



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

**PROYECTO DE INVESTIGACIÓN**

**Título:**

---

**“DESARROLLO DE UN MICROENCAPSULADO DEL EXTRACTO  
DE CHILLANGUA (*Eryngium foetidum*), MEDIANTE SECADO POR  
ASPERSIÓN”**

---

Proyecto de investigación presentado previo a la obtención del título de Ingenieros  
Agroindustriales

**Autores:**

Navarrete Cruz Lenin Vladimir  
Tapia Vivanco Marilyn Elizabeth

**Tutora:**

Trávez Castellano Ana Maricela, Ing. Mg.

**LATACUNGA – ECUADOR**

**Agosto 2022**

## DECLARACIÓN DE AUTORÍA

Navarrete Cruz Lenin Vladimir, con cédula de ciudadanía No. 1805134333; y, Tapia Vivanco Marilyn Elizabeth, con cédula de ciudadanía No. 0504332750 ; declaramos ser autores del presente proyecto de investigación: “Desarrollo de un microencapsulado del extracto de chillangua (*Eryngium foetidum*), mediante secado por aspersión”, siendo la Ingeniera Mg. Ana Maricela Trávez Castellano, Tutora del presente trabajo; y, exinimos 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, 25 de agosto del 2022

Lenin Vladimir Navarrete Cruz  
Estudiante  
CC: 1805134333

Marilyn Elizabeth Tapia Vivanco  
Estudiante  
CC: 0504332750

Ing. Ana Maricela Trávez Castellano, Mg.  
Docente Tutora  
CC: 0502270937

## 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 **NAVARRETE CRUZ LENIN VLADIMIR**, identificado con cédula de ciudadanía **1805134333** de estado civil soltero, a quien en lo sucesivo se denominará **EL CEDENTE**; y, de otra parte, el Ingeniero 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.** - **EL CEDENTE** es una persona natural estudiante de la Carrera de Ingeniería Agroindustria, titular de los derechos patrimoniales y morales sobre el trabajo de grado “Desarrollo de un microencapsulado del extracto de chillangua (*Eryngium foetidum*), mediante 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 2017 – marzo 2018

Finalización: abril 2022 – agosto 2022

Aprobación en Consejo Directivo. – 3 de junio del 2022

Tutora: Ingeniera. Mg. Ana Maricela Trávez Castellano

Tema: “Desarrollo de un microencapsulado del extracto de chillangua (*Eryngium foetidum*) mediante secado por aspersión”.

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

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

**CLÁUSULA CUARTA.** - **OBJETO DEL CONTRATO:** Por el presente contrato **EL CEDENTE**, transfiere definitivamente a **LA CESIONARIA** y en forma exclusiva los

siguientes derechos patrimoniales; pudiendo a partir de la firma del contrato, realizar, autorizar o prohibir:

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

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

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

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

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

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

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

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

En señal de conformidad las partes suscriben este documento en dos ejemplares de igual valor y tenor en la ciudad de Latacunga, a los 25 días del mes de agosto del 2021.

Lenin Vladimir Navarrete Cruz  
**EL CEDENTE**

Ing. Cristian Fabricio Tinajero Jiménez, Ph.D.  
**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 **TAPIA VIVANCO MARILYN ELIZABETH**, identificada con cédula de ciudadanía **0504332750** de estado civil soltera, a quien en lo sucesivo se denominará **LA CEDENTE**; y, de otra parte, el Ingeniero 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 “Desarrollo de un microencapsulado del extracto de chillangua (*Eryngium foetidum*), mediante 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 2017 – marzo 2018

Finalización: abril 2022 – agosto 2022

Aprobación en Consejo Directivo. – 3 de junio del 2022

Tutora: Ingeniera Mg. Ana Maricela Trávez Castellano

Tema: “Desarrollo de un microencapsulado del extracto de chillangua (*Eryngium foetidum*), mediante 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 25 días del mes de agosto del 2022.

Marilyn Elizabeth Tapia Vivanco  
**LA CEDENTE**

Ing. Cristian Fabricio Tinajero Jiménez, Ph.D.  
**LA CESIONARIA**

## **AVAL DE LA TUTORA DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN**

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

**“DESARROLLO DE UN MICROENCAPSULADO DEL EXTRACTO DE CHILLANGUA (*Eryngium foetidum*), MEDIANTE SECADO POR ASPERSIÓN”**, de Navarrete Cruz Lenin Vladimir y Tapia Vivanco Marilyn Elizabeth, 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 han incorporado las observaciones y recomendaciones propuestas en la Pre defensa.

Latacunga, 25 de agosto del 2022

Ing. Ana Maricela Trávez Castellano, Mg  
**DOCENTE TUTORA**  
CC:0502645435

## **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, los postulantes: Navarrete Cruz Lenin Vladimir y Tapia Vivanco Marilyn Elizabeth, con el título del Proyecto de Investigación “DESARROLLO DE UN MICROENCAPSULADO DEL EXTRACTO DE CHILLANGUA (*Eryngium foetidum*), MEDIANTE 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, 25 de agosto del 2022

Lector 1 (Presidente)  
Quim. Rojas Molina Jaime Orlando, Mg.  
CC: 0502645435

Lector 2  
Ing. Cerda Andino Edwin Fabián, Mg.  
CC: 0501369805

Lector 3  
Ing. Arias Palma Gabriela Beatriz, MSc.  
CC: 1714592746

## **AGRADECIMIENTO**

El presente trabajo investigativo está dirigido a mis profesores, mis padres y hermanas, amigos y en especial a la Carrera de Ingeniería Agroindustrial de la Universidad Técnica de Cotopaxi, lo cual me ha preparado de la mejor manera para ser un ente de servicio a la sociedad; de la misma forma extiendo mis agradecimientos a mi tutora Maricela Trávez quien nunca dejo de preocuparse por el progreso y bienestar tanto de mi proyecto de investigación como de mi persona, al Químico Orlando Rojas por brindar ese apoyo incondicional para que este proyecto salga adelante, por lo que les doy las gracias debidas por el apoyo incondicional.

*Lenin V. Navarrete C.*

## **AGRADECIMIENTO**

A la Universidad Técnica de Cotopaxi, la Carrera de Ingeniería Agroindustrial por darme la oportunidad de prepararme y formarme como profesional, a mis queridos docentes que han transcurrido en esta etapa de mi vida universitaria, personas de gran sabiduría, quienes se han esforzado por ayudarme a llegar al punto en el que me encuentro, a mi tutora la Ingeniera Maricela Través por ayudarme y aconsejarme para que sea una persona de bien, un agradecimiento muy especial al Ingeniero Fabián Cerda por compartir sus conocimientos que me van a servir a lo largo de mi vida profesional, al Químico Orlando Rojas por brindarme su apoyo incondicional en este proyecto de investigación.

A mi compañero de tesis por la amistad que tenemos y por el apoyo incondicional y a mis compañeros de curso que culminamos esta etapa muy especial tras a ver compartido momentos y vivencias muy agradables.

A una persona especial por su apoyo moral e incondicional he podido salir adelante con este proyecto de investigación.

*Marilyn E. Tapia V.*

## **DEDICATORIA**

Le dedico este logro muy importante en mi vida a mi abuelita, que con cariño la recuerdo y siempre para mi serás mamamia, que lamentablemente no te encuentras a mi lado físicamente pero siempre estás en mi corazón dándome fortaleza, a mis padres que con esfuerzo me apoyaron y nunca me dejaron decaer, a mi hermana Lorena quien ha sido como mi segunda madre dándome esa guía para ser una persona de bien, a mi hermana Jimena quien siempre me ha apoyado en todo momento, por eso quiero dedicarles este logro que no solo es mío sino de toda mi familia.

*Lenin V. Navarrete Cruz*

## **DEDICATORIA**

En el presente trabajo de investigación lo dedicó principalmente a Dios por haberme dado la vida y permitir haber llegado a este momento tan importante de mi formación profesional.

A mi madre Sandra y mi hermano que son el ejemplo y mi pilar fundamental, por demostrarme su amor cada día sin importar las adversidades que se presenten.

A mi hijo Ian por ser lo que más amo en la vida, gracia a él comprendí que hay muchos motivos para salir adelante.

A mi pareja quien me brindo su apoyo, sus consejos de manera incondicional para nunca rendirme.

A mi familia por ser un soporte muy fuerte en momentos difíciles, por fortalecer mi corazón e iluminar mi mente y mi camino.

A mis padres ajenos mi abuelito, mi padrastro y mi padrino por cuidarme, guiarme y aconsejarme con paciencia y por ser un ejemplo a seguir.

A todas las personas que me han apoyado de manera incondicional amigos, ingenieros.

*Marilyn E. Tapia V.*

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

**TÍTULO:** “DESARROLLO DE UN MICROENCAPSULADO DEL EXTRACTO DE CHILLANGUA (*Eryngium foetidum*), MEDIANTE SECADO POR ASPERSIÓN”.

**AUTORES:** Navarrete Cruz Lenin Vladimir

Tapia Vivanco Marilyn Elizabeth

**RESUMEN**

El presente trabajo de investigación se realizó con el propósito de microencapsular el extracto de la planta de “chillangua”, mediante secado por aspersion; por tanto, se deshidrató la planta en una estufa por 24 horas a 40 °C, los compuestos bioactivos se obtuvieron a través de una maceración de la droga cruda con etanol (99.8 %), mediante el rotaevaporador se eliminó el solvente para obtener el extracto acuoso del cual se obtuvo un pH de 5,70, solidos totales de 1,65 °Brix, una humedad del 98,42 %, densidad de 1,085 g/cm<sup>3</sup> y una capacidad antioxidante de 1895,30 µmolFe<sup>2+</sup>/g de muestra. Con el software Design Expert 8.0.6 se estableció un modelo matemático de superficie de respuesta de 13 corridas experimentales, para el proceso del secado por aspersion se tomó en cuenta las variables independientes de la velocidad de flujo de alimentación (VFA) 500, 600 y 700 %, y la temperatura de aire de entrada (TAE) 130, 140 y 150 °C. Las mejores condiciones para el microencapsulado son 149,93 mL/h VFA y 500,20 °C, donde se obtuvo en la parte experimental un rendimiento de 92,9901 %, humedad 2,1095 %, eficacia del microencapsulado 90,8001 %. La caracterización del microencapsulado optimizado de la chillangua, presentó un color amarillo dorado claro verdoso, aroma mentolado, sabor suave, partículas homogéneas, higroscopicidad de 21,99 %, densidad aparente 5,701 g/ml, densidad compactada de 5,65 g/ml, 5,5 de pH, un ángulo de reposo de 36°, solubilidad de 93 %, el índice de Hausner de 5,65 %, índice de Carr 49 %, capacidad antioxidante reductora de hierro de 903,99 (µM Fe<sup>2+</sup>/g) y la morfología 26,24 µM.

**Palabras claves:** Optimizar, microencapsulación, maceración, solvente, rotaevaporador, chillangua

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

**Title:** “DEVELOPMENT OF A MICROENCAPSULATED CHILLANGUA (*Eryngium foetidum*) EXTRACT BY SPRAY DRYING”.

**Authors:** Navarrete Cruz Lenin Vladimir  
Tapia Vivanco Marilyn Elizabeth

**ABSTRACT**

The present research work was made with the purpose of microencapsulating the “chillangua” plant extract, by means the spray drying. Therefore, it was dehydrated the plant in an oven for 24 hours at 40 °C, the bioactive compounds were got, through a crude drug maceration with ethanol (99,8%), by means of the rotary evaporator was eliminated the solvent to get the extract aqueous, which it was got a pH of 5.70, 1,65 °Brix total solids, 98,42 % humidity, 1,085 g/cm<sup>3</sup> density and an antioxidant 1895,30 µmolFe+/g capacity sample. With the Design Expert 8.0.6 software, it was established a 13 experimental runs response surface mathematical model. For the spray drying process, it was taken the feed flow rate independent variables of (VFA) 500, 600 and 700%, and the (TAE) 130, 140 and 150 °C inlet air temperature. The best conditions for microencapsulation are 149,93 mL/h VFA and 500,20 °C, where it was got a 92,9901% yield, 2,1095% humidity, 90,8001% microencapsulation efficiency in the experimental part. The characterization of chillangua optimized microencapsulation, presented a light greenish golden yellow color, menthol aroma, mild flavor, homogeneous particles, 21,99% hygroscopicity, apparent density 5,701 g/ml, compacted density 5,65 g/ml, pH of 5,5, repose 36° angle, solubility 93%, Hausner index 5,65 %, Carr index 49%, iron reducing antioxidant capacity 903,99 (µMFe<sup>2+</sup>/g) and the morphology 26,24µM.

**Key words:** optimize, microencapsulation, maceration, solvent, rotary evaporator, chillangua.

## 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 DE LA TUTORA DEL 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 ILUSTRACIÓN .....	xx
ÍNDICE DE ECUACIONES .....	xx
ÍNDICE DE ANEXOS .....	xxi
1. INFORMACIÓN GENERAL .....	1
1.1. Título de investigación .....	1
1.2. Fecha de inicio .....	1
1.3. Fecha de finalización .....	1
1.4. Lugar de ejecución .....	1
1.5. Institución .....	1
1.6. Facultad .....	1
1.7. Carrera que auspicia .....	1
1.8. Nombres de equipo de investigación .....	1
1.9. Área de conocimiento .....	1
1.10. Línea de investigación .....	1

2. JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO .....	2
3. BENEFICIARIOS DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN .....	3
3.1. Beneficiarios directos: .....	3
3.2. Beneficiarios indirectos: .....	3
4. PROBLEMA .....	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 .....	5
7. FUNDAMENTACIÓN CIENTÍFICO TÉCNICA.....	6
7.1. Antecedentes .....	6
7.2. Fundamentación teórica .....	7
7.3. Marco conceptual.....	15
8. PREGUNTAS CIENTÍFICAS O HIPOTESIS .....	15
8.1. Hipótesis nula .....	15
8.2. Hipótesis alternativa .....	15
9. METODOLOGÍA/ DISEÑO EXPERIMENTAL.....	16
9.1. Tipos de investigación .....	16
9.2. Técnicas .....	17
9.3. Materiales y equipos:.....	17
9.4. Descripción del método de elaboración.....	19
9.5. Diagrama de flujo .....	26
9.6. Diseño experimental .....	27
10. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS .....	28
10.1. Extraer los compuestos bioactivos de la planta de chillangua a través de disolventes hidroalcohólicos.....	28
10.2. Caracterización del extracto acuoso de la chillangua .....	28
10.3. Optimización del proceso de microencapsulado de la chillangua .....	29
10.4. Caracterización del microencapsulado optimizado obtenido por el proceso de secado por aspersión .....	37
11. IMPACTOS (TÉCNICOS, SOCIALES, AMBIENTALES O ECONOMICOS) .....	39
11.1. Técnicos .....	39

11.2. Sociales .....	39
11.3. Ambientales .....	39
11.4. Económicos.....	39
12. PRESUPUESTO .....	40
13. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....	42
13.1. Conclusiones .....	42
13.2. Recomendaciones .....	43
14. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS.....	44
15. ANEXOS .....	53

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1</b> Actividades y sistema de tareas en la relación a los objetivos planteados. ....	5
<b>Tabla 2</b> Clasificación taxonómica chillangua ( <i>Eryngium foetidum</i> ) .....	8
<b>Tabla 3</b> Materiales empleados en la encapsulación según su composición química .....	11
<b>Tabla 4</b> Métodos de microencapsulación.....	13
<b>Tabla 5</b> Descripción del diseño de superficie de respuesta .....	27
<b>Tabla 6</b> Cuadro de variables .....	27
<b>Tabla 7</b> Análisis sensoriales y fisicoquímicos del extracto acuoso de la chillangua .....	28
<b>Tabla 8</b> Matriz experimental para la microencapsulación del extracto de chillangua .....	29
<b>Tabla 9</b> Parámetros del modelo codificado para el contenido del rendimiento .....	30
<b>Tabla 10</b> Parámetros del modelo codificado para el contenido de humedad.....	31
<b>Tabla 11</b> Parámetros del modelo codificado para el contenido de la eficiencia del encapsulamiento .....	33
<b>Tabla 12</b> Parámetros del modelo codificado para la capacidad antioxidante .....	34
<b>Tabla 13</b> Restricciones para la optimización del microencapsulado .....	35
<b>Tabla 14</b> Solución optimizada que cumple con las restricciones .....	36
<b>Tabla 15</b> Valores óptimos de los predichos y experimentales .....	36
<b>Tabla 16</b> Caracterización sensorial y físico-química del microencapsulado optimizado .....	38
<b>Tabla 17</b> Presupuesto .....	40

## ÍNDICE DE ILUSTRACIÓN

<b>Ilustración 1</b> Microencapsulación .....	11
<b>Ilustración 2</b> Ubicación geográfica de la recolección de la planta .....	19

## ÍNDICE DE ECUACIONES

<b>Ecuación 1</b> Humedad .....	20
<b>Ecuación 2</b> Densidad .....	21
<b>Ecuación 3</b> Actividad antioxidante .....	22
<b>Ecuación 4</b> Rendimiento del microencapsulado .....	22
<b>Ecuación 5</b> Humedad .....	22
<b>Ecuación 6</b> Eficacia de la microencapsulación.....	23
<b>Ecuación 7</b> Higroscopicidad .....	23
<b>Ecuación 8</b> Ángulo de reposo .....	23

<b>Ecuación 9</b> Densidad aparente .....	23
<b>Ecuación 10</b> Densidad compactada .....	24
<b>Ecuación 11</b> Solubilidad .....	24
<b>Ecuación 12</b> Índice de Hausner .....	25
<b>Ecuación 13</b> Índice de Carr.....	25

## ÍNDICE DE ANEXOS

<b>Anexo 1</b> Hoja de vida del docente tutora Ing. Ana Maricela Trávez Castellano .....	53
<b>Anexo 2</b> Hoja de vida del estudiante Lenin Vladimir Navarrete Cruz.....	53
<b>Anexo 3</b> Hoja de vida de la estudiante Marilyn Elizabeth Tapia Vivanco .....	55
<b>Anexo 4</b> Informe de anti plagio .....	56
<b>Anexo 5</b> Aval del centro de idiomas .....	57
<b>Anexo 6</b> Recolección de la chillangua .....	58
<b>Anexo 7</b> Deshidratado de la planta.....	58
<b>Anexo 8</b> Maceración de la droga cruda de la chillangua con etanol .....	59
<b>Anexo 9</b> Evaporación del solvente para obtener el extracto acuoso de la chillangua .....	59
<b>Anexo 10</b> Microencapsulado de la chillangua.....	60
<b>Anexo 11</b> Medición del pH del microencapsulado optimizado .....	60
<b>Anexo 12</b> Análisis de los sólidos totales del microencapsulado optimizado .....	61
<b>Anexo 13</b> Morfología del microencapsulado .....	61

## **1. INFORMACIÓN GENERAL**

### **1.1. Título de investigación**

“Desarrollo de un microencapsulado del extracto de chillangua (*Eryngium foetidum*) mediante secado por aspersión”.

### **1.2. Fecha de inicio**

Octubre 2021

### **1.3. Fecha de finalización**

Agosto 2022

### **1.4. Lugar de ejecución**

Provincia: Cotopaxi – Zona:3

Cantón: Latacunga

Parroquia: Salache Bajo

Barrio: Eloy Alfaro

### **1.5. Institución**

Universidad Técnica de Cotopaxi

### **1.6. Facultad**

Ciencias Agropecuarias y Recursos Naturales

### **1.7. Carrera que auspicia**

Ingeniería Agroindustrial

### **1.8. Nombres de equipo de investigación**

#### **Tutor de investigación**

- Ing. Ana Maricela Trávez Castellano

#### **Estudiantes:**

- Lenin Vladimir Navarrete Cruz

- Marilyn Elizabeth Tapia Vivanco

### **1.9. Área de conocimiento**

**Área:** Ingeniería, industria y construcción.

**Sub – área:** Industria y producción.

### **1.10. Línea de investigación**

**Línea:** Desarrollo y seguridad alimentaria.

**Sub – línea:** Optimización de procesos tecnológicos agroindustriales.

## 2. JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO

El uso de plantas en el cuidado de la salud, es una práctica que trasciende por generaciones, basándose en la experiencia empírica; y, numerosos estudios han evidenciado la importancia del rescate de la sabiduría ancestral. El Ecuador está ubicado en el centro del mundo, concentra en su territorio la diversidad del planeta, lo que ha permitido ser un país megadiverso, que busca diseñar y aplicar protocolos que faciliten la implementación progresiva de la vegetación con visión holística, de sus principios activos para aplicarlos en la industria (Farmacéuticos, cosmético, alimenticios entre otros); salvaguardando el hábitat de las mismas y optimizando la calidad de vida de sus habitantes.

Chillangua (*Eryngium foetidum*), es una planta peculiar de la zona del litoral, de una fragancia fuerte, es aprovechada como medicina ancestral con el propósito de mitigar diferentes padecimientos, así como catarros, fortificante, expectorante, antioxidante, antimicrobiana, entre otros; y en la gastronomía para elaborar diferentes platos típicos de la provincia de Esmeraldas y Manabí. Al no existir un usufructo del culantro del pozo en la comercialización, esto podría potenciar la economía de los sectores agrícolas e industrias. Su composición química, proporciona la conveniencia de un mejor beneficio para la agroindustria y sus múltiples ramas a las que puede destinarse.

La microencapsulación mediante secado por aspersion protegen los compuestos bioactivos que muestran una actividad antioxidante. Durante la última década el microencapsulado debido a su amplia aplicación, su fácil manejo, reutilización y recuperación a grandes escalas en los procesos industriales; ha permitido el desarrollo o mejoramiento de las características sensoriales de un producto alimenticio en su composición; actúa como barrera contra los malos olores y sabores desagradables, también pueden ayudar a que los materiales frágiles soporten las condiciones de procesamiento y empaquetado. Brinda oportunidades para que la agroindustria innove o formule alimentos funcionales con nutrientes, minerales y aditivos naturales para mejorar la rentabilidad de la industria.

Los antioxidantes son compuestos secundarios que forman parte de la composición química de las plantas, pueden retardar o prevenir el daño a las células, causado por los radicales libres, a través de la transferencia de electrones. Protegen el cuerpo humano de diversas enfermedades como: cardiovasculares, cáncer, envejecimiento prematuro entre otras.

El uso de productos naturales, es una alternativa que aún está en auge y que puede ser potenciada por el consumo de alimentos con microencapsulados para la prevención de enfermedades y el mejoramiento de las condiciones de salud de las personas; así como también sus aplicaciones en el sector farmacéutico y cosmético.

El presente estudio tiene como propósito microencapsular los compuestos bioactivos del extracto de la chillangua mediante el secado por aspersión, facilitando la formulación de alimentos funcionales y ser una alternativa para suplantar los aditivos sintéticos por naturales, pues son amigables con el medio ambiente.

### **3. BENEFICIARIOS DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN**

#### **3.1. Beneficiarios directos:**

Las personas que se dedican a cultivar la chillangua (*Eryngium foetidum*) para su comercialización. También serán las industrias que aprovechen los compuestos bioactivos presentes en el microencapsulado, para el desarrollo de productos innovadores que posean un control de las características sensoriales y la sociedad al consumir productos saludables.

#### **3.2. Beneficiarios indirectos:**

La investigación sobre el microencapsulado de los compuestos bioactivos de la chillangua (*Eryngium foetidum*) beneficiará a los estudiantes de la carrera de Ingeniería Agroindustrial dado que se incrementará el volumen de conocimientos, incentivando la investigación científica y tecnológica con respecto a la aplicación en procesos agroindustriales.

### **4. PROBLEMA**

La humanidad cuenta con una abundante riqueza en los alimentos naturales, sin embargo, no es aprovechada ni valorada. El Ecuador es un país abundante en flora endémica, por encima de ello no consigue potencializarla, debido a la falta de información y escasos estudios que no fueron realizados y valorados, debido a lo cual existe la falta de patentes nacionales actuales en relación al tema.

La chillangua es una planta con un conocimiento muy limitado para la sociedad, posee compuestos activos de gran importancia; al no ser considerada como una fuente de ingresos significativa, el agricultor tradicional no le ha dado mayor importancia por la falta de comercialización, dificultando la búsqueda y el aprovechamiento de sus compuestos bioactivos, que pueden ser usados en la industria, y de esta manera impulsar la economía.

Los alimentos en su producción y almacenamiento padecen modificaciones enlazadas con el aspecto sensorial y de calidad, los compuestos aromáticos son los componentes responsables del olor y sabor de los alimentos, debido a que son sensibles a la luz y al calor, por esta razón es una posibilidad encapsular dichos compuestos para protegerlos, por anticipado para emplearlos en la elaboración e innovación de diversos productos que satisfagan las necesidades del consumidor.

La mayor parte de los aditivos alimentarios que se emplean en la actualidad son sintéticos con el propósito de abaratar costos de producción y preservar el producto durante el

mayor tiempo posible, dado que es un alimento que se altera y puede proliferar hongos y bacterias. La sociedad tiene desconfianza sobre los peligros que representan los aditivos sintéticos porque existen estudios que han debatido toxicidad y carcinogenicidad ya que el riesgo de sobrepasar los límites permitidos para diferentes aditivos es latente. Por lo cual la sociedad busca nuevas alternativas para cuidar de su salud.

La falta de implementación de tecnología que faciliten un secado por atomización, optimizar e impulsar la calidad de los procesos, ha obstruido el desarrollo científico, para difundir el conocimiento con respecto a los métodos de esta naturaleza.

Esta investigación tiene como finalidad microencapsular los compuestos activos de la chillangua (*Eryngium foetidum*), siendo un aliado fundamental para la generación de diversos productos innovadores y con ello inducir al investigador a la búsqueda de nuevas aplicaciones de la planta, su extracto en la industria (alimentaria, farmacéutica, cosmética entre otras), como antioxidantes, antiinflamatorios, antimicrobianos, cicatrizantes etc.

## **5. OBJETIVOS**

### **5.1. Objetivo general:**

- Desarrollar un microencapsulado del extracto de chillangua (*Eryngium foetidum*), mediante secado por aspersión.

### **5.2. Objetivos específicos:**

- Extraer el extracto acuoso de la planta de chillangua a través del disolvente hidroalcohólico.
- Caracterizar el extracto acuoso de la planta de chillangua por medio de ensayos fisicoquímicos.
- Optimizar el proceso de microencapsulado de la chillangua, en función de la humedad, rendimiento y eficacia de la microencapsulación.
- Evaluar el microencapsulado optimizado, del proceso de secado por aspersión.

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

**Tabla 1** Actividades y sistema de tareas en la relación a los objetivos planteados.

<b>Objetivos</b>	<b>Actividad (Tareas)</b>	<b>Resultados de la actividad</b>	<b>Medios de verificación</b>
<b>Objetivo 1</b>			
Extraer el extracto acuoso de la planta de chillangua a través del disolvente hidroalcohólico.	Recolección, selección, limpieza, secado de la planta. Obtención de la droga. Maceración para obtener el extracto acuoso	Planta libre de impurezas y desinfectada Extracto acuoso de chillangua	En la parte de resultados en el numeral 10.1.
<b>Objetivo 2</b>			
Caracterizar el extracto acuoso de la planta de chillangua por medio de ensayos fisicoquímicos.	Llevar a cabo los ensayos de laboratorio para determinar las características sensoriales (color, aspecto, homogeneidad, olor) y las características fisicoquímicas (pH, Brix, humedad, densidad y FRAP) del extracto acuoso de la chillangua.	Resultados de la caracterización fisicoquímicas.	En la tabla 7 se evidencia la caracterización del extracto acuoso.
<b>Objetivo 3</b>			
Optimizar el proceso de microencapsulado de la chillangua, en función de la humedad, rendimiento y eficacia de la microencapsulación.	Determinación experimental. Introducir los valores obtenidos en el programa Design Expert. Efectuar el ensayo experimental con las condiciones optimizadas de la humedad, rendimiento y eficacia.	Microencapsulado optimizado.	Resultados del optimizado del microencapsulado en el literal 10.3.
<b>Objetivo 4</b>			
Evaluar el microencapsulado optimizado, del proceso de secado por aspersion.	Realizar los ensayos de laboratorio del microencapsulado optimizado.	Características sensorial y fisicoquímicas del microencapsulado de la chillangua.	En la tabla 16 se muestran los resultados obtenidos en la evaluación del microencapsulado de chillangua.

**Elaborado por:** Autores (Navarrete y Tapia; 2022)

## 7. FUNDAMENTACIÓN CIENTÍFICO TÉCNICA

### 7.1. Antecedentes

Iglesias y Pichucho (2021), microencapsularon el extracto de cedrón (*Aloysia citrodora*), por secado de aspersion; con 9 corridas y factores de control (flujo de alimentación y temperatura de entrada de aire). El programa Design Expert 8.0.6, determino las condiciones óptimas: temperatura de aire de entrada (150°C), velocidad de flujo de alimentación (500mL/h) y rendimiento (94,70%), caracterizaron el extracto: humedad 3,845%, eficacia del microencapsulado 93,9%, higroscopicidad 13g/100g, densidad aparente 0.3213g/ml, densidad compacta 0,5712g/ml, pH 5,24, ángulo de reposo 34,30, solubilidad 92%, índice de Hausner 2,17, índice de Car 0,54, capacidad antioxidante 320,10µM Fe<sup>2</sup>/g muestra, polifenoles totales 0,12mg/g.

Cardona et al., (2021) consultaron 78 estudios, recopilando información del proceso de microencapsulación de secado por aspersion: principio y condiciones de operación, materiales de pared utilizados, influencia sobre las propiedades fisicoquímicas y funcionales de las microcápsulas obtenidas, aspectos de liberación de los compuestos bioactivos y los estudios relacionados con la microencapsulación de vitaminas, minerales, sustancias oleosas, antioxidantes y microorganismos probióticos. Concluyendo que los adelantos en el área de la microencapsulación mediante secado por aspersion son numerosos y coinciden con las nuevas tendencias de desarrollo e innovación en el ámbito alimentario.

Ríos y Gil (2021) revisaron estudios publicados en un período comprendido entre 2010 y 2021 en bases de datos indexadas, Identificaron los parámetros más críticos (temperatura de entrada y salida del aire, materiales encapsulantes), los cuales influyen directamente en la protección de los polifenoles, que son en su mayoría termolábiles, constataron el alcance de una mayor eficiencia y vida útil con respecto a las propiedades funcionales, al optimizar las condiciones de operación mencionada, los resultados reportados conllevan a la obtención de microcápsulas de matrices que pueden ser empleadas como materia prima y producto final de mayor calidad, estudios in vitro de liberación controlada para la industria alimentaria, farmacéutica o cosmética.

Hinostroza et al., (2020) microencapsularon por atomización el extracto de orégano (*Origanu vulgar*) y huacatay (*Tagetes minuta*); maceraron con metanol y etanol las muestras, y como pared de recubierta la maltodextrina y goma arábica; realizaron un DCA con arreglo factorial. Caracterizaron los microencapsulados: la capacidad antioxidante DPPH del orégano extraído con metanol alcanzando 321.56 µM trolox eq/100 ml extracto y el de menor contenido

el de huacatay extraído con metanol. Y los polifenoles de mayor valor el del orégano extraído con metanol con un valor de 87, 557 mg GAE / 100 mL.

Soto (2018) obtuvo microcápsulas de licopeno con soluciones de goma xantana y pectina con y sin sacarosa mediante secado por aspersión. El análisis reológico consistió de pruebas de flujo y viscoelásticas (25, 50 y 75°C) con un dispositivo de placas paralelas. Como material encapsulante uso soluciones de goma xantana (0.1%) y pectina (3.0%). Evaluó el efecto de la temperatura del aire de entrada (180-210°C) y el flujo de alimentación de la emulsión (18-71 mL min<sup>-1</sup>) en el proceso de encapsulación y en algunas de las propiedades físicas de las microcápsulas. Obtuvo una alta eficiencia de encapsulación (79%) a 198°C y un flujo de 45 mL min<sup>-1</sup>. Las microcápsulas podrán ser utilizadas en la formulación de diversos alimentos, con el fin de impartirles color y contribuir en la generación de productos funcionales.

## **7.2. Fundamentación teórica**

### **7.2.1. Chillangua (*Eryngium foetidum*).**

Es una planta aromática perenne nativa de América, África y el Caribe, poseen aceites esenciales que le proporcionan un fuerte aroma, necesita de humedad para desarrollarse y se auto propaga. En la zona litoral del Ecuador, en épocas de lluvia abunda la población de esta planta, pero, se produce de mejor manera en las provincias de Esmeraldas y Manabí, destacándose en su uso gastronómico (Almeida, 2019). Se le atribuyen cualidades gastronómicas y medicinales, reconocidas debido a su utilización tradicional.

### **7.2.2. Botánica de la planta**

Es una hierba erecta, glabra, perennifolia, ramificada, que crece hasta 40 cm de altura (Chávez, 2021). Crece en una amplia variedad de suelos y se desarrolla mejor en suelos franco arenosos húmedos y bien drenados con alto contenido de materia orgánica.

#### **7.2.2.1. Raíz**

Es axonomorfa alcanza los 31 cm de longitud (Muñoz, 2021).

#### **7.2.2.2. Tallo**

Es muy pequeño durante el crecimiento vegetativo de la planta, puede medir hasta 60 cm de alto en la etapa de producción de flores y semillas, en el transcurso, por el orden de sus hojas a manera de roseta se da la inflorescencia (Jiménez y Madrid, 2019).

#### **7.2.2.3. Hojas**

Son lanceoladas a oblanceoladas, de 3 a 30 cm de largo y de 1 a 5 cm de ancho, crenadas a finamente espinuloso-serradas, adelgazadas en la base formando un pecíolo corto y alado (Muñoz, 2021).

#### 7.2.2.4. Flores

Flores blancas, pequeñas, agrupadas en cabezuelas bracteadas, sostenidas por ramas divididas dicotómicamente (Tenorio y Cutiopala, 2018).

#### 7.2.2.5. Frutos

Es globoso, un poco aplanado lateralmente, con una longitud de 2 mm, se encuentra cubierta por numerosas vesículas globosas amarillentas y en la madurez se divide en 2 mericarpos, cada uno abarcando una semilla. (Jiménez y Madrid, 2019).

#### 7.2.3. Clasificación taxonómica

**Tabla 2** Clasificación taxonómica chillangua (*Eryngium foetidum*)

Reino	<i>Plantae</i>
Subreino	<i>Traqueobionta (plantas vasculares)</i>
Super división	<i>Spermatophyta (plantas con semilla)</i>
División	<i>Magnoliophyta (plantas con flor)</i>
Clase	<i>Magnoliopsida (dicotiledóneas)</i>
Subclase	<i>Rosidae</i>
Orden	<i>Apiales</i>
Familia	<i>Apiaceae</i>
Dominio	<i>Eukaryota</i>
Género	<i>Eryngium</i>
Especie	<i>Foetidum</i>
Nombre científico	<i>Eryngium foetidum</i>
Nombre común	<i>Chillangua, culantro del pozo, shado beni, cilantro cimarrón, sacha culantro, alcapate, culantro coyote, reca o cilantro ancho</i>

**Fuente:** (Sánchez, 2021); **Elaborado por:** Autores (Navarrete y Tapia; 2022)

#### 7.2.4. Principios activos de la chillangua

Varios estudios muestran que la planta de chillangua contiene metabolitos secundarios como: taninos, saponinas, flavonoides y varios triterpenoides.

##### 7.2.4.1. Taninos:

Son metabolitos secundarios producidos por las plantas, se los emplea para preservar las pieles de animales (Paz et al., 2021).

##### 7.2.4.2. Saponinas:

Pertenecen a los compuestos fitoquímicas, se distinguen debido a que en tener contacto con el agua producen una espuma persistente, son tensoactivos naturales. Son solubles en solventes hidroalcohólicos e insolubles en disolventes orgánicos de media y baja polaridad (Marruffo, 2019).

### **7.2.4.3. Flavonoides**

Fue descubierto por el Doctor Albert Szent- Györgyi, son compuestos fenólicos diarilpropánicos, poseen un poder antioxidante, con características antiinflamatorias que asisten al sistema inmunológico (Santafe, 2022).

### **7.2.4.4. Triterpenoides:**

Son metabolitos secundarios, se encuentran en el reino vegetal mostrando una amplia actividad biológica. Están formados biosintéticamente por 6 unidades de isopreno, compartiendo un precursor escualeno (C30), cierres de anillos en el intermediario acíclico (escualeno) estos pueden dar lugar a una variedad de tipos de triterpenos y en las etapas finales de la síntesis pueden removerse pequeños fragmentos de carbono produciéndose moléculas con menos de 30 átomos de carbono. Este es el caso del ácido botulínico en el cual ha sido aislado en diferentes especies de plantas (Almeyda, 2017).

### **7.2.5. Propiedades medicinales**

La tisana de sus hojas ayuda a combatir el resfriado, convulsiones, diabetes, diarrea, estreñimiento, fiebre, inflamaciones, vómitos, mejora el apetito, infecciones vaginales, quemaduras, dolor de cabeza, fiebre, gripe, escalofríos, dolores de estómago y menstruales (Arias y Flores, 2019). Las infusiones de sus raíces son empleadas para mejorar la presión alta, escorbuto, neumonía, reumatismo, aumenta la fertilidad, posee propiedades bactericidas y laxantes (Arévalo, 2017).

### **7.2.6. Uso alimentario**

La chillangua por sus compuestos bioactivos ofrece una embocadura y fragancia especial, preserva los alimentos; es empleada habitualmente con o en lugar de cilantro y cubierto con sopas, platos de fideos, curry, a fin de potenciar el sabor de las carnes, mariscos, vegetales, salsas entre otras (Rodrigues et al., 2022).

### **7.2.7. Secado de plantas**

#### **7.2.7.1. Secado natural a la sombra**

Se lo realiza en un recinto espacioso bajo cubierta con un flujo de aire contante, seco y protegido contra los insectos mediante mosquiteros, las plantas a secar se las puede extender o colgar (tipo ramos), constantemente se la debe estar moviendo para un secado homogéneo, el tiempo de secado varia dependiendo de la planta y la humedad del aire (Remache, 2020).

#### **7.2.7.2. Secado natural al sol**

Es el proceso de secado por exposición de las plantas al sol, consiste en aprovechar el calor generado por los rayos solares para secar lenta y paulatinamente, con esta técnica de

secado las plantas completan satisfactoriamente los cambios bioquímicos internos, logrando buenas características sensoriales (Parra, 2017).

#### **7.2.7.3. Secado mecánico**

Es una técnica primaria, que elimina la mayor cantidad de agua presente en la materia prima, bajo parámetros controlados (temperatura, humedad, velocidad y circulación de aire), para preservar y conservar los compuestos químicos de la planta (Velásques y Uribe, 2019).

#### **7.2.8. Extracto hidroalcohólico**

Es la extracción de los compuestos activos de manera concentrada, a través de la maceración estática (parada) o dinámica (con movimiento), de la droga cruda de la planta en un disolvente óptimo (alcohol-agua). Su eficiencia va a estar relacionada directamente con la concentración del solvente, tiempo y temperatura de extracción (Uriol y Espinoza, 2021).

#### **7.2.9. Optimización**

Es un procedimiento que tiene la finalidad de solventar problemas de forma infalible, con el propósito de disminuir o eliminar la pérdida de tiempo, medios económicos, gastos innecesarios, dificultades y errores; maximizando o minimizando indicadores que ayudaran a mejorar el funcionamiento de algo.

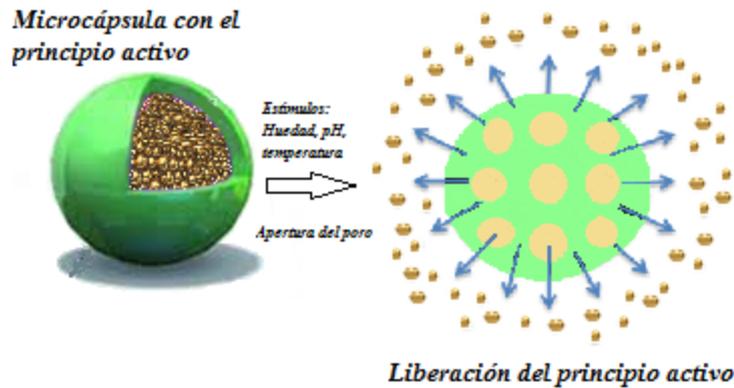
#### **7.2.10. Antioxidantes**

Pueden ser naturales o artificiales, poseen la capacidad de prevenir o retardar la oxidación celular, cediendo a los átomos inestables uno o más electrones (Villarreal et al., 2019). Los antioxidantes no son capaces de combatir los radicales libres cuando hay un exceso, provocado por la contaminación atmosférica, humo del tabaco, herbicidas, ciertas grasas y otros factores externos, esto daña las membranas de las células desencadenándose el desarrollo de diversas enfermedades (Atavillos, 2019).

#### **7.2.11. Microencapsulación**

Es una técnica que construye una barrera funcional para los compuestos activos, puede liberar su contenido por difusión de la pared de la capsula o membrana, a velocidades controladas bajo condiciones específicas (disolución en agua, esfuerzos de cizalla, temperaturas, reacciones químicas, enzimáticas, cambios en la presión osmótica), para evitar reacciones químicas y físicas, manteniendo las propiedades biológicas, funcionales y fisicoquímicas del material del núcleo (Domínguez, 2019).

### Ilustración 1 Microencapsulación



**Elaborado por:** Autores (Navarrete y Tapia; 2022)

El producto resultante de la microencapsulación, se denomina microesfera si la sustancia activa está dispersa en forma de pequeñas partículas en un material igual al recubrimiento y microcápsula cuando el principio activo (líquido o gaseoso), se encuentra disperso en forma de diminutas moléculas en una matriz encapsulante (Bonifaz, 2019). Se diferencian en su forma y estructura interna; sin embargo, presentan un tamaño de  $<1.0\text{ mm}$  y  $> 1.0\mu\text{m}$  (Martínez, 2021).

#### 7.2.11.1. Materiales de pared o agentes encapsulantes

Son numerosos los materiales que pueden ser usados para microencapsular, por lo cual, son segmentados de acuerdo al tipo y propiedad del material; sin embargo, una cantidad limitada ha sido certificada y aceptado como agentes encapsulantes para alimentos.

**Tabla 3** Materiales empleados en la encapsulación según su composición química

Componentes de la pared	Cobertura específica
Gomas	Agar, alginato de sodio, carragenina, goma arábiga
Carbohidratos	Almidón, dextranos, sacarosa, jarabes de maíz
Celulosa	Etilcelulosa, metilcelulosa, acetilcelulosa, nitrocelulosa, carboximetil-celulosa
Lípidos	Ceras, parafinas, diglicéridos, monoglicéridos, aceites, grasas, ácidos esteáricos, tristearina.
Proteínas	Gluten, caseína, albúmina, gelatina
Materiales inorgánicos	Sulfato de calcio, silicatos

**Fuente:** (Mendoza, 2018)

#### - Goma arábiga o acacia (E-414)

Es la savia exudada de los árboles de acacia para prevenir el resecamiento de sus tejidos cuando son heridos, se cosecha únicamente en los árboles silvestres que crecen sin pesticidas (Juárez, 2020). Son polisacárido formados por: galactosa, ramnosa, arabinopiranosas, arabinofuranosas,

ácido glucourónico y ácido 4-o-metilglucourónico; químicamente es una sal neutra o levemente ácida que contiene iones de calcio, magnesio y potasio en su molécula (López y Sabogal, 2018). Sus características de baja viscosidad, buena eficiencia, solubilidad y formación de emulsiones, la diferencia de las demás gomas, convirtiéndola en un buen agente encapsulante (Moghadam et al., 2019). Las soluciones de la goma arábiga tienen un comportamiento newtoniano en concentraciones hasta 40%, al incrementarse desarrolla las características pseudoplásticas (López y Sabogal, 2018).

- **Maltodextrina (E-1400)**

La maltodextrina es un almidón hidrolizado del maíz, arroz, papa o trigo (Shaefer, 2017). Es empleado como agente encapsulante por su bajo costo, solubilidad en agua, olor y sapidez neutro, de baja viscosidad en concentraciones altas de sólidos y ejerce una protección contra la oxidación. Por su baja capacidad emulsionante, se recomienda usarla en combinación con otros biopolímeros tensoactivos, como goma arábiga (Córdoba, 2021).

**7.2.11.2. Utilidades de la microencapsulación**

- Protección frente a pérdidas nutricionales o funcionales.
- Liberación controlada en el tiempo de nutrientes.
- Estabilidad durante el almacenamiento y disminución de la higroscopicidad.
- Protección de células frente a ambientes desfavorables.
- Modificación del estado de agregación aparente.
- Generación de materiales de envasado (Valdés, 2020).

**7.2.11.3. Aplicaciones de la microencapsulación**

La microencapsulación resguarda vitaminas, minerales, saborizantes, colorantes, aromatizantes, nutracéuticos, prebióticos, probióticos, antioxidantes, aceites y enzimas, entre otros; por lo cual tiene una amplia aplicación en las industria agrícola, química, alimenticia, cosmética, farmacéutica, medicinal, textil, etc. (Salgado, 2020). Protegen las sustancias que se verían afectadas por procesos industriales, modifica la acción de los compuestos, facilita el manejo de productos a granel y evitan incompatibilidades en productos de múltiples componentes.

**7.2.11.4. Métodos de microencapsulación**

Diversos métodos han sido propuestos para la producción de microcápsulas, clasificándolos en tres grupos: físicos, fisicoquímicos y químicos: (Santos, D y Santos, L, 2021).

**Tabla 4** Métodos de microencapsulación

Proceso	Método	Principio general	Material a encapsular	Sistema formado	Tamaño de partícula
Físicos	Secado por aspersión	Pulverización y dispersión de la solución, seguido de evaporación solvente.	Varios	Matricial	-1-300 $\mu\text{m}$ Geometría irregular
	Extrusión	Formación de una capsula a partir de una emulsión, incorporación del material activo y encapsulante. No es apto para sustancias termolábiles.	Varios	Matricial	-1-1000 $\mu\text{m}$ Estructura irregular
	Aspersión por enfriamiento o congelación	Solidificación de líquido por reducción de temperatura.	Líquido	Matricial	-1-1000 $\mu\text{m}$
Físico-químicos	Conservación compleja	Precipitación de 2 polímeros y adsorción a la superficie de una fase dispersa.	Líquidos inmiscibles en agua	Capsular	-20-800 $\mu\text{m}$ Estructura de núcleo/ envoltura Sensible a la humedad >400 $\mu\text{m}$
	Gelificación iónica	Reacción de gelificación iónica entre el polisacárido y un ion con carga opuesta.	Varios	Matricial o capsular	Estructura porosa. Sensible al ambiente. -20-30 $\mu\text{m}$
	Polimerización interfacial	Reacción química forma paredes a través de una polimerización de monómeros en la superficie de las gotas que contienen el material disperso.	Líquidos	Capsular	Estructura de núcleo/ envoltura. Geometría esférica. Superficie exterior lisa y uniforme.
Químicos	Inclusión molecular	Asociación supramolecular de un ligando o ingrediente encapsulado dentro del material encapsulante.	Líquidos	Matricial	1-1000 $\mu\text{m}$
	Polimerización in situ	Mismo proceso que polimerización interfacial, pero este no incluye reactivos en el material del núcleo.	Líquidos	Capsular	1-1000 $\mu\text{m}$
	Incompatibilidad polímero-polímero	La separación de dos fases ricas en diferentes polímeros y la adsorción de una superficie de partículas sólidas.	Sólidos con un grado finito de solubilidad en agua.	Capsular	-200-800 $\mu\text{m}$ Forma irregular

**Fuente:** (Caicedo & Chamba, 2016) elaborado por autores (Navarrete, Tapia, 2022)

### 7.2.12. Secado por aspersión

Es una operación unitaria en la cual una materia en estado líquido es atomizada mediante una corriente de aire caliente o rara vez gas (nitrógeno) para obtener como resultado un polvo de manera instantánea, el líquido inicial que alimenta al aspersor puede ser: una solución, emulsión, suspensión. Dependiendo del material inicial y las condiciones de operación, el secado por aspersión puede producir polvo muy fino (10-50  $\mu\text{m}$ ) o partículas grandes (2-3 mm), por tal motivo esta técnica es común para producir encapsulados de alimentos (López, 2018).

El secado por aspersión utilizado para la microencapsulación se basa en:

- 1) Alimentar la cámara o torre de secado de una matriz (compuesto a encapsular y el material protector), se trata de homogenizar hasta formar una dispersión o emulsión, esto dependerá de la naturaleza del compuesto y su afinidad química con el agente encapsulante.
- 2) A través de discos rotatorios o boquillas se da una presión continua en el proceso de alimentación de la cámara.
- 3) Al introducirse la matriz a la torre de secado, se da inicio a la eliminación rápida de la humedad por medio de aire caliente que puede estar en contraflujo o co-corriente, convirtiéndolas en pequeñas partículas esféricas, no porosas, recubiertas por una fina capa o película del encapsulante, que en su interior tienen una fase interna definida.
- 4) Al salir las microcápsulas formadas de la cámara de secado, atraviesan un proceso de ciclón y se depositan en el colector donde finalmente puede ser recogidas (Rios y Gil, 2021).

La microencapsulación actuará como un mecanismo de protección, de acuerdo a la composición química, polaridad, solubilidad, propiedades físicas y funcionales de cada matriz, mejorando aspectos como:

- La vida útil del analito al evitar la oxidación, como en el caso de los aceites esenciales o vitaminas liposolubles.
- Prolongando la estabilidad y actividad funcional de compuestos termolábiles o altamente reactivos, como los antioxidantes.
- Facilitando la incorporación de compuestos insolubles, debido a la interacción que se facilita entre el material encapsulante y el medio o solvente en el cual se va a dispersar.
- Conservando los perfiles de aroma y sabor por un tiempo más prolongado.
- La biodisponibilidad de nutrientes al facilitar la liberación controlada en los sitios requeridos de interacción, entre otros beneficios (Moreno et al., 2018).

### 7.3. Marco conceptual

- **Alginato:** Sustancia química elaborada a partir de algas pardas que por sus características de gel tiene diversas aplicaciones industriales.
- **Axonomorfa:** Que se hunde verticalmente en la tierra, como una prolongación del tronco.
- **Bracteadas:** Hoja que nace del pedúnculo de las flores de ciertas plantas, y suele diferir de la hoja verdadera por la forma, la consistencia y el color.
- **Crenada:** Margen de la hoja con protuberancias redondeadas. cuerpo: en el fruto de las crucíferas parte que alberga las semillas.
- **Escorbuto:** Enfermedad causada por falta de vitamina C y caracterizada por la aparición de múltiples hemorragias, anemia y úlceras en las encías.
- **Glabra:** Que está desprovisto de pelos y glándulas.
- **Higroscopicidad:** Propiedad de algunos cuerpos inorgánicos, y de todos los orgánicos, de absorber la humedad.
- **Nutraceuticos:** suplemento dietético, presentado en una matriz alimenticia.
- **Perennifolia:** Que conserva su follaje todo el año.
- **Oblanceoladas:** Forma de la hoja para referirse que la parte final es más ancha que la base.
- **Exudada:** Sustancias secretadas a través de los poros de los tejidos enfermos o dañados de las plantas.
- **Pseudoplásticas:** Son aquellos fluidos que disminuyen su viscosidad al aumentar la velocidad de deformación aplicada.
- **Sapidez:** Se entiende por sapidez a la cualidad, índole, característica, estado, particularidad o condición de sávido, que tiene ningún sabor, aplicado a cualquier sustancia o compuesto.
- **Nutraceuticos:** Son productos basados en ingredientes procedentes de la propia naturaleza.

## 8. PREGUNTAS CIENTÍFICAS O HIPOTESIS

### 8.1. Hipótesis nula

**H<sub>0</sub>:** El flujo de alimentación y la temperatura de aire de entrada del secado por aspersión no afecta en el proceso de la microencapsulación del extracto de chillangua (*Eryngium foetidum*).

### 8.2. Hipótesis alternativa

**H<sub>1</sub>:** El flujo de alimentación y la temperatura de aire de entrada del secado por aspersión afecta en el proceso de la microencapsulación del extracto de chillangua (*Eryngium foetidum*).

## **9. METODOLOGÍA/ DISEÑO EXPERIMENTAL**

### **9.1. Tipos de investigación**

Se escogió meticulosamente los tipos de investigación, como estrategia para manipular las variables, explicando los hechos de la experimentación realizada, en el laboratorio de la Universidad Técnica de Cotopaxi, de la carrera de Agroindustria, para dar solución a la problemática identificada.

#### **9.1.1. Investigación descriptiva**

Tiene como propósito describir las características de fenómenos, usando criterios sistemáticos que posibilita establecer la estructura o el comportamiento del objeto de estudio, proporcionando información sistemática y cotejable con otras fuentes (Guevara et al., 2020).

Facilitó la recopilación de datos que permitan arrojar información confiable, con respecto a la hipótesis, teoría, que se presentaron y sintetizaron la información rigurosamente, los resultados fueron analizados, sin manipular las variables estudiadas, de tal manera fueron significativas para conocimiento.

#### **9.1.2. Investigación cuantitativa**

Trata con fenómenos que se pueden medir a través de técnicas estadísticas para el análisis de los datos recogidos, comprendiendo las relaciones de causa y efecto, verificando o corroborando teorías, hipótesis o suposiciones a través de un análisis estadístico (Gallego et al., 2017).

Se empleó esta herramienta para desarrollar la implementación práctica del procedimiento y crear instrumentos para la recolección de datos objetivos, posibilitando la determinación de la relación entre la variable independiente y la variable dependiente dentro de la población estudiada, para corroborar las hipótesis predefinidas.

#### **9.1.3. Investigación experimental**

Planifica y realiza una determinada situación en la que ciertas variables son objeto de control, por parte del investigador, con el propósito de estudiar posibles influencias entre ellas; contrastando la hipótesis causal sobre la que gira la investigación y refuta la relación entre las variables que recoge la hipótesis (Valle y García, 2018).

Fue empleada para obtener datos a través de la experimentación con la finalidad de manipular y controlar la variable independiente, midiendo su efecto en la variable dependiente, esto se llevó a cabo en condiciones rigurosamente controladas, con el fin de obtener resultados específicos y conclusiones eficientes.

## **9.2. Técnicas**

Es el conjunto de técnicas metodológicas y sistemáticas, empleadas con la finalidad de obtener información y conocimiento, de esta forma se pudo establecer si hay o no relación de causalidad entre las variables evaluadas, garantizando la operatividad del proceso investigativo.

### **9.2.1. Observación:**

Permiten obtener un registro del comportamiento en el momento en que sucede, por tanto, se evita errores al registrar la información. Reduce las desviaciones debidas al entrevistador; aunque no las elimina totalmente (Sánchez et al., 2021).

Es una técnica cualitativa que consiste en la percepción atenta de los fenómenos y su descripción. La observación fue aplicada en las diferentes etapas del proceso de investigación, desde la formulación del problema incluso la verificación de la hipótesis y elaboración de las conclusiones. Se emplean medios de observación más precisos, medida que se avanza en la investigación.

### **9.2.2. Ficha de observación:**

Se utiliza para medir, analizar o evaluar un objetivo en específico; es decir el investigador anota la información que considera importante (Mararé et al., 2017).

Nos facilitó llevar un registro sistemático de los datos más relevantes durante la investigación.

## **9.3. Materiales y equipos:**

Los materiales y equipos empleados para el desarrollo del microencapsulado de la chillangua se detallan a continuación:

### **9.3.1. Material de laboratorio**

- Gradillas
- Goteros de plástico
- Matraz 100mL aforado t/plástico
- Matraz Erlenmeyer 100mL vidrio
- Micropipeta 100-1000µl Microlit volumen variable
- Pipeta de vidrio 10ml
- Piseta
- Punta Microlit 1000µl paquete 1000 unidades
- Punta 10 a 200µl con caja porta puntas amarillas
- Probeta de vidrio 500 ml
- Probeta de vidrio 25 ml'
- Probeta plástica 25ml

- Tubos de ensayo
- Varilla de agitación
- Vasos de precipitación 25l

### **9.3.2. Equipos**

- Balanza analítica de precisión de 3200 G desde 0,01g
- Balanza analítica 220 0,001 sensor magnético 4 decimales
- Bomba a vacío
- Baño maria
- Centrifugadora (BOECO C-28<sup>a</sup>)
- Estufa (Mettler Universal 30)
- Espectrofotómetro
- Potenciómetro
- Refractómetro
- Rota evaporador

### **9.3.3. Reactivos:**

- Ácido clorhídrico
- Agua destilada
- Ácido gálico
- Carbonato de sodio
- Etanol 99,8%
- Folin
- Hidróxido de Sodio Solución de hipoclorito de sodio 0,1 N
- Reactivo TPTZ
- Solución Tampón Acetato 20mM
- Solución Cloruro Férrico

### **9.3.4. Materiales**

- Bandeja de aluminio
- Colador
- Cloro
- Desecador (46 salina saturada de sodio)
- Fundas Ziploc
- Goma arábica
- Jarra

- Lava vajillas
- Limpión
- Maltodextrina
- Recipiente de vidrio con tapa hermética
- Tijera

#### **Materia prima**

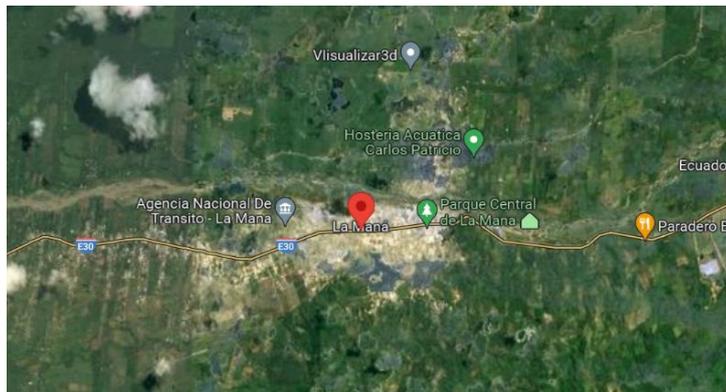
- Plantas de chillangua

### **9.4. Descripción del método de elaboración**

#### **9.4.1. Recolección**

La planta de la chillangua fue recolectada en la provincia de Cotopaxi en el cantón La Maná, en la parroquia El Carmen, en el Barrio Nuevo Amanecer.

#### **Ilustración 2 Ubicación geográfica de la recolección de la planta**



Fuente: (Google Maps, 2022)

#### **9.4.2. Selección de la materia prima**

Se verificó la planta de chillangua (*Eryngium foetidum*) y se separaron manualmente los materiales extraños, partes deterioradas, enfermas o contaminadas.

#### **9.4.3. Limpieza de la chillangua**

La chillangua fue lavada con una solución de hipoclorito de sodio al 0,1% para eliminar las impurezas presentes, posteriormente se la enjuago con abundante agua destilada y se escurrió para eliminar el agua absorbida en la limpieza por la planta

#### **9.4.4. Secado**

Para no perder los componentes químicos de la chillangua se la secó a 40°C en una estufa de aire forzado, durante 24 horas para conseguir una humedad inferior al 6%.

#### **9.4.5. Molido**

La Chillangua seca se redujo a polvo en un molino corona manual (L10000), posteriormente se tamizó para obtener partículas uniformes y libre de residuos de la planta. La

droga cruda, fue empaquetada al vacío en fundas de polipropileno, almacenada en un espacio fresco y que no tenga claridad, para prevenir la pérdida de su composición química.

#### **9.4.6. Obtención del extracto**

La maceración para obtener los componentes químicos de la chillangua se realizó con 305,44g de la droga cruda, en 4L de etanol a una concentración del 99,8 %, durante 48h a 50 °C en la estufa de aire forzado.

#### **9.4.7. Eliminación del solvente del extracto**

Se evaporó el solvente en un evaporador rotatorio de biobase a una temperatura de 55°C, a 20 rpm y una presión de la bomba al vacío de 0.066MPa permitiendo así obtener el extracto libre de alcohol.

#### **9.4.8. Caracterización del extracto acuoso de la chillangua**

##### **9.4.8.1. Características sensoriales (Color, olor, aspecto, homogeneidad)**

##### **- Determinación del color, aspecto y homogeneidad**

En un tubo de ensayo se puso 6ml del extracto acuoso de la chillangua y se observó el color, transparencia, presencia de partículas y la separación en capas, los resultados fueron detallados.

##### **- Determinación del olor**

Se colocó 1ml de la muestra en un vaso de precipitación, de modo lento y reiteradamente se inhaló el aire sobre el material; se definió la fuerza del olor (ninguno, débil, distinta, fuerte) y la sensación de olor (aromático, humedad, a moho, etc.).

##### **9.4.8.2. Características fisicoquímicas**

##### **- Potencial de hidrógeno**

Se calibró el potenciómetro con las soluciones amortiguadoras (También llamadas buffer o tampón). A continuación, se midió el pH de la muestra del extracto acuoso.

##### **- Humedad**

Se filtró el extracto acuoso de la chillangua, posteriormente se pesó 4g de los sólidos y se colocó en la cápsula respectivamente pesada, para luego ponerla en la estufa a 100°C, durante 7 horas. Se enfrió y peso; el porcentaje se refiere al peso seco (Villacrés, 2017).

##### **Ecuación 1 Humedad**

$$\% H = \frac{M2 - M1}{M2 - M} \times 100$$

**Donde:**

**%H:** pérdida en peso por desecación

**M2:** masa de la cápsula con la muestra de ensayos (extracto acuoso) (g)

**M1:** masa de la cápsula con la muestra de ensayo desecada (g)

**M:** masa de la cápsula vacía (g)

- **Densidad**

Se colocó la probeta de 25ml en la balanza y se la enceró, se adicionó 20ml del extracto acuoso de la chillangua, posteriormente se pesó, una vez que se obtuvo los datos correspondientes la densidad fue calculada con la siguiente ecuación (Moscoso & Ochoa, 2018).

**Ecuación 2 Densidad**

$$\rho = \frac{m}{V}$$

**Donde:**

$\rho$ : densidad

**m:** masa

**V:** volumen

- **Sólidos solubles**

Se utilizó una alícuota del extracto acuoso en el refractómetro para medir la cantidad de sólidos solubles que se encuentran en el peso total de la solución.

- **Capacidad antioxidante reductor de hierro**

El ensayo fue puesto en ejecución de acuerdo a la técnica propuesta por Benzie y Strain (1996). Este método consistió en medir la capacidad de la muestra para reducir el hierro férrico a ferroso. A un pH bajo se colocó en el medio de reacción el complejo  $\text{Fe}^{3+}$ -TPTZ, este complejo en presencia de agentes reductores se reduce a  $\text{Fe}^{2+}$ -TPTZ que desarrollo un color azul intenso con un máximo de absorción a 593nm.

El reactivo FRAP está compuesto por 0,0078g de TPTZ [2,4,6-tri (2-piridil)-1,3,5-triazina], al cual se le adicionó una gota de HCl (1:1), más 2,5mL de HCl 40mM y se diluyó totalmente. Posteriormente se añadió 25mL de buffer acetato (pH= 3,6) y 2,5 mL de una disolución 20mM de  $\text{FeCl}_3$ , dejándose incubar a 37°C durante 15min.

Para la determinación se tomaron 50 $\mu$ L del extracto de la muestra y se adicionó en un tubo de ensayo de 10mL. Después, se agregó 1,5mL del reactivo FRAP. Se atemperó a 37 °C durante 30 minutos y se leyó la absorbancia a 593nm.El cálculo de la actividad antioxidante se realizó por medio de una curva de calibración de  $\text{Fe}^{2+}$  empleando la sal de Mohr [ $\text{Fe}(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ ] como patrón, según la ecuación siguiente:

**Ecuación 3** *Actividad antioxidante*

$$AAT = \frac{(A - a)}{b \times V \times fd} \times P.M.$$

**Donde:**

**AAT:** Actividad antioxidante total.

**A:** Absorbancia del extracto.

**a:** Intercepto de la curva de calibración.

**b:** Pendiente de la curva de calibración.

**V:** Volumen del extracto (mL).

**fd:** factor de dilución de la muestra.

**P.M:** Masa de la muestra.

**9.4.9. Caracterización del microencapsulado:**

**9.4.9.1. Características sensoriales**

A través de los sentidos como la vista se determinó el color, el aspecto y la homogeneidad, por medio del olfato su aroma.

**9.4.9.2. Rendimiento**

Se pesaron los sólidos de la alimentación, se registraron los valores, posteriormente se pesó el polvo obtenido en la microencapsulación, se obtuvo el rendimiento aplicando la siguiente ecuación (Tapia, 2017).

**Ecuación 4** *Rendimiento del microencapsulado*

$$\%Rendimiento = \frac{\text{masa de polvo obtenido (g)}}{\text{masa de sólidos en la alimentación(g)}} \times 100$$

**9.4.9.3. Humedad**

Se sometió 4g muestra en una estufa a una temperatura de 100 °C, por un tiempo de 12 horas, con la finalidad de eliminar el contenido de humedad que no se evaporó en el secado por aspersion (Segura, 2020).

**Ecuación 5** *Humedad*

$$\% \text{ de humedad} = \frac{Pp - Pps}{Pp}$$

**Donde:**

**Pp:** Peso del polvo tras el secado por aspersion (g)

**Pps:** Peso del polvo obtenido después de secarse en la estufa (g)

#### 9.4.9.4. Eficacia de la microencapsulación

Se pesaron 2g de material encapsulado y se disolvió en 18 mL de agua destilada; la muestra fue centrifugada a 5000 rpm durante 15 min a 20°C, con el propósito de extraer las células libres (Jurado, et. al, 2021).

#### Ecuación 6 Eficacia de la microencapsulación

$$\% \text{ Eficacia} = \frac{A - B}{A} \times 100$$

Donde:

A: Concentración antes del microencapsulado

B: Concentración después del microencapsulado

#### 9.4.9.5. Higroscopicidad

Se colocó 2 g de polvo microencapsulado de la chillangua en un vidrio reloj previamente pesado y se lo puso en el desecador que contiene una solución salina saturada de cloruro de sodio (humedad relativa del 75,09%), a una temperatura ambiente por 7 días y se pesó la muestra restante (Jarrín, 2021).

#### Ecuación 7 Higroscopicidad

$$\% \text{ Higroscopicidad} = \frac{(\text{Peso saturado (g)} - \text{Peso seco (g)})}{\text{Peso seco (g)}} \times 100$$

#### 9.4.9.6. Ángulo de reposo

Se determinó la fluidez, el proceso fue realizado con un embudo ANORSA y una hoja de papel milimétrico, se colocó el embudo a una altura aproximada de 7 cm de alto sobre el centro de la hoja, se mide el diámetro, altura del cono y se utiliza la siguiente ecuación para calcular el ángulo de reposo (Chamba y Quispe, 2021).

#### Ecuación 8 Ángulo de reposo

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

#### 9.4.9.7. Densidad aparente

En una probeta de 25 ml, se llenó con el polvo hasta los 10ml, posteriormente se procedió a pesarla y registrar sus datos (Segura, 2020).

#### Ecuación 9 Densidad aparente

$$Da = \frac{Pp}{Vc}$$

**Donde:**

**Da:** densidad aparente (g/ml)

**Pp:** peso del polvo contenido dentro de la probeta (g)

**Vc:** volumen de la probeta (ml)

#### **9.4.9.8. Densidad compactada**

Se pesó una probeta de 25 ml, se registró el dato, se llenó con el polvo hasta los 10ml, a través de la vibración se eliminó los huecos existentes en la muestra, posteriormente se procedió a pesarla. La densidad compactada fue calculada a través de la siguiente ecuación (Segura, 2020).

#### **Ecuación 10 Densidad compactada**

$$Dc = \frac{Pp}{Vp}$$

**Donde:**

**Dc:** densidad compacta (g/ml)

**Pp:** peso del polvo introducido en la probeta (g)

**Vp:** volumen del polvo en la probeta (ml)

#### **9.4.9.9. Potencial de hidrógeno**

Se calibró el potenciómetro con las soluciones buffer de 4 y 7 antes de medir la muestra. Se pesó 0,44g y se disolvió en 4 ml de agua destilada, se agitó la solución y se procedió a medir su pH (NTE INEN 1418, 2013).

#### **9.4.9.10. Solubilidad**

En un tubo de ensayo se colocó el polvo y el agua destilada (1:10 p / v) se agitó a temperatura ambiente hasta que se solubilice toda la muestra, posteriormente se centrifugó durante 10 min, se recogió el sobrenadante, seguidamente se la sometió a secado en la estufa a 100 °C por 4 horas, se pesó y se calculó la solubilidad a través de la siguiente ecuación (Jarrín, 2021).

#### **Ecuación 11 Solubilidad**

$$\%S = \frac{\text{Masa de sobrenadante seco (g)}}{\text{masa de la muestra (g)}} \times 100$$

#### **9.4.9.11. Índice de Hausner**

Se determinó el índice de Hausner por la relación de la densidad compactada y aparente, mediante la presente ecuación (Criollo, 2022).

**Ecuación 12 Índice de Hausner**

$$\% \text{ Hausner} = \frac{\rho \text{ compactada}}{\rho \text{ relativa}} \times 100$$

**9.4.9.12. Índice de Carr**

Se pesaron 30 g del polvo de la chillangua y se vaciaron en una probeta de plástico de 25 ml, se midió el volumen ocupado, luego se golpeó 50 veces la probeta dejándola caer de una altura de entre 2 a 3 cm para eliminar los espacios de aire presente en las partículas. Por último, se midió el volumen final obtenido y se calculó el índice a través de la siguiente ecuación (Mendoza, 2020).

**Ecuación 13 Índice de Carr**

$$\% \text{ Coprensibilidad} = \frac{(V_o - V_f)}{V_o} \times 100$$

**Donde:**

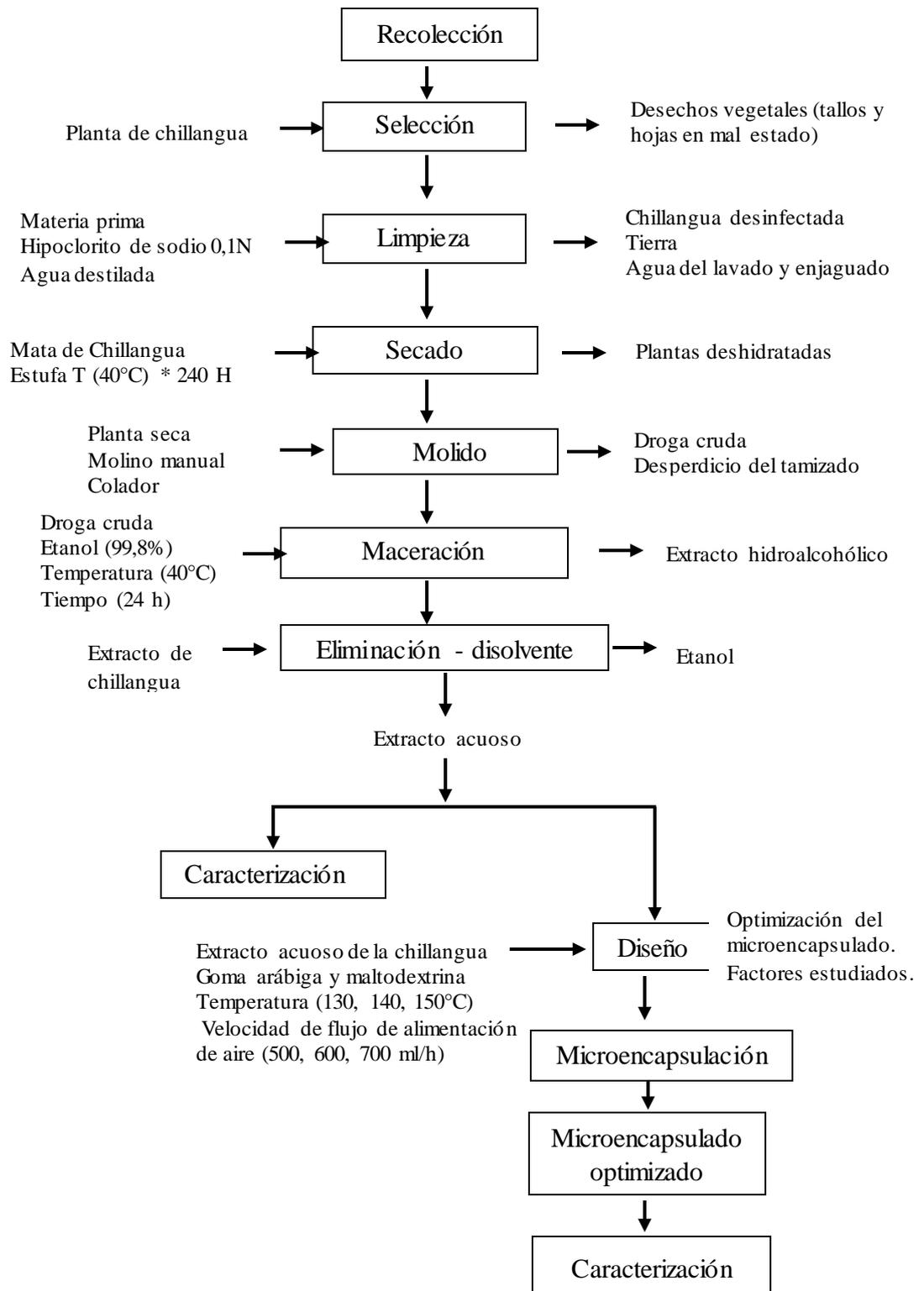
**Vo:** Volumen ocupado

**Vf:** Volumen final

**9.4.9.13. Capacidad antioxidante reductor de hierro**

Se empleó la técnica de FRAP cual fue detallada en las características fisicoquímicas del extracto acuoso de la chillangua.

### 9.5. Diagrama de flujo



Elaborado por: Autores (Navarrete y Tapia; 2022)

### 9.6. Diseño experimental

A través del software Design Expert 8.0.6 (Stat-Ease Inc., Minneapolis, EE.UU.) se realizó el diseño experimental y el proceso de la optimización numérica de la chillangua (*Eryngium foetidum*), de tal modo que el microencapsulado seleccionado sea el de mejor rendimiento, capacidad antioxidante, eficacia y contenido de humedad. Se aplicó un modelo de superficie de respuesta en la optimización numérica encontrando la deseabilidad máxima, a través de un diseño lineal y cuadrático, planteando 13 corridas experimentales a las cuales se le aplicó la emulsión (Se está constituida por 70 g de extracto acuoso de chillangua, 70 g de goma arábica, 70 g de maltodextrina y 290 g de agua destilada), evaluando como factores las condiciones de temperatura de entrada (130, 140 y 150°C) y la velocidad de flujo de alimentación de aire (500,600 y 700 ml/h). En la tabla 5 se observa la descripción de los intervalos a evaluar en la parte experimental de cada factor.

**Tabla 5** Descripción del diseño de superficie de respuesta

Detalle	Tipo	
temperatura de entrada	Nominal	130
		140
		150
velocidad de flujo de alimentación de aire	Numérico	500
		600
		700

**Elaborado por:** Autores (Navarrete y Tapia; 2022)

En la tabla 6 se presentan las variables estudiadas en el proyecto de investigación

**Tabla 6** Cuadro de variables

Variable dependiente	Variable independiente	Indicadores	UM
Microencapsulado de la chillangua ( <i>Eryngium foetidum</i> )	Secado por aspersión	Redimiendo	%
		Humedad	%
		Eficacia	%
		Condiciones óptimas de microencapsulado	°C
		Verificación de las condiciones óptimas del microencapsulado	mL/h
		Características del microencapsulado optimizado del chillangua	°C
		Morfología del microencapsulado optimizado	mL/h
			%
			g/ml
	μM		

**Elaborado por:** Autores (Navarrete y Tapia; 2022)

## 10. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS

Los resultados alcanzados en la investigación ejecutada sobre la microencapsulación de los compuestos activos de planta de la chillangua se especifican a continuación:

### 10.1. *Extraer los compuestos bioactivos de la planta de chillangua a través de disolventes hidroalcohólicos.*

Se desarrolló la maceración para obtener los compuestos bioactivos de la planta con la utilización de 305,44g de droga cruda de la chillangua en 4L de etanol a 99,8 % de concentración durante 24 horas en una estufa a 40 °C. Se filtró la mezcla resultante con una bomba al vacío y se desechó el residuo sólido. Los extractos son una mezcla compleja de compuestos activos provenientes de plantas medicinales que poseen compuestos activos capaces de retardar o prevenir enfermedades.

Según Vanegas et al., (2021) la maceración es poner en contacto a la droga cruda de la planta con el solvente por un tiempo definido, su eficiencia depende de los parámetros de operación (tanto controlables como no controlables son los más influyentes), naturaleza de la matriz sólida, química de los compuestos bioactivos de interés, conocimientos científicos y destreza del experimentador. Para Rodríguez y López (2021) la aplicación de los extractos es reducida por su complejidad en su composición, no obstante, el uso de la microencapsulación posibilita la efectividad, seguridad y aplicación.

### 10.2. *Caracterización del extracto acuoso de la chillangua*

En la tabla 7 se evidencia los resultados obtenidos de los análisis sensoriales y fisicoquímicos del extracto acuoso de la chillangua.

**Tabla 7** *Análisis sensoriales y fisicoquímicos del extracto acuoso de la chillangua*

<b>Parámetros</b>	<b>UM</b>	<b>Extracto acuoso</b>
	<i>Aspecto</i>	-
<b>Características sensoriales</b>	<i>Color</i>	-
	<i>Homogeneidad</i>	-
	<i>Olor</i>	-
	<i>Potencial hidrógeno</i>	<i>pH</i>
	<i>Sólidos totales</i>	<i>°Brix</i>
<b>Características fisicoquímicas</b>	<i>Humedad</i>	%
	<i>Densidad</i>	<i>g/cm<sup>3</sup></i>
	<i>Capacidad antioxidante</i>	<i>μMFe<sup>2+</sup>/g</i>

**Elaborado por:** Autores (Navarrete y Tapia; 2022)

En las características sensoriales del extracto acuoso de chillangua se obtuvo un color verde intenso de un aspecto opaco esto particularmente se debe a la presencia del pigmento de

la clorofila A; con un aroma mentolado, gracias a la presencia de aceites esenciales y no fue homogéneo.

Las características fisicoquímicas mostraron un pH ligeramente ácido de 5,70, sólidos totales de 1,65 °Brix, una humedad del 98,42%, densidad de 1,085 g/cm<sup>3</sup> y una capacidad antioxidante de 1895,30  $\mu\text{molFe}^{2+}/\text{g}$  de muestra.

### 10.3. Optimización del proceso de microencapsulado de la chillangua

En la tabla 8 se puede observar la matriz experimental para la microencapsulación de la chillangua, evidenciando los resultados del rendimiento, humedad y eficacia de encapsulamiento; que se obtuvo para cada corrida experimental, las mismas que se sometieron a diferentes condiciones de temperatura de aire de entrada y velocidad de flujo de alimentación. La capacidad antioxidante reductora de hierro se la realizó para dar un realce a la investigación.

**Tabla 8** Matriz experimental para la microencapsulación del extracto de chillangua

Corrida	TAE	VFA	Rendimiento (%)	Humedad (%)	Eficacia de encapsulamiento (%)	Capacidad antioxidante ( $\mu\text{M Fe}^{2+}/\text{g}$ )
1	140	500	89,53	2,42	88,45	756,56
2	130	700	80,01	3,63	79,34	903,21
3	140	600	86,32	2,78	85,43	810,01
4	150	600	90,76	2,51	87,38	759,34
5	130	500	85,43	2,85	84,54	807,23
6	140	600	86,78	2,79	84,98	807,43
7	140	700	83,94	3,18	81,65	851,89
8	140	600	86,62	2,84	85,02	814,21
9	150	500	92,23	2,12	90,54	710,34
10	140	600	86,97	2,81	84,79	809,67
11	130	600	83,21	3,28	81,21	856,21
12	140	600	85,94	2,85	85,01	810,23
13	150	700	87,99	2,92	84,89	804,23

**Elaborado por:** Autores (Navarrete y Tapia; 2022)

La corrida experimental 9 fue la de mayor rendimiento con 90,54% y la 2 con una capacidad antioxidante de 903,21  $\mu\text{M Fe}^{2+}/\text{g}$ .

#### 10.3.1. Rendimiento

La Tabla 9 muestra la importancia del análisis de varianza de regresión y el coeficiente para estimar el rendimiento de la variable respuesta. Se observó que el modelo lineal es relevante, con un nivel de confianza de 95,0 %, lo cual señala que hay una relación estadísticamente significativa de  $p \leq 0,05$ , entre la interacción de la temperatura de aire de entrada (TAE) y la velocidad de flujo de alimentación (VFA) con la variable dependiente del diseño.

**Tabla 9** Parámetros del modelo codificado para el contenido del rendimiento

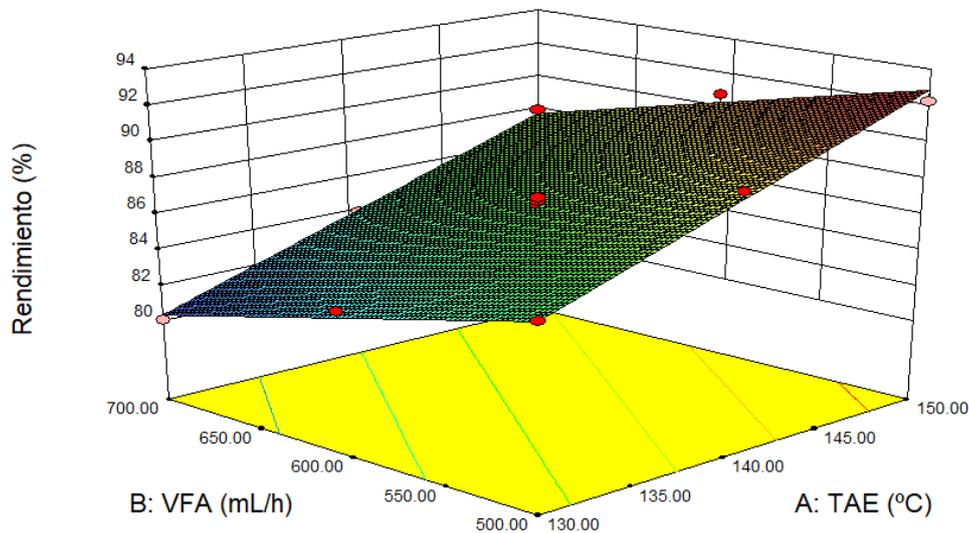
Indicador	Rendimiento (%)
Intercepto	86,59
$X_{TAE}$	3,72*
$X_{VFA}$	-2,54*
$R^2$	0,9862
$R^2$ ajustado	0,9835
$R^2$ predicho	0,9741
$F$ modelo	357,95*
$F$ falta de ajuste	1,06
Precisión adecuada	63,202

TAE: temperatura de aire de entrada

VFA: velocidad de flujo de alimentación

**Elaborado por:** Autores (Navarrete y Tapia; 2022)

Los resultados del ANOVA mostraron que el valor de  $F$  resultó significativo, por consiguiente, se aceptó la hipótesis alternativa. El ajuste del coeficiente de correlación ( $R^2$ ) es de 98,62% de variabilidad del rendimiento, esto quiere decir que es un modelo matemático cuyas estimaciones se ajustan bastante bien y es aceptado. El  $R^2$  ajustado no se incrementa dado que los términos no significativos son incluidos al modelo matemático, mientras que el  $R^2$  predicho disminuye cuando existen cuantiosos términos no significativos.

**Figura 1** Superficie de respuesta para el rendimiento del secado

**Elaborado por:** Autores (Navarrete y Tapia; 2022)

En la figura 1 se observa la superficie de respuesta para el rendimiento del secado; a menor velocidad de flujo de alimentación y mayor temperatura de aire de entrada, el rendimiento aumenta considerablemente con la variación del incremento de la temperatura de secado y la proporción de materiales de la pared. Si la temperatura de secado es insuficiente, el

agua presente en las gotas atomizadas no será posible evaporarla completamente, debido a lo cual estas tienden a adherirse en las paredes de la cámara de secado.

Según Soto (2018) las microcápsulas obtenidas con forma irregular y superficie colapsada fueron el resultado de una baja temperatura de secado. Domínguez (2019) obtuvo un rendimiento de  $46.32\% \pm 3.5$  con respecto al peso inicial de los sólidos preparados en la emulsión, el mismo resultado que fue inferior al que se obtuvo en el rendimiento de la chillangua de la corrida nueve de la matriz experimental.

### 10.3.2. Humedad

El análisis de varianza de la tabla 10 evidencia que el modelo cuadrático es relevante, con un nivel de confianza del 95 %; los efectos de los factores de la temperatura de aire de entrada (TAE) y la velocidad de flujo de alimentación (VFA); hay una asociación estadísticamente significativa ( $p \leq 0,05$ ) con la variable respuesta. Esto quiere decir que el modelo matemático es adecuado.

**Tabla 10** *Parámetros del modelo codificado para el contenido de humedad*

<b>Indicador</b>	<b>Humedad (%)</b>
Intercepto	2,81
$X_{TAE}$	-0,37*
$X_{VFA}$	0,39*
$X_{TAE} X_{VFA}$	0,005
$X_{TAE}^2$	0,081*
$X_{VFA}^2$	-0,014
$R^2$	0,9972
$R^2$ ajustado	0,9952
$R^2$ predicho	0,9903
F modelo	503,43**
F falta de ajuste	0,41
Precisión adecuada	84,778

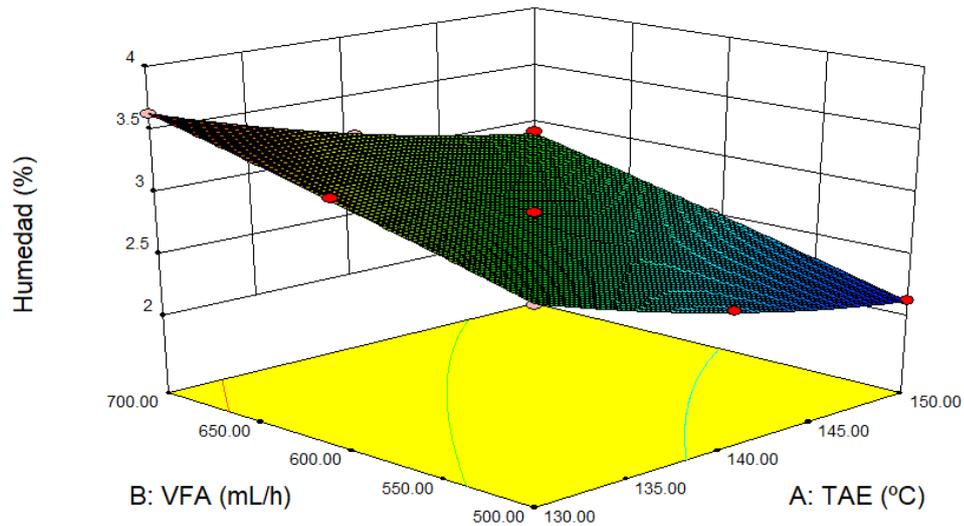
**TAE:** temperatura de aire de entrada

**VFA:** velocidad de flujo de alimentación

**Elaborado por:** Autores (Navarrete y Tapia; 2022)

El valor de F resulto significativo con  $p \leq 0,01$ , por consiguiente, se rechazó la hipótesis nula y el homólogo ( $X_{TAE}^2$ ) tuvo una significancia de  $p \leq 0,05$ . El  $R^2$  es de 99,72 % esto nos indica que existe una correlación estadísticamente significativa entre las variables. La variabilidad de los factores va a tener una relación directa al definir la humedad.

**Figura 2** Superficie de respuesta para la humedad de las microcápsulas



**Elaborado por:** Autores (Navarrete y Tapia; 2022)

La figura 2 muestra la superficie de respuesta ajustada para la humedad de las microcápsulas en función de los factores. Se puede observar que el contenido de humedad de las microcápsulas se incrementa al disminuir la temperatura de aire de entrada y aumentar la velocidad de flujo de alimentación.

De acuerdo con Dhakal y He (2020) el secado por aspersión es la técnica utilizada por su capacidad de evaporar la humedad rápidamente y mantener una temperatura baja en las partículas. Ye et al., (2018) manifiestan que esta técnica permite el microencapsulamiento de materiales líquidos sensibles al calor sin disminuir significativamente su calidad y su funcionamiento es continuo y económico.

Iglesias y Pichucho (2021) obtuvieron una humedad de 3,845% mientras que Chamba y Quishpe como resultado de su investigación de la humedad del microencapsulado obtuvieron 3,35 de humedad.

### 10.3.3. Eficacia de la microencapsulación

Los resultados del ANOVA mostrados en la tabla 11 indica que se ajustó a un modelo lineal, con un nivel de confianza del 95 %, la eficiencia de la microencapsulación se ve afectada por la temperatura de aire de entrada (TAE) y la velocidad de flujo de alimentación (VFA); con una relación estadísticamente significativa de  $p \leq 0,05$  entre factores y respuesta.

**Tabla 11** Parámetros del modelo codificado para el contenido de la eficiencia del encapsulamiento

Indicador	Eficacia encapsulamiento (%)
Intercepto	84,86
$X_{TAE}$	2,95*
$X_{VFA}$	-2,94*
$R^2$	0,9827
$R^2$ ajustado	0,9792
$R^2$ predicho	0,9688
F modelo	283,32**
F falta de ajuste	4,93
Precisión adecuada	57,22

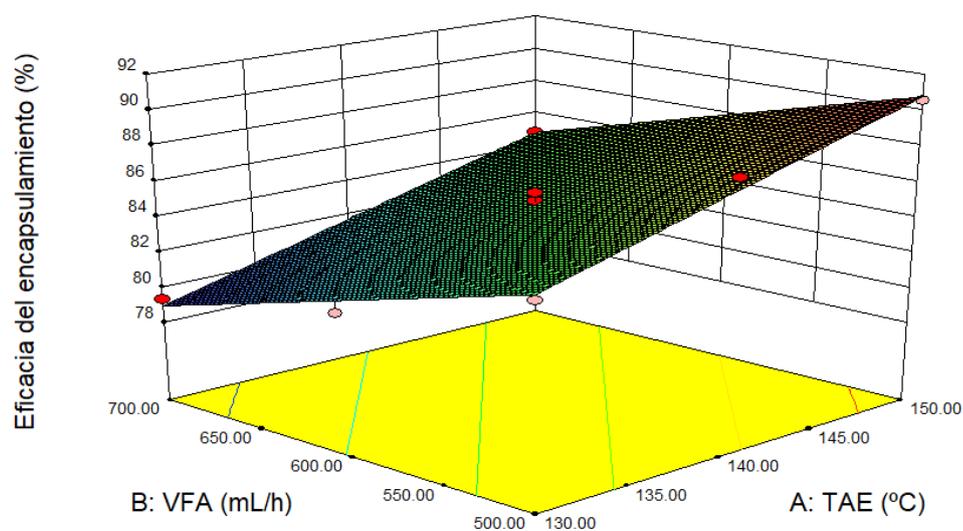
**TAE:** temperatura de aire de entrada

**VFA:** velocidad de flujo de alimentación

**Elaborado por:** Autores (Navarrete y Tapia; 2022)

El ajuste del coeficiente de correlación ( $R^2$ ) es de 98,27% de variabilidad del rendimiento, esto quiere decir que es un modelo matemático es aceptado. El F es significativos ( $p < 0.01$ ), se rechazó la hipótesis nula. Al examinar los factores se tiene que la VFA y la TAE tiene mayor predominancia sobre la variable dependiente. Evidenciando de esta forma que la variabilidad de los factores va a tener una relación directa al determinar el contenido de encapsulación.

**Figura 3** Superficie de respuesta para la eficiencia de microencapsulación



**Elaborado por:** Autores (Navarrete y Tapia; 2022)

La figura 3 muestra la superficie de respuesta ajustada para la eficiencia de la microencapsulación en función de los factores. Se puede ver que al disminuir la velocidad de flujo de alimentación e incrementar la temperatura de aire de entrada se incrementa la eficacia.

De acuerdo con las investigaciones realizadas Iglesias y Pichucho (2021) además la de Chamba y Quispe (2021) la eficacia del micro encapsulamiento que obtuvimos no existe diferencia significativa.

#### 10.3.4. Capacidad antioxidante

En la tabla 12 se observa el análisis de varianza para la capacidad antioxidante tiene un nivel de confianza del 95% ajustándose de manera óptima a un modelo lineal, con un coeficiente de correlación ( $R^2$ ) de 99,67%. La interacción entre la temperatura de aire de entrada (TAE), velocidad de flujo de alimentación (VFA) y el F sobre la variable dependiente del modelo tiene una relación estadísticamente significativa con  $p \leq 0,05$ , se acepta la hipótesis alternativa y se rechaza la nula.

**Tabla 12** *Parámetros del modelo codificado para la capacidad antioxidante*

<b>Indicador</b>	<b>FRAP (<math>\mu\text{M Fe}^{2+}/\text{g}</math>)</b>
Intercepto	807,74
$X_{\text{TAE}}$	-48,79*
$X_{\text{VFA}}$	47,53*
$R^2$	0,9967
$R^2$ ajustado	0,9960
$R^2$ predicho	0,9950
F modelo	1511,03*
F falta de ajuste	1,89
Precisión adecuada	132,13

**TAE:** temperatura de aire de entrada

**VFA:** velocidad de flujo de alimentación

**Elaborado por:** Autores (Navarrete y Tapia; 2022)

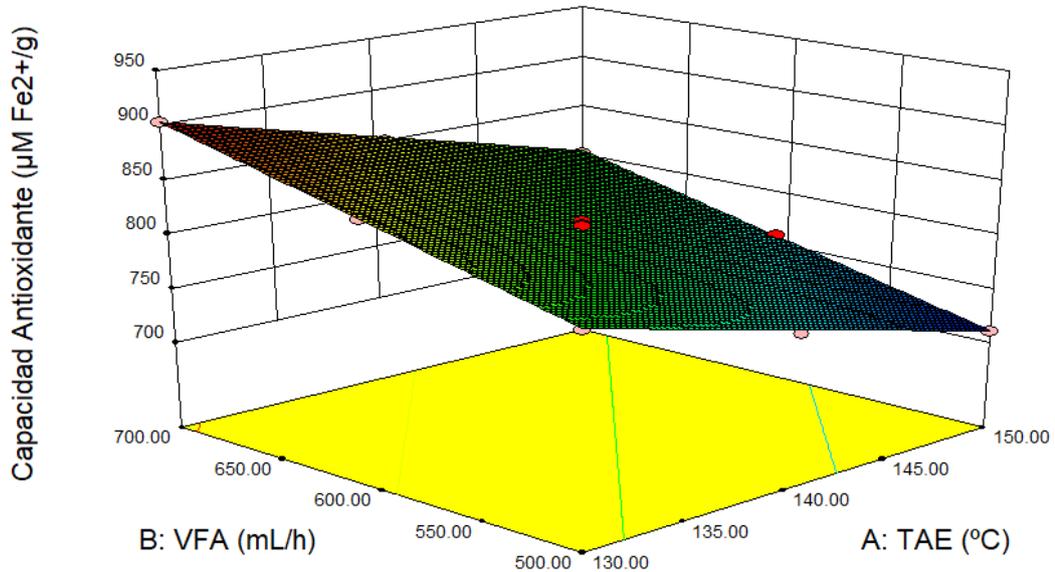
Al examinar los factores se observó que la temperatura de aire de entrada y la velocidad de flujo de alimentación tiene mayor predominancia sobre la variable dependiente. Evidenciando de esta forma que la variabilidad de los factores va a tener una relación directa al determinar la actividad antioxidante.

La figura 4 muestra la superficie de respuesta para la capacidad antioxidante del microencapsulado, cuando se incrementa la velocidad de flujo de alimentación y disminuye la temperatura de aire, mayor es la concentración de actividad antioxidante reductora de hierro. Al exponerse a temperaturas altas, oxígeno y luz se desencadena el proceso oxidativo.

Según Navarro y su equipo de investigación (2020) los antioxidantes son de interés por sus beneficios para la salud, protegen a la célula frente al estrés oxidativo evitando que se

generen radicales libres y disminuyendo así el riesgo de enfermedades cardiovasculares catastróficas, en su investigación de antioxidantes de la semilla de *Oenocarpus bataua Mart* obtuvieron CFT: 110,08 mg EAG/g EUM, DPPH: 74,59%.

**Figura 4** Contenido de la actividad antioxidante



**Elaborado por:** Autores (Navarrete, Tapia; 2022)

### 10.3.5. Optimización numérica del proceso de microencapsulado

La optimización numérica del proceso de microencapsulado, se realizó bajo los parámetros establecidos en la tabla 13, con valores máximos y mínimos para la velocidad de flujo de alimentación y temperatura de aire de entrada (variables independientes), con el propósito de maximizar el rendimiento, la eficacia del encapsulamiento y minimizar la humedad presente en el microencapsulado del extracto acuoso de la chillangua.

**Tabla 13** Restricciones para la optimización del microencapsulado

Parámetro	UM	Límite inferior	Límite superior	Criterio
VFA	mL/h	500	700	Intervalo
TAE	°C	130	150	Intervalo
Rendimiento	%	80,01	92,23	Maximizar
Humedad	%	2,12	3,63	Minimizar
Eficacia del encapsulamiento	%	79,34	90,54	Maximizar

**Elaborado por:** Autores (Navarrete y Tapia; 2022)

La tabla 14 muestra las predicciones para maximizar y minimizar las variables dependientes, sujetas a los factores de las variables independientes (VFA Y TAE) arrojadas por el software de Design expert (8.0.6 Stat-Ease Inc., Minneapolis, EE.UU.), se eligió el prototipo

más relevante o de mayor afinidad desde el grado de aproximación de los resultados observados en relación con el valor real.

**Tabla 14** *Solución optimizada que cumple con las restricciones*

<b>Parámetro</b>	<b>UM</b>	<b>Solución</b>
VFA	<i>mL/h</i>	<i>149,93</i>
TAE	<i>°C</i>	<i>500,20</i>
Conveniencia estadística		<i>1</i>

**Elaborado por:** Autores (Navarrete y Tapia; 2022)

La tabla 15 evidencia los valores del buen ajuste y adecuación del diseño matemático a través de la verificación numérica se determinó que los valores experimentales (rendimiento 92,9901%, eficacia del encapsulamiento 90,8001, humedad 2,1095) son mayores a los del predicho obtenido por el software optimizando las 3 variables respuesta.

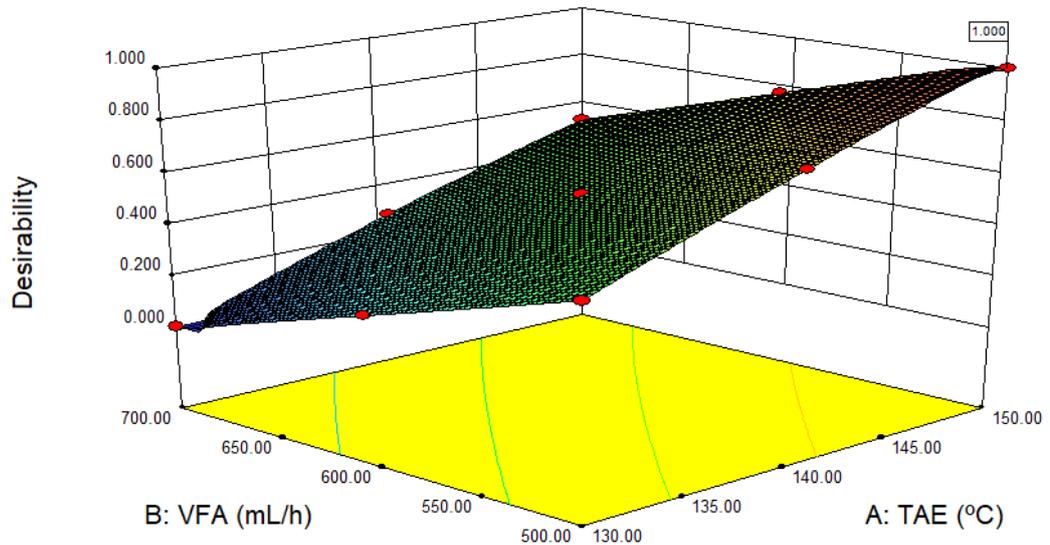
**Tabla 15** *Valores óptimos de los predichos y experimentales*

<b>Parámetro</b>	<b>UM</b>	<b>Valor predicho</b>	<b>Valor Experimental</b>
Rendimiento	%	<i>92,8272</i>	<i>92,9901</i>
Humedad	%	<i>2,1191</i>	<i>2,1095</i>
Eficacia del encapsulamiento	%	<i>90,7326</i>	<i>90,8001</i>

**Elaborado por:** Autores (Navarrete y Tapia; 2022)

La figura 5 muestra la superficie de respuesta obtenida para la optimización de las variables estudiadas. La condición óptima prevista se obtuvo con una temperatura de aire de entrada (TAE) 149,93 °C y la velocidad de flujo de alimentación (VFA) de 500,20 ml/h, con una función de deseabilidad de 1 siendo el valor máximo. Mediante esta combinación se encontraron los siguientes valores: en el rendimiento 92,8272 %, humedad 2,1191 % y la eficacia de encapsulamiento 90,7326 % que corresponden a los picos más altos de la gráfica.

**Figura 5** Superficie de respuesta de la relación del optimizado



**Elaborado por:** Autores (Navarrete y Tapia; 2022)

Andrade y Tapia (2020) determinaron como condiciones óptimas a 0,6 mL/h de velocidad de flujo de alimentación y 200 °C de temperatura de aire de entrada obteniéndose variable respuesta un rendimiento 88,53% y 1351,70  $\mu\text{M Fe}^{2+}/\text{g}$  de muestra capacidad antioxidante. Pasmíño y su equipo de investigación (2022) realizaron la evaluación de diferentes combinaciones de polímeros en la microencapsulación de licopenos procedentes de residuos de tomate de árbol (*Solanum betaceum*), en la cual obtuvieron una eficacia del 64,42 y una capacidad de inhibición del 81,84% lo que equivale a  $333,78 \pm 4,53 \mu\text{mol}$  de Trolox/g muestra. Los valores obtenidos en la investigación no tienen mucha diferencia con lo que se obtuvo es los estudios mencionados.

Roostae et al., (2017) dicen que los microencapsulados tienen la ventaja de la liberación controlada de compuestos, se ha reportado que la capacidad antioxidante depende del polímero utilizado para su protección e interacción con la membrana plasmática de la célula para asegurar su biodisponibilidad.

#### **10.4. Caracterización del microencapsulado optimizado obtenido por el proceso de secado por aspersión**

En tabla 16 se evidencia los resultados de la caracterización del microencapsulado optimizado de la chillangua, muestran las características sensoriales, presentó un color amarillo dorado claro verdoso, de un aroma mentolado con un sabor suave, con partículas homogéneas.

Las características fisicoquímicas se obtuvo un rendimiento de 92,99 %, una humedad del 2,10%, una eficacia de 90,80, la higroscopicidad de 21,99%, una densidad aparente 5,701 g/ml, la densidad compactada de 5,65g/ml, 5,5 de pH, un ángulo de reposo de 36 °, una

solubilidad de 93, el índice de Hausner de 5,65 %, índice de Carr 49%, una capacidad antioxidante reductora de hierro de 903,99 ( $\mu\text{M Fe}^{2+}/\text{g}$ ) y una morfología de 26,24  $\mu\text{M}$ .

**Tabla 16** Caracterización sensorial y físico-química del microencapsulado optimizado

Parámetros	UM	Resultados
Características sensoriales	Color	Amarillo dorado claro verdoso
	Olor	Mentolado
	Aspecto	Partículas uniformes
	Sabor	Mentolado suave
Características físicoquímicas	Rendimiento	% 92,9901
	Humedad	% 2,1095
	Eficacia de la microencapsulación	% 90,8001
	Higroscopicidad	% 21.99
	Densidad aparente	g/ml 5,701
	Densidad compactada	g/ml 5,65
	Potencial de hidrógeno	pH 5,5
	Ángulo de reposo	° 36
	Solubilidad	% 93
	Índice de Hausner	% 5,65
	Índice de Carr	% 49
	Capacidad antioxidante reductor de Hierro	( $\mu\text{M Fe}^{2+}/\text{g}$ ) 903,99
Morfología	$\mu\text{M}$ 26,24	

**Elaborado por:** Autores (Navarete y Tapia; 2022)

Las características sensoriales de la planta de chillangua no se conservaron tras el secado por aspersión con la maltodextrina y goma arábiga, la técnica de secado afectó significativamente el color, olor, aspecto y sabor del polvo del microencapsulado. La microscopía electrónica de barrido reveló formas irregulares en la morfología del microencapsulado.

Según Ye et al., (2018) las propiedades funcionales de la microcápsula es la eficiencia de encapsulación, el tamaño, la morfología, la estabilidad y las características de liberación. Zhang et al., (2020) mencionan que la morfología de la superficie externa de los polvos está influenciada por los materiales de pared seleccionados. Sin embargo, el tipo de material de secado y de la pared tiene un efecto limitado sobre la estabilidad de los bioactivos en los polvos después de la microencapsulación y durante el almacenamiento.

Cardona et al., (2021) observaron una mayor solubilidad acuosa el microencapsulado realizado con la goma arábiga (94,4-97,8 %). La solubilidad de un polvo es muy importante para su reconstitución y la disponibilidad de los compuestos bioactivos encapsulados; por lo general, los productos en polvo comerciales tienen una solubilidad mayor del 90 %, el mismo

al compararlo con el valor obtenido experimentalmente que fue un 93% de solubilidad se encuentra dentro de los parámetros comerciales.

Ribeiro et al., (2018) manifestaron que el secado por aspersion presentó mayor concentración de la actividad antioxidante, Santos (2019) el microencapsulado redujo la degradación de los antioxidantes ante los cambios del pH.

No existen investigaciones previas de la caracterización sensorial y físico químicas con respecto a la microencapsulación de la chillangua, de tal forma que no se puede confirmar que los valores obtenidos experimentalmente en el estudio, se encuentren dentro de un rango, debido a que aún no se han establecido límites máximos ni mínimos de los parámetros evaluados.

## **11. IMPACTOS (TÉCNICOS, SOCIALES, AMBIENTALES O ECONOMICOS)**

### **11.1. *Técnicos***

El microencapsulado de la chillangua posee compuestos bioactivos muy importantes para la industria alimentaria, debido a que ayudan a la materia prima a resistir las condiciones de procesamiento y empaquete mejorando sus características sensoriales, composición nutricional. Son una alternativa para la sustitución de aditivos sintéticos por naturales para la innovación en alimentos funcionales.

### **11.2. *Sociales***

La microencapsulación de la chillangua impulsará a la sociedad a cultivar la planta debido a que pasa desapercibida ya que se la considera como una mala hierba, permitiendo el aprovechamiento de su composición química con el propósito de formular productos saludables.

### **11.3. *Ambientales***

La composición del microencapsulado es una alternativa suplantando varios productos químicos de sello rojo, amarillo y azul debido a sus principios activos, resultando menos tóxico para la salud y amigable para el medio ambiente por su fácil degradación.

### **11.4. *Económicos***

La producción del microencapsulado es uno de los procesos más rentables para la industria por su bajo costo. Es un impacto importante debido a que complementa a los otros impactos ayuda a minimizar gastos y genera fuentes de empleo para la sociedad.

## 12. PRESUPUESTO

Tabla 17 Presupuesto

<b>PRESUPUESTO PARA LA ELABORACION DEL PROYECTO</b>				
<b>Recursos</b>	<b>Cantidad</b>	<b>H. uso</b>	<b>Valor Unitario \$</b>	<b>Valor final \$</b>
<b>Equipos</b>				
Balanza analítica de precisión	1	2	20,41	40,82
Balanza analítica	1	10	0,0820	0,82
Baño Maria	1	3	0,0173	0,05
Bomba al vacío	1	5	8,33	41,65
Centrifugadora	1	3	0,86	2,58
Estufa	1	400	0,1504	60,16
Espectrofotómetro	1	15	0,0881	1,3215
Potenciómetro	1	1	0,1579	0,1579
Refractómetro	1	1	0,1646	0,1646
Rota evaporador	1	10	2,1505	21,505
Refrigerador	1	1000	0,835	104,375
				273,604
<b>Descripción</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Unidad</b>	<b>Valor Unitario \$</b>	<b>Valor Total \$</b>
<b>Materiales de laboratorio</b>				
Matraz Erlenmeyer de vidrio 100ml	U	6	2,30	13,80
Micropipeta 100-1000µl Microlit volumen variable	U	1	85,00	85,00
Pipeta de vidrio 10ml	U	1	3,60	3,60
Punta Microlit 1000µl paquete	U	1	20,00	20,00
Punta Microlit 10 a 200µl paquete	U	1	15,00	15,00
Probeta de vidrio 500ml	U	1	5,00	5,00
Probeta de vidrio 25ml	U	1	3,25	3,25
Probeta plástica 25ml	U	1	3,00	3,00
Varilla de agitación	U	1	1,60	1,60
Vaso de precipitación 20ml	U	1	2,00	2,00
Goteros de plástico	U	1	1,00	1,00
				153,25
<b>Reactivos</b>				
Ácido gálico	Kg	1	8,00	8,00
Agua destilada	gal	3	2,35	7,05
Carbonato de sodio	g	3	0,51	1,53
Etanol 99.8%	L	5	10	50,00
Folin-Ciocalteu	g	1	5,10	5,10
Solución cloruro férrico	g	4	1	4,00
Solución de hipoclorito de sodio 0,1	L	1	2	2
TPTZ	g	1	20,50	20,50
				98.18
<b>Materiales</b>				
Fundas ziploc	U	1	1,20	1,20
Goma arábiga	kg	2	8,80	17,60
Jarra	U	1	1	1,00
Lava vajillas	U	1	0,80	0,80
Limpión	U	1	1	1,00
Maltodextrina	kg	2	2,80	5,60
Papel filtro	U	1	3,00	3,00

Recipiente de vidrio con tapa hermética	<i>U</i>	<i>1</i>	<i>5,00</i>	<i>5,00</i>
Tijera	<i>U</i>	<i>1</i>	<i>20,00</i>	<i>20,00</i>
				<b>55,20</b>
<b><i>Material Bibliográfico y fotocopias</i></b>				
Esferos.	<i>U</i>	<i>2</i>	<i>0,50</i>	<i>1,00</i>
Impresiones.	<i>U</i>	<i>300</i>	<i>0,05</i>	<i>15</i>
Anillado	<i>U</i>	<i>9</i>	<i>1,25</i>	<i>11,25</i>
Empastado	<i>U</i>	<i>2</i>	<i>30</i>	<i>60</i>
				<b>87,20</b>
<b><i>Gastos varios</i></b>				
Computadoras	<i>H</i>	<i>1020</i>	<i>0,0402</i>	<i>41,00</i>
Internet	<i>H</i>	<i>800</i>	<i>0,021</i>	<i>16,80</i>
Luz	<i>H</i>	<i>800</i>	<i>0,019</i>	<i>15,20</i>
Trasporte	<i>d</i>	<i>50</i>	<i>10</i>	<i>500,00</i>
Alimentación	<i>d</i>	<i>40</i>	<i>2,50</i>	<i>100,0</i>
				<b>673</b>
<b><i>Materia prima</i></b>				
Plantas de chillangua	<i>kg</i>	<i>4</i>	<i>5</i>	<i>20</i>
				<b>20,00</b>
<b>Sub total</b>				<b>1360,434</b>
Análisis de laboratorio				<b>650,00</b>
<b>Total</b>				<b>2010,434</b>

Elaborado por: Autores (Navarrete y Tapia; 2022)

## 13. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### 13.1. Conclusiones

- Los compuestos bioactivos de la chillangua fueron obtenidos a través de una maceración de 305,44g de droga cruda de la planta, en 4L de etanol a 99,8 % de concentración, durante 24 horas en una estufa a 40 °C. Se filtró la mezcla resultante con una bomba al vacío, se desechó el residuo sólido y se almacenó el extracto en el refrigerador a una temperatura de 4 °C.
- En la caracterización sensorial del extracto acuoso de chillangua se obtuvo un color verde intenso de un aspecto opaco esto particularmente se debe a la presencia del pigmento de la clorofila A; con un aroma mentolado, gracias a la presencia de aceites esenciales y no fue homogéneo. Las características fisicoquímicas mostraron un pH ligeramente ácido de 5,70, sólidos totales de 1,65 °Brix, una humedad del 98,42%, densidad de 1,085 g/cm<sup>3</sup> y una capacidad antioxidante de 1895,30 µMFe<sup>2+</sup>/g de muestra.
- Una vez realizados los diferentes tratamientos experimentales se corroboró el mejor proceso de la extracción, obteniendo como resultado una velocidad de flujo de alimentación (VFA) 149,93 mL/h y una temperatura de aire de entrada (TAE) 500,20 °C, se demuestra un buen ajuste matemático. Evidenciando el proceso de optimización numérica extracción del microencapsulado, mediante una comparación de valores experimentales con un rendimiento de 92,9901%, la eficacia del encapsulamiento un 90,8001, % y de humedad 2,1095%. Los resultados obtenidos mediante la experimentación resultaron superiores a los valores de la optimización numérica obtenida mediante la predicción del software.
- En la caracterización del microencapsulado de la chillangua se obtuvo en los sensoriales, un color amarillo dorado claro verdoso, de un aroma mentolado con un sabor suave, con partículas homogéneas, en las fisicoquímicas se consiguió un rendimiento de 92,99%, una humedad del 2,10%, una eficacia de 90,80, la higroscopicidad de 21,99%, una densidad aparente 5,701 g/ml, la densidad compactada de 5,65g/ml, 5,5 de pH, un ángulo de reposo de 36°, una solubilidad de 93, el índice de Hausner de 5,65 %, índice de Carr 49%, una capacidad antioxidante reductora de hierro de 903,99 (µM Fe<sup>2+</sup>/g) y una morfología de 26,24 µM.

### **13.2. Recomendaciones**

- No sobrepasar los 40 °C en la temperatura de secado, para evitar la pérdida de sus compuestos bioactivos.
- Los extractos acuosos deben ser embotellados en frascos ámbar y refrigerarlos para evitar daños y pérdida de su composición química de los mismos.
- Al momento de usar la rota evaporadora no dejar que el extracto acuoso se seque demasiado, para una recolección rápida y fácil.
- Realizar investigaciones sobre la aplicación del microencapsulado en la industria alimentaria, debido a que esta técnica con posibles beneficios saludables siendo una alternativa para sustituir los aditivos químicos.
- Mantener el sello hermético en el microencapsulado para evitar fenómenos físicos no deseados durante el procesamiento y almacenamiento.
- Utilizar el etanol de grado analítico en el proceso de maceración de la droga para una mejor concentración de los compuestos bioactivos.

#### 14. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- Almeida, R. (2019). *Estudio de las propiedades, características y uso de la chillangua (Eryngium foetidum) y propuesta gastronómica. [Tesis - Licenciatura en Gastronomía; Universidad de Guayaquil]*. Repositorio institucional. <http://repositorio.ug.edu.ec/handle/redug/41942>
- Almeyda, A. (2017). *Estudio de la acumulación de ácido betulínico y urechitol A durante el desarrollo de Pentalinon andrieuxii y su relación con la metilación de ADN. [Maestría en Ciencias Biológicas; Centro de Investigación Científica de Yucatán A.C.]*. Repositorio. <http://cicy.repositorioinstitucional.mx/jspui/handle/1003/429>
- Andrade, K., & Tapia, L. (2020). *Desarrollo de un aceite esencial de orégano (origanum vulgarel.) micro encapsulado , mediante secado por aspersión. [Tesis - Ingeniería Agroindustrial; Universidad Técnica de Cotopaxi]*. Repositorio institucional. <http://repositorio.utc.edu.ec/handle/27000/6679>
- Arévalo, J. (2017). *Creación de una línea de salsas artesanales a base de chillangua. [Tesis de licenciatura en Gastronomía; Universidad de las Américas ]*. Repositorio institutio nal. Obtenido de <http://dspace.udla.edu.ec/handle/33000/7432>
- Arias, T., & Flores, A. (2019). *Evaluación de la actividad antihelmíntica in vitro de aceites esenciales de tres plantas presentes en la estación biológica Kutukú: Eryngium foetidum L. (culantrillo), Psidium guajava L. (guayaba), Ocotea quixos (Lam) Kosterm. (Ishpingo). [Tesis; UPS]*. Repositorio institucional. <https://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/17536>
- Atavillos, C. (2019). *Caracterización fisicoquímica, determinación de polifenoles totales, capacidad antioxidante, evaluación sensorial de cafés tostados molidos comerciales y definición de la calidad. [Ingeniería en industrias Alimentarias; UNAS]*. Repositorio institucional. <http://repositorio.unas.edu.pe/handle/UNAS/1725>
- Benítez, A., Villanueva, J., González, G., Alcántar, V., Puga, R., & Quintero, A. (2020). Determinación de la capacidad antioxidante total de alimentos y plasma humano por fotoquimioluminiscencia: Correlación con ensayos fluorométricos (ORAC) y espectrofotométricos (FRAP). *SciELO*, 23, 1-9. doi:<https://doi.org/10.22201/fesz.23958723e.2020.0.244>
- Bonifaz, J. (2019). *Efecto de la inclusión de microencapsulados de tomillo en la elaboración de queso fresco. [Tesis de maestría-Tecnología de Alimentos; Universidad Técnica de Ambato]*. Repositorio institucional. <https://repositorio.uta.edu.ec/jspui/handle/123456789/29721>

- Cabrera, J., Jurado, F., & Vera, D. (2021). Simulación de un deshidratador híbrido indirecto activo mediante el software ANSYS. *Scielo*, 12(4), 29-44.  
doi:<https://doi.org/10.29019/enfoqueute.771>
- Caicedo, D., & Chamba, M. (2016). *Elaboración y estandarización de microencapsulados de aceites esenciales de hierba luisa (Cymbopogon citratus) y hojas de ishpink (Ocotea quixos) como aditivos nutricionales para piscicultura. [Tesis de grado: Universidad Politécnica Salesiana]*. Repositorio institucional.  
<https://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/12139>
- Campo, M., Granja, D., Matute, N., Cuesta, O., & Márquez, I. (2021). Microencapsulación mediante secado por atomización a partir de un extracto de los cálices de Hibiscus sabdariffa L. *Scielo*, 50(1), 40-50.  
doi:<https://doi.org/10.15446/rev.colomb.quim.v50n1.88424>
- Cardona, D., Patiño, L., & Ormaza, A. (2021). Aspectos tecnológicos de la microencapsulación de compuestos bioactivos en alimentos mediante secado por aspersión. *Ciencia y tecnología agropecuaria*, 22(1), 1-21.  
doi:[10.21930/rcta.vol22\\_num1\\_art:1899](https://doi.org/10.21930/rcta.vol22_num1_art:1899)
- Chamba, Y., & Quispe, S. (2021). *Desarrollo de un microencapsulado a base de orégano (origanum vulgare, l), mediante secado por aspersión. [Tesis - Ingeniería Agroindustrial; Universidad Técnica de Cotopaxi]*. Repositorio institucional.  
<https://repositorio.utc.edu.ec/handle/27000/8159>
- Chávez, J. (2021). *Determinación de metabolitos secundarios de hojas de Justicia spicigera, Eryngium foetidum y corteza de Erythrina fusca L. por métodos espectrofotométricos. [Tesis-Químico farmacéutico; Universidad Nacional de la Amazonía Peruana]*. Repositorio institucional. <https://hdl.handle.net/20.500.12737/7839>
- Córdoba, M. (2021). *Análisis de la estabilidad de micro-cápsulas elaboradas con diferentes combinaciones de material de pared, incorporadas en matrices alimentarias. [Ingeniería en alimentos; Universidad Nacional Abierta y a Distancia]*. Repositorio institucional. <https://repository.unad.edu.co/handle/10596/42549>
- 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. [Tesis - Carrera de Ingeniería en Biotecnología; Universidad de las Fuerzas Armadas]*. Repositorio institucional. <http://repositorio.espe.edu.ec/handle/21000/29338>
- Cuellas, A. (2017). Microencapsulación de ingredientes en la industria de alimentos. *Ciencia y sociedad*, 26(155), 39-41. <https://cienciahoy.org.ar/microencapsulacion-de->

ingredientes-en-la-industria-de-alimentosque-es-la-microencapsulacion-y-para-que-sirve/

- Dhakal, S., & He, J. (2020). Microencapsulación de vitaminas en aplicaciones alimentarias para evitar pérdidas en el procesamiento y almacenamiento: una revisión. *Elsevier*, 137. doi:<https://doi.org/10.1016/j.foodres.2020.109326>
- Domínguez, K. (2019). *Microencapsulación de extractos metanólicos de Crotalaria longirostrata*. [Tesis-Ingeniería en bioquímica; Tecnológico Nacional de México]. Repositorio institucional. <http://repositoriodigital.tuxtla.tecnm.mx/xmlui/handle/123456789/3366>
- Espinoza, G., Taípe, C., y Taípe, M. (2021). Modelamiento matemático del proceso de deshidratado de china konoca (*Xenophyllum poposum*) por aire caliente. *Ciencias agronómicas y veterinarias*, 5(13), 98-108. doi:<https://doi.org/10.33996/revistaalfa.v5i13.102>
- Gallego, D., Bustamante, Gallego, L., Salcedo, L., Gava, M., y Alfaro, E. (2017). Estudio cuantitativo sobre las concepciones de ciencia, metodología y enseñanza para profesores en formación. *Lasallista*, 14(1), 144-161. doi: <https://doi.org/10.22507/rli.v14n1.a13>
- Gálvez, V. (2017). La fotografía científica. *UNAM*, 18(5). <http://www.revista.unam.mx/vol.18/num5/art36/index.html>
- Google Maps. (2022). *Ubicación geográfica del barrio el Carmen del cantón la Maná de la provincia de Cotopaxi*. Google Maps: <https://www.google.com/maps/place/La+Maná/@-0.9396503,79.2501079,6916m/data=!3m1!1e3!4m5!3m4!1s0x91d4b714a6c6769d:0x7feeda2ee3930415!8m2!3d-0.9411949!4d-79.2316042>
- Guevara, G., Verdesoto, A., y Castro, N. (2020). Metodologías de investigación educativa (descriptivas, experimentales, participativas, y de investigación-acción). *Dialnet*, 4(3), 163-173. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=7591592>
- Hinostroza, G., Saavedra, N., Corilla, D., y Flores, E. (2020). Microencapsulación por atomización de extracto de orégano (*Origanum vulgare*) y huacatay (*Tagetes minuta*). *Agrolimentaria*, 1(1), 47-52. <https://revistas.uncp.edu.pe/index.php/jafs/article/view/546>
- Iglesias, D., y Pichucho, P. (2021). *Desarrollo de un microencapsulado de cedrón (Aloysia Citrodora), mediante secado por aspersion*. [Tesis - Ingeniería en Agroindustrias;

- Universidad Técnica de Cotopaxi*. Repositorio institucional.  
<http://repositorio.utc.edu.ec/handle/27000/8176>
- Jarrín, K. (2021). *Obtención de microcápsulas de colágeno hidrolizado enriquecido con pulpa de Ananas comusus (piña) mediante el método de secado por atomización para su posterior aplicación en la industria alimentaria. [Tesis - Carrera de Ingeniería en Biotecnología; ESPE]*. Repositorio institucional.  
<http://repositorio.espe.edu.ec/handle/21000/29280>
- Jiménez, J., y Madrid, R. (2019). *Estudio preliminar farmacognóstico y fitoquímico de las hojas de la chillangua Eryngium foetidum L. [Tesis - Químicos Farmacéuticos; Universidad de Guayaquil]*. Repositorio institucional.  
<http://repositorio.ug.edu.ec/handle/redug/43629>
- Juárez , C. (2020). *Goma arábica: propiedades funcionales*.  
<https://thefoodtech.com/ingredientes-y-aditivos-alimentarios/goma-arabiga-propiedades-funcionales/>
- Jurado, H., Zambrano, E., & Pazos, A. (2021). Adición de un probiótico de *Lactobacillus plantarum* microencapsulado en el alimento para pollos. *Udenar*, 23-2, 151-161.  
 doi:<https://doi.org/10.22267/rus.212302.227>
- 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. *Scielo*, 83(3), 282-293.  
[http://dev.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1810-634X2017000300004](http://dev.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1810-634X2017000300004)
- López, D., & Sabogal, O. (2018). Gomas empleadas en la industria de alimentos. *Investigaciones carmenta*, 43-48. Obtenido de <https://hdl.handle.net/11404/6763>
- López, L. (2018). Elaboración y caracterización de microcápsulas con aceite esencial de canela para su aplicación en la fabricación de películas de almidón. [Maestría en Ciencias en ingeniería química; TecNM ]. *Repositorio institucional*.  
<http://repositorios.orizaba.tecnm.mx:8080/xmlui/handle/123456789/312>
- Mararé, M., Gil, J., Chiva, O., & Moliner, L. (2017). Validación de una ficha de observación para el análisis de habilidades socio-emocionales en Educación Física. *Dialnet*(31), 8-13. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=5841334>
- Marruffo, L. (2019). *Extracción de las saponinas obtenidas a partir de las hojas de Baccharis Emarginata para la elaboración de un champú biodegradable. [Tesis de Ingeniería*

- Química; Universidad Nacional de Trujillo*.  
<http://dspace.unitru.edu.pe/handle/UNITRU/13710>
- Martínez, J. (2021). *Bioaccesibilidad de microencapsulados de extractos de Haematococcus pluvialis ricos en astaxantina. [Maestría en Ciencias: Productos Naturales y Alimentos; Universidad Tecnológica de la Mixteca]*. Repositorio institucional.  
<http://repositorio.utm.mx:8080/jspui/handle/123456789/405>
- Mendoza, C. (2018). *Microencapsulación de hierro por medio de coacervación para la adición en alimentos evitando el resabio. [Tesis-Maestría en diseño e innovación; Universidad Autónoma de Querétaro]*. Repositorio institucional. <http://ri-ng.uaq.mx/handle/123456789/1065>
- Mendoza, O. (2020). *Obtención de zapote (Calocarpum sapota Merr) en polvo mediante dos tipos de encapsulantes a nivel piloto. [Maestría en ciencias agroalimentarias; Universidad de Córdoba]*. Repositorio institucional. Obtenido de <https://repositorio.unicordoba.edu.co/handle/ucordoba/2947>
- Moghadam, F., Pourahmad, R., Mortazavi, A., Davoodi, D., y Azizinezhad, R. (2019). Use of Fish Oil Nanoencapsulated with Gum Arabic Carrier in Low Fat Probiotic Fermented Milk. (Uso de Aceite de Pescado Nanoencapsulado con Portador de Goma Arábica en Leche Fermentada Probiótica Baja en Grasa). *Food Science of Animal Resources*, 39(2), 309-323. doi:10.5851/kosfa.2019.e25
- Moreno, T., Cocero, J., & Rodríguez, S. (2018). Estabilidad de almacenamiento y liberación gastrointestinal simulada de fenoles de orujo de uva secado por aspersión. *Sciencedirect*, 112, 96-107.  
<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0960308518305996?via%3Dihub>
- Moscoso, M., y Ochoa, M. (2018). *Catálogo de densidades y consistencias de alimentos como herramienta para estimación de porciones alimentarias en niños y adultos de la ciudad de Cuenca. [Tesis de Pregrado-Bioquímico farmacéutico; Universidad de Cuenca]*. Repositorio institucional.  
<http://dspace.ucuenca.edu.ec/handle/123456789/29931>
- Muñoz, E. (2021). *Rendimiento del cultivo de Sacha Culantro Eryngium foetidum L.) en un sistema hidropónico con tres sustratos en Tingo María. [Tesis de agronomía; Universidad Nacional Agraria de la Selva]*. Repositorio institucional.  
<http://repositorio.unas.edu.pe/handle/UNAS/2021>

- Naspud, M. (2018). *Determinación de la capacidad antioxidante de los extractos alcohólicos del fruto de mora (Rubus glaucus Benth) obtenidos con tres pretratamientos térmicos. [Grado-Ingeniería en biotecnología: Universidad Politécnica Salesiana]*. Repositorio institucional. <http://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/16411>
- Navarro, K., Capillo, N., Calixto, M., y Santisteban, O. (2020). Extracción y microencapsulación de compuestos antioxidantes de la semilla de Oenocarpus bataua Mart. *Scielo*, 11(4), 547-554. doi:[http://dx.doi.org/10.17268/sci.agropecu.2020.04.10](http://dx.doi.org/10.17268/sci.agropecu.2020.04.10NTE INEN 1418)
- NTE INEN 1418. (2013). *Deterinación del pH de un extracto acuoso*. Instituto Ecuatoriano de Normalización: <https://www.normalizacion.gob.ec/buzon/normas/1418.pdf>
- Parra, P. (2017). *Modelación de un proceso de secado de cacao utilizando una cámara rotatoria cilíndrica y flujo de aire caliente*. Repositorio institucional. <https://hdl.handle.net/11042/3488>
- Paz, H., Agudelo, A., Plata, D., Pacheco, M., Salazar, A., y Murillo, C. (2021). Extracto de taninos del fruto piñón de oreja (*Enterolobium cyclocarpum*) como curtiente para piel de conejo común (*Oryctolagus cuniculus*). *Scielo*, 19(1), 180-190. doi:[https://doi.org/10.18684/bsaa\(19\)180-190](https://doi.org/10.18684/bsaa(19)180-190)
- Pazmiño, D., Fernández, D., López, O., y Iraizoz, A. (2022). Evaluación de diferentes combinaciones de polímeros en la microencapsulación de licopenos procedentes de residuos de tomate de árbol (*Solanum betaceum*). *Bionatura*, 7, 1-6. doi:<http://dx.doi.org/10.21931/RB/2022.07.02.29>
- Remache, L. (2020). *Diseño y construcción de un prototipo de deshidratador de flores y hierbas aromáticas, aplicando un control de temperatura y humedad. [Trabajos de titulación AEIRNNR; Universidad Nacional de Loja]*. Repositorio institucional. <https://dspace.unl.edu.ec/jspui/handle/123456789/23596>
- Ribeiro, Y., Pedreira, J., & Narain, N. (2018). Microencapsulación de extractos de compuestos bioactivos obtenidos a partir de pulpa y residuos de acerola (*Malpighia emarginata* DC) por atomización y liofilización: Caracterización química, morfológica y quimiométrica. *Elsevier*, 254, 281-291. doi:<https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2018.02.026>
- Rios, S., y Gil, M. (2021). Microencapsulación por secado por aspersion de compuestos bioactivos en diversas matrices: una revisión. *Scielo*, 24(51), 1-24. doi:<https://doi.org/10.22430/22565337.1836>
- Rodrigues, T., Silva, M., Gurgel, E., Oliveira, M., y Lucas, F. (2022). *Eryngium foetidum* L. (Apiaceae): revisión de la literatura sobre usos tradicionales, composición química y

- actividades farmacológicas. *Hindawi*, 2022, 1-15.  
doi:<https://doi.org/10.1155/2022/2896895>
- Rodríguez, A., Fung, Y., Ochoa, A., Ortiz, E., & Díaz, U. (2018). Parámetros físicos, físico-químicos y químicos de extractos de *Origanum majorana* L. cultivado utilizando agua magnetizada. *Cubana de Química*, 30(3), 470-482.  
<https://www.redalyc.org/journal/4435/443557797006/>
- Rodríguez, O., y López, O. (2021). Extractos de la plantas microencapsuladas con potencial actividad antiviral: una revisión general. *UTA*, 14(1), 45-58.  
doi:<http://dx.doi.org/10.31243/id.v14.2021.1326>
- Roostae, M., Barzegar, M., Mohammad, A., y Rafiee, Z. (2017). La mejora de la funcionalidad del extracto de cáscara verde de pistacho a través de una formulación nanoliposomal: estudio en aceite de soja. *National Library of Medicine*, 54(11), 3620-3629.  
<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/29051657/>
- Salgado, J. (2020). *Una revisión de la Microencapsulación de compuestos polifenólicos en la industria alimentaria y farmacéutica. [Trabajo de grado-Química Farmacéutica; Universidad de Cartagena]*. Repositorio institucional.  
<https://hdl.handle.net/11227/14620>
- Sánchez, W. (2021). *Caracterización físico química de las hojas de culantro (Eryngium Foetidum) deshidratadas de forma natural y artificial para su aplicación como condimento. [Tesis de Pregrado - Ingeniería Agroindustrial; Universidad Técnica Estatal de Quevedo]*. Repositorio institucional. Obtenido de <https://repositorio.uteq.edu.ec/handle/43000/6460>
- Sánchez, M., Fernández, M., y Díaz, J. (2021). Técnicas e instrumentos de recolección de información: análisis y procesamiento realizado por el investigador cualitativo. *Scielo*, 8(1), 113-128. doi:<https://doi.org/10.35290/rcui.v8n1.2021.400>
- Santafe, D. (2022). *Relación de la estructura química de los flavonoides con la actividad antioxidante. [Titulación - Química Farmacéutica; Universidad Central del Ecuador]*. Repositorio institucional. <http://www.dspace.uce.edu.ec/handle/25000/26153>
- Santos, D., y Santos, L. (2021). *Microencapsulación del jugo de mora (Rubus Glaucus) usando goma garrofin en el proceso de atomización. [Tesis-Ingeniería de industrias alimentarias; Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo]*. Repositorio institucional.  
<https://hdl.handle.net/20.500.12893/9546>

- Santos, S., Rodrigues, L., y Madrona, G. (2019). Compuestos antioxidantes del orujo de mora (*Rubus fruticosus*) : microencapsulación por atomización y evaluación de la estabilidad del pH. *Elsevier*. doi:<https://doi.org/10.1016/j.fpsl.2017.12.001>
- Segura, J. (2020). *Microencapsulación de leche mediante secado por atomización a baja temperatura*. [Tesis-Ingeniería química industrial; Universidad Politécnica de cartagena]. Repositorio institucional. <http://hdl.handle.net/10317/9037>
- Shaefer, A. (2017). *¿Es la maltodextrina mala para mí?* Healthline: <https://www.healthline.com/health/es/maltodextrina>
- Soto, M. (2018). *Microencapsulación de licopeno en mezclas de goma xantana, pectina y sacarosa mediante secado por aspersión*. [Ciencias exactas y ciencias de la salud; Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Monterrey]. Repositorio institucional. <http://hdl.handle.net/11285/632730>
- Soto, M. (2018). *Microencapsulación de licopeno en mezclas de goma xantana, pectina y sacarosa mediante secado por aspersión*. [Ciencias Exactas y Ciencias de la Salud; Tecnológico de monterrey]. Repositorio institucional. <http://hdl.handle.net/11285/632730>
- Tapia, M. (2017). *Microencapsulación del ácido Ascórbico mediante secado por aspersión con almidón y Maltodextrina*. [Tesis-Ingeniería bioquímica; Universidad Técnica de Ambato]. Repositorio institucional. <http://repositorio.uta.edu.ec/jspui/handle/123456789/25306>
- Tenorio, F., y Cutiopala, S. (2018). *Análisis de la gastronomía del cantón Rioverde, de la provincia de Esmeraldas y Propuesta de difusión*. [Tesis - Licenciatura en Gastronomía; Universidad de Guayaquil]. Repositorio institucional. <http://repositorio.ug.edu.ec/handle/redug/41863>
- Uriol, D., y Espinoza, M. (2021). Actividad antimicrobiana de extractos hidroalcohólicos de frutos de "aguaymanto" (*Physalis peruviana* L.) y de hojas de "eucalipto" (*Eucalyptus globulus* Labill.) frente a *Staphylococcus aureus*. *Scielo*, 28(1), 115-124. doi:<http://dx.doi.org/10.22497/arnaldoa.281.28106>
- Valdés, E. (2020). *Microencapsulación de aceite esencial de tomillo por el método de secado por aspersión*. [Tesis de Licenciatura; Universidad Autónoma del Estado de México]. <http://hdl.handle.net/20.500.11799/109388>
- Valle, M., y García, T. (2018). Los experimentos en la investigación de estrategia: una mirada múltiple. *Scielo*, 34(147), 229-237. doi:<https://doi.org/10.18046/j.estger.2018.147.2591>

- Vanegas , L., Mrtinez, S., Coy, E., y Ardila, H. (2021). Respuestas tempranas en simplasto de tallo asociadas a la ruta del ácido salicíto en la interacción Clavel (*Dianthus caryophyllus*, *caryophyllaceae*) - Fod (*Fusarium oxysporum* f. Sp. *dianthi*). *Scielo*, 27(2), 153-163. <https://doi.org/10.15446/abc.v27n2.85778>
- Velásques, C., y Uribe, J. (2019). Efecto de la temperatura y velocidad del aire sobre la humedad final de tomillo (*Thymus vulgaris*). *Scielo*, 17(1), 34-44. doi:<https://doi.org/10.18684/bsaa.v17n1.1202>
- Villacrés, G. (2017). *Evaluación de la actividad insecticida del extracto acuoso de molle (Schinus molle L.) frente al gusano blanco de la papa (Premnotrypes vorax Hustache)*. [Tesis Ingeniería Agronómica; Universidad Técnica de Ambato]. Repositorio institucional. <http://repositorio.uta.edu.ec/jspui/handle/123456789/25711>
- Villarreal, V., Gamarra, C., Silva, C., Cruzado, J., Ruiz, G., Costilla, N., . . . García, J. (2019). Actividad antioxidante in vitro y compuestos fenólicos de las hojas de *Beautempsia avicennifolia* (Kunth) Gaudich (Capparaceae). *Scielo*, 26(1), 409-420. doi:<http://dx.doi.org/10.22497/arnaldoa.261.26121>
- Ye, Q., Georges, N., y Selomulya, C. (2018). Microencapsulación de ingredientes activos en alimentos funcionales: De la etapa de investigación a los productos alimenticios comerciales. 78, 167-179. doi:<https://doi.org/10.1016/j.tifs.2018.05.025>
- Zhang, C., Ada, S., Dong, X., y Young, S. (2020). Microencapsulación de jugo de noni fermentado mediante secado por aspersion con chorro de microfluidos: evaluación de las propiedades y funcionalidades del polvo. *Elsevier*, 361, 995-1005. doi:<https://doi.org/10.1016/j.powtec.2019.10.098>

## 15. ANEXOS

### *Anexo 1 Hoja de vida del docente tutora Ing. Ana Maricela Trávez Castellano*

#### DATOS PERSONALES

**APELLIDOS:** Trávez Castellano **NOMBRES:** Ana Maricela

**ESTADO CIVIL:** Casada

**CÉDULA DE CIUDADANÍA:** 0502270937

**NUMERO DE CARGAS FAMILIARES:** 2

**LUGAR Y FECHA DE NACIMIENTO:** Latacunga, 06 abril 1983

**DIRECCIÓN DOMICILIARIA:**

**TELÉFONO CELULAR:** 0987204886

**CORREO ELECTRÓNICO:** ana.travez@utc.edu.ec / [maricela.travez12@gmail.com](mailto:maricela.travez12@gmail.com)

**EN CASO DE EMERGENCIA CONTACTARSE CON:** Alonso Trávez (0987265684) o Hernán Castro (0991550992).



#### ESTUDIOS REALIZADOS Y TÍTULOS OBTENIDOS

NIVEL	TÍTULO OBTENIDO	FECHA DE REGISTRO EN EL CONESUP	CÓDIGO DEL REGISTRO CONESUP
TERCER	Ingeniera en Alimentos	2005-04-03	1010-07-743350
CUARTO	Magíster en Gestión de la Producción Agroindustrial	2014-07-31	1010-14-86050240

#### HISTORIAL PROFESIONAL

**FACULTAD EN LA QUE LABORA:** Ciencias Agropecuarias y Recursos Naturales

**CARRERA A LA QUE PERTENECE:** Ingeniería Agroindustrial.

**ÁREA DEL CONOCIMIENTO EN LA CUAL SE DESEMPEÑA:**

Administración; Educación Comercial y Administración Ingeniería, Industria y Construcción; Industria y Producción

**PERÍODO ACADÉMICO DE INGRESO A LA UTC:** 09 de mayo del 2009.

Ing. Ana Maricela Trávez Castellano Mg

### *Anexo 2 Hoja de vida del estudiante Lenin Vladimir Navarrete Cruz*



**Navarrete Cruz Lenin Vladimir**

✉ navarrete.cruz4333@utc.edu.ec

📞 0998193192

📍 Tungurahua – Ambato la Merced

**INFORMACIÓN PERSONAL**

**Fecha de nacimiento:** 02/12/1997

**Estado civil:** Soltero

**Cédula de ciudadanía:** 1805134333.

**CURSOS Y TALLERES**

- Primer Seminario Internacional de Agroindustria: Seguridad Alimentaria Innovación de Calidad.
- 1er. CONGRESO INTERNACIONAL DE INNOVACIÓN Y EMPRENDIMIENTO en tiempos de pandemia y post pandemia
- II Jornadas en Línea de Difusión de Investigación Agroindustrial
- II SEMINARIO EN LÍNEA “GESTIÓN DE LA AGROINDUSTRIA-UTC COMO EJE DE DESARROLLO EN LA INDUSTRIA AGROALIMENTARIA”
- Seminario principios bioactivos de plantas en la industria agroalimentaria
- “LA INDUSTRIA DE LOS SUPER ALIMENTOS”
- I SEMINARIO NACIONAL DE INNOVACIÓN Y EMPRENDIMIENTO EN TIEMPOS DE PANDEMIA Y POST PANDEMIA “ EMPRENDER CON ÉXITO

**EDUCACIÓN**

**Estudios primarios:** Escuela Fiscal “Humberto Albornoz”

**Estudios secundarios:** Colegio de Bachillerato “Atahualpa”

Bachillerato Técnico “Electrónica de consumo”

**Estudios superiores:** Universidad Técnica de Cotopaxi

**Carrera:** Ingeniería Agroindustrial

**Anexo 3 Hoja de vida de la estudiante Marilyn Elizabeth Tapia Vivanco**



**Tapia Vivanco Marilyn Elizabeth**

✉ marilyn.tapia2750@utc.edu.ec  
0989620751

📍 Cotopaxi – El Tingo la Esperanza

**INFORMACIÓN PERSONAL**

**Fecha de nacimiento:** 30/07/1999

**Estado civil:** Soltera

**Cédula de ciudadanía:** 0504332750.

**CURSOS Y TALLERES**

- Primer Seminario Internacional de Agroindustria: Seguridad Alimentaria Innovación de Calidad.
- 1er. CONGRESO INTERNACIONAL DE INNOVACIÓN Y EMPRENDIMIENTO en tiempos de pandemia y post pandemia
- II Jornadas en Línea de Difusión de Investigación Agroindustrial
- II SEMINARIO EN LÍNEA “GESTIÓN DE LA AGROINDUSTRIA-UTC COMO EJE DE DESARROLLO EN LA INDUSTRIA AGROALIMENTARIA”
- Seminario principios bioactivos de plantas en la industria agroalimentaria
- “LA INDUSTRIA DE LOS SUPER ALIMENTOS”
- I SEMINARIO NACIONAL DE INNOVACIÓN Y EMPRENDIMIENTO EN TIEMPOS DE PANDEMIA Y POST PANDEMIA “ EMPRENDER CON ÉXITO

**EDUCACIÓN**

**Estudios primarios:** Escuela Fiscal “Mixta Argentina”

**Estudios secundarios:** Colegio de Bachillerato “Once de Noviembre”

Bachillerato Técnico “Contabilidad”

**Estudios superiores:** Universidad Técnica de Cotopaxi

**Carrera:** Ingeniería Agroindustrial

**Anexo 4 Informe de anti plagio****Document Information**

---

<b>Analyzed document</b>	Tesis Navarrete_Tapia.docx (D143541865)
<b>Submitted</b>	9/2/2022 8:27:00 PM
<b>Submitted by</b>	Orlando
<b>Submitter email</b>	jaime.rojas@utc.edu.ec
<b>Similarity</b>	0%
<b>Analysis address</b>	jaime.rojas.utc@analysis.orkund.com

**Sources included in the report**

---

**Anexo 5** *Aval del centro de idiomas*

### Anexo 6 *Recolección de la chillangua*



**Elaborado por:** Autores (Navarrete y Tapia; 2022)

### Anexo 7 *Deshidratado de la planta*



**Elaborado por:** Autores (Navarrete y Tapia; 2022)

**Anexo 8** *Maceración de la droga cruda de la chillangua con etanol*



**Elaborado por:** Autores (Navarrete y Tapia; 2022)

**Anexo 9** *Evaporación del solvente para obtener el extracto acuoso de la chillangua*



**Elaborado por:** Autores (Navarrete y Tapia; 2022)

### Anexo 10 Microencapsulado de la chillangua



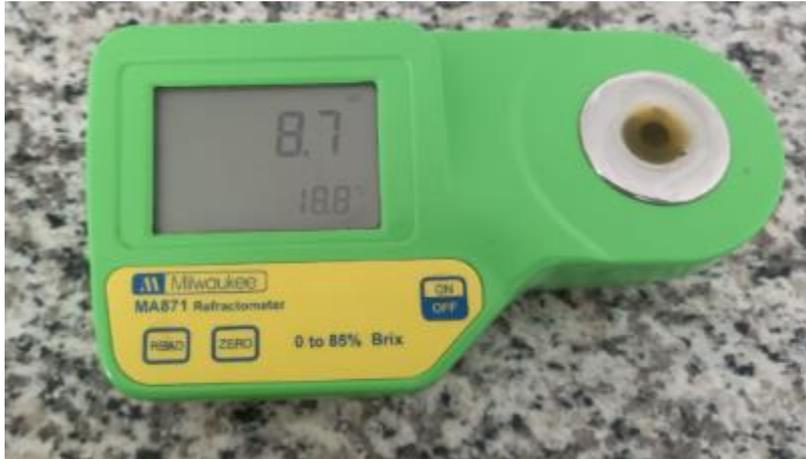
Elaborado por: Autores (Navarrete y Tapia; 2022)

### Anexo 11 Medición del pH del microencapsulado optimizado



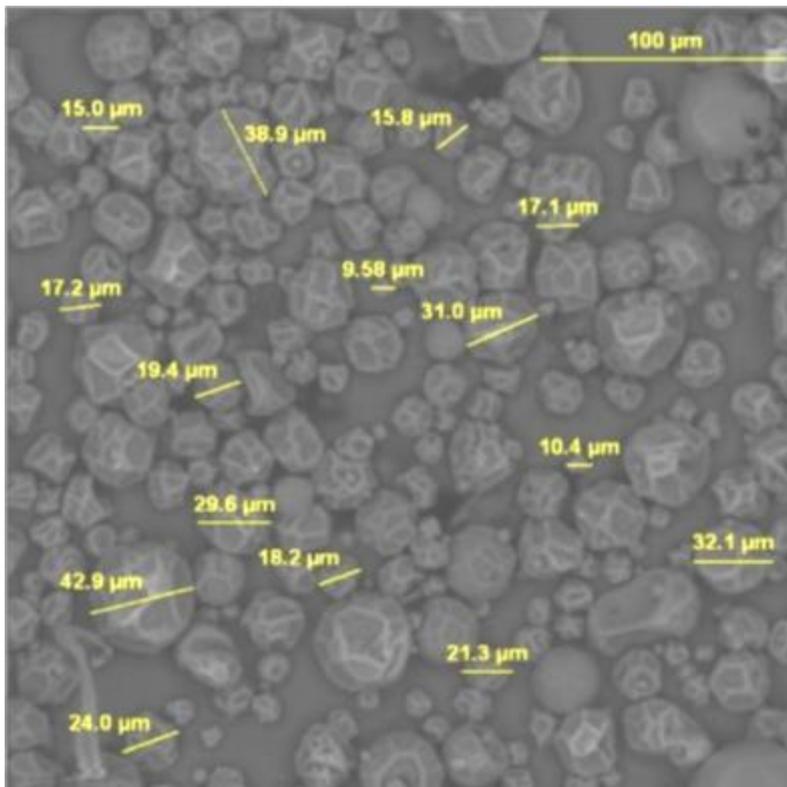
Elaborado por: Autores (Navarrete y Tapia; 2022)

**Anexo 12** *Análisis de los sólidos totales del microencapsulado optimizado*



**Elaborado por:** Autores (Navarrete y Tapia; 2022)

**Anexo 13** *Morfología del microencapsulado*



**Elaborado por:** Autores (Navarrete y Tapia; 2022)