

# UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO



## FACULTAD DE CIENCIA E INGENIERÍA EN ALIMENTOS

### MAESTRÍA EN TECNOLOGÍA DE ALIMENTOS

---

**Tema:** Aplicación de la técnica de microencapsulación de betalaínas extraídas a partir de la remolacha (*Beta vulgaris*).

---

Trabajo de Investigación, previo a la obtención del Grado Académico de Magíster en Tecnología de Alimentos.

**AUTORA:** Ingeniera Jessica Gabriela Cazorla García

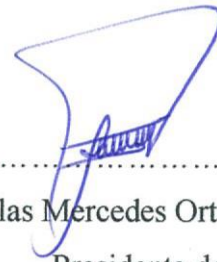
**DIRECTORA:** Ingeniera Liliana Alexandra Cerda Mejía, Doctora

**Ambato- Ecuador**

**Junio - 2018**

**A la Unidad Académica de Titulación de la Facultad de Ciencia e Ingeniería en Alimentos.**


El Tribunal receptor del Trabajo de Investigación presidido por la Doctora Jacqueline de las Mercedes Ortiz Escobar, e integrado por los señores Doctor Jorge Efraín Silva Yumi, Ingeniero Milton Rubén Ramos Moya Doctor, designados por la Unidad Académica de Titulación de Posgrado de la Facultad de Ciencia e Ingeniería en Alimentos de la Universidad Técnica de Ambato, para receptor el Trabajo de Investigación con el tema: “APLICACIÓN DE LA TÉCNICA DE MICROENCAPSULACIÓN DE BETALAÍNAS EXTRAÍDAS A PARTIR DE LA REMOLACHA (*Beta vulgaris*)”, elaborado y presentado por la señora Ingeniera Jessica Gabriela Cazorla García, para optar por el Grado Académico de Magíster en Tecnología de Alimentos; una vez escuchada la defensa oral del Trabajo de Investigación el Tribunal aprueba y remite el trabajo para uso y custodia en las bibliotecas de la UTA.



.....  
Dra. Jacqueline de las Mercedes Ortiz Escobar  
Presidenta del Tribunal



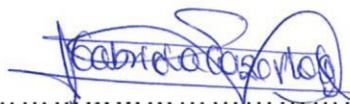
.....  
Dr. Jorge Efraín Silva Yumi  
Miembro del Tribunal



.....  
Ing. Milton Rubén Ramos Moya Doctor  
Miembro del Tribunal

## AUTORÍA DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

La responsabilidad de las opiniones, comentarios y críticas emitidas en el Trabajo de Investigación presentado con el tema: “**APLICACIÓN DE LA TÉCNICA DE MICROENCAPSULACIÓN DE BETALAÍNAS EXTRAÍDAS A PARTIR DE LA REMOLACHA (*Beta vulgaris*)**”, le corresponde exclusivamente a: Ingeniera Jessica Gabriela Cazorla García, Autora bajo la dirección de la Ingeniera Liliana Alexandra Cerda Mejía Doctora, Directora del Trabajo de Investigación; y el patrimonio intelectual a la Universidad Técnica de Ambato.



.....  
Ingeniera Jessica Gabriela Cazorla García

C.C. 0604076778

**AUTORA**



.....  
Ingeniera Liliana Alexandra Cerda Mejía, Doctora

C.C. 1804148086

**DIRECTORA**

## **DERECHOS DE AUTOR**

Autorizo a la Universidad Técnica de Ambato, para que el Trabajo de Investigación, sirva como un documento disponible para su lectura, consulta y procesos de investigación, según las normas de la Institución.

Cedo los Derechos de mi trabajo, con fines de difusión pública, además apruebo la reproducción de este, dentro de las regulaciones de la Universidad.



.....  
Ingeniera Jessica Gabriela Cazorla García

C.C. 0604076778

## ÌNDICE GENERAL DE CONTENIDOS

Portada.....	i
A la Unidad Académica de Titulación.....	ii
Autoría del Trabajo de Investigación .....	iii
Derechos de Autor.....	iv
Índice General de Contenidos .....	v
Índice de Tablas .....	ix
Índice de Figuras y Cuadros .....	x
Índice de Anexos .....	x
Agradecimiento. ....	xi
Dedicatoria .....	xii
Resumen Ejecutivo.....	xiii
Executive Summary .....	xiv

### **INTRODUCCIÓN**

<b>CAPÍTULO I</b> .....	2
1. EL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN.....	2
1.1 Tema de investigación.....	2
1.2 Planteamiento del problema.....	2
1.2.1 Contextualización.....	3
1.2.2 Análisis crítico .....	3
1.2.2.1 Árbol de problemas.....	5
1.2.4 Formulación del problema .....	6
1.2.5 Preguntas .....	7
1.2.6 Delimitación del problema.....	7
1.3 Justificación.....	8
1.4 Objetivos .....	9
1.4.1 Objetivo general: .....	9
1.4.2 Objetivos específicos: .....	9

<b>CAPÍTULO II</b> .....	10
2. MARCO TEÓRICO .....	10
2.1 Antecedentes investigativos .....	10
2.2 Fundamento filosófico .....	11
2.3 Fundamento Legal.....	12
2.4 Categorías Fundamentales .....	13
2.4.1 Variable independiente .....	14
2.4.1.1 Remolacha y sus partes .....	14
2.4.1.2 Método de extracción de betalaínas .....	14
2.4.1.3 Microencapsulación de betalaínas .....	15
2.4.2 Variable dependiente.....	16
2.4.2.1 Betalaínas microencapsuladas .....	16
2.4.2.2 Actividad antioxidante .....	16
2.4.2.3 Estabilidad de betalaínas microencapsuladas .....	17
2.5 Hipótesis.....	18
2.6 Señalamiento de variables.....	18
<b>CAPÍTULO III</b> .....	19
3. METODOLOGÍA .....	19
3.1 Modalidad básica de la investigación .....	19
3.2 Nivel o tipo de investigación.....	19
3.2.1 Exploratoria.....	20
3.2.2 Aplicativa .....	20
3.2.3 Descriptiva .....	20
3.3 Población y muestra .....	21
3.4 Operacionalización de variables .....	22
3.5 Plan de recolección de información .....	24
3.5.1 Materiales y métodos .....	24
3.5.1.1 Determinación del contenido de betalaínas.....	24
3.5.1.2 Microencapsulación de betalaínas .....	25
3.5.1.3 Determinación de actividad antioxidante de las muestras .....	26
3.5.1.4 Estimación de estabilidad de betalaínas microencapsuladas DSC.....	26
3.5 Plan de procesamiento de la información .....	27

<b>CAPÍTULO IV</b> .....	28
4. ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS .....	28
4.1 Análisis de los resultados .....	28
4.1.1 Determinación del contenido de betalaínas en las diferentes partes de la remolacha: .....	28
4.1.2 Microencapsulación de Betalaínas.....	29
4.1.3 Determinación de actividad antioxidante.....	29
4.1.4 Estabilidad de las betalaínas microencapsuladas .....	32
4.2 Interpretación de datos .....	34
4.2.1 Determinación del contenido de betalaínas.....	34
4.2.2 Microencapsulación de Betalaínas.....	34
4.2.3 Determinación de actividad antioxidante.....	35
4.2.4 Estimación de la estabilidad de las betalaínas.....	36
4.3 Verificación de hipótesis.....	37
4.3.1 Modelo Matemático. ....	37
4.3.2 Modelo Estadístico.....	37
<b>CAPÍTULO V</b> .....	38
5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	38
5.1 Conclusiones .....	38
5.2 Recomendaciones.....	39
<b>CAPÍTULO VI</b> .....	40
6. PROPUESTA.....	40
6.1 Datos informativos .....	40
6.2 Antecedentes de la propuesta .....	40
6.3 Justificación.....	41
6.4 Objetivos .....	42
6.4.1 Objetivo General .....	42
6.4.2 Objetivos Específicos.....	42
6.5 Análisis de factibilidad.....	43
6.6 Fundamentación .....	43
6.7 Metodología .....	45
6.7.1 Extracción .....	45

6.7.2 Microencapsulación .....	45
6.7.3 Determinación de estabilidad.....	45
6.7.4 Propiedades Fisicoquímicas .....	46
6.7.5 Evaluación de la actividad antioxidante.....	46
6.7.6 Modelo Operativo .....	47
6.8 Administración.....	49
6.9 Previsión de la evaluación.....	50
BIBLIOGRAFÍA .....	51



## ÍNDICE DE TABLAS Y GRÁFICOS

<b>Tabla 1.</b> Clasificación Taxonómica de la Remolacha.....	14
<b>Tabla 2.</b> Partes de la Remolacha utilizadas.....	21
<b>Tabla 3.</b> Variable Independiente.....	22
<b>Tabla 4.</b> Variable Dependiente.....	23
<b>Tabla 5.</b> Espectrofotometría de contenido de betalaínas.....	28
<b>Tabla 6.</b> Espectrofotometría de contenido de betalaínas – Técnica Msagati.....	31
<b>Tabla 7.</b> Transición endotérmica 1 del microencapsulado de betalaína en gelatina + goma arábica.....	34
<b>Tabla 8.</b> Transición endotérmica 2 del microencapsulado de betalaína en gelatina + goma arábica .....	34
<b>Tabla 9.</b> ANOVA .....	36
<b>Tabla 10.</b> Prueba de Tuckey .....	36
<b>Tabla 11.</b> Modelo Operativo .....	48
<b>Tabla 12.</b> Administración .....	50
<b>Tabla 13.</b> Previsión de la evaluación .....	51
<b>Gráfico 1.</b> Árbol de problemas .....	5

## ÍNDICE DE FIGURAS Y CUADROS

<b>Figura 1.</b> Microencapsulación .....	25
<b>Figura 2.</b> Actividad Antioxidante .....	30
<b>Figura 3.</b> Curva Isotérmica Calorimetría Diferencial de Barrido.....	33
<b>Figura 4.</b> Medias de las muestras microencapsuladas .....	37
<b>Cuadro 1.</b> Categorías Fundamentales .....	13

## ÍNDICE DE ANEXOS

ANEXOS .....	56
ANEXO A: MACERADO .....	57
ANEXO B: EXTRACCIÓN .....	57
ANEXO C: CONCENTRACIÓN.....	58
ANEXO D: MICROENCAPSULACIÓN .....	59
ANEXO E: ACTIVIDAD ANTIOXIDANTE .....	59

## **AGRADECIMIENTO**

En primer lugar quiero agradecer a Dios y a la Virgen Santísima por haberme permitido seguir creciendo profesionalmente.

Agradezco a la Universidad Técnica de Ambato por haberme dejado ser parte de la Maestría en Tecnología de los Alimentos.

Agradezco también a la Ph. D. Liliana Cerda por su paciencia y tiempo para poder culminar con el presente Trabajo de Investigación.

A mi familia por impulsarme a seguir la Maestría, por su tiempo y paciencia para que pueda lograr llegar a la recta final.

Gracias a mis compañeros de clase que hicieron que los años de estudio sean más llevaderos, en especial a mis compañeros de la ciudad de Riobamba.

Gracias de todo corazón.

Gaby Cazorla

## **DEDICATORIA**

El presente Trabajo de Investigación quiero dedicarles a mis hijos Joaquincito y Marianita, a mi esposo Leito por haber sido mi soporte durante todo éste tiempo, sin tu apoyo incondicional esto nunca hubiese podido pasar mi amor, gracias por esperarme cada noche y por dedicarte al máximo a nuestros hijos mientras yo me ausenté hasta conseguir lo que me había propuesto.

A mis papis, Pedro y Faby gracias a ustedes y a los valores que me han inculcado, puedo llegar a decir con mucha humildad que he logrado estar donde estoy, mamita hermosa quiero aprovechar ésta oportunidad para que sepas que mi amor hacia ti es infinito y todo esto es gracias a tu ejemplo.

A mis hermanas, Erika y Verenice, a mi sobrino Jeremy, por haber sido la compañía de mis hijos durante éste tiempo, por cuidar de ellos y estar siempre junto a mí, por no solo ser mis hermanas sino también las mamás para mis hijos.

A mis angelitos que están en el cielo, gracias por guiarme y cuidarme siempre durante los viajes de cada fin de semana y acompañarme siempre durante éstos años.

Gaby Cazorla

**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO**  
**FACULTAD DE CIENCIA E INGENIERÍA EN ALIMENTOS**  
**MAESTRÍA EN TECNOLOGÍA DE ALIMENTOS**

**TEMA:**

“APLICACIÓN DE LA TÉCNICA DE MICROENCAPSULACIÓN DE BETALAÍNAS EXTRAÍDAS A PARTIR DE LA REMOLACHA (*Beta vulgaris*)”.

**AUTORA:** Ingeniera Jessica Gabriela Cazorla García

**DIRECTORA:** Ingeniera Liliana Alexandra Cerda Mejía, Doctora

**FECHA:** 21 de mayo de 2018

**RESUMEN EJECUTIVO**

El presente trabajo de investigación establece la aplicación de la técnica de microencapsulación de betalaínas extraídas a partir de la remolacha.

Las partes de la remolacha estudiadas son las hojas, la cáscara y la pulpa, obteniendo mediante espectrofotometría que la parte de la remolacha con mayor contenido de betalaínas son las hojas.

La determinación de actividad antioxidante de las muestras encapsuladas, indican que el mejor agente microencapsulante de betalaínas es la maltodextrina con gelatina. Las betalaínas se degradan entre los 50 a 80 °C, formando productos deshidrogenados de coloración amarilla; manteniendo un comportamiento endotérmico entre los 28.6 °C hasta los 128.7 °C.

**Descriptor:** microencapsulación, remolacha, betalaínas, hojas, espectrofotometría, metabolitos, actividad antioxidante, agente microencapsulante, maltodextrina, gelatina, endotérmico, temperatura.

**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO**  
**FACULTAD DE CIENCIA E INGENIERÍA EN ALIMENTOS**  
**MAESTRÍA EN TECNOLOGÍA DE ALIMENTOS**

**THEME:**

“APLICACIÓN DE LA TÉCNICA DE MICROENCAPSULACIÓN DE BETALAÍNAS EXTRAÍDAS A PARTIR DE LA REMOLACHA (*Beta vulgaris*)”.

**AUTHOR:** Ingeniera Jessica Gabriela Cazorla García

**DIRECTED BY:** Ingeniera Liliana Alexandra Cerda Mejía, Doctora

**DATE:** 21 de mayo de 2018

**EXECUTIVE SUMMARY**

The present research work establishes the application of the microencapsulation technique of betalains extracted from beetroot.

The parts of the beetroot studied are the leaves, the husk and the pulp, obtaining by spectrophotometry that the part of the beetroot with the highest content of betalains are the leaves.

The determination of antioxidant activity of the encapsulated samples indicates that the best microcapsulating agent of betalains is maltodextrin with gelatin. The betalains are degraded between 50 to 80 °C, forming dehydrogenated products of yellow coloration; maintaining an endothermic behavior between 28.6 °C to 128.7 °C.

**Keywords:** microencapsulation, beetroot, betalains, spectrophotometry, metabolites, antioxidant activity, microencapsulating agent, maltodextrin, gelatin, endothermic, temperature.

## INTRODUCCIÓN

La técnica de la microencapsulación ha venido utilizándose en los últimos años, con la finalidad de poder encapsular materiales que pueden estar presentes en diferentes estados sólidos, líquidos o gaseosos, que evitan la degradación de las propiedades biológicas y fisicoquímicas de sustancias que están presentes en matrices complejas y se encuentran expuestas a condiciones de temperatura y humedad que afecten su calidad.

En el área de los alimentos, la microencapsulación depende del tipo de producto y del principio activo que va a ser microencapsulado, entre los principales propósitos se destaca el implantar en una matriz sustancias bioactivas presentes en los alimentos para impedir que éstos se degraden o pierdan, así como también protegerlas de la reacción que puedan tener con otros compuestos.

El contenido de betalaínas presentes en la remolacha favorecen la actividad antioxidante, lo cual significa una alternativa como fuente de betalaínas y de antioxidantes que al ser consumidos actúan de manera beneficiosa sobre la salud, reteniendo radicales libres y actuando como agentes quelantes de metales, previenen la oxidación de lipoproteínas (LDL) o la acción degenerativa de radicales libres sobre el ADN.

## CAPÍTULO I

### 1. EL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

#### 1.1 Tema de investigación

“Aplicación de la técnica de microencapsulación de betalaínas extraídas a partir de la remolacha, (*Beta vulgaris*).”

#### 1.2 Planteamiento del problema

El sector de Catequilla perteneciente al cantón Chambo de la provincia de Chimborazo – Ecuador, es una zona de producción agrícola donde se puede encontrar diversos alimentos entre los cuales se encuentra la producción de remolacha. La producción y comercialización de este tubérculo genera una cantidad considerable de desechos, la que misma que se orienta a la alimentación animal. Sin embargo, esta práctica es poco eficiente, ya que los animales no consumen el total de los desechos generados, por esta razón se plantea el aprovechamiento de los desechos de la remolacha a través de la producción de subproductos de interés alimentario, con la fin de obtener un producto potencialmente industrializable. (INEC, 2002).

El uso y consumo directo de los alimentos podrían generar un alto consumo de los mismos sin llegar a obtener la cantidad adecuada de antioxidantes que se requiere para que lleguen a funcionar, sin embargo al hacer uso de cualquier técnica de microencapsulación, se puede llegar a obtener antioxidantes encapsulados en pequeñas partículas que al ser consumidos como suplementos alimenticios se puede llegar a completar la dosis requerida por nuestro organismo para su absorción.



### **1.2.1 Contextualización**

En los años ochenta se adopta la mecanización de cultivos de la remolacha, el algodón y el tomate. Desde los años noventa el desarrollo de tecnologías e infraestructura rural, han desarrollado las relaciones de los agricultores con los mercados laborales y de capital, así como de servicios. (Filho & Fornazier, 2016).

En América del Sur, Chile registra una alta producción de remolacha, alcanzando una producción chilena de remolacha es cerca de 1.7 millones de toneladas hasta el año 2010. (Tituaña T. Manuel, 2011).

De acuerdo al Instituto Nacional de Estadística y Censos (INEC), la provincia de Chimborazo es un sector de cultivo de remolacha, encontrándose en el primer lugar a nivel nacional, la superficie y producción agropecuaria se encuentra cerca de un promedio anual de producción de remolacha de 3736 toneladas métricas y una venta anual de 3603 toneladas métricas. (INEC, 2016).

### **1.2.2 Análisis crítico**

Los antioxidantes aparecen a partir de un ajuste entre componentes enzimáticos y nutrientes esenciales. Existen antioxidantes naturales que se encuentran en los alimentos, así como también de forma sintética que son adicionados a los alimentos, que pueden funcionar como compuestos reductores que impiden la formación de oxígeno libre, inactivan los metales pro-oxidativos. Entre los principales compuestos con actividad antioxidante se encuentran los carotenoides, vitamina E, vitamina C, compuestos fenólicos, pigmentos, flavonoides, entre otros. (Villanueva, 2014).

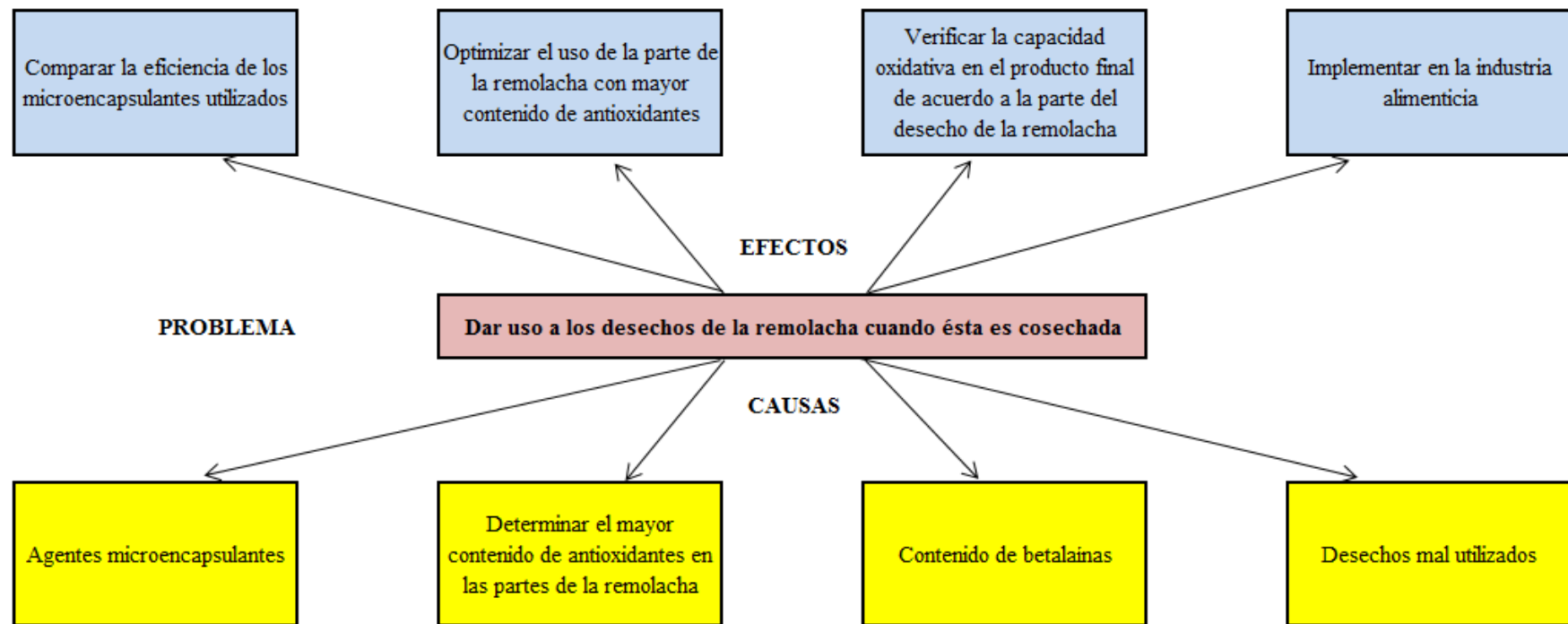
Los compuestos fenólicos son sustancias orgánicas constituyentes de metabolitos presentes en las plantas que tienen diferentes funciones fisiológicas. La actividad antioxidante se debe a la presencia del ortodiol o catecol en su estructura química. (Villanueva, 2014).

El consumo diario recomendado de polifenoles al día es de 1g y las principales fuentes se encuentran en cereales, legumbres y vegetales; así como en el té, las frutas y el café. (Villanueva, 2014).

La microencapsulación se conoce como la capacidad de poder empaquetar materiales sólidos, líquidos o gaseosos, protegiendo al producto de la luz y el oxígeno. La microencapsulación consiste en micropartículas conformadas de una membrana polimérica permeable la cual contiene una sustancia activa. (Parra, 2011).

### 1.2.2.1 Árbol de problemas

Gráfico 1. Árbol de problemas



Elaborado por: Jessica Gabriela Cazorla García. (2017).

### **1.2.3 Prognosis**

La realización de la investigación sobre la “Aplicación de la técnica de microencapsulación de betalaínas extraídas a partir de la remolacha, (*Beta vulgaris*).”; no se lleva a cabo, se generarían varias consecuencias que se detallan a continuación.

- Se desconocería la parte de la remolacha que tiene mayor contenido de betalaínas.
- La identificación del mejor agente encapsulante para betalaínas que mantengan sus propiedades antioxidantes sería postergado.
- Los desechos provocados durante la cosecha de la remolacha no serían reutilizados y aprovechados en la elaboración de un subproducto alimenticio.
- Los desechos que se generan en el cultivo de remolacha, serían orientados a la alimentación animal.
- Las propiedades de la remolacha no podrían ser aprovechadas en la industria alimenticia como un suplemento alimenticio y/o colorante.
- La información sobre la cantidad de polifenoles totales presentes en los microencapsulados sería desconocida.

### **1.2.4 Formulación del problema**

¿Cómo se aplicaría la técnica de microencapsulación de betalaínas extraídas a partir de la remolacha, (*Beta vulgaris*)?

### 1.2.5 Preguntas

- ¿Cuál es la eficiencia de los materiales encapsulantes al ser aplicados con las betalaínas extraídas a partir de la remolacha (*Beta vulgaris*)?
- ¿Cómo determinar la estabilidad de los productos obtenidos realizando una variación de parámetros de control?
- ¿Cuál es el contenido final de polifenoles totales en cada una de las partes de la remolacha una vez encapsuladas sus betalaínas?

### 1.2.6 Delimitación del problema

El alcance de la presente investigación comprende:

- **Campo:** Tecnología de alimentos
- **Área:** Suplementos alimenticios y colorantes
- **Sub área:** Tecnológica - Investigativa
- **Sector:** Industrial
- **Subsector:** Gestión de desechos
- **Delimitación espacial:** El estudio se desarrollará en el Laboratorio de Investigación de la Facultad de Ciencia e Ingeniería en Alimentos, Universidad Técnica de Ambato, Ambato-Ecuador.
- **Delimitación temporal:** El problema será estudiado en el período comprendido entre enero 2017 – julio 2018.

### **1.3 Justificación**

Estudios demuestran que existen alimentos con alta capacidad antioxidante, los mismos que al ser extraídos pueden ser utilizados en la dieta diaria, con la finalidad de proporcionar un alimento rico en antioxidantes, capaz de ayudar a prevenir enfermedades que se dan por la falta de consumo de éste tipo de componentes. (Morillas-Ruiz & Delgado-Alarcón, 2012).

De acuerdo a la base de datos de permisos de la Agencia Nacional de Regulación, Control y Vigilancia Sanitaria de la Zona 3, se encuentran registradas cinco empresas que procesan aditivos alimentarios que son sintetizados de manera artificial. Sin embargo, con el desarrollo de la tecnología se pueden realizar procesos que no afecten a las propiedades nutritivas de las materias primas utilizadas en la elaboración de suplementos. (Morillas-Ruiz & Delgado-Alarcón, 2012).

Se ha determinado que la presente investigación es factible porque mediante el estudio de la técnica de la microencapsulación de betalaínas se puede orientar su uso como suplemento alimenticio el cual puede ser aplicados en diferentes matrices alimentarias. La matriz encapsulante podrá conservar capacidad antioxidante, proporcionando un valor agregado al producto final.

El aporte que generará el presente proyecto, será el aprovechamiento de los residuos generados a partir de la cosecha de la remolacha, obteniendo un producto con características antioxidantes, el cual a futuro puede industrializarse pudiendo crear un sector agroproductivo y a su vez que puedan generar fuentes alimenticias a través de

la optimización de los desechos que hoy por hoy son utilizados solamente como alimento para animales.

## **1.4 Objetivos**

### **1.4.1 Objetivo general:**

Aplicar la técnica de la microencapsulación de betalaínas extraídas a partir de la remolacha (*Beta vulgaris*).”

### **1.4.2 Objetivos específicos:**

- Determinar la eficiencia de los materiales encapsulantes de las betalaínas extraídas de la remolacha.
- Estimar la estabilidad de las betalaínas microencapsuladas realizando una variación de temperatura.

## CAPÍTULO II

### 2. MARCO TEÓRICO

#### 2.1 Antecedentes investigativos

Pastene (2009), menciona que un antioxidante es una sustancia que forma parte de los alimentos. Los antioxidantes se utilizan en la industria alimentaria para retrasar los procesos de oxidación, previniendo la rancidez oxidativa. (Pastene et al, 2009).

Una de las propiedades de los antioxidantes, es proteger a las células del cuerpo de los daños causados por los radicales libres además contribuyen a reducir el riesgo de adquirir enfermedades cardiovasculares y cerebrovasculares. Los bajos niveles de antioxidantes pueden considerarse como un factor de riesgo para ciertos tipos de cáncer y de enfermedades degenerativas. Las betalaínas y los compuestos fenólicos de las remolachas disminuyen el daño oxidativo de lípidos y mejoran el estado antioxidante en los humanos. (Delgado et al, 2000).

En la dieta diaria el consumo de frutas y verduras disminuye el riesgo de enfermedades cardiovasculares. Este efecto se atribuye a los compuestos antioxidantes presentes en estos alimentos, pero en su gran mayoría para ser consumidos requieren ser sometidos a tratamientos térmicos como es el caso de la remolacha; sin embargo estudios demuestran que después del tratamiento térmico de las fracciones de betacianina los pigmentos tienen una degradación leve mientras que la capacidad antioxidante disminuye en aproximadamente un 7%. (Mikolajczyk-Bator & Pawlak, 2016).



La actividad antioxidante enriquece a las lipoproteínas de baja densidad, la betanina y la indicaxantina pueden intervenir en la protección de las lipoproteínas de baja densidad (LDL) frente a las modificaciones oxidativas. (Tesoriere et al, 2004).

La demanda de productos con características orgánicas ha hecho que la industria busque y desarrolle nuevas técnicas de encapsulación, logrando controlar y liberar los diferentes ingredientes presentes en los alimentos, medicamentos y microorganismos; por lo cual, mediante la aplicación de la técnica de la microencapsulación de betalaínas se puede preservar la actividad antioxidante presente en un alimento. (Yáñez et al, 2002).

Los polvos de remolacha obtenidos del proceso de la microencapsulación, aparte de ser utilizados como suplementos alimenticios, se los puede utilizar también como pigmentos naturales para ser incorporados en matrices alimentarias por su contenido de pigmento e higroscopicidad. (Janiszewska, 2014).

La estabilidad de las betalaínas y la actividad antioxidante de las microcápsulas, depende del contenido total de agua en la que se almacenan una vez que han pasado por el proceso de la microencapsulación. (Pitalua, E. et al, 2010).

## **2.2 Fundamento filosófico**

La alimentación y el cuidar de la salud, hoy en día se ha vuelto importante, logrando que existan personas que llevan una vida activa y saludable. El ser humano ha sido el primer animal que ha conseguido ir más allá en la adquisición de alimentos ha

estandarizando los procesos de producción alimentarios, con el fin de eliminar el hambre. El ser humano fue el primero en generar hábitos que le permiten la alimentación profunda y saludable. La disponibilidad de comidas variadas y ricas en vitaminas, fibra, hidratos de carbono, grasas y compuestos que son considerados fundamentales para una correcta nutrición.

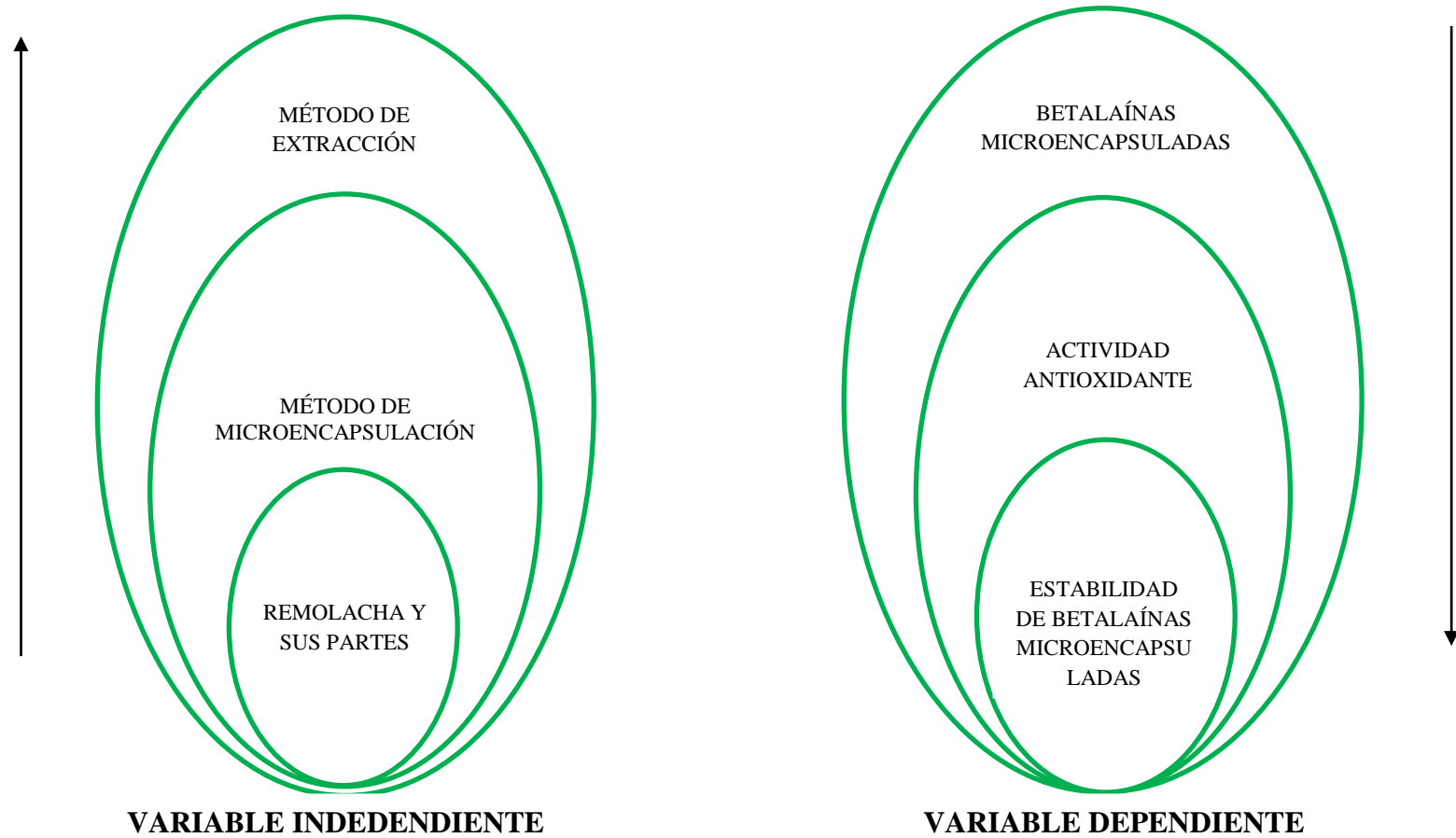
### **2.3 Fundamento Legal**

Los siguientes documentos, en su totalidad o en parte, son indispensables para la ejecución de la presente investigación:

- CODEX 192, Aditivos alimentarios.
- Normativa INEN – 2983, Suplementos alimenticios.
- CPE INEN-CODEX CAC/GL 50, Directrices generales sobre muestreo  
AOAC 2012.22, Vitamina C en formulas infantiles y alimentos nutricionales para adultos/Fórmula nutricional pediátrica.

## 2.4 Categorías Fundamentales

**Cuadro 1.** Categorías Fundamentales



**Elaborado por:** Jessica Gabriela Cazorla García. (2017)

## 2.4.1 Variable independiente

### 2.4.1.1 Remolacha y sus partes

La remolacha (*Beta vulgaris*) es un tubérculo proveniente de Europa, es una raíz grande y carnosa, la cáscara puede ser lisa o rugosa dependiendo del período del año en el que se ha cultivado, la pulpa es carnosa, es de forma alargada, y poco aplastada, la misma va desde colores rosa violeta, anaranjado, rojizo y hasta marrón; y en su estado comestible tiene un sabor dulce (AgroEs. es, 2013).

La clasificación taxonómica de la remolacha se encuentra detallada en la Tabla 1.

**Tabla 1.** Clasificación Taxonómica de la Remolacha

Reino	<i>Plantae</i>
División	<i>Magnoliophyta</i>
Clase	<i>Magnoliopsida</i>
Orden	<i>Caryophyllales</i>
Familia	<i>Amaranthaceae, Chenopodioideae</i>
Género	<i>Beta</i>
Especie	<i>B. vulgaris</i>

**Fuente:** (AgroEs. es, 2013).

### 2.4.1.2 Método de extracción de betalainas

Las betalainas son un grupo formado por alrededor de setenta pigmentos glicosidados hidrosolubles, provenientes de la 1,7-diazoheptametina. (Villanueva, 2014). La remolacha es rica en contenido de polifenoles, los mismos que están asociados a la actividad antioxidante. (Morillas et al, 2012).

Las betalaínas se dividen en betacianinas y betaxantinas, las primeras proporcionan tonalidades rojas, ya que se forman de la condensación de la dihidroxifenilalanina con el ácido betalámico y las betaxantinas que aportan coloraciones amarillas siendo sintetizadas a partir de compuestos amino con el ácido betalámico. (Gandía et al, 2005). Las betalaínas además de dar coloración también poseen actividad antioxidante y actividades biológicas como la inducción de la actividad quinona reductasa. (Azeredo et al, 2007). Se considera que el contenido total de betacianinas y betaxantinas aportan al contenido total de actividad antioxidante en la remolacha. (García et al, 2012)

#### **2.4.1.3 Microencapsulación de betalaínas**

La microencapsulación es un método de encajonamiento de materiales que pueden estar en diferentes estados sólidos, líquidos o gaseosos, que evitan la degradación de las propiedades biológicas y fisicoquímicas de sustancias que están presentes en matrices complejas y se encuentran expuestas a condiciones de temperatura y humedad que afecten su calidad. (Delgado & Vargas, 2000).

Los excedentes de los alimentos se consideran como desechos orgánicos que representan fuentes potenciales de antioxidantes bioactivos y compuestos que pueden ser utilizados en la industria como aditivos alimentarios, la encapsulación es el principal método para la conservación de compuestos bioactivos sensibles, los mismos que se pueden industrializar como subproductos alimentarios. (Tumbas & Saponjac, 2016).

## **2.4.2 Variable dependiente**

### **2.4.2.1 Betalaínas microencapsuladas**

En el área de los alimentos, la microencapsulación depende del tipo de producto y del principio activo que va a ser microencapsulado, entre los principales propósitos se destaca el implantar en una matriz sustancias bioactivas presentes en los alimentos para impedir que éstos se degraden o pierdan, así como también protegerlas de la reacción que puedan tener con otros compuestos. (Parzanese, 2011).

El contenido de betalaínas presentes en la remolacha favorecen la actividad antioxidante, lo cual significa una alternativa como fuente de betalaínas y de antioxidantes que al ser consumidos actúan de manera beneficiosa sobre la salud, reteniendo radicales libres y actuando como agentes quelantes de metales, previenen la oxidación de lipoproteínas (LDL) o la acción degenerativa de radicales libres sobre el ADN. (García & Cruz, 2012).

### **2.4.2.2 Actividad antioxidante**

Los antioxidantes son conocidos como protectores ya que previenen la formación de radicales libres. Los antioxidantes presentes en las frutas ayudan con la prevención de enfermedades relacionadas con el estrés oxidativo. (Villanueva, 2014). . El estrés oxidativo se genera cuando la protección antioxidante del organismo es destacada por la capacidad del mismo para establecer radicales libres que originen la oxidación de macromoléculas biológicas. (Speisky, 2017).

Los alimentos como: avena, café, arroz, frutas, vegetales, son fuentes naturales de antioxidantes, pudiendo encontrar muchos compuestos y si éstos son purificados se podrá obtener una actividad antioxidante distinta a la que se encuentra en estado natural. (Villanueva, 2014).

La actividad antioxidante presenta efectos biológicos como:

- Presentan un comportamiento antagónico hacia receptores cancerígenos.
- Inhiben la inducción de enzimas promotoras de cáncer.
- Dosifican la secreción de citosinas para evitar la proliferación tumoral.
- Disponen de propiedades antiinflamatorias.

En la actualidad el consumo de alimentos con alta actividad antioxidante es considerado una de las maneras más prácticas para disminuir la muerte por enfermedades crónicas no transmisibles.

#### **2.4.2.3 Estabilidad de betalaínas microencapsuladas**

La remolacha para ser consumida debe ser sometida a tratamientos térmicos (escaldado, tostado), los mismos que afectan la actividad antioxidante del tubérculo. La temperatura es un factor determinante en la estabilidad de las betalaínas, las mismas que al ser calentadas producen una reducción colorimétrica de rojo a marrón debido a que existe una aceleración para la producción de ácido betalámico, por otro lado la coloración de las betalaínas es estable a un pH entre 3 a 7. La luz solar se considera como otro factor que degrada a las betalaínas en un 15,6%. (López et al, 2013, Villanueva, 2014).

## **2.5 Hipótesis**

Al utilizar las betalaínas extraídas, provenientes de una de las partes de la remolacha con mayor contenido de betalaínas y que las mismas sean microencapsuladas utilizando diferentes materiales encapsulantes, podrá ayudar a identificar el mejor material encapsulante para betalaínas y estimar la estabilidad de la misma al variar temperaturas.

**Hi:** El uso de betalaínas extraídas provenientes de una de las partes de la remolacha con mayor contenido de betalaínas, contribuirá a determinar el mejor material encapsulante y estimar la estabilidad de la muestra microencapsulada.

**Ho:** El uso de betalaínas extraídas provenientes de una de las partes de la remolacha con mayor contenido de betalaínas, no contribuirá a determinar el mejor material encapsulante y estimar la estabilidad de la muestra microencapsulada.

## **2.6 Señalamiento de variables**

### **Variable independiente**

La remolacha y sus partes.

### **Variable dependiente**

Estabilidad de las betalaínas.



## CAPÍTULO III

### 3. METODOLOGÍA

#### 3.1 Modalidad básica de la investigación

- **Documental bibliográfica:** Se analizó varios artículos científicos, artículos de investigación, libros, revistas especializadas, reportes oficiales referentes a betalaínas, metodologías de extracciones, métodos de microencapsulación, actividad antioxidante, procesamiento térmico, calorimetría diferencial de barrido, a partir del año 2013, publicaciones del repositorio de Universidades del Ecuador y Europa.
- **De Campo:** La investigación se realizó con la remolacha y la extracción de compuestos de interés que fueron sometidos a la técnica de microencapsulación.
- **Experimental:** En el presente estudio se trabajaron con las variables que han sido propuestas, observó el comportamiento de las mismas durante el desarrollo de la presente investigación y probar la hipótesis planteada.

#### 3.2 Nivel o tipo de investigación

De acuerdo a los objetivos ésta es una investigación exploratoria, aplicada y descriptiva que se detalla a continuación:

### **3.2.1 Exploratoria**

La presente es un tipo de investigación exploratoria, ya que se realizará una búsqueda de datos obtenidos a través de la investigación básica en el laboratorio, las que se encuentran relacionadas con el método y los materiales, que serán utilizados para la microencapsulación de betalaínas extraídas de la remolacha.

### **3.2.2 Aplicativa**

La investigación es aplicada, debido a que la misma será realizada en base al contenido de betalaínas de las diferentes partes de la remolacha, logrando una optimización de los desechos generados del tubérculo antes de su comercialización e identificando el mejor material encapsulante para betalaínas.

### **3.2.2 Descriptiva**

Al obtener el microencapsulado de betalaínas de la remolacha, se podrá aportar en la gestión de desechos orgánicos que se generan en el cultivo y comercialización de la remolacha, así como también con la aplicación de la técnica de la microencapsulación de betalaínas de acuerdo a los datos que se obtengan en el laboratorio comprobando estadísticamente los resultados, se pueden utilizar criterios técnicos que permitan interpretar los análisis que se están estudiando, proporcionando información metódica y comparable con fuentes analizadas de temas semejantes los cuales han sido publicados.

### 3.3 Población y muestra

En la presente investigación no dispone de población, ya que se analizará el contenido de betalaínas extraídas de la remolacha. La muestra se relaciona de la siguiente manera:

- Recolección de la muestra de remolacha en el sector Catequilla Cantón Chambo procedente de comercializadores de remolacha que expenden su producto en el Mercado Mayorista de la ciudad de Riobamba.
- Se dividirán las partes de la remolacha de la misma manera en la que se realiza en la comercialización.

**Tabla 2.** Partes de la Remolacha utilizadas.

<b>Muestra</b>	<b>Tipo</b>
Partes	Hojas Pulpa Cáscara Cáscara + Pulpa
Microencapsulante	Maltodextrina Maltodextrina + Goma arábica Maltodextrina + Gelatina

**Elaborado por:** Jessica Gabriela Cazorla García. 2017.

### 3.4 Operacionalización de variables

Tabla 3. Variable Independiente

Conceptualización	Categorías	Indicador	ITEM	Test Instrumental
<p>La remolacha es un tubérculo proveniente de Europa, es una raíz grande y carnosa que crece de la planta <i>Beta vulgaris</i>, es de forma alargada, poco aplastada, de coloración rosa violeta, anaranjado, rojizo y hasta marrón. (AgroEs. es, 2013). La remolacha contiene betalaínas que pueden ser betacianinas (pigmentos violetas) o betaxantinas (pigmentos amarillos). (García-Cruz, Salinas-Moreno, &amp; Valle-Guadarrama, 2012).</p>	Remolacha y sus partes	Contenido de betalaínas	¿Cuál de todas las partes de la remolacha posee mayor contenido de betalaínas?	Espectrofotómetro UV
	Método de extracción de betalaínas	Extracto de betalaínas	¿Cuál es la cantidad de extracto de remolacha que se obtiene de betalaínas para ser microencapsulado?	Rota evaporador
	Método de microencapsulación	Materiales microencapsulantes	¿Cuál de mis muestras se microencapsuló de mejor manera?	Secador por aspersión

Elaborado por: Jessica Gabriela Cazorla García. 2017.

**Tabla 4.** Variable Dependiente

<b>Conceptualización</b>	<b>Categorías</b>	<b>Indicador</b>	<b>ITEM</b>	<b>Test Instrumental</b>
La microencapsulación utiliza microcápsulas selladas conformadas por una membrana semipermeable la cual contiene una sustancia activa. (Parra, 2011).	Betalaínas microencapsuladas	Contenido de betalaínas	¿Cuál de las muestras microencapsuladas contiene mayor contenido de betalaínas?	Secador por aspersión
	Contenido de antioxidantes	Contenido de antioxidantes	¿Cuál de las muestras microencapsuladas contiene mayor contenido de antioxidantes?	Técnica del ácido tiobarbitúrico
	Estabilidad de betalaínas microencapsuladas	Estabilidad de betalaínas a diferentes temperaturas	¿Cuál de mis muestras se mantiene estable al ser expuesta a diferentes temperaturas?	Calorimetría Diferencial de Barrido – DSC

**Elaborado por:** Jessica Gabriela Cazorla García. 2017.

### **3.5 Plan de recolección de información**

Las técnicas utilizadas para realizar la recolección de la información serán, la observación directa, debido a que se estará en contacto directo con el objeto de estudio en ambientes y escenarios, los mismos que estarán debidamente equipados para llevar a cabo la investigación, que conduzca a la comprobación o rechazo de la hipótesis planteada.

#### **3.5.1 Materiales y métodos**

##### **3.5.1.1 Determinación del contenido de betalaínas en las diferentes partes de la remolacha**

Lavar las remolachas y separar cada una de las partes de la misma con la ayuda de un cuchillo, picar individualmente las hojas, pulpa y cáscara de la remolacha obteniendo cuatro tipos diferentes de muestras (hojas, pulpa, cáscara y cáscara + pulpa). Para la extracción de las betalaínas se utilizó dos porcentajes de etanol al 70% y 95%. Se colocan las diferentes muestras en frascos esterilizados de 125 ml y se los deja en reposo a 4°C durante 24 horas y 48 horas respectivamente. Se filtra el contenido de cada una de las muestras obteniendo un total de 16 muestras, se conserva a 4°C durante 24 horas en envases de vidrio y cubiertos con papel aluminio. Se construyó la curva patrón con el uso de Betaina (Sigma\_Aldrich) y espectrofotometría, se construyó la curva patrón a una longitud de onda de 215 nm y se realizó el análisis espectrofotométrico a las muestras con las mismas condiciones de la curva patrón a las muestras.

### 3.5.1.2 Microencapsulación de betalaínas

Una vez determinado el contenido de betalaínas en las diferentes partes de la remolacha, se determinó que la muestra con mayor contenido de betalaínas son las hojas, maceradas con etanol al 75% por 24 horas; se realiza la microencapsulación de la muestra utilizando 280 ml de extracto y se concentró con la ayuda del roto evaporador a una temperatura de 78°C.

Se determinó el contenido de humedad en la muestra concentrada; posteriormente se procede a realizar la microencapsulación de las muestras utilizando maltodextrina; maltodextrina + goma arábica y maltodextrina + gelatina sin sabor, en el secador por aspersión. Se calienta parcialmente los extractos en una plancha de calentamiento con agitación constante y se agrega la muestra líquida al equipo de secado por aspersión a una temperatura de entrada de 140°C y de salida 80°C, obteniéndose un extracto seco. Se almacenan las muestras en un lugar oscuro a temperatura ambiente.



**Figura 1.** Microencapsulación  
**Elaborado por:** Jessica Gabriela Cazorla García

### **3.5.1.3 Determinación de actividad antioxidante de las muestras microencapsuladas:**

Pesar 50 mg de cada una de las muestras de microencapsulado, 10 mg de estándar de betaínas Sigma y 10 mg de aceite de oliva, se colocó 10 ml de aceite de oliva en cada uno de los tubos de ensayo, se incubó a 100°C durante 48 horas en agitación, se enfrían y con la ayuda de una micropipeta se miden 2 ml de cada una de las muestras que se realizaron por duplicado en los tubos eppendorf y centrifugar los tubos por 60 minutos a 13000 rpm. En cada uno de los tubos pesados previamente se adiciona 0,9 microlitros de ácido tiobarbitúrico, se coloca las muestras en un termobloque a 100°C por 1 hora, una vez transcurrido el tiempo indicado se retira el sobrenadante y se centrifuga nuevamente por 15 minutos. Realizar la lectura en un espectrofotómetro 35 – FQ marca Génesis. Modelo 4001/4 a una longitud de onda de 532 nm. (Msagati, 2012).

### **3.5.1.4 Estimar la estabilidad de las betalaínas microencapsuladas realizando una variación de temperaturas; mediante el método de calorimetría diferencial de barrido (DSC):**

Se procedió a utilizar la técnica del DSC o técnica de Calorimetría Diferencial de Barrido, se utilizan dos cápsulas, una de las cápsulas contiene la muestra de betalaínas microencapsuladas con maltodextrina y gelatina mientras que la segunda cápsula se encuentra vacía a la cual se la denomina blanco.

Para el procedimiento se utilizan calefactores individuales para cada cápsula y mediante un sistema de comprobación se ocasionan diferencias de temperatura entre las dos muestras. (Suriñach et al, 1992).



### **3.5 Plan de procesamiento de la información**

La información obtenida en la presente investigación, se procesó con los paquetes informáticos:

En el análisis estadístico se utilizó el programa IBM SPSS, para el análisis de los espectros y termogramas se utilizó EssentialFTIR®.

## CAPÍTULO IV

### 4. ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

#### 4.1 Análisis de los resultados

##### 4.1.1 Determinación del contenido de betalaínas en las diferentes partes de la remolacha:

En la Tabla 5, se encuentra la concentración de betalaínas de cada una de las muestras, las mismas que oscilan entre los 8,4 mg betaina 100 ml<sup>-1</sup> y 6,41 mg betaina 100 ml<sup>-1</sup> ; la muestra con mayor concentración de betalaínas fueron las hojas de la remolacha con un contenido de 8,4 mg betaina 100 ml<sup>-1</sup> .

**Tabla 5.** Espectrofotometría de contenido de betalaínas

Muestra	Etanol (%)	Tiempo (horas)	Espectrofotometría (215 nm)		Concentración de Betalaínas (mg/ml)
			Promedio Repeticiones	Desviación Estándar	
Cáscara	70	24	4,975	0,000	4,975
		48	5,937	0,092	5,937
	95	24	5,082	2,136	5,082
		48	5,654	1,174	5,654
Hojas	70	24	8,400	1,352	8,400 *
		48	2,539	0,223	2,539
	95	24	3,761	0,378	3,761
		48	6,410	0,888	6,410
Pulpa	70	24	1,630	0,229	1,630
		48	1,997	0,561	1,997
	95	24	1,760	0,178	1,760

		48	1,599	0,097	1,599
Cáscara + pulpa	70	24	2,619	0,704	2,619
	95	48	3,726	0,355	3,726
	70	24	3,215	0,143	3,215
	95	48	4,417	1,002	4,417

**Elaborado por:** Jessica Gabriela Cazorla García  
 \* Mayor contenido de betalaínas

#### 4.1.2 Microencapsulación de Betalaínas.

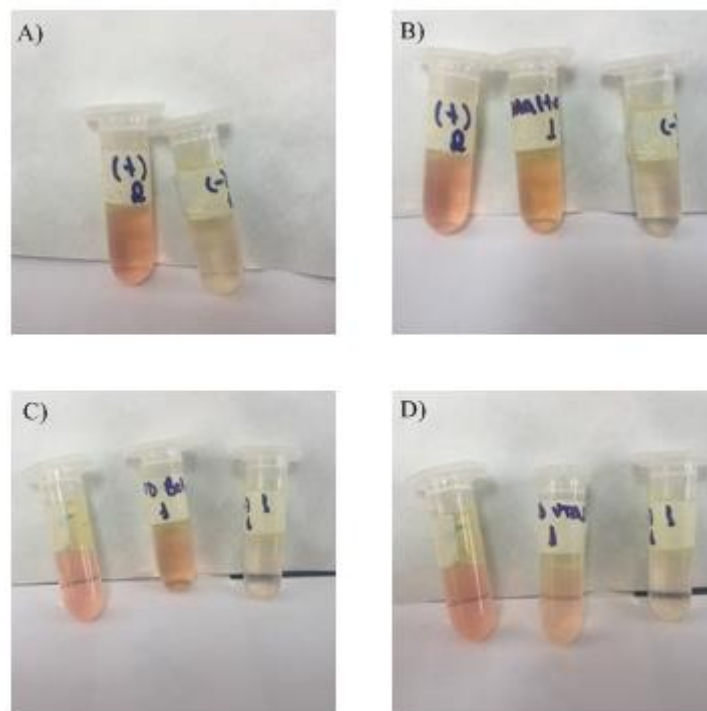
Las betalaínas extraídas de las hojas poseen un 4,96% de sólidos, previo al paso de microencapsulación se concentra la muestra hasta el 20% de sólidos, ya que el 80% restante será el agente microencapsulantes (Tabla 2), que mediante secado por aspersión se obtuvieron 3 microencapsulados.

En las muestras encapsuladas con maltodextrina se obtuvo un rendimiento del 15,33%, mientras que la muestra encapsulada con maltodextrina y goma arábiga (50% y 30% respectivamente) tuvo un rendimiento del 13,33% y la muestra encapsulada con maltodextrina y gelatina (50% y 30% respectivamente) tuvo un rendimiento del 11,33%.

#### 4.1.3 Determinación de actividad antioxidante

Mediante la aplicación de la técnica del ácido tiobarbitúrico (Fig.2), se puede observar cambios colorimétricos los cuales se relacionan con la actividad antioxidante presentes en las diferentes muestras microencapsuladas; así en la Fig.2A se puede observar la coloración obtenida del aceite incubado por 48 horas vs aceite fresco sin incubar la cual es rosa pálido; en la Fig. 2B se observa una coloración rosa con amarillo obtenida de la

muestra microencapsulada con maltodextrina, en la Fig. 2C tenemos la muestra microencapsulada con maltodextrina y goma arábica con una coloración rosa pálido bajo, finalmente la Fig. 2D, la cual indica una coloración rosácea pálido sin mezcla de color amarillo que al ser comparada con las anteriores es la que más se acerca al blanco (aceite sin incubar) y ésta pertenece a la muestra microencapsulada con maltodextrina y gelatina.



**Fig 2.** Actividad Antioxidante

A) Coloración aceite incubado por 48 horas vs aceite fresco sin incubar. B) Coloración muestra microencapsulada con maltodextrina. C) Coloración muestra microencapsulada con maltodextrina + goma arábica. D) Coloración muestra microencapsulada con maltodextrina + gelatina

**Elaborado por:** Jessica Gabriela Cazorla García

**Tabla 6.** Espectrofotometría de contenido de betalaínas – Técnica Msagati

AGENTE MICROENCAPSULANTE	PESO 1	PESO 2	LECTURA ESPECTRO 1	LECTURA ESPECTRO 2	LECTURA FINAL CROMÁTICA
<b>PARA LAS COMPARACIONES</b>					
ACEITE INCUBADO X 48 HORAS 1	0,7828	0,7827	0,6560	0,6350	
ACEITE INCUBADO X 48 HORAS 2	0,7860	0,7737	0,6550	0,6620	
ACEITE FRESCO SIN INCUBAR 1	0,7825	0,7876	0,1090	0,1250	
ACEITE FRESCO SIN INCUBAR 2	0,7831	0,7827	0,1240	0,1300	
<b>MEDICIONES EN LOS ESTÁDARES</b>					
STD BETALAÍNA 1	0,7832	0,7838	0,4060	0,4550	
STD BETALAÍNA 2	0,7855	0,7818	0,4660	0,4720	
STD UTA 1	0,7861	0,7848	0,2830	0,2860	
STD UTA 2	0,7883	0,7853	0,2660	0,2550	
<b>MEDICIONES DE LAS MUESTRAS</b>					
MALTODEXTRINA + GELATINA 1	0,7858	0,7853	0,4520	0,4780	*
MALTODEXTRINA + GELATINA 2	0,7886	0,7838	0,4510	0,4760	*
MALTODEXTRINA 1	0,7816	0,7855	0,3610	0,3060	
MALTODEXTRINA 2	0,7846	0,7824	0,3120	0,3390	
MALTODEXTRINA + GOMA ARÁBIGA 1	0,7992	0,7989	0,2720	0,2440	
MALTODEXTRINA + GOMA ARÁBIGA 2	0,7827	0,7821	0,2260	0,2730	

**Elaborado por:** Jessica Gabriela Cazorla García

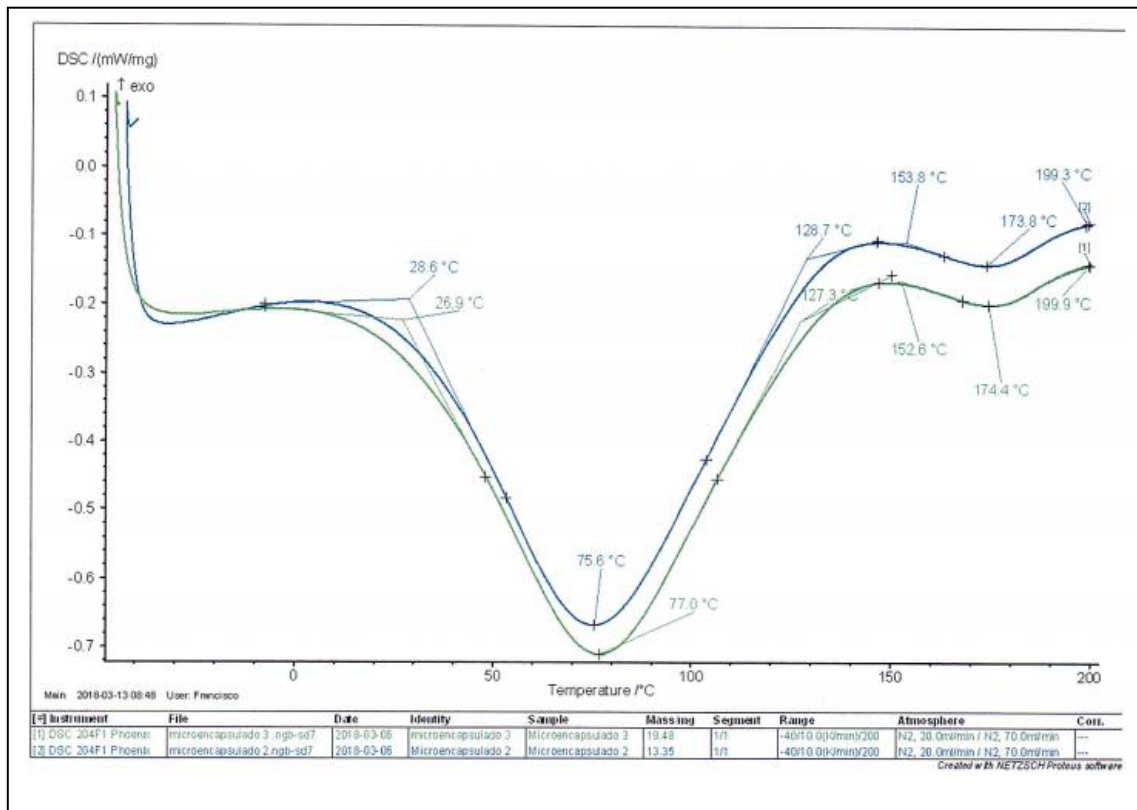
\* Mayor actividad antioxidante

El análisis estadístico se lo realiza en base a la siguiente ecuación la cual se obtuvo al realizar el análisis en el programa estadístico SPSS:

$$F = \frac{\sigma_1^2}{\sigma_2^2} = \frac{n\sigma_T^2}{S_j^2}$$

#### 4.1.4 Estabilidad de las betalaínas microencapsuladas

La muestra de betalaínas microencapsuladas con maltodextrina y gelatina fue analizada a atmósfera inerte de nitrógeno con 20.0 ml /min, generó una reacción isotérmica en su comportamiento el cual se observa marcado a partir de los 20 °C hasta los 200 °C (Fig. 3), absorbiendo rápidamente el calor al cual es sometido.



**Fig. 3.** Curva Isotérmica Calorimetría Diferencial de Barrido

**Fuente:** Centro de Investigaciones Aplicadas a Polímeros CIAP – EPN.  
**Elaborado por:** Centro de Investigaciones Aplicadas a Polímeros CIAP – EPN.

De acuerdo a éstos resultados se puede verificar que las betalaínas estudiadas tienen un comportamiento isotérmico lo cual puede influir en la estabilidad de sus componentes, sin embargo se puede observar estabilidad en la curva a partir de los 0°C hasta los 28°C.

**Tabla 7.** Transición endotérmica 1 del microencapsulado de betalaína en gelatina + goma arábica

<b>Determinación</b>	<b>Inicio</b>	<b>Final</b>	<b>Punto Mínimo</b>
1	28,6	128,7	75,6
2	26,9	127,3	77
<b>Promedio</b>	<b>27,8</b>	<b>128</b>	<b>76,3</b>

**Fuente:** Centro de Investigaciones Aplicadas a Polímeros CIAP – EPN.  
**Elaborado por:** Centro de Investigaciones Aplicadas a Polímeros CIAP – EPN.

**Tabla 8.** Transición endotérmica 2 del microencapsulado de betalaína en gelatina + goma arábica

<b>Determinación</b>	<b>Inicio</b>	<b>Final</b>	<b>Punto Mínimo</b>
1	153,8	199,3	173,8
2	152,6	199,9	174,4
<b>Promedio</b>	<b>153,2</b>	<b>199,6</b>	<b>174,1</b>

**Fuente:** Centro de Investigaciones Aplicadas a Polímeros CIAP – EPN.  
**Elaborado por:** Centro de Investigaciones Aplicadas a Polímeros CIAP – EPN.

Las transiciones endotérmicas 1 y 2 con un punto mínimo promedio de 76,3°C (Tabla 7) y 174,1 °C (Tabla 8) indican la absorción de energía o calor en éstos puntos. Las betalaínas se degradan lentamente por la temperatura a la cual se exponen, razón por la cual, se puede determinar que el compuesto no debería superar los 25°C para poder mantener su estabilidad.

## **4.2 Interpretación de datos**

### **4.2.1 Determinación del contenido de betalaínas**

La cantidad promedio de betalaínas presentes en la remolacha es de 129 mg  $100^{-1}$  g de remolacha. (Verónica et al, 2015). En la extracción realizada se obtuvo que el mayor contenido de betalaínas analizadas se encuentran presentes en las hojas de la remolacha con un contenido de 8,400 mg de betaína  $100^{-1}$  (Tabla 5).

Al comparar con datos reportados en bibliografía se puede atribuir a que estos valores obtenidos se deben a que el análisis realizado de las diferentes partes de la remolacha fueron macerados en etanol, mientras que los resultados de Ortiz (2015), indican que son a partir del tubérculo sin macerar; siendo el alcohol un principal componente que puede influir en el comportamiento de las betalaínas presentes en cada una de las partes analizadas de la remolacha.

### **4.2.2 Microencapsulación de Betalaínas.**

Al obtener tres compuestos microencapsulados de la misma muestra pero con distinta matriz encapsulante, se observó que el rendimiento de cada uno de los microencapsulados obtenidos varía de acuerdo al tipo de agente microencapsulante utilizado, habiendo un mayor rendimiento del microencapsulado con maltodextrina y gelatina (50 y 30% respectivamente), lo cual se atribuye a la viscosidad con la que ingresa la solución al equipo de secado y a la capacidad de encapsulante de la matriz.



### 4.2.3 Determinación de actividad antioxidante

**Tabla 9.** ANOVA

	Suma de cuadrados	Gl	Media cuadrática	F	Sig.
Entre grupos	0.072	2	0.036	137.435	0.000
Dentro de grupos	0.002	9	0.000		
Total	0.074	11			

**Elaborado por:** Jessica Gabriela Cazorla García

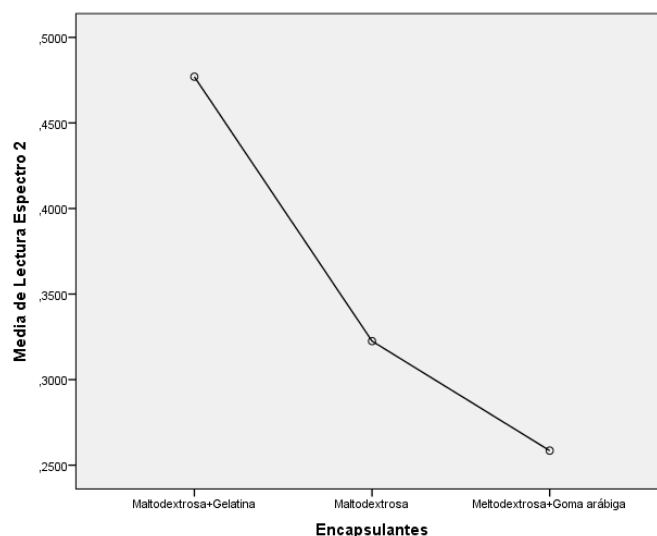
**Tabla 10.** Prueba de Tuckey

Variable dependiente: Lectura Espectro 2 - HSD Tukey

(I) Encapsulantes	(J) Encapsulantes	Diferencia de medias (I-J)	Error estándar	Sig.	95% de intervalo de confianza	
					Límite inferior	Límite superior
Maltodextrosa+ Gelatina	Maltodextrosa	0.15450*	0.01400	0.000	0.11541	0.19359
	Meltodextrosa+ Goma arábica	0.21850*	0.01320	0.000	0.18164	0.25536
Maltodextrosa	Maltodextrosa+ Gelatina	-0.15450*	0.01400	0.000	-0.19359	-0.11541
	Meltodextrosa+ Goma arábica	0.06400*	0.01044	0.000	0.03486	0.09314
Meltodextrosa+ Goma arábica	Maltodextrosa+ Gelatina	-0.21850*	0.01320	0.000	-0.25536	-0.18164
	Maltodextrosa	-0.06400*	0.01044	0.000	-0.09314	-0.03486

**Elaborado por:** Jessica Gabriela Cazorla García

\*La diferencia de medias es significativa en el nivel 0.05.



**Fig. 4.** Medias de las muestras microencapsuladas  
**Elaborado por:** Jessica Gabriela Cazorla García

La Fig. 4, indica que la muestra microencapsulada con maltodextrosa y gelatina tiene una media de lectura del espectro de aproximadamente 4700; la muestra microencapsulada con maltodextrosa tiene una media de lectura del espectro de aproximadamente 3200 y la muestra microencapsulada con maltodextrosa y goma arábica, tiene una media de lectura del espectro de aproximadamente 2600, mostrando las diferencias entre las medias de los tres grupos de encapsulantes, al ser la muestra microencapsulada con Maltodextrosa + Gelatina; la que refleja mayor actividad antioxidante siguiéndole la muestra microencapsulada con maltodextrosa y finalmente la muestra microencapsulada con maltodextrosa y goma arábica; aceptando la hipótesis planteada al inicio de la investigación.

#### **4.2.4 Estimación de la estabilidad de las betalainas**

Según Hurtado, (2015). Las betalainas se degradan entre los 50 a 80 °C, formando productos deshidrogenados de coloración amarilla. En la Fig. 3 se determinó que la

temperatura es un factor que influye en la estabilidad de los microencapsulados, la velocidad de degradación es directamente proporcional al incremento de la temperatura.

Mediante el esquema de recristalización (Fig. 3), se puede observar que la solubilidad de la muestra incrementa conforme se mantiene un calentamiento lineal de cada uno de los crisoles utilizados. El punto de fusión de la muestra analizada se encuentra entre los 26.9 °C hasta los 28.6 °C; así también la muestra se analizó a una temperatura desde 127.3°C hasta los 128.7 °C.

### 4.3 Verificación de hipótesis

#### 4.3.1 Modelo Matemático.

$$\mu_1 = \mu_2 = \mu_3$$

$$\mu_1 \neq \mu_2 \neq \mu_3$$

#### 4.3.1 Modelo Estadístico.

- **Elección de la prueba:** para la verificación de hipótesis se seleccionó la Prueba ANOVA de un factor y Tukey para contrastar la igualdad de las medias de tres grupos de encapsulantes, midiendo el valor de la lectura del Espectro.
- **Nivel de significancia:** Se utilizó un nivel de confianza del 95% y un nivel de error de 5%.
- **Regla de decisión:** Si el valor de p es menor o igual al nivel de significancia, se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alterna o de investigación; mientras que si el valor de p es mayor al nivel de significancia, se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alterna.

## CAPÍTULO V

### 5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

#### 5.1 Conclusiones

- Se determinó que la parte de la remolacha con mayor contenido de betalaínas son las hojas, una vez extraídas las betalaínas a partir de las diferentes partes de la remolacha y mediante un análisis de espectrofotometría.
- El mejor encapsulante fue la combinación entre la maltodextrina al 50% con la gelatina al 30%.
- Las betalaínas microencapsuladas con maltodextrina al 50% con la gelatina al 30%, indican un comportamiento endotérmico entre los 28.6 °C hasta los 128.7 °C, corroborando que conforme la temperatura se incrementa, las betalaínas se degradan entre los 50 a 80 °C, formando productos deshidrogenados de coloración amarilla.

## 5.2 Recomendaciones

- Se recomienda medir la actividad antioxidante de los extractos de las hojas de remolacha previa a la encapsulación, con la finalidad de comparar la actividad antioxidante antes y después de este proceso.
- Se recomienda realizar variaciones de temperaturas en la técnica de microencapsulación con los mismos compuestos, para determinar el efecto de la temperatura en la textura del compuesto final obtenido.
- Se recomienda realizar análisis de acuerdo a la Normativa INEN NTE – 2983, Suplementos alimenticios, para poder determinar el cumplimiento de la Normativa como Suplemento para su comercialización.
- Se recomienda aplicar el microencapsulado de betalaínas obtenido en matrices alimentarias y realizar pruebas organolépticas del producto final para ser aplicado como suplemento alimenticio.

## CAPÍTULO VI

### 6. PROPUESTA

#### 6.1 Datos informativos

- **Tema:** Aplicación de un microencapsulado de betalaínas provenientes de los residuos de la remolacha en matrices alimentarias dirigidas en la alimentación escolar.
- **Institución Ejecutora:** Universidad Técnica de Ambato
- **Beneficiarios:** Centros Infantiles del Buen Vivir, Estudiantes de Ingeniería en Alimentos, productores de remolacha, GADS Municipales, Empresas que dispongas gestión de residuos.
- **Ubicación:** Chambo – Riobamba
- **Tiempo estimado de ejecución:** 6 meses  
**Inicio:** julio 2018  
**Fin:** diciembre 2018
- **Equipo técnico responsable:** Ing. Gabriela Cazorla; Ing. Liliana Cerda Dra..

#### 6.2 Antecedentes de la propuesta

A los residuos se los conoce como a aquellos materiales que no disponen de valor económico para el usuario pero si un valor comercial para su recuperación e incorporación al ciclo de vida de la materia. (INEC, 2014).

En el período de los años 2010 al 2014, aumentó la clasificación de los residuos orgánicos en un 7,6%; hasta llegar a la cifra de 22,77% de hogares que clasificaban sus desechos en el año 2014. (INEC, 2014)

Los beneficios de reciclar residuos orgánicos son los siguientes:

- Reducir la cantidad de basura que evacua en vertedero.
- Cerrar el ciclo de la materia orgánica.
- Obtener un abono de calidad para las plantas, sin tener que utilizar productos químicos.
- Reintegrar al suelo materia orgánica, para su enriquecimiento.

El consumo de los alimentos está determinado por sus características organolépticas, principalmente el color; en base a últimos estudios los colorantes sintéticos por su toxicidad están siendo reemplazados por alternativas naturales, uno de los principales colorantes son las betalaínas presentes en la remolacha, por medio de su estudio y los factores que intervienen en la estabilidad de las betalaínas y sus rendimientos de extracción, centrándose en el serio uso como colorante alimentario natural. (Martins, Roriz, Morales, Barros, & Ferreira, 2017).

La inadecuada distribución y servicio de raciones alimenticias a los estudiantes se ve relacionado con el inadecuado rendimiento escolar, viéndose reflejado como una problemática el desperdicio y no consumo de alimentos que son entregados a los estudiantes beneficiarios del PAE (Programa de Alimentación Escolar), por la falta de variedad de productos. (Ubidia, 2016).

### **6.3 Justificación**

La presente investigación es de gran importancia, debido a que no existen estudios relacionados con el tema en la provincia; por lo cual se pretende aportar con resultados obtenidos experimentalmente para que se los pueda tomar como una base para ser aplicados a nivel industrial y a la vez promover el uso de los desechos generados a partir

de la remolacha y reemplazar el uso de suplementos alimenticios que no aportan nutricionalmente en la alimentación de los estudiantes.

La investigación brinda la posibilidad de poder aplicar conocimientos probados experimentalmente, en matrices alimentarias el poder antioxidante que fue analizado en la presente investigación a partir de la microencapsulación de betalaínas a partir de los desechos de la remolacha, siendo la principal fuente de actividad antioxidante las hojas del tubérculo; aprovechando de ésta manera los residuos que se generan en el cultivo y venta.

La propuesta es definitivamente factible, ya que está respaldada por bibliografía actualizada y poder establecerse como una guía de consulta y análisis de resultados; además es realizable en nuestro entorno y política actual del país, a la vez que se estaría aportando en la optimización de desechos.

## **6.4 Objetivos**

### **6.4.1 Objetivo General**

- Aplicar el microencapsulado de betalaínas provenientes de los residuos de la remolacha en matrices alimentarias dirigidas en la alimentación escolar.

### **6.4.2 Objetivos Específicos**

- Determinar la temperatura adecuada de almacenamiento de las betalaínas microencapsuladas
- Determinar las propiedades físico-químicas del producto.



- Evaluar la actividad antioxidante en la dieta de los alumnos a los cuales son beneficiarios de la alimentación escolar.

### **6.5 Análisis de factibilidad**

El proyecto de investigación es de tipo aplicativo, debido a que se puede realizar una nueva línea de productos aplicados en la alimentación escolar para la evaluación de la actividad antioxidante del microencapsulado aplicado en diferentes temperaturas por las diferentes matrices a las que se aplicaría el producto obtenido. El análisis de factibilidad es de carácter social, debido a que contribuye al desarrollo económico de los productores de remolacha en la provincia de Chimborazo, usando los datos obtenidos en el presente trabajo, pudiendo ser de gran ayuda en el Programa de Alimentación Escolar manejado por el Ministerio de Educación, productores y comercializadores de remolacha, Mercados Municipales, entre otros.

### **6.6 Fundamentación**

Las personas evitan cada vez más el consumo de alimentos que contienen colorantes sintéticos, requiriendo el reemplazo por pigmentos naturales, así tenemos: carotenoides, betalaínas, antocianinas, entre otros. Además, se aluden varias investigaciones que demuestran la potente actividad antioxidante de las betalaínas, lo cual va de la mano con la protección contra enfermedades degenerativas como el cáncer. (Azeredo, 2009)

En el proceso de la alimentación, cuando un alimento no es inocuo, aquellas personas que se encuentran con las defensas bajas, están expuestos a riesgos para su salud ya sean éstos agudos y crónicos, más aún cuando son niños que no disponen de una

alimentación adecuada en sus hogares y lo único que ingieren son los alimentos que les brinda el Gobierno Nacional como alimentación escolar.

El Proyecto de Alimentación Escolar del Ministerio de Educación, favorece al acatamiento del Plan Nacional para el Buen Vivir, haciendo énfasis en la igualdad, la cohesión, la inclusión y la equidad social y territorial, en la diversidad; certificar la igualdad en el acceso a servicios de salud en los cuales se menciona la alimentación escolar, educación de calidad e inclusión. (Ubidia, 2016).

De acuerdo al análisis realizado mediante la presente investigación, se pudo evidenciar que, la parte que mayor contenido de betalaínas presentes en la remolacha son las hojas en un concentrado de etanol al 70%; del mismo se obtuvo el concentrado para poder proceder con la microencapsulación de las betalaínas presentes en ésta parte de la remolacha con diferentes materiales microencapsulantes, llegando así a obtener aún presencia de actividad antioxidante en una vez microencapsulado el producto final; pudiendo ser aplicado en diferentes matrices alimentarias las cuales pueden ser industrializadas.

Así también se generaría una optimización de residuos los cuales son forjados durante la cosecha y en la comercialización de la remolacha; comprometiendo a los Mercados Municipales en tener un buen manejo de desechos y aplicación de los mismos, generando ingresos económicos a los propietarios de las pequeñas parcelas que comercializan sus productos en éstos mercados.

El método de microencapsulación de sustancias saborizantes, garantizan la encapsulación adecuada de sabores, sin que éstas propiedades sean afectadas. Las microcápsulas pueden redispersarse en agua, permitiendo que las mismas puedan emulsionar sin sufrir modificaciones en el producto final. (Nogueira, 2015)

## **6.7 Metodología**

Para la aplicación de un microencapsulado de betalaínas provenientes de los residuos de la remolacha en matrices alimentarias dirigidas en la alimentación escolar, se procederá:

### **6.7.1 Extracción**

A partir de las hojas desechas de la remolacha en un concentrado en etanol al 70%, se procede a extraer las betalaínas presentes en un rotaevaporador.

### **6.7.2 Microencapsulación**

Utilizando el extracto de las betalaínas presentes en la hojas de la remolacha, se realiza la microencapsulación de las mismas, utilizando un 50% de maltodextrina, 30% de gelatina y 20% de sólidos, los cuales pasan por un equipo para realizar el secado por aspersión.

### **6.7.3 Determinación de estabilidad**

Mediante la aplicación de diferentes atmósferas, determinar la temperatura adecuada a la que se puede exponer las betalaínas microencapsuladas sin perder su actividad antioxidante, realizando una variación de temperaturas ya aplicado en una matriz alimentaria, en un calorímetro diferencial de barrido DSC.

#### **6.7.4 Propiedades Fisicoquímicas**

Determinar en el laboratorio utilizando al NTE INEN 2983 de suplementos alimenticios, las propiedades fisicoquímicas del producto para que se lo pueda utilizar en una matriz alimentaria.

#### **6.7.5 Evaluación de la actividad antioxidante**

Mediante pruebas in vitro con enzimas digestivas, realizar la evaluación de la actividad antioxidante en la dieta de los alumnos a los cuales son beneficiarios de la alimentación escolar.

### 6.7.6 Modelo Operativo

Tabla 11. Modelo Operativo

<b>Fases</b>	<b>Metas</b>	<b>Actividades</b>	<b>Responsables</b>	<b>Recursos</b>	<b>Presupuesto (USD)</b>	<b>Tiempo (meses)</b>
Formulación de la Propuesta	Aplicación del microencapsulado de las betalaínas de la remolacha en una matriz alimentaria	Revisión bibliográfica	Investigador	Técnicos Humanos Laboratorios UTA Económicos	\$100,00	1
Desarrollo preliminar de la propuesta	Cronograma establecido de la propuesta	Análisis e investigación experimental	Investigador	Técnicos Humanos Laboratorios UTA Económicos	\$500,00	2
Implementación de la propuesta	Ejecución de la propuesta	Aplicación en la matriz alimentaria	Investigador	Técnicos Humanos Laboratorios UTA	\$200,00	2

				Económicos		
Evaluación de la propuesta	Verificación de los objetivos propuestos	Cálculos estadísticos, evaluación y discusión de resultados	Investigador	Técnicos Humanos Laboratorios UTA Económicos	\$100,00	1

**Elaborado por:** Jessica Gabriela Cazorla García

## 6.8 Administración

**Tabla 12.** Administración

<b>Indicadores</b>	<b>Situación actual</b>	<b>Resultados esperados</b>	<b>Actividades</b>	<b>Responsables</b>
Metodología para la aplicación del suplemento de betalaínas en una matriz alimentaria.	Falta de información sobre la estabilidad de las betalaínas presentes en la remolacha una vez aplicadas en una matriz alimentaria.	Implementación del suplemento alimenticio en el programa de alimentación escolar del MINEDUC	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Extracción</li> <li>- Microencapsulación</li> <li>- Determinación de estabilidad</li> <li>- Propiedades físicoquímicas</li> <li>- Actividad antioxidante</li> </ul>	Investigadoras: Ing. Gabriela Cazorla Ing. Liliana Cerda. Ph.D

**Elaborado:** Jessica Gabriela Cazorla García

## 6.9 Previsión de la evaluación

**Tabla 13.** Previsión de la evaluación

Preguntas básicas	Explicación
¿Quiénes solicitan evaluar?	Centros de Investigación Empresas de alimentos Empresas que gestionan residuos GADS Municipales Estudiantes de pre y pos grado
¿Por qué evaluar?	Productos alimenticios en auge Industrialización de tecnología como el secado por aspersión
¿Para qué evaluar?	Determinar la efectividad del consumo de betalaínas microencapsuladas y aplicadas en una matriz alimentaria durante la alimentación escolar
¿Qué va a evaluar?	Estabilidad Efectividad del producto Resultados finales
¿Quién evalúa?	Tutor Proyectos interesados Calificadores
¿Cuándo evaluar?	Todo el tiempo
¿Cómo evaluar?	Industrializando la metodología y aplicando en matrices alimentarias
¿Con qué evaluar?	Datos experimentales que se han obtenido y que se obtendrán durante el estudio posterior

**Elaborado por:** Jessica Gabriela Cazorla García



## **BIBLIOGRAFÍA:**

- AgroEs. es. (2013). Remolacha de mesa, taxonomía, y descripciones botánicas, morfológicas, fisiológicas y ciclo biológico. Retrieved November 26, 2017, from <http://www.agroes.es/cultivos-agricultura/cultivos-huerta-horticultura/remolacha/430-remolacha-descripcion-morfologia-y-ciclo>
- Azeredo, H. M. C. (2009). Betalains: Properties, sources, applications, and stability - A review. *International Journal of Food Science and Technology*.  
<https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.2007.01668.x>
- Azeredo, H. M. C., Santos, A. N., Souza, A. C. R., Mendes, K. C. B., & Andrade, M. I. R. (2007). Betacyanin stability during processing and storage of a microencapsulated red beetroot extract. *American Journal of Food Technology*, 2(4), 307–312. <https://doi.org/10.3923/ajft.2007.307.312>
- Delgado-Vargas, F., Jimenez, A. R., & Paredes-López, O. (2000). Critical Reviews in Food Science and Nutrition Natural Pigments : Carotenoids , Anthocyanins , and Natural Pigments : Carotenoids , Anthocyanins , and Betalains — Characteristics , Biosynthesis , Processing , and Stability. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 40(3), 173–289. <https://doi.org/10.1080/10408690091189257>
- Filho, J. E. R. V., & Fornazier, A. (2016). Productividad agropecuaria: Reducción de la brecha productiva entre el Brasil y los Estados Unidos de América. *Cepal Review*, 2016(118), 203–220. <https://doi.org/10.18356/51BE7F21-EN>
- Gandía-Herrero, F., Escribano, J., & García-Carmona, F. (2005). Betaxanthins as substrates for tyrosinase. An approach to the role of tyrosinase in the biosynthetic pathway of betalains. *Plant Physiology*, 138(1), 421–32.  
<https://doi.org/10.1104/pp.104.057992>
- García-Cruz, L., Salinas-Moreno, Y., & Valle-Guadarrama, S. (2012). Betalaínas,

- compuestos fenólicos y actividad antioxidante en pitaya de mayo (*Stenocereus griseus* h.) betalains, phenolic compounds and antioxidant activity in pitaya de mayo (*Stenocereus griseus* h.). *Rev. Fitotec. Mex*, 35(5), 1–5. Recuperado de [https://www.revistafitotecniamexicana.org/documentos/35-3\\_Especial\\_5/1a.pdf](https://www.revistafitotecniamexicana.org/documentos/35-3_Especial_5/1a.pdf)
- INEC. (2014). Módulo de Información Ambiental en Hogares 2014. <https://doi.org/10.13427/j.cnki.njyi.2014.01.027>
- INEC. (2016). Sistema de Soporte con Tickets. Retrieved April 26, 2018, from [http://aplicaciones2.ecuadorencifras.gob.ec/osticket\\_sp/view.php?id=41978](http://aplicaciones2.ecuadorencifras.gob.ec/osticket_sp/view.php?id=41978)
- INEC, MAGAP, & SICA. (2002). II Censo Nacional Agropecuario. Volumen 1, 57. Recuperado de [http://www.ecuadorencifras.gob.ec/documentos/web-inec/Estadisticas\\_agropecuarias/CNA/Tomo\\_CNA.pdf](http://www.ecuadorencifras.gob.ec/documentos/web-inec/Estadisticas_agropecuarias/CNA/Tomo_CNA.pdf)
- Janiszewska, E. (2014). Microencapsulated beetroot juice as a potential source of betalain. *Powder Technology*, 264, 190–196. <https://doi.org/10.1016/j.powtec.2014.05.032>
- López-Martínez, L., Dublán-García, O., & Castro-Miranda, A. (2013). Efecto del procesamiento térmico sobre el contenido de betalainas y la actividad antioxidante del betabel (*Beta vulgaris* L. In *XII Encuentro participación de la mujer en la ciencia* (Vol. 53, pp. 1689–1699). <https://doi.org/10.1017/CBO9781107415324.004>
- Martins, N., Roriz, C. L., Morales, P., Barros, L., & Ferreira, I. C. F. R. (2017). Coloring attributes of betalains: a key emphasis on stability and future applications. *Food Funct.*, 8(4), 1357–1372. <https://doi.org/10.1039/C7FO00144D>
- Mikołajczyk-Bator, K., & Pawlak, S. (2016). The effect of thermal treatment on antioxidant capacity and pigment contents in separated betalain fractions. *Acta Scientiarum Polonorum, Technologia Alimentaria*, 15(3), 257–265.

<https://doi.org/10.17306/J.AFS.2016.3.25>

Morillas-Ruiz, J. M., & Delgado-Alarcón, J. M. (2012). Análisis nutricional de alimentos vegetales con diferentes orígenes: Evaluación de capacidad antioxidante y compuestos fenólicos totales. *Nutricion Clinica Y Dietetica Hospitalaria*.

Msagati, T. (2012). *Chemistry of food additives and presevatives*.

Nelson Humberto Hurtado Gutierrez Ph. D. (2015). *Betalainas del fruto pitaya amarilla (Selenicereus Megalanthus) identificación, estabilidad y actividad antioxidante in vitro*. Universidad de Nariño . Recuperado de <http://biblioteca.udenar.edu.co:8085/atenea/biblioteca/91349.pdf>

Nogueira, A. (2015). Microencapsulacion De Sabores Mediante Secado Por Aspersion, *23(1)*, 65–69.

Parra, R. / U. N. del C. (2011). Revisión: Microencapsulación de Alimentos. *Open Journal Systems*, *63(2)*, 37055. <https://doi.org/0304-2847>

Parzanese, M. (2011). Tecnologías para la industria alimentaria : Microencapsulación. *Alimentos Argentinos. Min Agri*, 1–12. Retrieved from [http://www.alimentosargentinos.gob.ar/contenido/sectores/tecnologia/Ficha\\_20\\_Microencapsulacion.pdf](http://www.alimentosargentinos.gob.ar/contenido/sectores/tecnologia/Ficha_20_Microencapsulacion.pdf)

Pastene, E., Troncoso, M., Figueroa, G., Alarcón, J., & Speisky, H. (2009). Association between polymerization degree of apple peel polyphenols and inhibition of *Helicobacter pylori* urease. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, *57(2)*, 416–424. <https://doi.org/10.1021/jf8025698>

Pitalua, E., Jimenez, M., Vernon-Carter, E. J., & Beristain, C. I. (2010). Antioxidative activity of microcapsules with beetroot juice using gum Arabic as wall material. *Food and Bioproducts Processing*, *88(2–3)*, 253–258. <https://doi.org/10.1016/j.fbp.2010.01.002>

- Speisky, H. (n.d.). Importancia de los alimentos ricos en antioxidantes en la protección de la salud humana | Antioxidantes Portal Antioxidantes Primer Portal de Antioxidantes, Alimentos y Salud en el Mundo de Habla Hispana. Retrieved April 18, 2018, from <http://www.portalantioxidantes.com/articulo-2/>
- Suriñach, S., Baro, M. D., Bordas, S., Clavaguera, N., & Clavaguera-Mora, M. T. (1992). La calorimetría diferencial de barrido y su aplicación a la Ciencia de Materiales. *Boletín de La Sociedad Española de Cerámica Y Vidrio*, *31*, 11–17.
- Tesoriere, L., Tesoriere, L., Allegra, M., Butera, D., & Livrea, M. A. (2004). Absorption , excretion , and distribution of dietary antioxidant betalains in LDLs : Potential health effects of betalains in humans betalains in LDLs : potential health effects of betalains in humans 1 – 3, (February 2016), 941–945.
- Tituaña T. Manuel. (2011). *Universidad San Francisco de Quito*. Recuperado de <http://repositorio.usfq.edu.ec/bitstream/23000/728/1/99927.pdf>
- Tumbas Šaponjac, V., Čanadanović-Brunet, J., Četković, G., Jakišić, M., Djilas, S., Vulić, J., & Stajčić, S. (2016). Encapsulation of Beetroot Pomace Extract: RSM Optimization, Storage and Gastrointestinal Stability. *Molecules*, *21*(5), 584. <https://doi.org/10.3390/molecules21050584>
- Ubidia, M. (2016). SUBSECRETARIA DE ADMINISTRACIÓN ESCOLAR. “INTERVENCIÓN EN LA ALIMENTACIÓN ESCOLAR,” 19–22. Retrieved from [https://educacion.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2016/11/Proyecto-Alimentacion\\_06-10-2016-FINAL.pdf](https://educacion.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2016/11/Proyecto-Alimentacion_06-10-2016-FINAL.pdf)
- Verónica, S., Ortiz, B., & Aragón, E. (2015). *Evaluación del efecto de tres niveles de betaína en la alimentación sobre los índices de producción de cuyes en la fase de crecimiento y finalización*. Universidad Central del Ecuador. Retrieved from <http://www.dspace.uce.edu.ec/bitstream/25000/6922/1/T-UCE-0014-060.pdf>

- Villanueva, E. (2014). *Contenido de betalaínas .y determinación de la actividad antioxidante de accesiones de Chenopodium quinoa Willd. &quot;quinua&quot; del distrito de Tambillo - Ayacucho 2014*. Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga. Retrieved from [http://repositorio.unsch.edu.pe/bitstream/handle/UNSCH/977/TesisB733\\_Vil.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://repositorio.unsch.edu.pe/bitstream/handle/UNSCH/977/TesisB733_Vil.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- Yáñez, J., Salazar, J., Chaires, L., Jiménez, J., & Márquez, M. (2002). Aplicaciones biotecnológicas de la microencapsulación.pdf. *Avance Y Perspectiva*, 21(April 2016), 1–8.

# **ANEXOS**

## ANEXO A: MACERADO



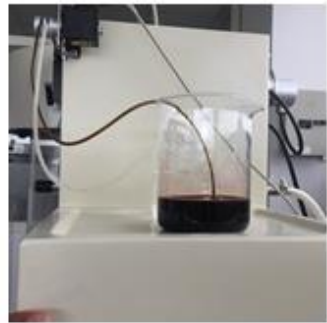
## ANEXO B: EXTRACCIÓN



## ANEXO C: CONCENTRACIÓN



## ANEXO D: MICROENCAPSULACIÓN





## ANEXO E: ACTIVIDAD ANTIOXIDANTE

