopía SEM)

Condiciones ambientales corregidas

Para microscopía electrónica de barrido no se registran las condiciones ambientales, ya que el ensayo se realiza en una cámara cerrada sin influencia significativa de las condiciones ambientales.

EQUIPOS UTILIZADOS

Microscopio electrónico de barrido: Marca ASPEX, Modelo PSEM eXpress, rango de detección 500 nm a 5 mm.

MÉTODO EMPLEADO

Las micrografías fueron adquiridas con las siguientes condiciones:

Voltaje de aceleración: 20 kV carga
Porcentaje de carga del filamento: 65,2%
Emisión de corriente: 119,2 μ A
Presión de vacío: $2,3 \times 10^{-5}$ Torr
F-PT-07-05



**ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL
LABORATORIO DE NUEVOS MATERIALES (LANUM)**

Campus Politécnico "José Rubén Orellana Ricaurte" • Calle Isabela Católica S/N y Alfredo Mena Caamaño
RUC: 1760005620001 • Tel.: (00593-2) 2976300 Ext.: 3000
Apartado 17-01-2759 • E-mail: lanum.fim@epn.edu.ec • Quito – Ecuador



Magnificaciones: 750X

RESULTADOS

En las figuras de la 1 y 2, se presentan las micrografías obtenidas de cuatro áreas de cada muestra, respectivamente.

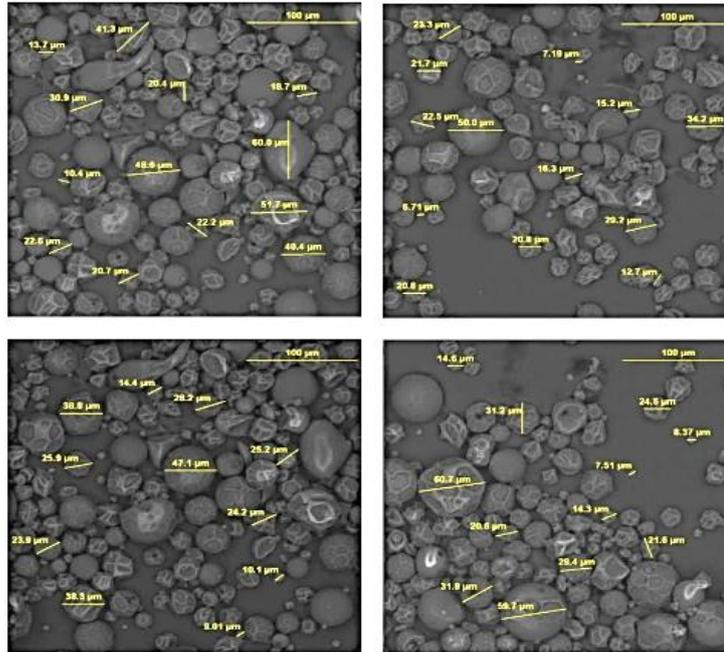


Figura 1. Micrografías SEM a 750X de la muestra "Tzinzo" (MS-22-0395) - Cuatro áreas diferentes.



**ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL
LABORATORIO DE NUEVOS MATERIALES (LANUM)**

Campus Politécnico "José Rubén Orellana Ricaurte" • Calle Isabela Católica S/N y Alfredo Mena Caamaño
RUC: 1760005620001 • Tel.: (00593-2) 2976300 Ext.: 3000
Apartado 17-01-2759 • E-mail: lanum.fim@epn.edu.ec • Quito – Ecuador



NOTA DE DESCARGO DE RESPONSABILIDAD: En caso de que las muestras entregadas no cumplieran con las especificaciones solicitadas por el LANUM (dimensiones, cantidad de muestra), y a pesar de eso el cliente diera su consentimiento para la realización de análisis, el LANUM no se responsabiliza si los resultados son afectados debido a estas desviaciones (no cumplimiento de especificaciones)

Realizado por:

Revisado y aprobado por:

Autorizado por:

Ing. Karina Lagos
Analista Técnica

Ing. Orlando Campaña
Responsable Técnico (s)

Paulina Romero, Ph.D.
Coordinadora del Laboratorio