



Universidad de San Carlos de Guatemala  
Facultad de Ingeniería  
Escuela de Ingeniería Química

**DISEÑO DE INVESTIGACIÓN PARA LA OBTENCIÓN DE PULPA DE MANZANA  
DESHIDRATADA (*Malus domestica*) A PARTIR DE RESIDUOS PROVENIENTES DEL  
PROCESO DE ELABORACIÓN DE JUGO PARA LA FABRICACIÓN DE UN PRODUCTO DE  
PANIFICACIÓN**

**Joshuan Hassiel Villatoro Meda**

Asesorado por la Msc. Inga. Hilda Palma de Martini

Guatemala, febrero de 2023

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**DISEÑO DE INVESTIGACIÓN PARA LA OBTENCIÓN DE PULPA DE MANZANA  
DESHIDRATADA (*Malus domestica*) A PARTIR DE RESIDUOS PROVENIENTES DEL  
PROCESO DE ELABORACIÓN DE JUGO PARA LA FABRICACIÓN DE UN PRODUCTO DE  
PANIFICACIÓN**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
POR

**JOSHUAN HASSIEL VILLATORO MEDA**  
ASESORADO POR LA MSC. INGA. HILDA PALMA DE MARTINI

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

**INGENIERO QUÍMICO**

GUATEMALA, FEBRERO DE 2023

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE INGENIERÍA



**NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA**

DECANA	Inga. Aurelia Anabela Cordova Estrada
VOCAL I	Ing. José Francisco Gómez Rivera
VOCAL II	Ing. Mario Renato Escobedo Martínez
VOCAL III	Ing. José Milton de León Bran
VOCAL IV	Br. Kevin Bladimir Cruz Lorente
VOCAL V	Br. Fernando José Paz Gonzales
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

**TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO**

DECANO	Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
EXAMINADORA	Inga. Cynthia Patricia Ortiz Quiroa
EXAMINADOR	Ing. Carlos Salvador Wong Davi
EXAMINADOR	Ing. Sergo Alejandro Recinos
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

## **HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR**

En cumplimiento con los preceptos que establece la ley de la Universidad de San Carlos de Guatemala, presento a su consideración mi trabajo de graduación titulado:

**DISEÑO DE INVESTIGACIÓN PARA LA OBTENCIÓN DE PULPA DE MANZANA  
DESHIDRATADA (*Malus domestica*) A PARTIR DE RESIDUOS PROVENIENTES DEL  
PROCESO DE ELABORACIÓN DE JUGO PARA LA FABRICACIÓN DE UN PRODUCTO DE  
PANIFICACIÓN**

Tema que me fue asignado por la Dirección de la Escuela de Estudios de Posgrado con fecha 29 de octubre de 2022.

**Joshuan Hassiel Villatoro Meda**



**EEPFI-PP-1557-2022**

Guatemala, 7 de noviembre de 2022

**Director**  
**Williams G. Álvarez Mejía**  
Escuela De Ingenieria Quimica  
Presente.

**Estimado Ing. Álvarez**

Reciba un cordial saludo de la Escuela de Estudios de Postgrado de la Facultad de Ingeniería.

El propósito de la presente es para informarle que se ha revisado y aprobado el Diseño de Investigación titulado: **DISEÑO DE INVESTIGACIÓN PARA LA OBTENCIÓN DE PULPA DE MANZANA DESHIDRATADA (MALUS DOMESTICA) A PARTIR DE RESIDUOS PROVENIENTES DEL PROCESO DE ELABORACIÓN DE JUGO PARA LA FABRICACIÓN DE UN PRODUCTO DE PANIFICACIÓN.**, el cual se enmarca en la línea de investigación: **Todas las áreas - Desarrollo y formulación de productos alimenticios funcionales y/o innovadores**, presentado por el estudiante **Joshuan Hassiel Villatoro Meda** carné número **201314898**, quien optó por la modalidad del "PROCESO DE GRADUACIÓN DE LOS ESTUDIANTES DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA OPCIÓN ESTUDIOS DE POSTGRADO". Previo a culminar sus estudios en la Maestría en ARTES en Ciencia Y Tecnología De Los Alimentos.

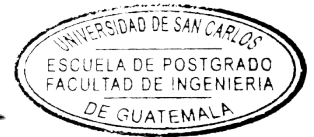
Y habiendo cumplido y aprobado con los requisitos establecidos en el normativo de este Proceso de Graduación en el Punto 6.2, aprobado por la Junta Directiva de la Facultad de Ingeniería en el Punto Décimo, Inciso 10.2 del Acta 28-2011 de fecha 19 de septiembre de 2011, firmo y sello la presente para el trámite correspondiente de graduación de Pregrado.

Atentamente,

*"Id y Enseñad a Todos"*

Mtra. Hilda Piedad Palma Ramos De Martíni  
Asesor(a)

Mtra. Hilda Piedad Palma Ramos  
Coordinador(a) de Maestría



Mtro. Edgar Darío Álvarez Cotí  
Director  
Escuela de Estudios de Postgrado  
Facultad de Ingeniería





EEP.EIQ.1330.2022

El Director de la Escuela De Ingenieria Quimica de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer el dictamen del Asesor, el visto bueno del Coordinador y Director de la Escuela de Estudios de Postgrado, del Diseño de Investigación en la modalidad Estudios de Pregrado y Postgrado titulado: **DISEÑO DE INVESTIGACIÓN PARA LA OBTENCIÓN DE PULPA DE MANZANA DESHIDRATADA (MALUS DOMESTICA) A PARTIR DE RESIDUOS PROVENIENTES DEL PROCESO DE ELABORACIÓN DE JUGO PARA LA FABRICACIÓN DE UN PRODUCTO DE PANIFICACIÓN.**, presentado por el estudiante universitario **Joshuan Hassiel Villatoro Meda**, procedo con el Aval del mismo, ya que cumple con los requisitos normados por la Facultad de Ingeniería en esta modalidad.

ID Y ENSEÑAD A TODOS

Ing. Williams G. Álvarez Mejía; Mg.I.Q., M.U.I.E.  
Director  
Escuela De Ingenieria Quimica

Guatemala, noviembre de 2022



Decanato  
Facultad de Ingeniería  
24189101- 24189102  
secretariadecanato@ingenieria.usac.edu.gt

LNG.DECANATO.OI.230.2023

La Decana de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer la aprobación por parte del Director de la Escuela de Ingeniería Química, al Trabajo de Graduación titulado: **DISEÑO DE INVESTIGACIÓN PARA LA OBTENCIÓN DE PULPA DE MANZANA DESHIDRATADA (*Malus domestica*) A PARTIR DE RESIDUOS PROVENIENTES DEL PROCESO DE ELABORACIÓN DE JUGO PARA LA FABRICACIÓN DE UN PRODUCTO DE PANIFICACIÓN**, presentado por: **Joshuan Hassiel Villatoro Meda**, después de haber culminado las revisiones previas bajo la responsabilidad de las instancias correspondientes, autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE:

Inga. Aurelia Anabela Cordova Estrada

Decana



Guatemala, febrero de 2023

AACE/gaoc

## **ACTO QUE DEDICO A:**

- Dios** Por brindarme la fortaleza y sabiduría necesaria para luchar por mis sueños y nunca darme por vencido.
- Mi madre** Aura Villatoro, por su amor incondicional, por siempre tener fe en mí, aun cuando nadie más lo hiciera, y por ser una excelente y amorosa madre.
- Mi hermano** Luis Pedro Villatoro, por inspirarme a ser un profesional y una mejor persona.
- Mis abuelos** José Villatoro y Zoila Meda Barillas (q. d. e. p.), por sus sabias enseñanzas y consejos.
- Mi padre** Hugo Balcárcel, por su apoyo, cariño y enseñanzas.



## AGRADECIMIENTOS A:

<b>Universidad de San Carlos de Guatemala</b>	Por ser mi <i>alma mater</i> que me brindó la oportunidad de nutrirme de conocimientos.
<b>Facultad de Ingeniería</b>	Por abrirme sus puertas y permitirme aprender y vivir la gloriosa experiencia de ser un estudiante universitario.
<b>Mi asesora</b>	Msc. Inga. Hilda Palma de Martini, por haberme guiado y apoyado durante la elaboración de mi trabajo de graduación.
<b>Mis amigos</b>	Rony Gramajo, Mario Rivas, Fabio Pérez, Otto Hurtarte, Francisco Hurtarte, Alejandro Rodas, Nathaly Velásquez y Mario Rousselin por haberme apoyado durante la carrera.
<b>Mi novia</b>	Keren Archila, por ser la luz que ilumina cada uno de mis días con amor y felicidad, y por motivarme a ser mejor persona cada día.

## ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES .....	V
LISTA DE SÍMBOLOS .....	VII
GLOSARIO.....	IX
RESUMEN.....	XIII
1. INTRODUCCIÓN .....	1
2. ANTECEDENTES .....	3
3. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	5
3.1. Contexto general .....	5
3.2. Descripción del problema .....	6
3.3. Formulación del problema .....	6
3.3.1. Pregunta principal de investigación.....	6
3.3.2. Preguntas auxiliares de investigación .....	6
3.4. Viabilidad.....	7
3.5. Consecuencias .....	7
4. JUSTIFICACIÓN .....	9
5. OBJETIVOS.....	11
5.1. General.....	11
5.2. Específicos .....	11
6. NECESIDADES A CUBRIR Y ESQUEMA DE SOLUCIÓN .....	13

7.	MARCO TEORICO .....	17
7.1.	Desechos sólidos en los procesos de extracción de jugos .....	17
7.2.	Descripción y generalidades de la manzana .....	17
7.2.1.	Origen, taxonomía e importancia de la manzana....	18
7.2.2.	Variedad Red Delicious .....	19
7.3.	Compuestos fenólicos .....	19
7.4.	Secado.....	20
7.4.1.	Secado en alimentos .....	20
7.4.2.	Secadores .....	21
7.4.2.1.	Secador de bandejas .....	22
7.4.2.2.	Variables a controlar en el secado con circulación transversal .....	22
7.4.3.	Curvas de secado.....	23
7.5.	Molienda .....	24
7.5.1.	Equipo para la molienda .....	24
7.5.1.1.	Molino de rodillos .....	24
7.6.	Tamizado .....	25
7.7.	Análisis químico proximal en alimentos .....	25
7.8.	Capacidad de absorción de agua .....	26
7.8.1.	Formulación de alimentos en panificación .....	26
7.9.	Análisis sensorial .....	26
8.	PROPUESTA DE INDICE DE CONTENIDOS .....	27
9.	METODOLOGÍA .....	29
9.1.	Diseño.....	29
9.2.	Tipo de estudio.....	29
9.3.	Alcance del estudio .....	29
9.4.	Variables .....	29

9.5.	Operacionalización de variables .....	30
9.6.	Fases de la investigación.....	31
10.	TECNICAS DE ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN.....	35
11.	CRONOGRAMA.....	37
12.	FACTIBILIDAD DEL ESTUDIO .....	39
13.	REFERENCIAS .....	41
14.	APÉNDICES .....	47



## ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

### FIGURAS

1.	Esquema de solución .....	15
2.	Cronograma de actividades.....	37

### TABLAS

I.	Valor nutricional de manzana en 100 g de sustancia comestible.....	18
II.	Operacionalización de variables.....	30
III.	Técnicas de análisis de la información .....	35
IV.	Recursos necesarios para la investigación .....	39



## LISTA DE SÍMBOLOS

<b>Símbolo</b>	<b>Significado</b>
<b>°C</b>	Grados Celsius
<b>g</b>	Gramos
<b>kg</b>	Kilogramos
<b>mg</b>	Miligramos
<b>mm</b>	Milímetros
<b>%H</b>	Porcentaje de humedad
<b>s</b>	Segundos
<b>Ts</b>	Temperatura de secado





## GLOSARIO

<b>Actividad enzimática</b>	Medida de la cantidad de enzima activa presente y del nivel de actividad de esta.
<b>Análisis cuantitativo</b>	Es el proceso de recopilación y evaluación de datos medibles y verificables, a fin de comprender el comportamiento y desempeño de una variable.
<b>Análisis proximal</b>	Es la determinación del porcentaje de los principales componentes de un alimento.
<b>Antioxidantes</b>	Moléculas que previenen o retardan el proceso oxidativo de otras moléculas.
<b>Capacidad de absorción de agua</b>	Es la cantidad de agua que una sustancia puede absorber.
<b>Capacidad de absorción de agua</b>	Es la cantidad de agua que una sustancia puede absorber.
<b>Caracterizar</b>	Determinar los atributos de un material, de modo que se distinga de los demás.
<b>Cinética de secado</b>	Dependencia del contenido de humedad de un material a una temperatura determinada en función del tiempo.

<b>Deshidratación</b>	Es un procedimiento de conservación de los alimentos que busca extraer la mayor cantidad de posible agua mediante métodos artificiales o naturales.
<b>Extracción</b>	Procedimiento de separación de una sustancia que puede disolverse en dos solventes que no se mezclan entre sí.
<b>Fibra dietética</b>	Componente contenido en alimentos de origen vegetal que incluye sustancias que no pueden ser digeridas por el organismo, pero que tienen funciones beneficiosas para la salud del ser humano.
<b>Harina</b>	Polvo resultante del proceso de molienda de los cereales y otras semillas.
<b>Panificación</b>	Es el acto y resultado de la elaboración de pan.
<b>Polifenoles</b>	Compuestos cuya estructura química consiste en un anillo aromático y uno o más grupos hidroxilo, incluyendo sus derivados funcionales. También conocidos como compuestos fenólicos.
<b>Porcentaje de humedad</b>	Se refiere a la cantidad de agua contenida en porcentaje de una sustancia.
<b>Propiedades organolépticas</b>	Son todas aquellas descripciones de las características físicas que tiene la materia en general,

según las pueden percibir los sentidos, como el sabor, textura, olor o color.

<b>Prueba hedónica</b>	Prueba sensorial que busca cuantificar el grado de preferencia y aceptabilidad de un producto.
<b>Pulpa</b>	Es la parte comestible de las frutas que ha sido separada de la cascara y semillas por procedimientos industriales o manuales.
<b>Reacción de oscurecimiento</b>	Proceso por el cual los alimentos se degradan y cambian de color debido a una serie de reacciones químicas específicas. Puede ser enzimático o no enzimático.
<b>Rendimiento</b>	Porcentaje de cambio de peso de un alimento al someterse a diversos procesos.
<b>Tamiz</b>	Malla de filamentos que se entrecruzan dejando unos orificios cuadrados que sirven para separar productos de diferentes tamaños.



## RESUMEN

Este trabajo de investigación tendrá como objetivo principal obtener pulpa de manzana deshidratada (*malus domestica*), a partir de residuos provenientes del proceso de extracción de jugo para la fabricación de un producto de panificación en función de su capacidad de absorción de agua.

Para la realización del estudio se llevarán a cabo cinco repeticiones de secado de la pulpa de manzana a dos temperaturas diferentes utilizando un secador de bandejas de flujo transversal, posterior a ello se procederá a moler y tamizar la pulpa de manzana para homogenizar el tamaño de partícula.

Una vez obtenida la pulpa de manzana deshidratada se caracterizará mediante un análisis químico proximal para determinar su composición, especialmente su contenido de fibra, luego se procederá a formular una mezcla de la pulpa deshidratada con harina de trigo para formular un producto de panificación y posteriormente se evaluarán sus propiedades organolépticas a través de un aprueba hedónica de tres puntos para determinar la aceptación del consumidor.



# 1. INTRODUCCIÓN

El presente trabajo representa una innovación ya que propone la elaboración de un producto de panificación elaborado a partir de la incorporación parcial de pulpa de manzana deshidratada en la harina de panificación y presenta una alternativa para utilizar los residuos sólidos provenientes del proceso de extracción de jugo de manzana.

La pulpa de manzana proveniente del proceso de elaboración de jugo por lo regular se considera como un desperdicio para muchas industrias que se dedican a la extracción del jugo, sin embargo, la pulpa de manzana tiene el potencial necesario para ser una materia prima ideal en el proceso de formulación de una harina para la fabricación de un producto de panificación, debido a que contiene compuestos poli-fenólicos con elevada capacidad antioxidante y anti proliferativa, importantes para reducir las posibilidades de padecer enfermedades degenerativas, contiene pectina y una gran cantidad de fibra dietética.

La idea de utilizar la pulpa de manzana como materia prima para la fabricación de un producto de panificación innovador, consiste esencialmente en el aprovechamiento de la fibra que está contenida en la pulpa, debido a que esta es altamente soluble y provee propiedades funcionales adecuadas para panificación, como lo es la capacidad de absorción de agua y la capacidad de hinchamiento (Aguirre-Castillo, Castillo, Trejo-Márquez, Pascual-Bustamante, y Lira-Vargas, 2018).

El informe final de la investigación estará constituido por cinco capítulos. Capítulo I, marco referencial; Capítulo II, marco teórico; Capítulo III, metodología;



Capítulo IV, presentación de resultados; y Capítulo V, discusión de resultados, considerando que las conclusiones y recomendaciones serán incluidas basándose en los objetivos y resultados del trabajo de investigación.

## 2. ANTECEDENTES

En la Facultad de Estudios Superiores de la Universidad Nacional Autónoma de México (México). Se realizó el trabajo de investigación *Elaboración de harina de manzana (Malus doméstica) a partir de residuos provenientes del proceso de elaboración de jugo aplicada en una botana horneada*. Donde se determinó que el tamaño de partícula no afecta significativamente a las propiedades funcionales de la harina, sin embargo, si puede afectar la calidad del producto final debido a que la capacidad de absorción de agua si depende del tamaño de partícula (Aguirre-Castillo, Castillo, Trejo-Márquez, Pascual-Bustamante, y Lira-Vargas, 2018). Esta investigación aporta las bases necesarias para la construcción de una gráfica comparativa de la capacidad de absorción de agua de la pulpa de manzana a diferentes tamaños de partícula.

En la facultad de Ciencias Naturales de la universidad de Cankiri (Turquía). Se realizó el trabajo de investigación *Extraction, isolation of heat-resistance phenolic compounds, antioxidant properties, characterization and purification of 5-hydroxymaltol from Turkish apple pulps*. La pulpa de manzana seca se sometió a una extracción con agua, acetato de etilo y n-butanol. El aislamiento del 5-hidroximaltol se confirmó mediante técnicas de resonancia magnética nuclear (RMN). El estudio es relevante para el trabajo de investigación porque reveló que el 5-hidroximaltol tiene capacidades antioxidantes y que es factible utilizar desechos sólidos procedentes de la industria de elaboración de jugos para aprovechar dicho compuesto (Demirci, Ipek, Gul, Ozen y Demirtas, 2018).

En la Facultad de Recursos Naturales y Medio Ambiente de la Universidad de Ciencias y Tecnologías Agrícolas y Forestales del Noroeste (Shaanxi, China). Se realizó el trabajo de investigación *Biopolymer poly-hydroxyalkanoates (PHA) production from apple industrial waste residues: A review*. Donde se confirmó que los desechos industriales de manzana son ricos en carbohidratos, fibras y polifenoles, y que estos desechos pueden convertirse en un biopolímero amigable con el medio ambiente (Hong *et al.*, 2021). El trabajo aporta la descripción del proceso de obtención y utilización de los residuos de manzana y sus diferentes aplicaciones.

En el Departamento de Química de la Universidad de York (Inglaterra). Se desarrolló el trabajo de investigación *Efficacy and sustainability of natural products in COVID-19 treatment development: opportunities and challenges in using agro-industrial waste from Citrus and apple*. Donde se evaluaron los problemas de sustentabilidad asociados con la producción de fitoterapia como una herramienta fácilmente disponible para el control de pandemias. El estudio confirmó que los residuos de pulpa de manzana son una rica fuente de metabolitos naturales anti-COVID 19 (Antonio *et al.*, 2021).

En la Facultad de Ciencias e Ingeniería en Alimentos y Biotecnología de la Universidad Técnica de Ambato (Ecuador). Se realizó el trabajo de investigación *Efecto de la adición de fibras para la producción y enriquecimiento de productos de panificación y pastelería*. Donde se presentó una revisión bibliográfica sobre el efecto de la adición de fibras en productos de panificación y pastelería, analizando el comportamiento y los efectos que producen en el producto de panificación (Mayorga, 2022). A lo largo de esta investigación se describen los efectos de agregar fibra a productos de panificación lo cual es relevante para este trabajo pues su finalidad es la elaboración de un producto con tal característica.

### **3. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

#### **3.1. Contexto general**

Las industrias guatemaltecas están en la búsqueda de mejorar sus procesos industriales para reducir la cantidad de desechos y aprovechar sus recursos al máximo, esto junto a la nueva filosofía de procesos industriales amigables con el ambiente han desatado una ola de ideas para aprovechar los desechos industriales al máximo y contaminar lo menos posible.

En la industria encargada de la elaboración de jugo, se obtiene una cantidad de desechos sólidos procedentes de los frutos utilizados en la extracción. En el caso particular de la extracción de jugo de manzana, el desecho de la pulpa de manzana implica además del desperdicio de materia prima, un desperdicio de nutrientes. Entre los nutrientes que de desaprovechan resaltan los compuestos fenólicos, minerales, proteínas, carbohidratos y fibra dietética (Hong *et al.*, 2021). Por lo tanto, la formulación de un producto de panificación elaborado con una mezcla de harina de trigo y pulpa de manzana deshidratada se presenta como una alternativa para el aprovechamiento de estos nutrientes.

El aprovechamiento de la pulpa de manzana proveniente de los residuos del proceso de extracción de jugo en la elaboración de productos de panificación beneficia a los consumidores al otorgarles una nueva alternativa para el consumo de pan; y beneficia al medio ambiente por la reducción de desecho sólidos, pues del total de materia contenida en la manzana, alrededor del 65 % va a parar al mosto. (Aguirre-Castillo, 2018)

### **3.2. Descripción del problema**

Se busca aprovechar el contenido de compuestos poli-fenólicos, polisacáridos y fibra dietética, de la pulpa de manzana que se desecha en la industria de extracción de jugo, para su consumo en productos de panificación. Debido a la delicadeza de las propiedades organolépticas a altas temperaturas, se debe realizar el proceso de secado cuidadosamente a la temperatura adecuada según la aceptabilidad sensorial del producto final.

### **3.3. Formulación del problema**

Es posible obtener pulpa de manzana deshidratada a partir de residuos provenientes del proceso de extracción de jugo con una capacidad de absorción de agua adecuada para la formulación de un producto de panificación.

#### **3.3.1. Pregunta principal de investigación**

¿Cómo utilizar los desechos sólidos del proceso de extracción e jugo de manzana para formular un producto de panificación?

#### **3.3.2. Preguntas auxiliares de investigación**

- ¿Cómo influye la temperatura de secado en el rendimiento de recuperación de la pulpa deshidratada?
- ¿Cómo influye la temperatura en el tiempo de secado para la obtención el porcentaje de humedad deseado?

- ¿Cuál es la cantidad de fibra que contiene la pulpa de manzana deshidratada?
- ¿Cómo afecta el tamaño de partícula de la pulpa de manzana deshidratada su capacidad de absorción de agua?
- ¿Cuál es la formulación de harina de trigo y pulpa de manzana deshidratada ideal para la formulación de un producto de panificación?
- ¿Cómo influye el contenido de pulpa de manzana deshidratada las propiedades organolépticas del producto de panificación?

#### **3.4. Viabilidad**

La obtención de un producto de panificación como alternativa para aprovechar los desechos sólidos del proceso de extracción de jugo de manzana es un proceso viable que consta básicamente de tres operaciones unitarias principales: secado molienda y tamizado, y requiere de un secado de bandejas de flujo transversal. La elaboración de este no requiere de alto costo de inversión y se obtiene un producto con mayor valor nutricional.

#### **3.5. Consecuencias**

- ¿Qué pasa si se hace?

Se aprovecharían los residuos de un proceso primario para reducir la cantidad de desechos y aprovecharlos al máximo y a su vez se obtiene un nuevo producto con mejores características.

- ¿Qué pasa si no se hace?

No se podría determinar si los residuos sólidos del proceso de extracción de jugo de manzana son reutilizables para elaborar un producto de panificación que ofrezca un mejor valor nutricional y mejores propiedades organolépticas.

## 4. JUSTIFICACIÓN

La realización de la presente investigación se justifica en la línea de desarrollo de nuevos productos alimenticios funcionales o innovadores de la maestría en Ciencia y Tecnología de los Alimentos de la Universidad de San Carlos de Guatemala. Con esta investigación se aprovecharán los residuos sólidos de un proceso para elaborar un producto alimenticio innovador y de alta calidad.

Con este trabajo se obtendrá el rendimiento de la pulpa de manzana deshidratada, se caracterizará el proceso de secado a diferentes temperaturas y se evaluará su capacidad de absorción de agua y su contenido de fibra. También se formulará un producto de panificación con la misma y se determinarán sus propiedades organolépticas.

Los productos obtenidos a partir de esta investigación serán de beneficio para todas las personas que buscan tener una mejor alimentación e incrementar su consumo de fibra. Las industrias encargadas de la extracción de jugo tendrán una buena alternativa para utilizar los desechos sólidos del proceso de extracción.

El uso de fibras en productos de panificación y pastelería resulta no solo importante en el ámbito de la salud, sino también por fines tecnológicos con los que se puede utilizar. Añadir fibra en productos de panadería causa efectos en las propiedades reológicas de la masa, asimismo, agregar fibra puede prolongar la frescura durante la vida útil o para manipular parámetros durante el proceso de elaboración, como el tiempo de mezcla.





## **5. OBJETIVOS**

### **5.1. General**

Recopilar pulpa de manzana deshidratada a partir de residuos provenientes del proceso de extracción de jugo de manzana (*malus domestica*) para aplicarla en la formulación de un producto de panificación en función de sus propiedades funcionales.

### **5.2. Específicos**

- Determinar el rendimiento de recuperación de la pulpa deshidratada a las temperaturas de secado.
- Caracterizar el porcentaje de humedad de la pulpa de manzana en función del tiempo de secado a diferentes temperaturas.
- Obtener la cantidad de fibra en la pulpa de manzana deshidratada y compararla con la cantidad de fibra en la harina de trigo comercial.
- Comparar la capacidad de absorción de agua de la pulpa de manzana deshidratada a diferentes tamaños de partícula con la harina de trigo comercial.
- Formular un producto de panificación sustituyendo parcialmente harina de trigo por pulpa de manzana deshidratada.

- Evaluar la aceptabilidad del producto de panificación con consumidores.

## 6. NECESIDADES A CUBRIR Y ESQUEMA DE SOLUCIÓN

La necesidad principal a cubrir al obtener la pulpa de manzana deshidratada es reducir los desechos sólidos putrescibles y generar un producto secundario con un valor agregado a partir de los residuos de un proceso primario.

Este estudio pretende aprovechar todos los sólidos desechados del proceso de elaboración de jugo de manzana para obtener pulpa de manzana deshidratada para la formulación de un producto de panificación alto en fibra dietética.

El proceso de obtención de la pulpa de manzana deshidratada constará esencialmente de tres operaciones unitarias fundamentales, iniciando con un proceso previo de recolección y caracterización de la materia prima seguido por las operaciones de secado, molienda y tamizado.

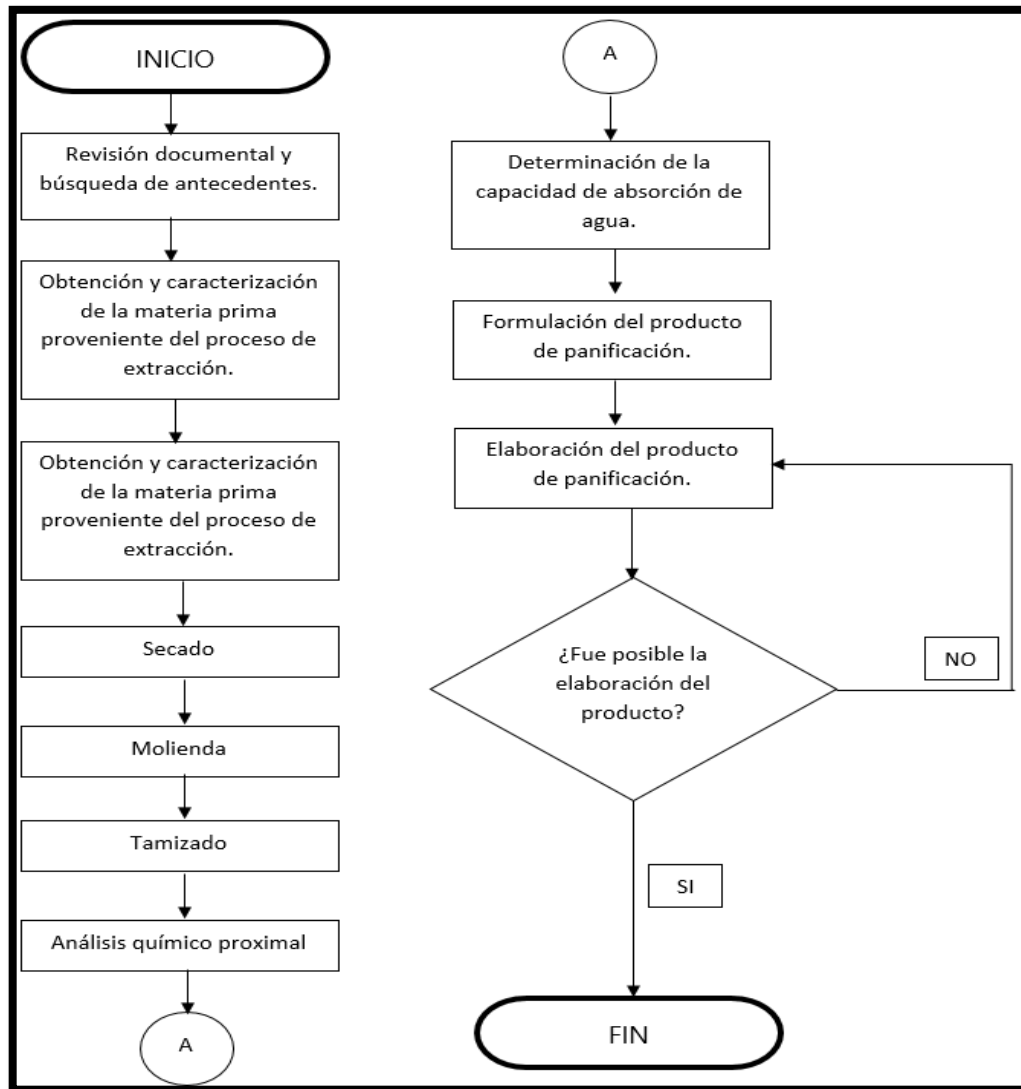
- Fase 1: revisión documental, en la fase inicial se da el contexto de los antecedentes del problema y se consulta la mayor cantidad de material bibliográfico disponible en internet. El tiempo requerido es de 1 semana.
- Fase 2: recolectar la materia prima proveniente de la simulación del proceso de extracción de jugo de manzana. Se estima 1 semana para la recolección de la materia prima.

Fase 3: secar la pulpa de manzana en un secador bandejero de flujo transversal a dos temperaturas distintas. Se estima 1 semana para llevar a cabo el proceso de secado.

- Fase 4: moler la pulpa de manzana deshidratada con un molino de rodillos. Se estima 1 semana para realizar esta operación.
- Fase 5: tamizar la pulpa de manzana molida a dos tamaños de partícula distintos. Se estima 1 semana para la realizar esta operación.
- Fase 6: solicitar un análisis químico proximal de la pulpa de manzana deshidratada en los laboratorios de la Universidad del Valle de Guatemala, los resultados se obtienen aproximadamente en 1 semana.
- Fase 7: determinar la capacidad de absorción de agua de la pulpa de manzana a dos tamaños de partícula diferentes por medio de pruebas de laboratorio. Se estima 1 semana para la realización de esta fase.
- Fase 8: formular el producto de panificación sustituyendo parcialmente harina de trigo por pulpa de manzana deshidratada utilizando herramientas de software como Excel. El tiempo requerido para la formulación del producto de panificación es de 1 semana.
- Fase 9: evaluar la aceptabilidad del producto de panificación con consumidores por medio de encuestas y análisis estadísticos elaborados con Microsoft Excel. El tiempo requerido para la recolección de datos se estima de 1 semana.

El trabajo de investigación tiene validez técnica porque se busca reducir los desechos sólidos putrescibles provenientes de productores de jugo de manzana, así como también el aprovechamiento de la fibra para un producto con valor agregado.

Figura 1. Esquema de solución



Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Visio 2020.



## **7. MARCO TEORICO**

### **7.1. Desechos sólidos en los procesos de extracción de jugos**

El desarrollo industrial conlleva la producción de residuos de diferentes tipos, y estos deben ser tratados por medio de técnicas de gestión ambiental para ayudar a minimizar el impacto negativo, a nivel social como ambiental, que puedan generar. Una planta de procesamiento que desarrolla sus funciones en la producción de jugos y néctares de frutas generará residuos sólidos putrescibles durante las diferentes etapas de la producción.

El muestreo de los desechos sólidos es un análisis cuantitativo de los mismos, que tiene que hacerse a todos aquellos desechos que se necesite gestionar para poder realizar las acciones correspondientes. Fernández, Heredia, Estanga y García (2012) menciona que entre las acciones correspondientes a realizar se encuentran la reducción de los desechos desde la fuente, determinar la cantidad de contenedores que se requieren para almacenar los desechos con la finalidad de determinar el tamaño del área de almacenamiento y establecer el uso que se les dará, como reciclarlos, venderlos o reutilizarlos.

### **7.2. Descripción y generalidades de la manzana**

La manzana es conocida a nivel mundial como una fruta de lo más completa, nutritiva y saludable gracias a su elevado contenido de fibra, carbohidratos, potasio y vitaminas. Es el fruto del manzano (*Pyrus malus L*), que actualmente es reconocido como el árbol frutal más cultivado a nivel mundial.



### 7.2.1. Origen, taxonomía e importancia de la manzana

El manzano, es el árbol frutal que más se cultiva en las zonas templadas de la Tierra, esto se debe a que se adapta fácilmente a tipos de clima distintos y a suelos diferentes. En lo que respecta a su origen y naturaleza, Casim (2011) afirma que el manzano “pertenece a la familia de las rosáceas, subfamilia pomoideas, especie *Pyrus malus* y que el origen de estas se remonta a la prehistoria; la mayoría provienen de la variedad pumilla originaria de Europa central y oeste” (p. 36).

La tabla I proporciona la información de la composición porcentual de la manzana. Desde un punto de vista nutricional se cataloga a la manzana como enriquecedora y completa por lo que deberá ser consumida con regularidad por las personas.

Tabla I. **Valor nutricional de manzana en 100 g de sustancia comestible**

Kcal	Agua (g)	Carbohidratos (g)	Proteínas(g)	Lípidos (g)	Fibra (g)	
52-58	84-85	13,8-15	0,3	0,4-0,6	2	
Vitaminas						
A (UI)	C (mg)	Tiamina (µg)	Riboflavina (µg)	B6 (µg)		
70-90	5-8	38-40	20-40	30		
Minerales						
Na (mg)	K (mg)	Mg (mg)	Ca (mg)	Fe (mg)	P (mg)	S (mg)
1	95-116	5	3-7	0,3	9-10	5
Acidos						
A. Málico (mg)		A. Cítrico (mg)		A. Oxálico (mg)		
270-1020		0-30		1,5		

Fuente: Eroski Consumer (2006). *Manzana*. Consultado el 15 de septiembre de 2022.

Recuperado de <https://frutas.consumer.es/manzana/propiedades>.

Más de tres cuartas partes (85 % aproximadamente), de su composición es agua, por lo que presenta un efecto hidratante y saludable. Los azúcares presentes son la fructosa, en mayor cantidad y glucosa y sacarosa en menor cantidad, son las sustancias más abundantes luego del agua. Es fuente de vitamina E y otorga un poco de vitamina C. Tiene alto contenido de pectina, fibra que abunda en la manzana y optimiza el tránsito intestinal. Eroski Consumer (2006) señala que entre su contenido mineral cabe resaltar el potasio y presenta bajos niveles de sodio.

### **7.2.2. Variedad Red Delicious**

Es una variedad de entrada a producción tardía, la epidermis es de color verde con estrías rojo brillante que cubren la mayor parte del fruto. La pulpa es blanco amarillento, dulce y con un excelente sabor. Es adaptable pues se puede cultivar en muchas regiones de zona templada. El árbol se caracteriza por su vigor y buena productividad. (Iglesias, 2017)

### **7.3. Compuestos fenólicos**

Son compuestos químicos que conforman un extenso grupo de sustancias, en las plantas se consideran como metabolitos secundarios, presentan estructuras químicas distintas, y existen más de 8,000 compuestos diferentes. Estos compuestos se relacionan con las propiedades organolépticas de alimentos de origen vegetal. Los compuestos fenólicos funcionan como antioxidantes naturales, debido a esto la elaboración de productos alimenticios con un contenido mayor de compuestos fenólicos conlleva una reducción del uso de aditivos antioxidantes y a su vez se incorporan al mercado alimentos más saludables. (Martínez, 1998)

La determinación de los compuestos fenólicos se lleva a cabo mediante la técnica de Folin-Ciocalteu, la cual consisten en utilizar la propiedad de los fenoles de al reaccionar frente a agentes oxidantes. Este reactivo contiene molibdato y tungsteno sódico, que al reaccionar con los compuestos fenólicos presentes forman sustancias complejas las cuales, en medio básico, se reducen a óxidos de tungsteno y molibdeno de color azul intenso que son proporcionales a la cantidad de grupos fenólicos presente en la molécula de interés. (Cruzado, Pastor, Castro y Cedrón, 2013)

Los compuestos fenólicos o polifenoles manifiestan la capacidad para atrapar radicales libres, es esta capacidad la que les otorga actividad antioxidante. Con respecto a esta capacidad, Gómez (2010) señala que esta podría relacionarse con la prevención de cáncer y enfermedades del corazón.

#### **7.4. Secado**

McCabe y Smith (2007) indica que: “el secado de sólidos consiste en separar pequeñas cantidades de agua u otro líquido de un material sólido con el fin de reducir el contenido de líquido residual hasta un valor aceptablemente bajo” (p. 833).

##### **7.4.1. Secado en alimentos**

El secado es una operación unitaria de conservación de comida cuyo objetivo es bajar la actividad del agua de estos. Desde hace mucho tiempo atrás se ha sabido que altos niveles de humedad en un alimento lo hacen más susceptible la descomposición, es por esta razón que la actividad de agua es un parámetro fundamental de gran importancia que siempre debe tomarse en consideración. La acción de deshidratar reduce el costo de transportar el alimento

y facilita su almacenamiento por la baja en volumen, peso y puede ser una técnica eficiente e innovadora para el desarrollo de nuevos productos alimenticios.

La esencia del proceso de secado radica en reducir la cantidad de agua del producto a secar, el procedimiento como tal produce una serie de cambios en los alimentos, estos cambios son sensoriales como fisicoquímicos, y son la manifestación perceptible del cambio de temperatura y cantidad de agua en el tejido vegetal, dichos cambios varían según la naturaleza de cada alimento y del tiempo y temperatura de secado.

Las reacciones de oscurecimiento, en alguno de los casos, son consecuencia de la actividad enzimática, y en otros casos son ocasionadas por reacciones no enzimáticas, estas aumentan su velocidad cuando los alimentos son sometidos a elevadas temperaturas y además el alimento contiene grupos reactivos en altas concentraciones. (Contreras, 2011)

#### **7.4.2. Secadores**

Existe una gran diversidad de equipos de secado. Algunos secadores operan por lotes (*batch*), mientras que otros operan de forma continua, hay algunos que además de remover agua también agitan el sólido durante el proceso mientras otros no lo hacen y también existen secadores que funcionan únicamente con un tipo de producto específico mientras otros pueden utilizarse para una amplia variedad de productos. (Soto, 2014)

En términos generales los secadores se dividen en secadores directos e indirectos. En los secadores directos el sólido a secar se encuentra en contacto directo con el medio de calentamiento (por lo regular es aire caliente); y en los secadores indirectos la transferencia de calor del medio al sólido ocurre por

medio del contacto del sólido con una superficie sólida (usualmente es una superficie metálica) la cual está siendo calentada por el medio.

La selección del equipo de secado se basa en las propiedades del sólido a secar y en las especificaciones requeridas del producto que se desea obtener. (McCabe y Smith, 2007)

#### **7.4.2.1. Secador de bandejas**

Como su nombre lo indica, este tipo de secador utiliza bandejas de metal sobre las cuales se añade de forma homogénea el sólido que se desea secar, el sólido se agrega a la bandeja en forma de pasta con una hondura de 10 a 100 milímetros. Este tipo de secador cuenta con un ventilador en su interior el cual se encarga de recircular el medio (aire caliente) sobre la superficie de las bandejas de metal que contienen el sólido pastoso. También se hace uso de calor generado por medio de electricidad, regularmente cuando el calentamiento es de baja intensidad.

Aproximadamente el 85 por ciento del aire que se utiliza es recirculado y el otro 15 por ciento del aire es aire nuevo. Una vez se completa el secado, se retiran las bandejas con el sólido seco y se colocan más bandejas con material por secar. Un secador bandejero es un secador de tipo batch.

#### **7.4.2.2. Variables a controlar en el secado con circulación transversal**

Durante el proceso de secado es importante considerar las variables del medio de secado como las del sólido a secar. Con respecto a las variables del medio, Caal (2014) señala que:

Las variables son: humedad relativa, temperatura de bulbo seco, velocidad, dirección y presión del flujo de aire a través de la superficie sólida. A las condiciones de la corriente de aire se les conoce como condiciones de constantes del secado. (p. 14)

Por otra parte, se deben listar las variables del sólido, Caal (2014) indica que “las variables del sólido son: el tamaño de partícula del sólido, el espesor de lecho, y la configuración interna (canales y poros de partícula)” (p. 14). Es de vital importancia tratar de homogenizar lo más que se pueda el tamaño de partícula y también el contenido de humedad del lecho, para que el tiempo de secado sea equitativo en toda la bandeja.

En el caso de los sólidos porosos el secado actúa de forma un tanto distinta debido a que el agua a extraer no se encuentra únicamente en la superficie, también se resguarda dentro de los poros del sólido, por lo que sale del sólido por difusión y se remueve por evaporación y arrastre. A mayor porosidad del material, mayor dificultad para remover agua de este. (Caal, 2014)

### **7.4.3. Curvas de secado**

La operación unitaria de secado es un fenómeno complejo que involucra la transmisión de calor para evaporar el líquido y el transporte de masa en forma líquido o vapor dentro del sólido y como vapor desde la superficie hacia el aire circundante. Las curvas de secado son gráficos de gran importancia que caracterizan el comportamiento del fenómeno de secado, indican la disminución de agua en el alimento en función del tiempo a una temperatura determinada. Son varios los factores que influyen sobre la cinética del secado como; la humedad del aire de secado, el contenido de agua del producto a secar, las dimensiones y diseño del equipo de secado. (Velásquez, 2007)

## **7.5. Molienda**

Las materias primas en estado sólido usualmente se presentan con dimensionamientos de gran tamaño y por ellos se debe reducir su tamaño. Con regularidad, se reduce el tamaño de los sólidos para posteriormente separar sus distintos ingredientes. En general, el término molienda se usa para enfatizar la reducción de partículas sólidas grandes en partículas más pequeñas. (Geankopolis, 1998)

En la industria dedicada al procesamiento de alimentos, una gran cantidad de productos alimenticios se somete a una disminución de tamaño. Se usan molinos de rodillos para moler trigo y cebada y obtener harinas. (Geankopolis, 1998)

### **7.5.1. Equipo para la molienda**

El equipo de molienda o también denominado molino es empleado para ejemplificar una vasta cantidad de equipos utilizados para la disminución de tamaño de algunas materias primas. McCabe y Smith (2007), clasifica los equipos para la molienda en molinos de: martillos, rodillos, desgaste y volteo.

#### **7.5.1.1. Molino de rodillos**

En este tipo de molino, las partículas sólidas son colocadas y posteriormente trituradas entre rodillos cilíndricos verticales y un anillo. Estos rodillos giran a velocidades moderadas siguiendo una trayectoria circular bien definida. Los enrasadores elevan los trozos del material sólido desde el nivel del equipo y los colocan entre el anillo y los rodillos para que tome lugar la reducción.

Las partículas que no alcanzan el nivel de reducción deseado son recirculadas al molino

## **7.6. Tamizado**

Es una operación unitaria que consiste en separar las partículas sólidas en tamaños específicos. En esta operación unitaria las partículas sólidas se colocan en la parte superior del equipo de tamizaje, posterior a ello, las partículas con menor tamaño, o finos, pasan por las aberturas del tamiz, mientras que por otra parte las de mayor tamaño no pasan por el tamiz.

De acuerdo con McCabe y Smith (2007) un solo tamiz tiene la capacidad de llevar a cabo una separación en dos fracciones. A estas fracciones se les denomina fracciones no clasificadas debido a que, aunque se conozca el límite inferior o superior de las partículas de cada fracción, no se puede identificar el otro límite.

## **7.7. Análisis químico proximal en alimentos**

Los análisis químicos proximales se utilizan en los ingredientes que se utilizarán para la formulación de un alimento como en el alimento una vez terminado, como un proceso de verificación del cumplimiento de las especificaciones y requerimientos establecidos durante la formulación. Estos análisis indican la cantidad de humedad, fibra cruda, lípidos, proteína cruda, extracto etéreo y ceniza en la muestra. (Barquero, 2012)



## **7.8. Capacidad de absorción de agua**

Es la cantidad máxima de agua que un gramo de harina (aislado), es capaz de absorber espontáneamente, a una temperatura definida. Es una propiedad funcional de gran importancia de las harinas, ya que es esta la que otorga características de consistencia y presentación al producto final.

### **7.8.1. Formulación de alimentos en panificación**

Un producto de panificación es, en esencia, un producto alimenticio perecedero resultado de la combinación de una masa obtenida por la mezcla de harina de trigo, sal comestible y agua potable, fermentada por levaduras específicas. Su formulación puede incluir otros ingredientes enriquecedores como grasa, azúcar, huevos, leche, avena, centeno, ajonjolí, salvado entre muchos otros ingredientes secundarios no esenciales. Las diferentes proporciones de los ingredientes, las formas y el proceso de horneado darán lugar a un producto de panificación específico.

El pan es un alimento de gran valor nutritivo y puede llegar a considerarse como completo, pues este proporciona proteínas, carbohidratos, lípidos, vitaminas, minerales y fibra.

## **7.9. Análisis sensorial**

Un análisis sensorial de un alimento consiste en la valoración de parámetros organolépticos del producto final como: textura, olor, color, sabor, estructura y composición de miga volumen, grano y simetría (en el caso de la panificación).

## 8. PROPUESTA DE INDICE DE CONTENIDOS

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

LISTA DE SIMBOLOS

GLOSARIO

RESUMEN

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA Y PREGUNTAS ORIENTADORAS

OBJETIVOS

RESUMEN DEL MARCO METODOLOGICO

INTRODUCCIÓN

1. MARCO REFERENCIAL

2. MARCO TEORICO

2.1. Desechos sólidos en los procesos de extracción de jugos

2.2. Descripción y generalidades de la manzana

2.2.1. Origen, taxonomía e importancia de la manzana

2.2.2. Variedad Red Delicious

2.3. Compuestos fenólicos

2.4. Secado

2.4.1. Secado en alimentos

2.4.2. Secadores

2.4.2.1. Secador de bandejas

2.4.3. Variables a controlar en el secado con circulación transversal

2.4.4. Curvas de secado

- 2.5. Molienda
  - 2.5.1. Equipo para la molienda
    - 2.5.1.1. Molino de rodillos
- 2.6. Tamizado
- 2.7. Análisis químico proximal en alimentos
- 2.8. Capacidad de absorción de agua
- 2.9. Formulación de alimentos en panificación
- 2.10. Análisis sensorial

### 3. DESARROLLO DE LA INVESTIGACIÓN

### 4. PRESENTACIÓN DE RESULTADOS

### 5. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

CONCLUSIONES

RECOMENDACIONES

REFERENCIAS

APÉNDICES

ANEXOS

## **9. METODOLOGÍA**

### **9.1. Diseño**

El diseño de investigación es experimental ya que propone la formulación y elaboración de un producto de panificación innovador elaborado a partir de residuos provenientes del proceso de extracción de jugo de manzana a nivel planta piloto. El experimento básicamente consiste en un proceso de secado de la pulpa de manzana seguido por un proceso de molienda y tamizado.

### **9.2. Tipo de estudio**

El estudio es de tipo mixto porque consiste en recopilar, analizar e integrar tanto investigación cuantitativa como cualitativa.

### **9.3. Alcance del estudio**

El alcance del estudio es descriptivo porque tiene como objetivo especificar propiedades, características y rasgos del estudio a realizar.

### **9.4. Variables**

- Independientes: humedad inicial y tiempo
- Dependientes: Rendimiento, temperatura, contenido de fibra, capacidad de absorción y formulación.

## 9.5. Operacionalización de variables

En la tabla II se describe la operacionalización de variables del trabajo de investigación.

Tabla II. Operacionalización de variables

Objetivos	Variables	Indicadores	Técnicas e instrumentos	Metodología
Determinar el rendimiento de recuperación de la pulpa deshidratada a las temperaturas de secado.	Identificación de rendimiento de recuperación de la pulpa de manzana deshidratada.	Humedad, temperatura y porcentaje rendimiento.	Tratamiento de secado.	Por lotes en secador de bandeja.
Caracterizar el porcentaje de humedad de la pulpa de manzana en función del tiempo de secado a diferentes temperaturas.	Caracterización del porcentaje de humedad de la pulpa de manzana.	Humedad, temperatura y porcentaje rendimiento.	Tratamiento de secado. Hoja de Cálculo de Excel.	Realización de Curvas de secado.
Determinar la cantidad de fibra en la pulpa de manzana deshidratada y compararla con la cantidad de fibra en la harina de trigo comercial	Determinación de la cantidad de fibra de la pulpa de manzana deshidratada.	Cantidad de fibra de la pulpa por medio de un análisis bromatológico. Cantidad de Fibra de la harina de trigo.	análisis químico Proximal	Equipo de laboratorio.
Comparar la capacidad de absorción de agua de la pulpa de manzana deshidratada a diferentes tamaños de partícula con la harina de trigo comercial.	Comparación de la capacidad de absorción de agua de la pulpa de manzana.	Capacidad de absorción de agua a partir de pruebas de laboratorio.	Revisión Documental de metodología de laboratorio.	Equipo de laboratorio.
Formular un producto de panificación sustituyendo parcialmente harina de trigo por pulpa de manzana deshidratada.	Formulación de un producto de panificación.	85 % Trigo y 15 % Pulpa. 75 % Trigo y 25 % pulpa.	Revisión documental de técnicas de panificación.	Horno para hornear.

Continuación de la tabla II.

Evaluar la aceptabilidad del producto panificación consumidores.	la Evaluación sensorial de producto con panificación.	del sensorial de producto panificación.	Propiedades organolépticas (Apariencia, olor y sabor).	Prueba hedónica de tres puntos. Estadística descriptiva.	Análisis Estadístico.
------------------------------------------------------------------	-------------------------------------------------------	-----------------------------------------	--------------------------------------------------------	----------------------------------------------------------	-----------------------

Fuente: elaboración propia.

## 9.6. Fases de la investigación

- Fase 1: revisión documental. Es la fase inicial de la investigación en la cual se da el contexto de los antecedentes del problema y se consulta la mayor cantidad de material bibliográfico disponible en internet que pueda usarse como referencia para alcanzar los objetivos de la investigación. El tiempo requerido es de 1 semana.
- Fase 2: recolección de la materia prima proveniente de la simulación del proceso de extracción de jugo de manzana. A partir de un extractor de jugos se realiza una simulación del proceso de extracción de jugo de manzanas Red Delicious. La cascara y las semillas son removidas previo a introducir las manzanas al extractor. Se estima una semana para realizar esta operación.
- Fase 3: deshidratación de la pulpa de manzana. En un deshidratador bandejero de flujo transversal, se lleva a cabo la deshidratación de pulpa de manzana a dos temperaturas diferentes. Se realizan 5 corridas del proceso de deshidratación por cada temperatura de deshidratación (50 °C y 60 °C). Se estima una semana para realizar esta operación.

- Fase 4: molienda de la pulpa de manzana deshidratada. Con un molino de rodillos se tritura la pulpa de manzana para disminuir el tamaño de partícula. Se estima 1 semana para realizar esta operación.
- Fase 5: tamizar la pulpa de manzana molida. A partir de un tamiz industrial de frutas de alta frecuencia se controla el tamaño de partícula deseado. Se hacen dos tamizajes, uno para obtener tamaño de partícula de 0.85 mm y otro para obtener un tamaño de partícula de 0.55 mm dos tamaños de partícula distintos. Se estima 1 semana para la realizar esta operación. Se estima 1 semana para realizar esta operación.
- Fase 6: análisis químico proximal. Solicitar un análisis químico proximal de la pulpa de manzana deshidratada en los laboratorios de la Universidad del Valle de Guatemala. Los resultados se obtienen aproximadamente en 1 semana.
- Fase 7: determinación de la capacidad de absorción de agua de la pulpa de manzana a dos tamaños de partícula diferentes por medio de pruebas de laboratorio. Se estima 1 semana para la realización de esta fase.
- Fase 8: formulación de un producto de panificación sustituyendo parcialmente harina de trigo por pulpa de manzana deshidratada utilizando herramientas de software como Excel. Se realizan dos formulaciones, una con el 85 % de trigo y 15 % de pulpa de manzana y otra con 75 % de trigo y 25 % de pulpa. El tiempo requerido para la formulación del producto de panificación es de 1 semana.

- Fase 9: evaluación de aceptabilidad. Se evalúa la aceptabilidad del producto de panificación con cien consumidores por medio de una prueba hedónica de tres puntos para evaluar la apariencia, olor y sabor del producto elaborado con cada una de las formulaciones propuestas. El tiempo requerido para la recolección de datos se estima de 1 semana.





## 10. TECNICAS DE ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN

Al obtener los datos del estudio se procederá a realizar un análisis estadístico de la información para poder predecir algunos comportamientos. Para ello se utilizarán las siguientes herramientas:

Tabla III. **Técnicas de análisis de la información**

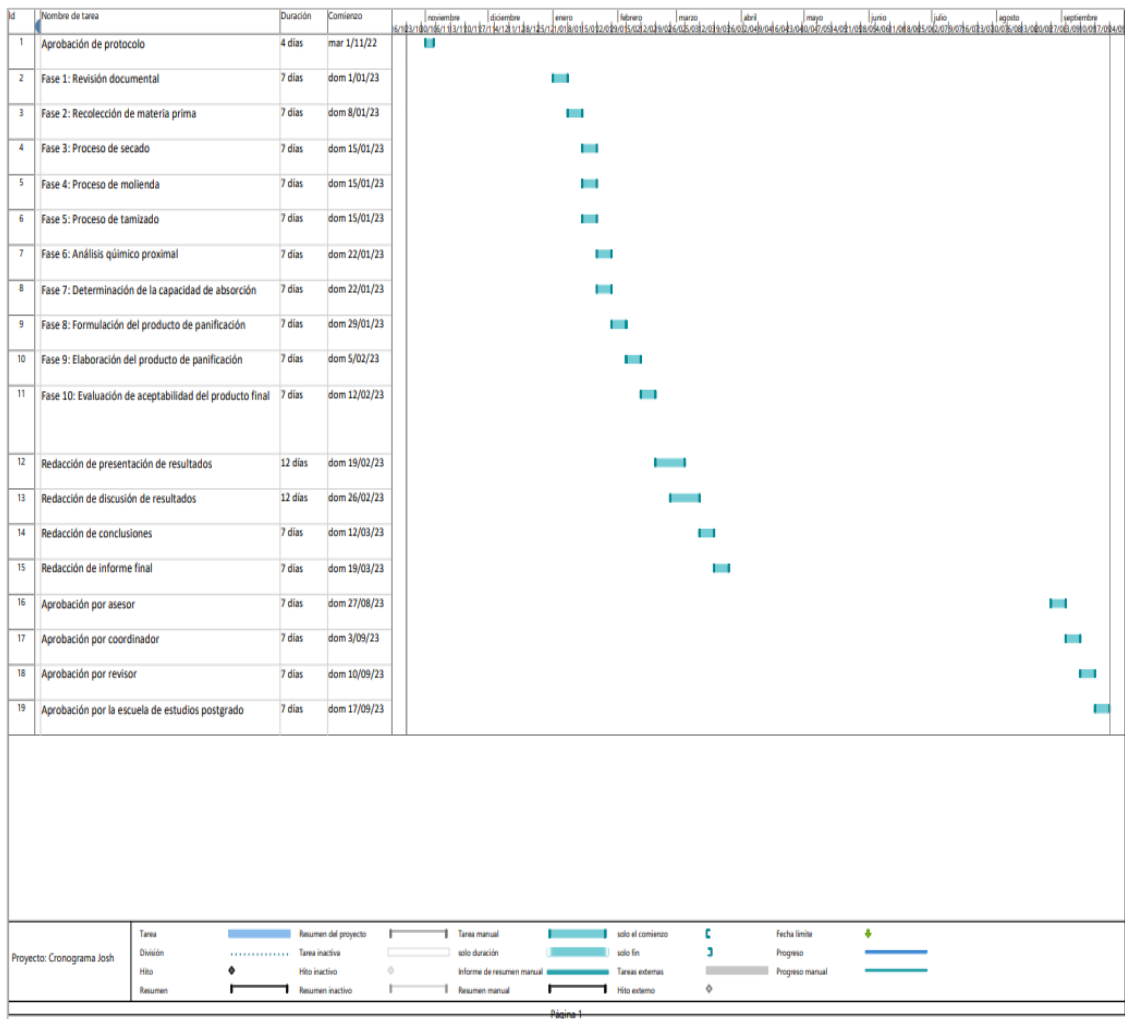
<b>Objetivo</b>	<b>Variable/Indicador</b>	<b>Tipo de presentación final (gráfica, tabla o descriptivo)</b>	<b>Tipo de análisis</b>
Determinar el rendimiento de recuperación de la pulpa deshidratada a las temperaturas de secado.	Identificación de rendimiento de recuperación de la pulpa de manzana deshidratada	Descriptivo	Aritmético
Caracterizar el porcentaje de humedad de la pulpa de manzana en función del tiempo de secado a diferentes temperaturas.	Caracterización del porcentaje de humedad de la pulpa de manzana	Gráfica	Experimental
Determinar la cantidad de fibra en la pulpa de manzana deshidratada y compararla con la cantidad de fibra en la harina de trigo comercial	Determinación de la cantidad de fibra de la pulpa de manzana deshidratada	Tabla	Experimental
Comparar la capacidad de absorción de agua de la pulpa de manzana deshidratada a diferentes tamaños de partícula con la harina de trigo comercial.	Comparación de la capacidad de absorción de agua de la pulpa de manzana.	Tabla	Experimental
Formular un producto de panificación sustituyendo parcialmente harina de trigo por pulpa de manzana deshidratada.	Formulación de un producto de panificación.	Tabla	Experimental
Evaluar la aceptabilidad del producto de panificación con consumidores.	Evaluación sensorial del producto de panificación.	Gráfica	Estadístico

Fuente: elaboración propia.



# 11. CRONOGRAMA

Figura 2. Cronograma de actividades



Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Project 2020.



## 12. FACTIBILIDAD DEL ESTUDIO

El presente trabajo de investigación se realizará con recursos propios del estudiante de maestría. Siendo la investigación descriptiva, se tendrán en cuenta los siguientes recursos:

Tabla IV. **Recursos necesarios para la investigación**

	ITEM	CANTIDAD	COSTOS (Q)	FUENTE DE FINANCIAMIENTO
<b>Recurso humano</b>	Asesor	1	0.00	Donación
	Investigador	1	0.00	No Aplica
	Consumidores	100	0.00	Donación
<b>Recursos materiales</b>	Calculadora	1	0.00	No Aplica
	Balanza Analítica	1	0.00	No Aplica
	Caja de lapiceros	1	10.00	Propio
	Resma de hojas	1	40.00	Propio
	Análisis bromatológicos	1	500.00	Propio
	Ingredientes de formulación	10 (ingredientes)	200.00	Propio
	<b>Recursos físicos</b>	Vehículo	1	0.00
	Gasolina	5 (galones)	150.00	Propio
	Servicio de luz	-	150.00	Propio
<b>Recursos tecnológicos</b>	Computadora	1	0.00	No Aplica
	Celular	1	0.00	No Aplica
	Servicio de internet	-	430.00	Propio
<b>Equipos</b>	Secador	1	1500.00	Propio
	Molino	1	800.00	Propio
	Tamiz	1	200.00	Propio
	Termómetro Digital	1	150.00	Propio
	Utensilios de acero inoxidable	5	350.00	Propio
	Horno para hornear	1	0.00	No Aplica
<b>TOTAL</b>			<b>4480.00</b>	

Fuente: elaboración propia.

Se requiere de un total de Q 4,480.00 para la realización del trabajo de investigación, de los cuales el 100 % será financiado por medios propios del investigador.

### 13. REFERENCIAS

1. Aguirre-Castillo, G., Castillo, J., Trejo-Márquez, M., Pascual-Bustamante, S. y Lira-Vargas, A. (enero, 2018). Elaboración de harina de manzana (*Malus domestica*) a partir de residuos provenientes del proceso de elaboración de jugo aplicada en una botana horneada. Facultad de estudios superiores. *Investigación y Desarrollo en Ciencia y Tecnología de Alimentos*, 3(2018), 234-240. Recuperado de <http://www.fcb.uanl.mx/IDCyTA/files/volume3/4/3/40.pdf>
2. Antonio, A., Wiedemann, L., Galante, E., Guimar, A., Matharu, A. y Veiga-Junior, V. (abril, 2021). Efficacy and sustainability of natural products in COVID-19 treatment development: opportunities and challenges in using agro-industrial waste from Citrus and apple. *Heliyon*, 7, 1-12. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2021.e07816>
3. Barquero, M. (2012). *Análisis proximal de alimentos*. Costa Rica: Editorial de la Universidad de Costa Rica.
4. Caal, K. (2014). *Evaluación del efecto de la temperatura de secado en el contenido fenólico total y el grado de aceptabilidad de la cáscara de manzana Granny Smith (Malus doméstica), para su aprovechamiento en la elaboración de infusiones* (tesis de licenciatura). Universidad de San Carlos de Guatemala, Guatemala.



5. Casim, S. (2011). *Enriquecimiento de manzana con calcio: efecto en las propiedades fisicoquímicas y estructurales durante el secado en corriente de aire* (tesis de doctorado). Universidad de Buenos Aires, Argentina. Recuperado de [https://bibliotecadigital.exactas.uba.ar/collection/tesis/document/tesis\\_n4853\\_Casim](https://bibliotecadigital.exactas.uba.ar/collection/tesis/document/tesis_n4853_Casim)
  
6. Contreras, C. (2011). *Influencia del método de secado en parámetros de calidad relacionados con la estructura y el color de manzana y fresa deshidratadas* (tesis de doctorado). Universidad Politécnica de Valencia, España. Recuperado de <https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/1932/tesisUPV2345.pdf;jsessionid=49FDE45F6C637464F1C0DEE210003391?sequence=1>
  
7. Cruzado, M., Pastor, A., Castro, N. y Cedrón, J. (enero, 2013). Determinación de compuestos fenólicos y actividad antioxidante de extractos de alcachofa (*Cynara scolymus L.*). *Rev Soc Quím Perú*. 79(1), 57-63. Recuperado de <http://www.scielo.org.pe/pdf/rsqp/v79n1/a08v79n1.pdf>
  
8. Demirci, M., Ipek, Y., Gul, F., Ozen, T. y Demirtas, I. (diciembre, 2018). Extraction, isolation of heat-resistance phenolic compounds, antioxidant properties, characterization and purification of 5-hydroxymaltol from Turkish apple pulps. *Food Chemistry*, 269, 111-117. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2018.06.147>

9. Eroski Consumer. (12 de mayo, 2006). Manzana [Mensaje en un blog]. Recuperado de <https://frutas.consumer.es/manzana/propiedades>
10. Fernández, P., Heredia, A., Estanga, M. y García, D. (2012). *Caracterización de los residuos y desechos sólidos no peligrosos generados en una industria procesadora de jugos, néctares y lácteos*. Venezuela: Universidad Centro occidental Lisandro Alvarado. Recuperado de <https://aidisnet.org/wp-content/uploads/2019/07/274-Venezuela-oral.pdf>
11. Geankopolis, C. (1998). *Principios de transportes y operaciones unitarias*. México: Continental.
12. Gómez, P (2010). *Procesamiento mínimo de manzana: efecto de la radiación UV-C y la luz pulsada de alta intensidad sobre la calidad* (tesis de doctorado). Universidad de Buenos Aires, Argentina. Recuperado de [https://bibliotecadigital.exactas.uba.ar/download/tesis/tesis\\_n4603\\_Gomez.pdf](https://bibliotecadigital.exactas.uba.ar/download/tesis/tesis_n4603_Gomez.pdf)
13. Hong, L., Vinay, Linjing, J., Surendra, S., Deepak, K., Ankita, J., Zengqiang, Z., Raveendran, S., Parameswaran, B., Shashi, K. y Mukesh, K. (diciembre, 2021). Biopolymer poly-hydroxyalkanoates (PHA) production from apple industrial waste residues: A review. *Chemosphere*, 284, 131427. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2021.131427>

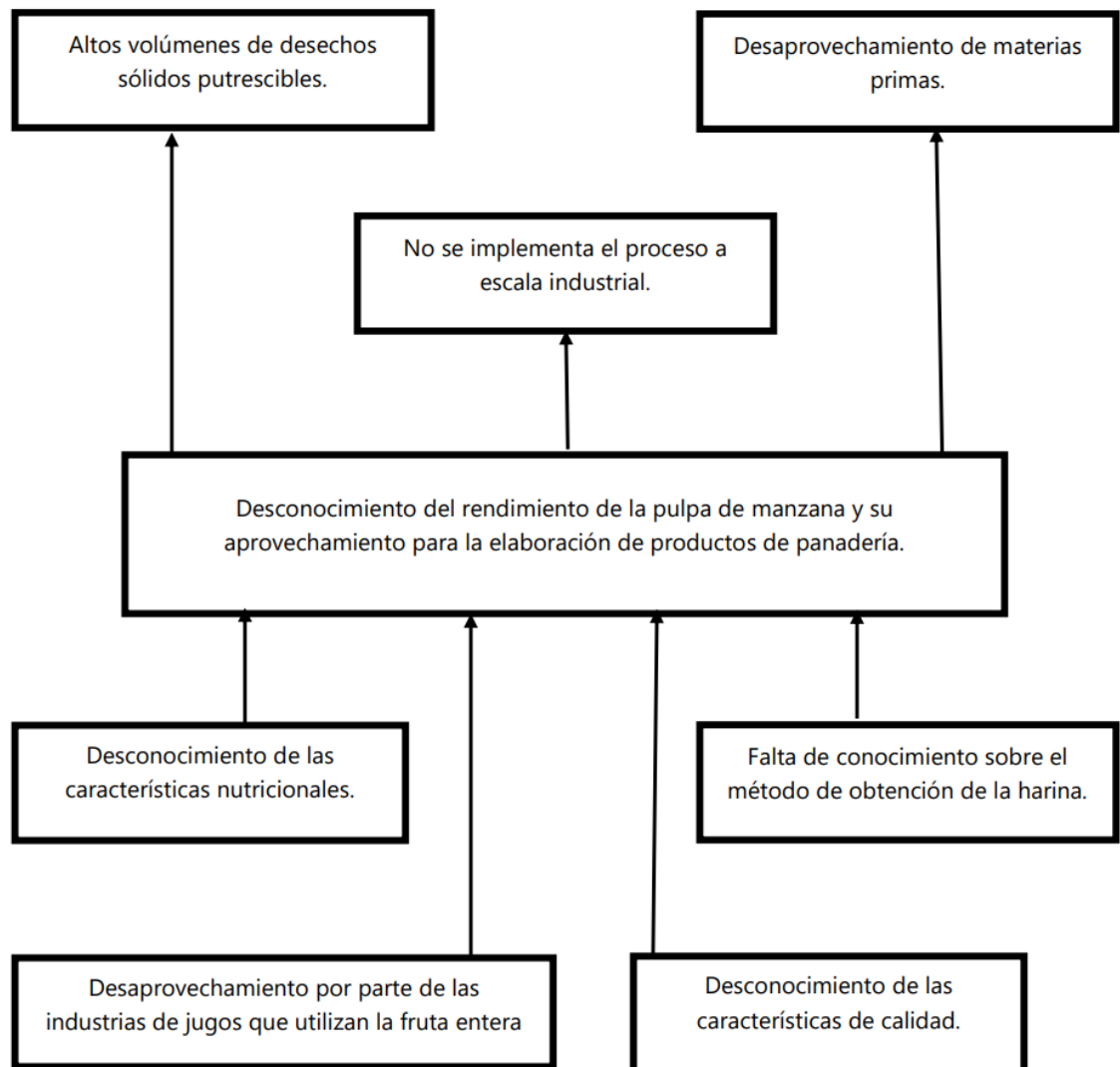
14. Iglesias, P. (2017). *Hortofruticultura*. México: Universitario El Cerillo. Recuperado de <http://ri.uaemex.mx/bitstream/handle/20.500.11799/68164/Cultivo+de+Manzana.pdf;jsessionid=219E42AF61A1469E3B1E8B30ECC4D2D1?sequence=1>
15. Martínez, J. (1998). *Cambios fisicoquímicos en manzanas Granny Smith asociados a la impregnación al vacío: aplicaciones en congelación* (tesis de doctorado). Universidad Politécnica de Valencia, España. Recuperado de <https://aplicat.upv.es/exploraupv/ficha-tesis/tesis/897>
16. Mayorga, M. (2022). *Efecto de la adición de fibras para la producción y enriquecimiento de productos de panificación y pastelería - Una revisión del conocimiento actual* (tesis de licenciatura). Universidad Técnica de Ambato, Ecuador. Recuperado de <https://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/34935/1/AL%20826.pdf>
17. McCabe, W. y Smith, J. (2007). *Operaciones Unitarias en Ingeniería Química*. México. Mc Graw Hill.
18. Rupasinghe, H., Wang, L., Pitts, N. y Astatkie, T. (marzo, 2008). Características sensoriales y para hornear de muffins incorporados con polvo de cáscara de manzana. Departamento de Ingeniería. *Journal of Food Quality*, 32(2009), 685-694. Recuperado de <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/epdf/10.1111/j.1745-4557.2009.00275.x>

19. Soto, C. (2014). *Proceso de fabricación de harina de coco (Cocos nucifera) para la obtención de un producto de panificación para personas celíacas* (tesis de licenciatura). Universidad de San Carlos de Guatemala, Guatemala.
  
20. Velásquez, V. (2007). *Estandarización del proceso de secado de carragenina en la empresa Extractos Naturales Gelymar S.A* (tesis de licenciatura). Universidad Austral de Chile, Chile. Recuperado de <http://cybertesis.uach.cl/tesis/uach/2007/fav434e/doc/fav434e.pdf>



## 14. APÉNDICES

### Apéndice 1. Árbol de problema



Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Visio 2020.

## Apéndice 2. Matriz de coherencia

Objetivos	Variables	Indicadores	Técnicas e instrumentos	Metodología
Determinar el rendimiento de recuperación de la pulpa deshidratada a las temperaturas de secado.	Identificación de rendimiento de recuperación de la pulpa de manzana deshidratada.	Humedad, temperatura y porcentaje rendimiento.	Tratamiento de secado.	Por lotes en secador de bandeja.
Caracterizar el porcentaje de humedad de la pulpa de manzana en función del tiempo de secado a diferentes temperaturas.	Caracterización del porcentaje de humedad de la pulpa de manzana.	Humedad, temperatura y porcentaje rendimiento.	Tratamiento de secado. Hoja de Cálculo de Excel.	Realización de Curvas de secado.
Determinar la cantidad de fibra en la pulpa de manzana deshidratada y compararla con la cantidad de fibra en la harina de trigo comercial	Determinación de la cantidad de fibra de la pulpa de manzana deshidratada.	Cantidad de fibra de la pulpa por medio de un análisis bromatológico. Cantidad de Fibra de la harina de trigo.	análisis químico Proximal	Equipo de laboratorio.
Comparar la capacidad de absorción de agua de la pulpa de manzana deshidratada a diferentes tamaños de partícula con la harina de trigo comercial.	Comparación de la capacidad de absorción de agua de la pulpa de manzana.	Capacidad de absorción de agua a partir de pruebas de laboratorio.	Revisión Documental de metodología de laboratorio.	Equipo de laboratorio.
Formular un producto de panificación sustituyendo parcialmente harina de trigo por pulpa de manzana deshidratada.	Formulación de un producto de panificación.	85 % Trigo y 15 % Pulpa. 75 % Trigo y 25 % pulpa.	Revisión documental de técnicas de panificación.	Horno para hornear.
Evaluar la aceptabilidad del producto de panificación con consumidores.	Evaluación sensorial del producto de panificación.	Propiedades organolépticas (Apariencia, olor y sabor).	Prueba hedónica de tres puntos. Estadística descriptiva.	Análisis Estadístico.


Fuente: elaboración propia.

Apéndice 3. **Instrumento para la formulación de un producto de panificación**

Ingredientes	Fórmula 2 (g)	Fórmula 2 (g)
Harina de Trigo		
Pulpa de manzana deshidratada		
Levadura		
Agua		
Sal		
Huevo		
Leche		
Azúcar		
Canela		
Mantequilla		

Fuente: elaboración propia.

Apéndice 4. **Instrumento de recolección de datos para la prueba hedónica de tres puntos**



**Nombre:** \_\_\_\_\_

**Fecha:** \_\_\_\_\_

Instrucciones: Por favor, tome un poco de agua, luego deguste las muestras de productos presentados y marque con una X la opción que corresponda según su criterio. Usted puede beber tanta agua como desee.

<b>Característica</b>	<b>Apariencia</b>		<b>Sabor</b>		<b>Olor</b>	
<b>Criterio</b>	921	994	921	994	921	994
Me gusta						
Ni me gusta ni me disgusta						
Me disgusta						

Fuente: elaboración propia.



