

**UNIVERSIDAD CATÓLICA SEDES SAPIENTIAE**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA AGRARIA**



Evaluación de la estabilidad de la pulpa concentrada de tamarindo  
(*Tamarindus indica* L.) con carboximetilcelulosa en diferentes  
niveles de dilución con agua

TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE  
INGENIERO AGROINDUSTRIAL Y DE BIOCOMERCIO

AUTOR

Miguel Enrique Alvarado Ruiz

ASESOR

William Nemesio Chunga Trelles

Morropón, Perú

2023

## METADATOS COMPLEMENTARIOS

### Datos del autor

Nombres	
Apellidos	
Tipo de documento de identidad	
Número del documento de identidad	
Número de Orcid (opcional)	

### Datos del asesor

Nombres	
Apellidos	
Tipo de documento de identidad	
Número del documento de identidad	
Número de Orcid (obligatorio)	

### Datos del Jurado

#### Datos del presidente del jurado

Nombres	
Apellidos	
Tipo de documento de identidad	
Número del documento de identidad	

#### Datos del segundo miembro

Nombres	
Apellidos	
Tipo de documento de identidad	
Número del documento de identidad	

#### Datos del tercer miembro

Nombres	
Apellidos	
Tipo de documento de identidad	
Número del documento de identidad	

**Datos de la obra**

Materia*	
Campo del conocimiento OCDE Consultar el listado:	
Idioma (Normal ISO 639-3)	
Tipo de trabajo de investigación	
País de publicación	
Recurso del cual forma parte (opcional)	
Nombre del grado	
Grado académico o título profesional	
Nombre del programa	
Código del programa Consultar el listado:	

\*Ingresar las palabras clave o términos del lenguaje natural (no controladas por un vocabulario o tesoro).

# ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS

ACTA N° 008 - 2023/UCSS/FIA/DI

Siendo las 10:00 a.m. del día 14 de febrero de 2023 - Universidad Católica Sedes Sapientiae, el Jurado de Tesis, integrado por:

- |                                     |                 |
|-------------------------------------|-----------------|
| 1. José Luis Sosa León              | presidente      |
| 2. Linda Marianella Salazar Noriega | primer Miembro  |
| 3. Bertha Marcelina Ruiz Jange      | segundo Miembro |
| 4. William Nemesio Chunga Trelles   | asesor          |

Se reunieron para la sustentación de la tesis titulada **Evaluación de la estabilidad de la pulpa concentrada de tamarindo (*Tamarindus indica* L.) con carboximetilcelulosa en diferentes niveles de dilución con agua**, que presenta el bachiller en Ciencias Agroindustrial y de Biocomercio, **Miguel Enrique Alvarado Ruiz**, cumpliendo así con los requerimientos exigidos por el reglamento para la modalidad de titulación; la presentación y sustentación de un trabajo de investigación original, para obtener el Título Profesional de **Ingeniero Agroindustrial y de Biocomercio**.

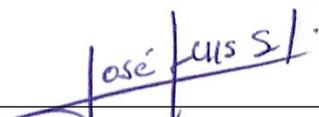
Terminada la sustentación y luego de deliberar, el Jurado acuerda:

APROBAR

DESAPROBAR

La tesis, con el calificativo de **MUY BUENA** y eleva la presente Acta al Decanato de la Facultad de Ingeniería Agraria, a fin de que se declare EXPEDITA para conferirle el TÍTULO de INGENIERO AGROINDUSTRIAL Y DE BIOCOMERCIO.

Lima, 14 de febrero de 2023.



José Luis Sosa León  
PRESIDENTE



Linda Marianella Salazar Noriega  
1° MIEMBRO



Bertha Marcelina Ruiz Jange  
2° MIEMBRO



William Nemesio Chunga Trelles  
ASESOR

**Anexo 2**

CARTA DE CONFORMIDAD DEL ASESOR(A) DE **TESIS** / INFORME ACADÉMICO/ TRABAJO DE INVESTIGACIÓN/ TRABAJO DE SUFICIENCIA PROFESIONAL CON INFORME DE EVALUACIÓN DEL SOFTWARE ANTIPLAGIO

Chulucanas, 7 de setiembre de 2023

Señor(a),  
Wilfredo Mendoza Caballero  
Jefe del Departamento de Investigación  
Facultad de Ingeniería Agraria

Reciba un cordial saludo.

Sirva el presente para informar que **la tesis** / informe académico/ trabajo de investigación/ trabajo de suficiencia profesional, bajo mi asesoría, con título: Evaluación de la estabilidad de la pulpa concentrada de tamarindo (*Tamarindus indica* L.) con carboximetilcelulosa en diferentes niveles de dilución con agua, presentado por Miguel Enrique Alvarado Ruiz (código de estudiante: 2012102195 y DNI: 77237767) para optar el título profesional/grado académico de Ingeniero Agroindustrial y de Biocomercio ha sido revisado en su totalidad por mi persona y **CONSIDERO** que el mismo se encuentra **APTO** para ser sustentado ante el Jurado Evaluador.

Asimismo, para garantizar la originalidad del documento en mención, se le ha sometido a los mecanismos de control y procedimientos antiplagio previstos en la normativa interna de la Universidad, **cuyo resultado alcanzó un porcentaje de similitud de 0 %** (poner el valor del porcentaje).\* Por tanto, en mi condición de asesor(a), firmo la presente carta en señal de conformidad y adjunto el informe de similitud del Sistema Antiplagio Turnitin, como evidencia de lo informado.

Sin otro particular, me despido de usted. Atentamente,



William Nemesio Chunga Trelles  
DNI N°: 03698107  
ORCID: 0000-0002-4795-005X  
Facultad de Ingeniería Agraria - UCSS

\* De conformidad con el artículo 8°, del Capítulo 3 del Reglamento de Control Antiplagio e Integridad Académica para trabajos para optar grados y títulos, aplicación del software antiplagio en la UCSS, se establece lo siguiente:

Artículo 8°. Criterios de evaluación de originalidad de los trabajos y aplicación de filtros

El porcentaje de similitud aceptado en el informe del software antiplagio para trabajos para optar grados académicos y títulos profesionales, será máximo de veinte por ciento (20%) de su contenido, siempre y cuando no implique copia o indicio de copia.

## **DEDICATORIA**

A Dios y a mi abuelo Miguel Alvarado Torres.

## **AGRADECIMIENTO**

Agradezco a la Universidad Católica Sede Sapientiae por ser lugar de formación académica de la juventud Alto Piurana, que permite a muchos jóvenes recibir una educación universitaria de calidad; así mismo, a los diferentes docentes que me guiaron e impartieron sus conocimientos a lo largo de la carrera.

A mis abuelos Miguel Alvarado Torres y Cleofé Barreto Márquez por ser pieza fundamental en mi formación, por el ánimo constante y brindarme el apoyo necesario para lograr culminar satisfactoriamente mi carrera profesional.

A mis padres José Alvarado Barreto y Mercedes Ruiz Arismendis por darme la vida y hacer de mí una persona de bien, a mis hermanos Andrea, Diego, Fernando y Rodrigo por ser mi motivación día a día; a mis tías Telma, Tempora, Milagros, Erika y Rosario por el apoyo brindado.

Agradezco a mi tía Verónica Ruiz Arismendis por todo el cariño y apoyo brindado hacia mí y a mi familia, por estar siempre dispuesta a ayudarnos y estar pendiente de cada paso importante en nuestras vidas.

A mi asesor, Ing. William Chunga Trelles, por compartir su experiencia y conocimientos para el desarrollo de la investigación.

Y por último a mi compañera de vida, Maricarmen Juárez, por el apoyo incondicional y ser siempre parte de mis proyectos.

# ÍNDICE GENERAL

	Pág.
ÍNDICE GENERAL	vii
ÍNDICE DE TABLAS	x
ÍNDICE DE FIGURAS	xii
ÍNDICE DE APÉNDICES	xiii
RESUMEN	xiv
ABSTRACT	xv
INTRODUCCIÓN	1
OBJETIVOS	3
CAPÍTULO I: MARCO TEÓRICO	4
1.1. Antecedentes	4
1.1.1. Internacionales	4
1.1.2. Nacionales	8
1.2. Bases teóricas especializadas	12
1.2.1. Generalidades del Tamarindo	12
1.2.2. Origen	12
1.2.3. Clasificación taxonómica	13
1.2.4. Descripción botánica	14
1.2.5. Requerimientos edafoclimáticos	15
1.2.6. Principales usos	16
1.2.7. Manejo agronómico	18
1.2.8. Madurez y cosecha	20
1.2.9. Composición física	20
1.2.10. Importancia nutricional	21
1.2.11. Producción	22
1.2.12. Pulpa de fruta	23
1.2.13. Pulpa concentrada de fruta	24
1.2.14. Agentes estabilizantes	24
1.2.15. Agentes estabilizantes en la industria alimentaria	25
2.1. Diseño de la investigación	28
2.2. Lugar y fecha	29
2.3. Materia prima e insumos	30

2.3.1.	Materia prima	30
2.3.2.	Insumos	30
2.4.	Materiales, utensilios, equipos y reactivos	31
2.4.1.	Materiales	31
2.4.2.	Utensilios	31
2.4.3.	Equipos	32
2.4.4.	Reactivos	32
2.5.	Descripción del experimento	32
	Evaluación de aceptabilidad del producto final	37
2.6.	Tratamientos	38
2.7.	Unidades experimentales	39
2.8.	Identificación de variables y su mensuración	39
2.9.	Diseño estadístico de la investigación	40
2.10.	Análisis estadístico	40
2.11.	Modelo Estadístico	41
<b>CAPÍTULO III: RESULTADOS</b>		<b>43</b>
3.1.	Caracterización fisicoquímica de la materia prima	43
3.1.1.	Composición física de la materia prima	44
3.1.2.	Análisis proximal de la materia prima	44
3.2.	Características fisicoquímicas de la pulpa concentrada de tamarindo	45
3.3.	Determinación del porcentaje de estabilizante (CMC) y dilución de pulpa concentrada/agua	46
3.4.	Aceptabilidad de la pulpa concentrada a partir del tamarindo	50
3.4.1.	Aceptación del color	51
3.4.2.	Aceptación el olor	52
3.4.3.	Aceptación del sabor	52
3.4.4.	Aceptación de la textura	53
3.4.5.	Intención de compra	53
3.5.	Diagrama de operaciones	54
3.6.	Rendimiento final obtenido de la pulpa concentrada de tamarindo	55
<b>CAPÍTULO IV: DISCUSIONES</b>		<b>57</b>
4.1.	Caracterización fisicoquímica de la materia prima y pulpa sin concentrar	57
4.1.1.	Análisis proximal de la materia prima	59
4.2.	Caracterización fisicoquímica de la pulpa concentrada de tamarindo	60

4.3. Determinación del porcentaje de estabilizante (CMC) y dilución de pulpa concentrada/agua	61
4.4. Aceptabilidad de la pulpa concentrada de tamarindo	61
4.5. Diagrama de operaciones	62
4.6. Rendimiento final obtenido de la pulpa concentrada de tamarindo	62
CAPÍTULO V: CONCLUSIONES	63
CAPÍTULO VI: RECOMENDACIONES	65
REFERENCIAS	66
TERMINOLOGÍA	72
APÉNDICES	74

## ÍNDICE DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1 <i>Taxonomía del tamarindo</i> .....	13
Tabla 2 <i>Composición porcentual del fruto de tamarindo</i> .....	21
Tabla 3 <i>Composición química en 100 g de pulpa de tamarindo</i> .....	21
Tabla 4 <i>Variables productivas del tamarindo</i> .....	22
Tabla 5 <i>Producción de tamarindo según región</i> .....	23
Tabla 6 <i>Descripción de los tratamientos</i> .....	39
Tabla 7 <i>Variables de estudio</i> .....	39
Tabla 8 <i>Propiedades fisicoquímicas del tamarindo</i> .....	43
Tabla 9 <i>Composición física del tamarindo</i> .....	44
Tabla 10 <i>Análisis proximal del tamarindo</i> .....	44
Tabla 11 <i>Análisis fisicoquímico de la pulpa concentrada de tamarindo</i> .....	45
Tabla 12 <i>Análisis fisicoquímico de la pulpa sin concentrar de tamarindo</i> .....	45
Tabla 13 <i>Análisis ANOVA del pH</i> .....	46
Tabla 14 <i>Análisis ANOVA de sólidos solubles</i> .....	47
Tabla 15 <i>Análisis ANOVA de la estabilidad</i> .....	47
Tabla 16 <i>Análisis POST ANOVA (Tukey) para el tiempo de sedimentación</i> .....	48
Tabla 17 <i>Composición física del fruto respecto a otros investigadores</i> .....	59
Tabla 18 <i>Análisis de sólidos solubles</i> .....	75
Tabla 19 <i>Análisis del pH</i> .....	75
Tabla 20 <i>Análisis de comparaciones múltiples en cuanto a porcentajes de dilución</i> .....	76
Tabla 21 <i>Análisis DHS de Tukey en los porcentajes de dilución</i> .....	76
Tabla 22 <i>Análisis de comparaciones múltiples en cuanto a porcentajes de estabilizante</i> .	77
Tabla 23 <i>Análisis DHS de Tukey en los porcentajes de estabilizante</i> .....	77

Tabla 24	<i>Análisis de comparaciones múltiples en cuanto a los °Brix</i> .....	78
Tabla 25	<i>Análisis DHS de Tukey en los °Brix</i> .....	78
Tabla 26	<i>Resumen de varianza en el color</i> .....	83
Tabla 27	<i>Análisis de varianza en el color</i> .....	83
Tabla 28	<i>Resumen de varianza en el olor</i> .....	84
Tabla 29	<i>Análisis de varianza en el olor</i> .....	85
Tabla 30	<i>Resumen de varianza en el sabor</i> .....	86
Tabla 31	<i>Análisis de varianza en el sabor</i> .....	86
Tabla 32	<i>Resumen de varianza en el sabor</i> .....	87
Tabla 33	<i>Análisis de varianza en el sabor</i> .....	88
Tabla 34	<i>Resumen de varianza en la intención de compra</i> .....	89
Tabla 35	<i>Análisis de varianza en la intención de compra</i> .....	89

## ÍNDICE DE FIGURAS

	Pág.
<i>Figura 1.</i> Estructura química de la carboximetilcelulosa (CMC). .....	27
<i>Figura 2.</i> Secuencia de la investigación. ....	29
<i>Figura 3.</i> Mapa de Chulucanas capital de la provincia de Morropón . ....	33
<i>Figura 4.</i> Flujograma de elaboración de pulpa concentrada de tamarindo. ....	33
<i>Figura 5.</i> Medias marginales estimadas de sedimentación en cuanto al estabilizante (CMC).. .....	49
<i>Figura 6.</i> Medias marginales estimadas de sedimentación en cuanto a la dilución. ....	49
<i>Figura 7.</i> Tiempos de sedimentación en cada tratamiento. ....	50
<i>Figura 8.</i> Aceptabilidad de las muestras evaluadas. ....	51
<i>Figura 9.</i> Diferencia de medias del calor. ....	51
<i>Figura 10.</i> Diferencia de medias del calor. ....	52
<i>Figura 11.</i> Diferencia de medias del sabor. ....	52
<i>Figura 12.</i> Diferencia de medias de la textura. ....	53
<i>Figura 13.</i> Diferencia de medias de la intensidad de compra. ....	53
<i>Figura 14.</i> Diagrama de operaciones para la elaboración de pulpa concentrada de tamarindo. ....	55
<i>Figura 15.</i> Balance de masa del proceso de elaboración de pulpa concentrada de tamarindo. ....	56
<i>Figura 16.</i> Análisis proximal del tamarindo. ....	74
<i>Figura 17.</i> Medias marginales estimadas de Brix. ....	79
<i>Figura 18.</i> Respuesta de la encuesta respecto al color. ....	84
<i>Figura 19.</i> Respuesta de la encuesta respecto al olor. ....	85
<i>Figura 20.</i> Respuesta de la encuesta respecto al sabor. ....	87
<i>Figura 21.</i> Respuesta de la encuesta respecto a la textura. ....	88
<i>Figura 22.</i> Respuesta de la encuesta respecto a la intensidad de compra. ....	89
<i>Figura 23.</i> Medición de Brix. ....	90
<i>Figura 24.</i> Medición del pH. ....	90
<i>Figura 25.</i> Pasaje de la muestra. ....	90
<i>Figura 26.</i> Medición de la acidez titulable. ....	90
<i>Figura 27.</i> Proceso de sedimentación. ....	90
<i>Figura 28.</i> Tratamientos. ....	90
<i>Figura 29.</i> Pulpa concentrada de tamarindo. ....	90

## ÍNDICE DE APÉNDICES

	Pág.
Apéndice 1. Análisis proximal de materia prima .....	74
Apéndice 2. Valores promedio de sólidos solubles y pH .....	75
Apéndice 3. análisis de post varianza de la sedimentación .....	76
Apéndice 4. Análisis de post varianza de sólidos solubles.....	77
Apéndice 5. Escala para el análisis de aceptación de la pulpa concentrada .....	80
Apéndice 6. Ficha de evaluación sensorial de pulpa concentrada de tamarindo .....	81
Apéndice 7. Análisis de varianza de las características sensoriales .....	83
Apéndice 8. Fotografías del proceso de investigación.....	90

## RESUMEN

El tamarindo (*Tamarindus indica* L.) es una especie vegetal utilizada en el procesamiento de diversos productos entre los que destaca la elaboración de pulpas; por ello la presente investigación tuvo como objetivo general determinar el proceso que mejore la estabilidad de los sólidos suspendidos de una pulpa concentrada de tamarindo (*Tamarindus indica* L.) en dilución con agua. La metodología empleada consistió en acondicionar la materia prima (selección, lavado y descascarado), extraer la pulpa mediante adición de agua en relación de 1:1 (fruta: agua) y concentrarla con el uso de calor hasta los 34 °Brix. A la pulpa concentrada se le adicionó 0,05; 0,1 y 0,15 % de CMC; y posteriormente fue diluida en niveles de 5; 10 y 15 % (pulpa concentrada/agua) para poder evaluar el tiempo de sedimentación de los sólidos en suspensión. Se realizaron análisis fisicoquímicos a la materia prima, a la pulpa extraída y a la pulpa concentrada, así como un análisis proximal a la materia prima; además, se llevó a cabo un análisis sensorial con jueces no entrenados (n = 35) para determinar la aceptabilidad del producto obtenido y verificar si el porcentaje de CMC influyó en la aceptabilidad e intención de compra del producto final. Las variables independientes de estudio fueron el porcentaje de CMC y el porcentaje de dilución, en tanto las variables dependientes fueron el tiempo de sedimentación, rendimiento, aceptabilidad sensorial e intención de compra. Se utilizó un diseño factorial simple 3<sup>2</sup> de dos factores y tres niveles, para el análisis de estabilidad se aplicó el diseño estadístico completo al azar (DCA) y para el análisis sensorial e intención de compra se empleó el diseño de bloques completos al azar (DBCA); se realizó el análisis de la varianza (ANOVA) y la prueba post hoc de Tukey con un valor  $p \leq 0,05$ . Los datos e información obtenidos como resultado de la experimentación fueron procesados en el programa estadístico SPSS 21 (Statistical Product and Service Solutions) y Microsoft Excel 2016. La pulpa concentrada obtuvo 3,04 de pH, 34 °Brix y 2,58 % de acidez titulable; se obtuvo un rendimiento del 62,2 %, el producto final fue estadísticamente aceptado con una calificación promedio de 7 (me gustó moderadamente), se determinó que el porcentaje de CMC influyó en la estabilidad de la pulpa concentrada, tuvo buena aceptabilidad y probablemente el consumidor compraría el producto (calificación promedio de 4 para la intención de compra).

**Palabras clave:** Tamarindo, *Tamarindus indica* L., Carboximetilcelulosa, CMC, Pulpa concentrada.

## ABSTRACT

Tamarind (*Tamarindus indica* L.) is a plant species used in the processing of various products, among which pulp processing stands out; Therefore, the general objective of this investigation was to determine the process that improves the stability of suspended solids of a concentrated tamarind pulp (*Tamarindus indica* L.) diluted with water. The methodology used consisted of conditioning the raw material (selection, washing and peeling), extracting the pulp by adding water in relation to 1:1 (fruit: water) and concentrating it with the use of heat until 34 °Brix. CMC was added to the concentrated pulp at concentrations of 0.05, 0.1 and 0.15 %, and finally diluted at levels of 5, 10 and 15 % (concentrated pulp/water) in order to assess the sedimentation time of the suspended solids. Physico-chemical analysis was performed on the raw material, extracted pulp and concentrated pulp, as well as a proximal analysis of the raw material; in addition, a sensory analysis was carried out with untrained judges (n=35) to determine the acceptability of the product obtained and to verify whether the percentage of CMC influenced the acceptability and intention to purchase the final product. The independent study variables were the percentage of CMC and the percentage of dilution, while the dependent variables were the sedimentation time, yield, sensory acceptability and purchase intention. A simple factorial design 3<sup>2</sup> with two factors and three levels was used; for the stability analysis, the complete randomized statistical design (CRD) was applied, and for the sensory analysis and purchase intention, the randomized complete block design (RCBD) was used; analysis of variance (ANOVA) and Tukey's post hoc test with a p value ≤ 0.05 were performed. The data and information obtained as a result of the experimentation were processed in the statistical program SPSS 21 (Statistical Product and Service Solutions) and Microsoft Excel 2016. The concentrated pulp obtained 3.04 pH, 34°Bx and 2.58% titratable acidity; a yield of 62.2% was obtained, the final product was statistically accepted with an average rating of 7 (I like it moderately), it was determined that the percentage of CMC influenced the stability of the concentrated pulp, had good acceptability and the consumer was likely to purchase the product (average rating of 4 for purchase intention).

**Keywords:** Tamarind, *Tamarindus indica* L., Carboxymethylcellulose, CMC, Concentrated pulp.

## INTRODUCCIÓN

El tamarindo es un frutal nativo de África tropical, el cual se cultiva en varias regiones del mundo y que crece en climas tropicales (Orozco *et al.*, 2014), este fruto posee características especiales que permiten usarlo para una amplia variedad de productos tanto en industria, medicina, textilera, gastronomía, etc., que facilitan su comercialización tanto a nivel nacional como al exterior. Estados Unidos, China y Canadá son los principales países importadores de este fruto; es por ello, la importancia que tiene el aprovechamiento de las materias primas con las que cuenta la región Piura y específicamente el distrito de Chulucanas, en especial el fruto del árbol de tamarindo (Centro de comercio internacional [TRADE MAP], 2017).

Las pulpas y jugos concentrados de diferentes frutas son consumidos principalmente en Estados Unidos y Asia, y teniendo como al principal exportador de este tipo de productos a Brasil (TRADE MAP, 2017).

La región Piura es uno de los principales productores de tamarindo (*Tamarindus indica* L.) en el Perú, con una producción de 1561 t en el año 2016 (Ministerio de Agricultura y Riego [MINAGRI], 2016), siendo el distrito de Chulucanas el mayor productor de esta fruta en la región. La mayor parte de la producción se destina al mercado nacional y al consumo local de las familias sin que tenga un valor agregado ni proceso de transformación, debido a esto, el precio de venta y los ingresos económicos para los productores son bajos.

Esta investigación fue motivada, ante los escasos estudios y conocimientos sobre la forma en la que se puede aprovechar los recursos disponibles en el distrito de Chulucanas, con el fin de facilitar la comercialización de los mismos. Chulucanas tiene la ventaja competitiva de ser el mayor productor de tamarindo en la región (Ruiz, 2003); según esto, existe disponibilidad de materia prima que va a permitir hacer un mejor aprovechamiento de este producto.

Los productos industrializados a partir del tamarindo no son muy conocidos ni difundidos en la región Piura, esto se empeora con la inadecuada aplicación de tecnologías para la conservación de alimentos, provocando el rápido deterioro y la corta duración de la vida en anaquel. Al elaborar una bebida de pulpa de tamarindo diluida en agua se observa que se produce una sedimentación muy rápida; es decir, se produce una separación de la parte líquida con la sólida dando una mala apariencia para el consumidor final. La línea de elaboración de jugos y pulpas concentradas de nuestra región es la que menos se ha desarrollado; además, el proceso de la elaboración de pulpa concentrada de tamarindo no está bien definido ni estudiado (Carmen, 2015).

El uso de hidrocoloides como el CMC ha sido estudiado recientemente en la formulación de bebidas y en la industria alimentaria en general, teniendo un alto potencial respecto a las propiedades de estabilidad que confiere a los productos en los que se utiliza (Contreras *et al.*, 2018).

El objetivo principal de la investigación fue elaborar pulpa concentrada a partir de frutos de tamarindo con adición de carboximetilcelulosa como estabilizante, con el fin de mantener los sólidos en suspensión y retardar el tiempo de sedimentación al utilizar la pulpa concentrada en algún tipo de bebida; también se buscó establecer el proceso de elaboración de la misma, a través de la elaboración del flujograma del proceso, caracterización de la materia prima (pulpa sin concentrar y pulpa concentrada), análisis proximal de la materia prima, aceptabilidad del producto final, intención de compra y rendimiento.

En la investigación se consideró realizar un estudio de aceptabilidad e intención de compra, empleando un análisis sensorial, mediante un panel de jueces semientrenados, quienes evaluaron los atributos sensoriales de la pulpa concentrada. Este análisis logró determinar el nivel de acogida que tiene este tipo de productos por el consumidor local.

## **OBJETIVOS**

### **Objetivo general**

Determinar el proceso que mejore la estabilidad de los sólidos suspendidos de una pulpa concentrada de tamarindo (*Tamarindus indica L.*) en dilución con agua.

### **Objetivos específicos**

- Realizar la caracterización fisicoquímica y análisis proximal de la materia prima.
- Realizar la caracterización fisicoquímica de la pulpa concentrada de tamarindo.
- Determinar el porcentaje de estabilizante carboximetilcelulosa (CMC) y relación pulpa concentrada/agua, que logre ampliar el tiempo de inicio de la sedimentación de pulpa concentrada de tamarindo.
- Desarrollar el análisis de aceptabilidad e intención de compra de la pulpa concentrada de tamarindo con tres niveles de CMC.
- Desarrollar el diagrama de operaciones para la elaboración de la pulpa concentrada de tamarindo.
- Calcular el rendimiento final obtenido de la pulpa concentrada a partir del tamarindo.

## CAPÍTULO I: MARCO TEÓRICO

### 1.1. Antecedentes

#### 1.1.1. Internacionales

Pájaro *et al.* (2018) desarrollaron una investigación en Cartagena - Colombia cuyo objetivo fue caracterizar fisicoquímica y microbiológicamente un vino hecho a base de tamarindo (*Tamarindus indica* L.) y carambola (*Averrhoa carambola* L.). La caracterización fisicoquímica fue hecha a la materia prima y al mosto base, para esto los investigadores midieron dos parámetros fundamentales que fueron los sólidos solubles y el pH; para la caracterización fisicoquímica del vino obtenido consideraron medir extracto seco, acidez volátil, acidez total, anhídrido sulfuro total, metanol y grado alcohólico (% de etanol en volumen). La caracterización fue realizada por triplicado, los autores usaron los métodos descritos por la Asociación Oficial de Químicos Analíticos y las normas técnicas colombianas para bebidas alcohólicas. En la investigación realizaron un análisis microbiológico al producto final obtenido según la Norma Técnica Colombiana 404. Los autores determinaron que el proceso de elaboración del vino fue realizado adaptando lo descrito por estudios de otros investigadores; además, detallaron que tuvieron que realizar la corrección del mosto a 17 °Brix. Las frutas que usaron en el estudio presentaban un bajo contenido de azúcar; por ello, optaron con añadirla para facilitar el proceso de fermentación. La levadura empleada fue *Saccharomyces cerevisiae* y adicionaron tiamina como agente de crecimiento. Para elaborar 20 l de vino base útil los autores utilizaron 2,4 l de mosto de tamarindo y carambola, 2597 g de azúcar, 20 l de agua, 1 g de tiamina y 25 g de levadura. Respecto a los resultados obtenidos los investigadores determinaron que el contenido de sólidos solubles de la pulpa de carambola fue de 16 °Brix y un pH de 3,9; por su parte la pulpa de tamarindo presentó un valor de °Brix de 12 y 2,5 de pH; el mosto (con adición de azúcar) obtuvo un pH de 3,7 y 18 °Brix. El contenido final de alcohol que presentó el vino fue de 8,89 ° aproximadamente; el contenido de acidez total fue de 5,25 g/dm<sup>3</sup> y el de acidez volátil 0,11 g/dm<sup>3</sup>; la cantidad de azúcares totales en el vino de frutas fue de 0,8 g/dm<sup>3</sup>, según

este dato fue clasificado como vino seco; los valores de pH fueron 3,07 y de extracto seco reducidos de 13,5 g/dm<sup>3</sup>; el valor de anhídrido sulfuroso fue de 200 mg/dm<sup>3</sup> y el contenido de metanol que encontraron los investigadores estuvo dentro del rango permitido por la Norma Técnica Colombiana (menor a 0,1).

Ávila y Sánchez (2016) desarrollaron un estudio en Ecuador enfocado a evaluar el efecto de dos tipos de estabilizantes (goma guar y goma xanthan) usados para elaborar néctar de tamarindo. El diseño experimental fue cuantitativo bifactorial A x B (4 x 2) completamente al azar, con un total de 8 tratamientos con tres repeticiones cada uno, el estudio fue realizado en condiciones rigurosas y controladas, las variables independientes del estudio fueron el tipo de estabilizante con dos niveles (goma guar y goma xanthan) y el porcentaje de estabilizantes con cuatro niveles (0,1; 0,2; 0,3 y 0,4 %), las variables dependientes fueron viscosidad, acidez, pH, estabilidad del néctar, y propiedades organolépticas. La unidad muestral fue de 2000 g de mezcla (constituida por agua, pulpa y azúcar). Los autores llevaron a cabo un análisis sensorial empleando un panel de jueces no entrenados compuesto por 30 integrantes. El néctar fue elaborado con frutos de tamarindo crudo a una dilución de 1/10; es decir, por 1 kg de pulpa fue adicionado 10 litros de agua según lo establecido en la norma INEN 2337 para néctar de frutas, los investigadores realizaron el análisis físico – químico (pH, acidez, densidad y viscosidad) al néctar obtenido, evaluaron variables organolépticas de olor, sabor, color y apariencia general a través de encuestas utilizando una escala hedónica. Los autores realizaron el análisis de varianza ANOVA, para determinar la homogeneidad de las varianzas respecto a las variables utilizaron el coeficiente de variación (CV) y para elegir el mejor tratamiento emplearon la prueba de TUKEY con una probabilidad de 5 % ( $p \leq 0,05$ ). Los datos del análisis sensorial fueron trabajados en el software Microsoft Excel 2013 y los datos del análisis físico – químico en el programa IBM SPSS statistics 21. Los resultados que obtuvieron los autores revelan que el tratamiento 8 (goma guar 0,4 %) tuvo la mayor viscosidad de todos los tratamientos cuya cantidad fue 1,10 cP (centiPoise), y el tratamiento 2 (goma xanthan 0,2 %) tuvo 1,08 cP que representó la menor viscosidad; el tratamiento 8 arrojó la mayor densidad (95,06) y por el contrario el tratamiento 1 fue el que presentó la menor densidad (4,23); el tratamiento 4 fue el que tuvo una mejor estabilidad ya que fue el que menos precipitó los sólidos en suspensión (0,6367 a 0,8867 %); la acidez del néctar oscilaba entre 0,49 y 0,68; el pH se encontró en rangos de

3,14 a 3,21; en lo que respecta al análisis sensorial determinaron que el tratamiento 2 fue el mejor frente al testigo.

Tirado *et al.* (2014) llevaron a cabo una investigación en Colombia, cuyo objetivo principal fue estudiar las características viscoelásticas para evitar problemas en el almacenamiento y mejorar la estabilidad de la pulpa edulcorada de tamarindo. La investigación hecha por los autores fue de tipo experimental y cuantitativa, donde la variable independiente fue la concentración de pulpa: azúcar (porcentajes respectivos de 100:0, 70:30 y 60:40); utilizaron tres tratamientos, el primero fue 100 % pulpa de tamarindo sin adición de azúcar el segundo 70 % de pulpa con 30 % de azúcar y el tercero 60 % de pulpa con 40 % de azúcar; las variables respuesta fueron las características fisicoquímicas (humedad, proteína, grasa, carbohidratos, ceniza y fibra), la calidad microbiológica (mesófilos, coliformes totales y fecales, esporas del *Clostridium spp*, bacterias sulfito reductoras, hongos y levaduras) y las características reológicas (viscosidad aparente, módulo de almacenamiento y pérdida de agua). Como parte de la metodología para poder extraer la pulpa de tamarindo los autores agregaron 7 kg de agua para 4 kg de fruto seleccionado y descascarado, agitaron vigorosamente y dejaron reposar durante tres horas, procedieron a eliminar el agua y la parte sólida fue ingresada a un despulpador mecánico obteniendo una pulpa con 10 °Brix. Para el análisis estadístico los autores aplicaron la prueba t-student con nivel de significancia  $p \leq 0,05$ ; los datos fueron procesados en el programa estadístico Statgraphics Centurion XVI. Los resultados hallados en la investigación fueron que la pulpa que presentaba mayor viscosidad aparente fue aquella que contenía mayor cantidad de azúcar, debido a que la solidez de la pulpa aumentó con el incremento de la proporción de sacarosa, por el contrario, disminuyó con el aumento de la proporción de pulpa. Los investigadores concluyeron que el aumento de la velocidad de corte está relacionado directamente con la disminución de la viscosidad aparente (independientemente de la proporción de pulpa) y que microbiológicamente la pulpa obtenida presentó excelentes características debido a la sacarosa que las cubría.

Acevedo *et al.* (2014) en Colombia, elaboraron una investigación cuyo objetivo fue determinar la influencia de la temperatura y la concentración en la deshidratación osmótica de pulpa de tamarindo. Los investigadores evaluaron la cinética de deshidratación de la pulpa de tamarindo (*Tamarindus indica* L.) por ósmosis, a partir del índice de efectividad (cociente

entre la pérdida de agua y la ganancia de sólidos) y analizaron si la temperatura y la concentración de la solución influían sobre el proceso. La investigación fue de tipo experimental, el diseño usado fue factorial 2 x 3 con tres repeticiones para cada tratamiento y un total de 18 corridas experimentales, la temperatura y la concentración de sacarosa fueron los dos factores bajo estudio; los autores consideraron tres niveles para la sacarosa (30, 40 y 60 °Brix) y dos niveles para la temperatura (29 y 50 °C). La unidad experimental fue 100 g de pulpa de tamarindo y 1000 g de solución osmótica (relación 1:10). Las variables de respuesta bajo estudio fueron: la pérdida de peso (WR), pérdida de agua (WL) y ganancia de sólidos solubles (SG). Los investigadores realizaron los ensayos en un baño termostático (marca FERCA TT400) de agitación lineal, para evitar que el azúcar forme costra en la superficie de las muestras. Las muestras de pulpa fueron tomadas por triplicado y fueron expuestas a la osmodeshidratación en diferentes tiempos (1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9 y 10 horas); los sólidos solubles de la solución empleada en la osmodeshidratación fueron medidos mediante la técnica refractométrica, tal como lo establece la Norma Técnica Colombiana 440; la humedad fue determinada exponiendo las muestras a una temperatura de 105 °C hasta obtener peso constante; calcularon los parámetros de pérdida de agua (WL), pérdida de peso (WR) y ganancia de sólidos (SG). Los investigadores realizaron el ANOVA con un  $P > 0,001$  y un análisis de correlación entre las variables bajo estudio. Los datos obtenidos fueron procesados en el programa Statgraphics Centurion XVII. Los autores determinaron que la pérdida de agua (WL) se producía durante las primeras cuatro horas de deshidratación osmótica a temperatura de 50 °C, cuyos valores fueron 52,8; 52,9 y 53,5 %; para temperatura de 30 °C la pérdida de agua de la pulpa de tamarindo se produjo a las cinco horas alcanzando valores de 48,9; 49,6 y 51,8 %, para las concentraciones de solución del 30; 40 y 60 % respectivamente. Los autores concluyeron que existe una marcada significancia  $P < 0,001$  de los factores de concentración de sacarosa y temperatura de osmodeshidratación, produciéndose mayores pérdidas de agua (53,5 %) cuando la temperatura y concentración de la solución eran mayores (correspondiente al tratamiento de 50 °C y 60 °Brix), lo mismo sucedió con la pérdida de peso (53,9 %) y ganancia de sólidos (0,008 %).

Alvarado (2011) en la ciudad de Guayaquil - Ecuador, realizó el estudio del proceso de elaboración de pulpas pasteurizadas y congeladas a partir de la combinación de diversas frutas, con proyecciones de producción a mediana escala. Los objetivos planteados fueron la elaboración de dos pulpas de frutas (las mismas que se sometieron a un proceso de

pasteurización para posteriormente ser congeladas para su conservación), determinar la temperatura adecuada para aplicar el tratamiento térmico y finalmente elaborar un diseño de planta que optimice el proceso (volumen de producción adecuado). El diseño de la investigación fue factorial de un solo factor; asimismo, utilizó el método de Stumbo para medir la penetración del calor y la degradación del ácido ascórbico como parámetro para determinar el tiempo y temperatura de pasterización. La variable fue la temperatura del tratamiento térmico con tres niveles de 80, 85 y 90 °C; para determinar la temperatura adecuada del tratamiento térmico el autor consideró un tiempo de 0 a 30 minutos; con el fin de evaluar diferencias significativas el investigador midió la temperatura que presentaban las combinaciones de pulpa en cada tramo de tiempo (medición cada dos minutos). El autor realizó la caracterización físico – química de la materia prima utilizada midiendo atributos de pH, acidez y sólidos solubles, elaboró 10 combinaciones diferente de frutas (guanábana - piña, papaya - mango, naranjilla - mango, mora - naranjilla, tomate de árbol - mandarina, durazno - maracuyá, mora - frutilla, mango - mandarina, frutilla - tomate de árbol y naranjilla - maracuyá), de todas las combinaciones el investigador escogió a las dos mejores de acuerdo a perfiles sensoriales realizados a 35 jueces no entrenados, quienes determinaron el porcentaje de aceptabilidad a través de una escala hedónica verbal; para la pasteurización el autor utilizó una caldera eléctrica de volteo con capacidad de 75 l y para la congelación de las pulpas empleó un congelador vertical de placas con capacidad de 130 l. El investigador realizó el análisis de varianza (ANOVA) con un nivel de probabilidad del 5 % ( $p \leq 0,05$ ). Las dos combinaciones que resultaron tener la mayor aceptabilidad fueron naranjilla - mango y frutilla - tomate de árbol con 86 % de aceptación, siendo 85 °C la temperatura que optimizó el tratamiento térmico. Una vez seleccionada las combinaciones preferidas por los jueces, fue indispensable controlar cada etapa del proceso con el fin de garantizar que el producto sea inocuo y seguro para su consumo, con respecto al diseño de planta el autor concluyó que la planta de procesamiento a mediana escala tiene que tener una organización en forma de “L”.

### **1.1.2. Nacionales**

Anchivilca (2019) en Lima - Perú, realizó una investigación cuyo objetivo fue formular y caracterizar helados tipo sorbete enriquecidos con ácido ascórbico, utilizando pulpa de tamarindo (*Tamarindus indica* L.). Los factores de la investigación fueron la concentración de pulpa de tamarindo (10; 15 y 20 %) y la concentración de ácido ascórbico (0,3; 0,4 y 0,5

%). La pulpa obtenida fue caracterizada fisicoquímicamente (pH, acidez, humedad, contenido de sólidos, etc.). La fruta pasó por un proceso de inmersión en agua durante 6 horas, lo que afectó los resultados de las características fisicoquímicas, mostrando una elevada humedad y bajas proporciones de energía total, carbohidratos, grasas, proteínas y cenizas. El diseño estadístico empleado fue factorial multinivel de dos factores con tres niveles cada uno (diseño factorial multinivel 3<sup>2</sup>), con tres repeticiones para cada tratamiento, siendo un total de 9 formulaciones y 27 corridas experimentales que fueron sometidas a un análisis fisicoquímico, mecánico (viscosidad), funcional (overrun o aireado) y sensorial (panelistas). El autor realizó el análisis de varianza multifactorial con una significancia del 5 % y la prueba de Tukey o comparaciones múltiples, los datos fueron procesados en el programa estadístico STATGRAPHICS Centurion XVI y el software Microsoft Excel. El pH obtenido de la pulpa fue  $2,343 \pm 0,015$  y el contenido de ácido ascórbico en el nivel de 7,36 mg por cada 100 g de pulpa. Los resultados obtenidos de pH fueron entre 2,9 a 3,4; sólidos solubles totales de 27 a 32 °Brix, y color L\* entre 45 - 46; a\* entre 5,5 - 8,6; b\* entre 16,4 - 20,3; H\* entre 66,9 - 71,3 y C\* entre 17,3-22,1. El autor comprobó que el factor de concentración de pulpa influyó significativamente en la evaluación fisicoquímica de las formulaciones. En la viscosidad fue superior respecto a lo reportado por otras investigaciones y el overrun o aireado máximo encontrado fue de 29,6 % correspondiente a la formulación 2 (F2). La evaluación sensorial determinó que la formulación F1 correspondiente al 10 % de concentración de pulpa de tamarindo y 0,3 % ácido ascórbico obtuvo la mayor aceptabilidad con una puntuación de 0,7316. A esta formulación (F1) el autor le realizó los análisis microbiológicos tal como exige la Norma Técnica Peruana 202.057 (aerobios mesófilos, coliformes, *Listeria monocytogenes*, salmonella y *Staphylococcus aureus*) obteniendo resultados dentro de los rangos admitidos.

Gómez y Guevara (2018) en Lima - Perú, realizaron una investigación cuyo objetivo fue determinar los parámetros de procesamiento que logren maximizar el rendimiento y la estabilidad del néctar de pulpa de unguahui (*Oenocarpus bataua* C. Martius), así como la caracterización de la materia prima empleada en el proceso y el producto final. La investigación fue de tipo experimental. La materia prima que usaron procedió de la ciudad de Yurimaguas, ubicada en la Región Loreto - Perú y la sometieron a procesamiento cuyas etapas consistieron en: pesado, selección, clasificación, lavado, desinfectado, maduración, pulpeado, refinado, filtrado, estandarizado, pasteurizado, envasado, enfriado y almacenado.

La parte experimental fue dividida en dos etapas: en la primera obtuvieron los factores de maduración y pulpeado; en la segunda etapa del experimento determinaron los parámetros necesarios para estandarizar el néctar de unguirahui. Para el análisis estadístico los autores usaron las metodologías de Taguchi y Superficie de Respuesta, los resultados fueron procesados en el software estadístico Design Expert® 7, el nivel de confianza fue de 95 % y una significancia de  $p < 0,05$ . Los resultados obtenidos fueron temperatura de 51,99 °C, tiempo de 1,74 horas, fruta recolectada: agua en la maduración en proporción de 1:3 y fruta madurada: agua en el pulpeado de 1: 0,75; lograron optimizar el rendimiento a 37,33 % de pulpa de unguirahui. Además, determinaron los parámetros de estabilidad que fueron los siguientes: pulpa: agua (1:1,33), porcentaje de goma xantana (0,02 %), goma arábiga (0,03 %), carboximetilcelulosa (0,06 %) y lecitina (0,02 %). El autor concluyó que la estabilidad fue de  $2,27 \times 10^{-8}$  ml a nivel de aro en la superficie de la botella, el néctar obtenido tuvo buena aceptabilidad en los distintos atributos de textura, color y sabor; del mismo modo, el análisis microbiológico resultó en recuentos bajos de aerobios mesófilos viables (10 UFC/ml), levaduras (<1 UFC/ml) y mohos (<1 UFC/ml).

Ruiz y García (2017) en Trujillo-Perú, estudiaron la influencia del pH y concentración de azúcares totales en la fermentación alcohólica del *Tamarindus indica* L. usando *Saccharomyces cerevisiae*. Los investigadores plantearon como objetivos la caracterización de la materia prima (humedad, °Brix, pH y cenizas), la evaluación de las características fisicoquímicas (°Brix y pH) del mosto obtenido de pulpa de tamarindo y la determinación del rendimiento obtenido al final del proceso. La variable dependiente fue el rendimiento; por otro lado, las variables independientes fueron el pH y el porcentaje de azúcares totales. El tamarindo tuvo que acondicionarse, para esto los investigadores seleccionaron la materia prima, eliminaron materias extrañas, luego la cáscara y la pulpa fueron extraídas en caliente a una temperatura de 60 °C mediante agitación. Para posibilitar el crecimiento adecuado de la levadura (*Saccharomyces cerevisiae*), esta fue incubada en agar nutritivo como medio de cultivo esterilizado, la incubación fue realizada a una temperatura de 30 °C fraccionada en dos días. Posteriormente lo fermentaron a rangos de 13 a 20 °Brix y un pH de 3,0 a 4,34; el tiempo de fermentación y la temperatura fue mantenida constante a lo largo del proceso. El análisis estadístico empleado fue el análisis de regresión múltiple y análisis de varianza (ANOVA), consideraron un valor de significancia  $p \leq 0,05$ . Los resultados que obtuvieron fueron 40,58 % de azúcares totales y 3,71 de pH; asimismo, en el proceso de destilación los

investigadores obtuvieron un volumen máximo de 37,7 ml. Finalmente, el destilado fue rectificado a un volumen máximo de etanol de 7,4 ml. Usando un balance de masa los autores concluyeron que con 2 kg de materia prima por ensayo se obtiene un rendimiento promedio de 1,1 % de destilado y un rendimiento promedio rectificado de 0,19 %.

Carmen (2015) en Piura - Perú, llevó a cabo un estudio para establecer los parámetros óptimos para la elaboración de un néctar a base de tamarindo, el objetivo principal fue determinar la formulación adecuada para la obtención del néctar. La investigación fue bifactorial, los factores considerados por la autora fueron las diluciones con cuatro niveles (140/1, 120/1, 100/1 y 80/1 g pulpa/l agua) y el porcentaje de CMC con tres niveles (0,05; 0,1 y 0,15 %) haciendo un total de 12 tratamientos. La investigadora realizó análisis fisicoquímicos a la materia prima, así como análisis químicos y bromatológicos a los distintos tratamientos, además, llevó a cabo análisis sensoriales valiéndose de un panel de diez jueces semientrenados utilizando una escala hedónica de cinco puntos, quienes determinaron el tratamiento con los mejores atributos sensoriales. Los datos estadísticos fueron analizados usando el análisis de varianza (ANOVA) y la prueba de Fisher para evaluar el efecto de cada factor con un nivel de significancia  $p \leq 0,05$ . La autora concluyó que la formulación F2 correspondiente a la dilución de 100 g de pulpa y 0,1 % carboximetilcelulosa fue el tratamiento que resultó ser el mejor tanto para la evaluación sensorial como para el ANOVA; la formulación F2 obtuvo 15,16 °Brix; una densidad de 1,055 g/cm<sup>3</sup> y 3,03 de pH. En lo que respecta a la estabilidad del néctar el 0,1 % fue el porcentaje adecuado para estabilizar el néctar de tamarindo durante el tiempo de almacenamiento que fue de 60 días, esto para todas las formulaciones.

Mora (2013) realizó una investigación experimental cuyo objetivo principal fue elaborar salsa de alcachofa (*Cynara scolymus* L.) de la variedad imperial star y analizar el efecto que tenía la utilización de diferentes concentraciones de hidrocoloides (CMC, goma guar y goma xantana) sobre diferentes variables como la sinéresis del producto final, sus características reológicas y la consistencia sensorial, el estudio tuvo lugar en Trujillo-Perú. Las variables independientes de la investigación fueron los hidrocoloides (CMC, goma guar y goma xantana) con dos niveles para cada factor (concentraciones), por su parte las variables dependientes fueron la sinéresis, las características reológicas y la consistencia sensorial. El

investigador evaluó la sinéresis a través de la pérdida de agua por centrifugación y las características reológicas haciendo uso de un equipo llamado reómetro. De acuerdo a las características y a los arreglos del diseño empleado el investigador obtuvo 10 tratamientos que fueron sometidos a una evaluación sensorial con una escala hedónica de 9 puntos para determinar la consistencia sensorial. El autor utilizó el método estadístico de superficie de respuesta (diseño de mezclas simplex reticular con centroide ampliado). Asimismo, el análisis estadístico usado por el autor fue el ANOVA y estableció las diferencias estadísticas entre los tratamientos con la prueba de Friedman y Wilcoxon. El estudio concluyó en que utilizando CMC a una concentración de 0,07 %; 0,25 % de goma guar y 0,68 % de goma xantana se logra optimizar la salsa de alcachofa para que esta obtenga 0,08 % de sinéresis, 133,1420 Pa de esfuerzo de corte inicial; por otro lado el autor determinó que la salsa de alcachofa tiene un comportamiento “no newtoniano” debido a la disminución de la viscosidad aparente, la consistencia sensorial obtuvo una calificación de 5 a 7 puntos correspondiente a “ni me gusta ni me disgusta “ a “me gusta ligeramente”; además, la salsa obtuvo una calificación de 6 puntos en la evaluación sensorial, correspondiente a la calificación “me gusta”.

## **1.2. Bases teóricas especializadas**

### **1.2.1. Generalidades del tamarindo**

El tamarindo (*Tamarindus indica* L.) es un árbol grande que puede alcanzar los 30 metros de altura, posee una copa frondosa, tiene raíces profundas, tallo corto, recto y provisto de una textura rugosa y áspera. Es un cultivo que está extendido a nivel mundial debido a su gran adaptabilidad a climas y geografías diversas, el tamarindo es un cultivo que se encuentra distribuido principalmente en la zona de los trópicos (Orozco, 2001). En el Perú, el tamarindo se cultiva principalmente en la costa norte del país donde se aprovechan las diferentes partes de la planta (frutos, hojas, cáscara y semillas).

### **1.2.2. Origen**

CONAFRUT (1999), citado por Carmen (2015, p. 14) manifiesta que el tamarindo es originario de la faja tropical del continente africano donde se ha encontrado que crece de forma silvestre. Del África fue llevada a la India, donde fue cultivado adecuadamente en

extensas áreas y diversas variedades, creyéndose de esa forma que la India era el centro de origen del tamarindo. Se calcula que durante el siglo XVI aproximadamente, este frutal fue introducido a América.

Escalona (2011) plantea que la planta de tamarindo es conocida, cultivada y empleada desde épocas remotas. Las evidencias documentadas existentes avalan la presencia de esta planta aproximadamente a partir del año 400 a.C. en Egipto. La llegada del tamarindo a Europa se inició gracias a los comerciantes árabes, que lo adquirían en sus peregrinaciones en la India; es por ello, que fue conocido por mucho tiempo como “Tamarindo de la india”. El nombre de esta planta y de sus frutos deriva de la palabra árabe "tamare" que significa dátíl, e "hindi" que significa indio, traducido al español sería dátíl de la India, así se originó su nombre botánico: *Tamarindus indica* L.

### 1.2.3. Clasificación taxonómica

Orozco (2001), realizó la clasificación taxonómica del tamarindo, en la Tabla 1 se visualiza lo descrito por el autor.

**Tabla 1**

*Taxonomía del tamarindo*

<b>Clasificación</b>	<b>Descripción</b>
Reino	Vegetal
División	Tracheophyta
Subdivisión	Spermatophitina
Clase	Angiospermae
Subclase	Dicotiledóneas
Orden	Rosales
Familia	Leguminosae (Fabaceae)
Subfamilia	Caesalpinioideas
Género	<i>Tamarindus</i>
Especie	<i>Tamarindus Indica</i> L.
Nombre común	Tamarindo

*Fuente:* Elaboración propia adaptado de Orozco (2001).

#### **1.2.4. Descripción botánica**

Según Orozco (2001), el tamarindo es un árbol que tiene crecimiento lento y alcanza un gran tamaño; en condiciones ideales los árboles llegan a alcanzar una altura de 24 a 30 metros. Los troncos son cortos, gruesos y rectos, la corteza presenta fisuras en todo el tronco y ramas principales; en lo que respecta al color del tronco presenta diversas tonalidades que van desde gris hasta alcanzar matices de pardo oscuro. La parte aérea del tamarindo posee una copa grande y redonda con un diámetro que bordea los 15 metros aproximadamente, con ramas fuertes, flexibles y con un aspecto de pluma, lo que lo convierte en un árbol conveniente para ser usado como sombra.

El tamarindo es un árbol que mantiene su follaje siempre verde (perennifolio); no obstante, se comporta como subcaducifolio cuando se cultiva en climas muy secos, llegando a perder el follaje por un período corto de tiempo con temperaturas altas. En el trópico seco, se observa que después de la cosecha la planta se defolia progresivamente hasta perder en su totalidad el follaje en un período de dos a tres meses; posteriormente en el verano, con el riego o lluvias inicia un nuevo ciclo vegetativo que ayuda a renovar las hojas de este árbol; se considera que es un cultivo longevo, ya que puede llegar a vivir más de 200 años (Orozco, 2001).

Orozco (2001) describe que las hojas de tamarindo están compuestas de 10 a 20 pares de foliolos y miden aproximadamente de 7,5 a 15 centímetros, presentan un color verde pálido a oscuro, alternas y paripinnadas; mientras que los foliolos pueden ser sésiles o sub sésiles, obtusos, oblongos y estar distribuidos opuestos entre sí, miden de 1 a 2,5 cm de longitud y 0,5 cm de ancho. Cuando se presenta un clima húmedo y fresco se produce el cierre de los foliolos, condición que se mantiene pasado el atardecer y durante la noche. En lo que respecta a la morfología de las flores el tamarindo presenta flores hermafroditas con tres estambres fértiles y un pistilo, el color de las flores es amarillo con líneas rojas y naranjas, el diámetro es aproximadamente de 2 a 2,5 cm. Las flores crecen agrupadas en racimos de 8 a 14 flores que nacen de yemas axilares y terminales con una longitud de 5 a 10 cm. Los botones florales son de distintos colores (rojos, blancos y rosas) y son vistosos, la corola

presenta cinco pétalos (dos de ellos son identificados como simples cerdas) y el cáliz posee cuatro sépalos. Generalmente la floración se presenta durante el verano.

Acevedo *et al.* (2014) indica que el fruto de tamarindo es tipo vaina con curva de 12 a 15 cm, aunque según la descripción que hace De Oliveira (2010) el fruto tiene un tamaño aproximado de 5 a 15 cm de longitud dividido en 3 a 8 segmentos, del cual la pulpa representa de 30 a 55 %, la cáscara con la fibra de 11 a 30 % y las semillas de 33 a 44 % respectivamente.

### **1.2.5. Requerimientos edafoclimáticos**

#### **a. Clima**

El cultivo de tamarindo está ampliamente adaptado a las regiones semiáridas ubicadas en los trópicos; tiene un mejor desarrollo cuando el clima es cálido semiseco, con invierno y primavera secos y sin una estación invernal definida, a pesar de que prospera bien en condiciones de trópico húmedo con presencia de lluvias durante la etapa de crecimiento (en especial durante la maduración del fruto); es recomendable que durante la etapa del desarrollo del fruto se presente un clima sin lluvias, con el fin de evitar problemas durante la cosecha. Bajo estas condiciones, la producción de fruta es excelente, los rendimientos son óptimos tanto en cantidad y calidad de los frutos (Orozco, 2001).

En relación a los requerimientos climáticos, Orozco (2001.), menciona que el tamarindo posee características morfológicas favorables para resistir climas donde predominen los vientos intensos y fuertes, es más, esta planta puede soportar ciclones. El crecimiento del tamarindo puede darse a altitudes de 0 hasta 1500 m s.n.m.; sin embargo, su máximo desarrollo y fructificación se logra obtener al nivel del mar y no más de los 600 m s.n.m., en altitudes mayores se desarrolla adecuadamente, pero la producción de fruta se ve afectada.

La precipitación pluvial que se registra en las zonas donde se cultiva esta planta en el mundo fluctúa de 500 a 2500 milímetros anuales; hay que tener en cuenta que el tamarindo es capaz

de resistir condiciones extremas de sequía. Es necesario que durante los primeros dos a tres años de edad los árboles mantengan una adecuada humedad en el suelo para quedar bien establecidos, después de este período de tiempo, los árboles alcanzan la adultez y se pueden desarrollar adecuadamente bajo condiciones de temporal. Para lograr rendimientos altos y producir buena calidad de fruta, es necesario que exista clima seco durante el desarrollo de los frutos. Las lluvias frecuentes durante el desarrollo de los frutos pueden provocar que se presenten problemas (la fruta no madura satisfactoriamente).

## **b. Suelo**

El tamarindo es un cultivo que prospera de manera eficiente en suelos aluviales profundos, aunque puede llegar a desarrollarse en gran diversidad de suelos de manera menos eficiente siempre y cuando tengan un buen drenaje, también se logra desarrollar en suelos relativamente pobres en nutrientes y en terrenos pedregosos, calcáreos o ligeramente ácidos, de textura limo - arcillosa o limo - arenoso y con un pH dentro del rango de 6,5 a 7,5; mientras que durante la época seca es necesario incluir en su manejo aplicaciones de fertilizante acompañadas de riegos. Su adaptabilidad es tal que crece en terrenos con presencia de sales e inclusive puede ser plantado próximo a la orilla del mar (Orozco, 2001).

### **1.2.6. Principales usos**

#### **a. Pulpa**

De Caluwé *et al.* (2010), refieren que el tamarindo tiene una amplia variedad de usos, por ejemplo, la pulpa de la fruta del tamarindo se utiliza para condimentar ciertos alimentos, además, se emplea como componente de alimentos para resaltar el sabor de curry y salsas, y es un componente principal en jugos y ciertas bebidas.

La pulpa es empleada en el área de la salud por ser un excelente laxante natural, poseer propiedades digestivas y es usado como catártico, además, sirve como tratamiento para enfermedades biliosas y prevenir el escorbuto (Benites, 2018).

La pulpa es de sabor agradable y puede consumirse directamente como dulce, también se emplea en la industria de confituras, jaleas y mermeladas, además, es aplicable su uso como ingrediente de productos farmacéuticos (SAGARPA, 2010, citado por Medina, 2019, p. 12).

La pulpa de la fruta del tamarindo se come fresca y se hace a menudo en un jugo, una infusión o una salmuera, también pueden ser usados en dulces. Las bebidas refrescantes son populares en muchos países alrededor del mundo, aunque con ciertas variaciones según las costumbres de cada país y se puede preparar bebidas fermentadas a partir de la extracción de la pulpa en combinación con otros ingredientes (Tirado *et al.*, 2015).

#### **b. Semillas**

La semilla de tamarindo es un subproducto de la industria de la pulpa de tamarindo. La presencia de taninos y otras materias de teñido en la testa hacen que la semilla entera sea inapropiada para consumo, no obstante, las semillas son aptas para el consumo después de realizar un remojo en agua y un posterior tratamiento térmico, aunque estas se desperdician y no se les usa. Las semillas trituradas o molidas pueden ser usadas como pienso y es una alternativa en la alimentación de ganado, también son empleadas para la tinción de telas, papel y en la industria del yute, además, la semilla de tamarindo es materia prima utilizada en la fabricación de polisacáridos, adhesivos y taninos (De Caluwé *et al.*, 2010).

Es posible usar las semillas para la elaboración de empaques para contener alimentos mediante la obtención de películas biodegradables a partir del almidón presente en ellas, siendo una alternativa en la conservación de los alimentos (López, 2010).

#### **c. Hojas**

Las hojas tienen diversos usos, tienen propiedades medicinales (hepatoprotectora y laxante) y antimicrobianas debido a su importante contenido de flavonoides y taninos, es por ello la existencia de varios estudios que demuestran las diversas formas de usar las hojas del tamarindo para solucionar problemas de salud (Escalona, 2011).

#### **d. Árbol**

En el distrito de Chulucanas y Piura en general, usan el árbol de tamarindo como barrera viva y cortina rompe vientos, aprovechando el gran tamaño que logra alcanzar la planta. Se puede observar que la mayoría de plantaciones se encuentra instalada al rededor del perímetro de cada parcela y en los linderos de los caminos rurales, dando sombra y disminuyendo el efecto de los rayos solares en la superficie que abarca la copa del árbol.

### **1.2.7. Manejo agronómico**

#### **a. Marco de plantación**

Ruiz (2003), expresa que la siembra de tamarindo puede hacerse con un marco de plantación a tresbolillo y un marco de plantación tipo cuadro, el distanciamiento entre plantas oscila entre 7 a 10 metros, esto está supeditado a la topografía del terreno, manejo agronómico del cultivo, área y si la planta proviene de reproducción sexual o asexual.

#### **b. Poda**

En la etapa inicial de crecimiento de la planta, la poda es importante para proporcionarle la arquitectura idónea a la planta y para alargar los años de producción de la misma. Para árboles en etapa reproductiva, es necesario restringir la poda solo a la eliminación de ramas secas, enfermas y aquellas que estén mal orientadas; buscando siempre que la planta tenga buena aireación, este despejada y facilite el ingreso de los rayos solares, ayudando a un mejor control de plagas, previniendo el desarrollo de enfermedades y la obtención de buenos rendimientos en las cosechas (Ruiz, 2003).

#### **c. Fertilización**

En el distrito de Chulucanas, los agricultores no fertilizan las plantaciones de tamarindo, esto se debe a que la planta aprovecha de manera eficiente los nutrientes presentes en el suelo, y a los altos niveles de precipitación que se registran en la costa de Piura. En forma general, se puede decir que los requerimientos de nitrógeno, fósforo y potasio son mínimas, no viéndose un incremento en la producción al aplicarlos (Carmen, 2015).

#### **d. Malezas**

Orozco (2001), afirma que existe diversidad de maleza monocotiledónea y dicotiledónea que afectan al tamarindo y que ocasionan problemas debido a la competencia por elementos importantes como: agua, luz y nutrientes. El control de malezas puede realizarse en forma manual retirándolas con herramientas comunes, control químico o labores culturales. Dentro del control de malezas el más usado es el control químico a través del uso de herbicidas de distinto mecanismo de acción (contacto o sistémicos) dependiendo de la maleza que exista en la plantación.

#### **e. Multiplicación**

El tamarindo se puede propagar por semilla (menos usado), por injerto o por acodo aéreo; el injerto es el método de propagación más usado en este cultivo, se debe emplear el método que mejor convenga en términos de sanidad y rendimiento.

#### **f. Control de plagas**

Ruiz (2003), precisa que, en la India, la plaga que ocasiona mayor daño es la queresa del tamarindo, que lo afecta en diversas etapas fenológicas. Este insecto succiona la savia de los brotes, inflorescencia y otros órganos causando reducciones en la producción. Hay otras plagas de importancia como es el caso de *Lasioderma serricorne* y *Aphomia gularis* que afectan frutos maduros en el árbol y frutos almacenados.

Orozco *et al.* (2014), afirma que en México la principal plaga que ataca al tamarindo en las etapas de cosecha y post cosecha (almacenamiento) es el barrenador de la semilla, llegando a provocar la pérdida de hasta el 50 % de los frutos.

En el Perú el barrenador de la semilla o también conocido como gorgojo del tamarindo (*Caryedon serratus* Oliver), es una plaga que provoca severos daños en los frutos maduros, disminuye la producción y la calidad de los mismos. Es importante mantener el campo libre de malezas con el fin de eliminar focos hospederos de plagas, además, es importante evaluar

constantemente el cultivo para detectar la presencia de plagas e implementar el MIP (manejo integrado de plagas) en base a la fisiología del insecto (Carmen, 2015).

#### **g. Control de enfermedades**

Orozco (2001), menciona que en México las principales enfermedades que atacan al tamarindo son la cenicilla y la antracnosis, las cuales son enfermedades provocadas por hongos.

El oídio es la enfermedad que causa daños a los brotes y frutos, ocasionando fuerte defoliación y caída de frutos pequeños disminuyendo el rendimiento, este hongo prolifera en condiciones de alta humedad cuando el clima presenta elevadas temperaturas y alterna con períodos de lluvias. Para el control de estas enfermedades es importante realizar aplicaciones preventivas antes y después de la floración a base de azufre en polvo o líquido, tratando de abarcar toda la estructura de la planta (hojas, ramas, tallo e inflorescencia) (CONAFRUT, 2000, citado por Carmen, 2015, p. 18).

#### **1.2.8. Madurez y cosecha**

Ruiz (2003) refiere que, en la costa norte del país, la época de producción del tamarindo ocurre durante los meses de noviembre a enero, se produce un llenado de vainas, las cuales presentan cambio de color de verde a marrón y la pulpa se suelta de su cubierta externa volviéndose quebradiza al tacto, este un indicador de que la fruta ha llegado a su madurez, en este estado puede permanecer adherido en la planta por un lapso de hasta 6 meses, con un 20 % de pérdida de humedad. La cosecha debe hacerse de manera oportuna, tan pronto los frutos lleguen a su madurez para evitar problemas de calidad y daños de gorgojos, barrenadores y hongos que proliferan en el fruto.

#### **1.2.9. Composición física**

El tamarindo se caracteriza por ser una fuente importante de componentes nutricionales, las diferentes partes de la fruta tienen contenidos importantes de carbohidratos concentrándose la mayor parte en las semillas (57,1 %), mientras que la pulpa representa el 40 % de la vaina

y es fuente importante de vitaminas, minerales y pectinas (Pérez, 2016). El tamarindo es considerado una fruta ácida, siendo el ácido tartárico el más predominante, es por ello el sabor característico de la fruta (Pájaro *et al.*, 2018).

En la Tabla 2 se puede apreciar la composición física del tamarindo basados en porcentajes de pulpa (37,82 %), cáscara (27,49 %) y semilla (34,69 %).

**Tabla 2**

*Composición porcentual del fruto de tamarindo*

<b>Pulpa</b>	<b>Cáscara</b>	<b>Semilla</b>
<b>%</b>	<b>%</b>	<b>%</b>
37,82	27,49	34,69

*Fuente:* Elaboración propia a partir de Carmen (2015).

### **1.2.10. Importancia nutricional**

Pájaro *et al.* (2018) manifiestan que el tamarindo es una fruta muy saludable de elevada acidez y rica en el complejo vitamínico B. en la Tabla 3 se muestra la composición química del tamarindo analizados en 100 g de pulpa. Entre los principales componentes se tiene energía (239 kcal), agua (31,4 g), proteína (2,8 g), grasa total (0,6 g), carbohidratos totales (57,4 g, fibra cruda (3 g), calcio (74 mg), fósforo (113 mg) y vitamina C (3,5 mg).

**Tabla 3**

*Composición química en 100 g de pulpa de tamarindo*

<b>Descripción</b>	<b>Unidad</b>	<b>Cantidad</b>
Energía	kcal	239,00
Energía	kJ	1000,00
Agua	g	31,40
Proteína	g	2,80
Grasa total	g	0,60
Carbohidratos totales	g	62,50
Carbohidratos disponibles	g	57,40

Fibra cruda	g	3,00
Fibra dietaria	g	5,10
Cenizas	g	2,70
Calcio	mg	74,00
Fósforo	mg	113,00
Zinc	mg	0,10
Hierro	mg	1,00
Retinol	mg	7,00
Vitamina A equivalentes totales	µg	2,00
Tiamina	mg	0,43
Riboflavina	mg	0,15
Niacina	mg	1,94
Vitamina C	mg	3,50

*Fuente:* Elaboración propia a partir de Instituto Nacional de Salud [INS] (2017).

### 1.2.11. Producción

La producción de tamarindo se ha ido incrementando paulatinamente año tras año, pasando de tener una producción de 2 000 t en el año 2012 a 2 800 t en el año 2016, asimismo, se tiene un rendimiento aproximado de 5 toneladas por hectárea (MINAGRI, 2016). La Tabla 4 presenta información acerca de la producción, rendimiento y superficie cosechada de tamarindo a nivel nacional.

**Tabla 4**

*Variables productivas del tamarindo*

Año	Producción (t)	Rendimiento (t/ha)	Superficie cosechada (ha)
2012	2 000	4,00	500
2013	2 100	5,10	400
2014	2 100	5,00	400
2015	2 200	5,50	400
2016	2 800	5,30	400

*Fuente:* MINAGRI (2016).

La región Piura es la principal productora de tamarindo a nivel nacional, en la Tabla 5 se visualiza que Piura lidera la superficie cosechada con 209 ha con un rendimiento de 1561 t, estando por encima de departamentos como Lambayeque (156 ha y 402 t), Tumbes (40 ha y 189 t) y Amazonas (20 ha y 90 t).

**Tabla 5**

*Producción de tamarindo según región*

<b>Región</b>	<b>Superficie cosechada (ha)</b>	<b>Producción (t)</b>
Amazonas	20	90
Lambayeque	156	402
Piura	209	1 561
Tumbes	40	189
Demás regiones	0	0
Nacional	425	2 241

*Fuente:* MINAGRI (2016).

### **1.2.12. Pulpa de fruta**

Las pulpas de frutas son el producto obtenido mediante procedimientos de extracción adecuados a partir de la parte comestible de la fruta que puede ser entera o pelada incluyendo el jugo contenido en estas, las pulpas son utilizadas para elaborar zumos (jugos), dulces, néctares, mermeladas, jaleas, postres, salsas, licores, etc.

Codex Stan 247 (2005), considera que la pulpa (puré) de fruta es aquel producto sin fermentar, pero susceptible a fermentación, que puede ser obtenido mediante procedimientos idóneos para conservar las características fisicoquímicas más importantes, por ejemplo, proceso de tamizado, triturado o desmenuzado de la parte comestible de la fruta entera o pelada, sin llegar a eliminar el zumo o jugo de la misma. Las frutas utilizadas para elaborar pulpas deben estar en perfecto estado de madurez y ser fruta fresca, o en su defecto conservada por procedimientos físicos y tratamientos que cumplan con lo establecido por la comisión del Codex Alimentarius en sus normas correspondientes.

Carmen (2015), manifiesta que el jugo y la pulpa de fruta son productos idénticos y solo se diferencian en su consistencia, las pulpas son más espesas que los jugos. El Codex Stan 247 (2005), en uno de sus apartados, describe que existen frutas que no es posible extraerles el jugo o pulpa por medios físicos o mecánicos y es necesario hacerlo por difusión con agua, el contenido de sólidos solubles del producto final debe satisfacer lo establecido por el Codex para dicha fruta, los jugos o pulpas extraídos con agua pueden concentrarse y reconstituirse.

La pulpa o puré extraído de fruta puede contener componentes restablecidos ya sea de sustancias aromáticas y aromatizantes volátiles, que debido al proceso de elaboración se hayan perdido, estos elementos o sustancias deben originarse del mismo tipo de fruta y deberán obtenerse por procedimientos físicos adecuados. Además, podrán adicionarse partes de pulpa y células obtenidas por procedimientos físicos adecuados siempre y cuando provengan del mismo tipo de fruta (Codex Stan 247, 2005).

### **1.2.13. Pulpa concentrada de fruta**

Según Guevara (2015) las frutas poseen un alto porcentaje de humedad en su composición, en la gran mayoría el contenido de humedad es superior al 90 %, porcentaje suficiente para el crecimiento de microorganismos, en su mayoría mohos y levaduras que ocasionan el deterioro en términos de calidad y contenido de nutrientes, es por ello la necesidad de aplicar técnicas de conservación como la concentración de pulpas.

La pulpa (puré) concentrada de fruta que se utiliza en la elaboración de zumos o jugos, diversidad de bebidas y néctares de frutas es obtenido mediante la eliminación física del agua presente en la pulpa de la fruta. La cantidad de agua que se debe eliminar es el porcentaje suficiente para elevar los sólidos solubles (°Brix) en 50 % más que lo establecido para el zumo (jugo) reconstituido de la misma fruta (Codex Stan 247, 2005).

### **1.2.14. Agentes estabilizantes**

Un estabilizante es un aditivo alimentario, que puede ser cualquier sustancia que mantiene en suspensión a los sólidos en una disolución; es decir, favorece que las emulsiones y

suspensiones mantengan sus características físicas y no presenten sedimentación de los sólidos (Mora, 2013).

Los agentes estabilizantes se usan para evitar que se produzca una excesiva sedimentación, es decir, impiden que las fibras y sólidos insolubles se asienten, fenómeno que da una mala apariencia a productos que son viscosos en bajas concentraciones. A medida que mayor es la concentración de agua en relación a la pulpa usada en bebidas de frutas (néctares, refrescos, bebidas rehidratantes, etc.) mayor se hace la necesidad de usar aditivos que estabilicen la textura y apariencia de estos productos (Carmen, 2015).

Generalmente se usan hidrocoloides como agentes estabilizantes. Los hidrocoloides son polisacáridos de alto peso molecular, que tienen la capacidad de modificar las propiedades reológicas al interactuar con otras moléculas, pueden actuar como espesantes, estabilizantes, gelificantes, etc. (Badui, 2006, citado por Mora 2013, p. 10).

Los hidrocoloides tienen alta solubilidad en agua, incrementan la viscosidad, y en ocasiones llegan a formar geles. Un aspecto importante dentro de las funciones de los hidrocoloides, es que permite la estabilización de soluciones e inhibe la formación de cristales tanto de azúcar como de hielo (Fennema, 2000, citado por Mora, 2013, p. 10).

#### **1.2.15. Agentes estabilizantes en la industria alimentaria**

En la industria de producción de alimentos se usan diferentes aditivos alimentarios, dependiendo de la característica que se quiera mejorar o corregir en el alimento, en el caso de estabilizar emulsiones y suspensiones se usan hidrocoloides de origen animal, vegetal y sintético. Muchos de los estabilizantes usados son polisacáridos tales como: goma guar, pectina, carboximetilcelulosa (CMC), goma arábica, almidón, agar y carragenato (Fennema, 2000, citado por Mora, 2013, p. 12).

## - **Carboximetilcelulosa (CMC)**

El CMC es un polímero aniónico hidrosoluble, es sintetizado a partir de la modificación de la estructura química de la celulosa, sustituyendo algunas moléculas de hidrógeno de los grupos hidroxilos (OH-), por grupos carboximetílicos (Mora, 2013).

El proceso de modificación química que sufre la celulosa se da gracias a la carboximetilación de ésta en presencia de hidróxido de sodio y cloruro de metilo. El CMC actúa creando puentes de hidrógeno, captando los cationes divalentes y moléculas de agua, de esta manera se crean fuerzas de atracción con las partículas que se encuentran en la solución del producto, obteniendo homogeneidad entre la parte líquida y sólida (Carmen, 2015).

Dentro de las propiedades que tiene la carboximetilcelulosa, se encuentra que es compatible con las proteínas de la leche y las sales. La viscosidad que pueda aportar a los productos donde se aplique depende del grado de sustitución (GS) que viene a ser el número de grupos hidroxilos reactivos, la uniformidad de sustitución y el grado de polimerización (largo de la cadena). La mayor parte de CMC que se comercializa presenta un grado de sustitución dentro del intervalo de 0,4 a 0,8. La CMC tiene un amplio espectro de usos y se emplea principalmente como agente espesante, estabilizante, producto de relleno (evita la sinéresis), fibra dietética, gelificante, engrosador de pulpas de fruta, etc. (Mora, 2013).

El uso de CMC ha sido reportado previamente en bebidas elaboradas a base de frutas y hortalizas y demuestra que no genera alteraciones en las características fisicoquímicas de las mismas (Contreras *et al.*, 2019).

Se recomienda usar un CMC de alta viscosidad cuando los productos en los que se aplica son de alta acidez, ya que algunas propiedades del CMC son destruidas cuando la acidez del medio tiene valores elevados, para estos casos es ideal usar el CMC HZ858 obteniendo muy buenos resultados (Carmen, 2015). En la Figura 1 se visualiza la estructura química que posee el CMC.

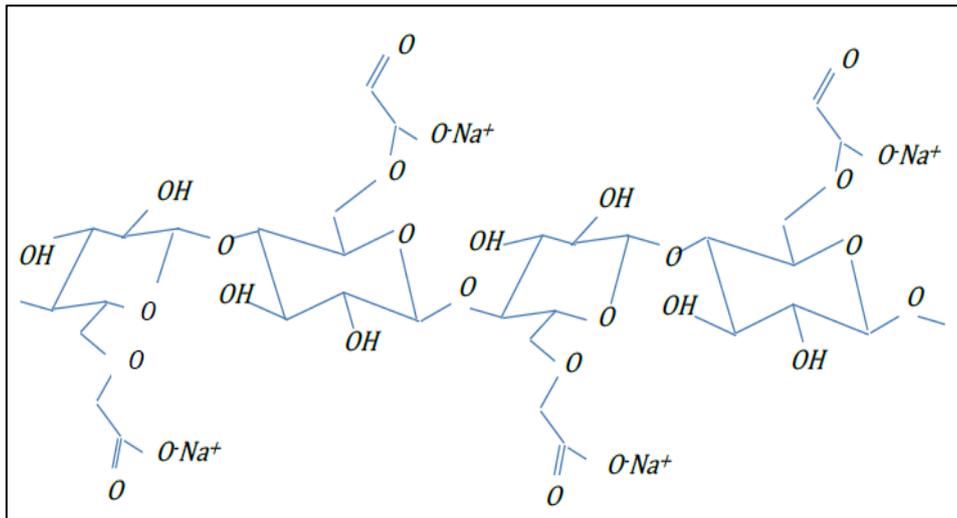


Figura 1. Estructura química de la carboximetilcelulosa (CMC). Fuente: Mora (2015)

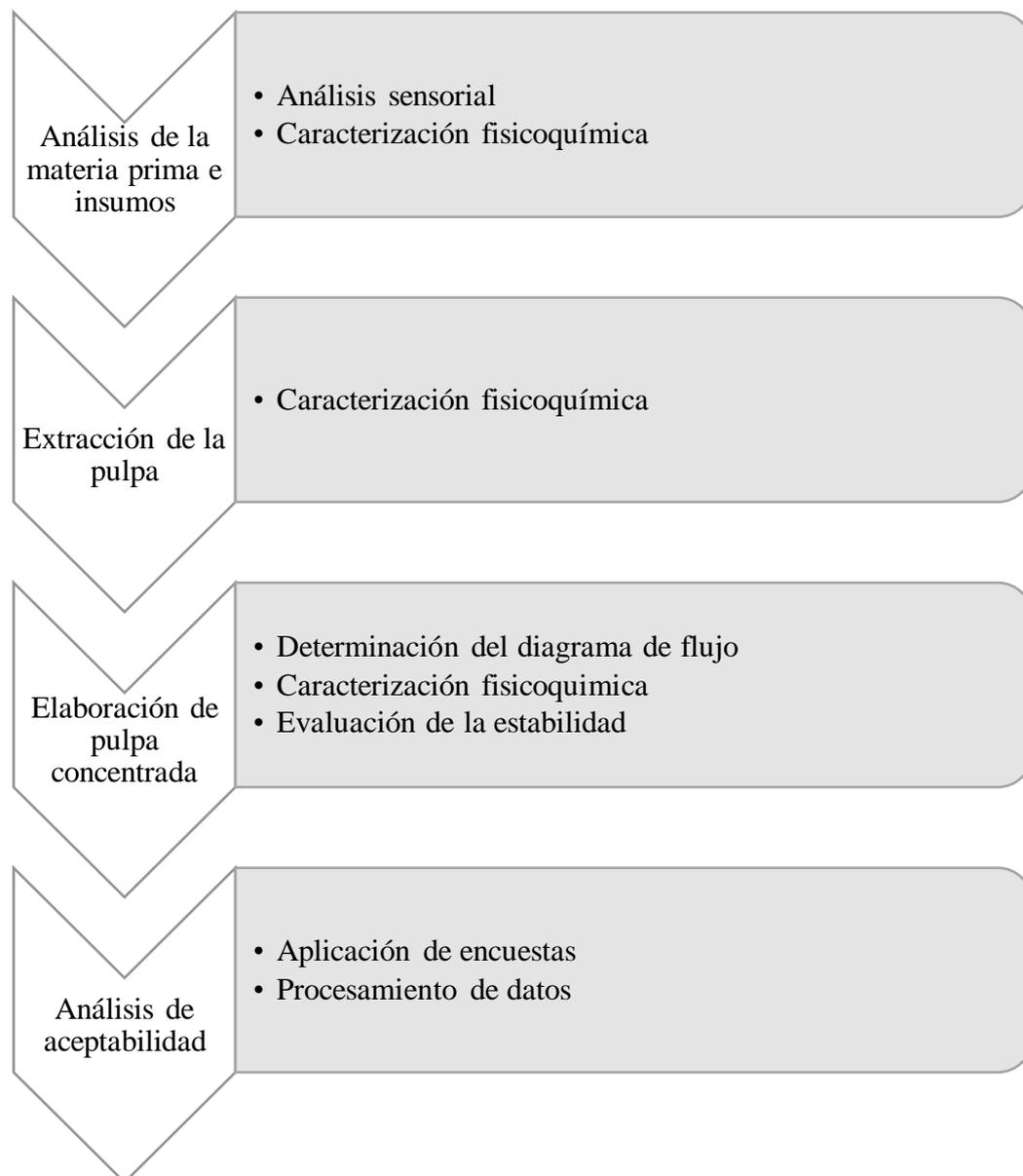
## **CAPÍTULO II: MATERIALES Y MÉTODOS**

### **2.1. Diseño de la investigación**

La investigación fue de tipo experimental, con enfoque cuantitativo y a través de la recolección de datos permitió probar la influencia de las variables bajo estudio sobre los resultados obtenidos. (Rau *et al.*, 2019). La investigación abarca desde la construcción de un marco teórico (antecedentes y bases teóricas especializadas), diseño y ejecución de experimentos, recolección de datos (encuestas y observación), procesamiento de datos y análisis estadístico de los mismos. La evaluación de estabilidad de la pulpa concentrada de tamarindo se realizó tomando como fundamento el tiempo que transcurre entre la dilución de la pulpa concentrada con agua y el inicio de la sedimentación de los sólidos en suspensión, además se evaluó la aceptabilidad que tiene este producto para consumidores habituales apoyándose en un análisis sensorial y análisis de intención de compra.

Para desarrollar la parte experimental que conlleve al cumplimiento de los objetivos planteados se evaluaron las condiciones de la materia prima (caracterización fisicoquímica y análisis proximal), y se extrajo la pulpa realizando los respectivos análisis fisicoquímicos, finalmente la pulpa fue concentrada térmicamente; para esto se aplicaron procesos de adecuación, transformación y conservación (Molina, 2010).

Por último, se estableció los niveles óptimos de porcentaje de carboximetilcelulosa (CMC) y el nivel de dilución adecuado para alargar el tiempo de sedimentación de la pulpa concentrada de tamarindo. La Figura 2 explica la secuencia del proceso de investigación.



*Figura 2.* Secuencia de la investigación. *Fuente:* Elaboración propia.

## 2.2. Lugar y fecha

La investigación fue llevada a cabo en el año 2018, en las instalaciones de la Universidad Católica Sedes Sapientiae (UCSS), Filial Morropón - Chulucanas, provincia de Morropón, departamento de Piura - Perú (Figura 3); la parte experimental se realizó específicamente en el taller de procesamiento agroindustrial y el laboratorio general de ciencias básicas de la UCSS.

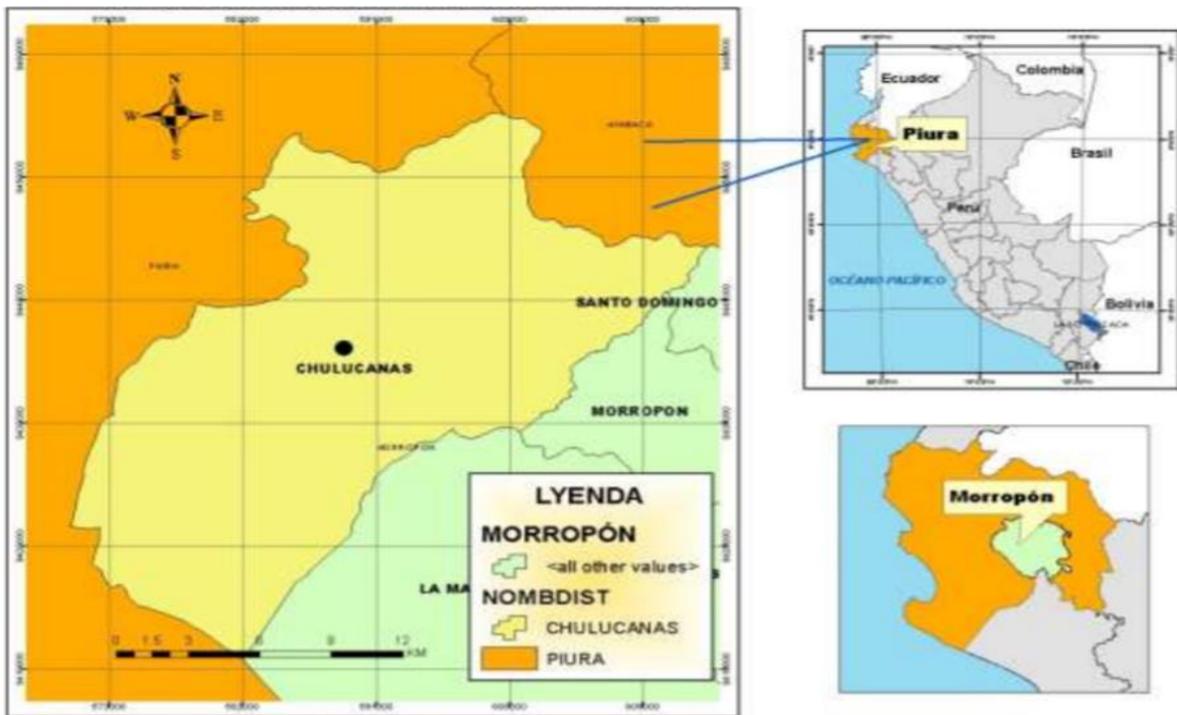


Figura 3. Mapa de Chulucanas capital de la provincia de Morropón. Fuente: Neyra (2020).

## 2.3. Materia prima e insumos

### 2.3.1. Materia prima

La materia prima que se utilizó para el desarrollo de los diferentes tratamientos fue el fruto de tamarindo (*Tamarindus Indica* L.) obtenida directamente de productores de los caseríos aledaños a la ciudad de Chulucanas.

### 2.3.2. Insumos

- Agua de mesa
- Azúcar blanca refinada
- Agua potable
- Estabilizante: carboximetilcelulosa (CMC)

## **2.4. Materiales, utensilios, equipos y reactivos**

Para realizar los análisis de los distintos tratamientos fue necesario contar con materiales y reactivos de laboratorio, utensilios para la preparación y acondicionamiento de la materia prima, equipos para llevar a cabo los procesos de obtención del producto final.

### **2.4.1. Materiales**

- Pipeta graduada de 20 ml/ 0,1 ml
- Matraz Erlenmeyer pírrex de 125, 250 y 500 ml
- Placas Petri
- Vasos de precipitación de 50, 100 y 250 ml
- Probetas 100 ml
- Tubos de ensayo
- Bureta de 50 ml
- Mortero de porcelana
- Crisol
- Soporte universal
- Mechero
- Gradilla
- Bolsas de polietileno con grado alimentario 8 x 22 cm
- Marcadores acrílicos

### **2.4.2. Utensilios**

- Ollas de aluminio de 1,5, 2 y 3 l
- Cucharas de acero inoxidable
- Cucharones de madera
- Coladores metálicos
- Balde de 20 l
- Tinas de plástico de 10 y 20 l
- Jarras graduadas de 1000 ml
- Frascos de vidrio de 250 y 500 ml

### **2.4.3. Equipos**

- Despulpadora de fruta de acero inoxidable
- Balanza analítica marca Adam Nimbus
- Balanza gramera digital modelo DT3002A de 0 a 3000 g marca Beltec
- Estufa modelo DHG-9030A, Rango de temperatura: 10 a 250 °C
- Licuadora marca Oster
- Autoclave
- Vernier
- Selladora eléctrica modelo KF-300 H marca Machintek
- Termómetro digital Rango de -50 a 300 °C
- Refractómetro portátil (20 °C) de rango 0 a 80 °Brix
- Potenciómetro digital marca Hanna
- Cronómetro digital
- Cocina industrial a gas marca Surge
- Congeladora marca Coldex

### **2.4.4. Reactivos**

- Alcohol al 95 %
- Alcohol al 70 %
- Agua destilada
- Hidróxido de sodio (NaOH) al 0,1 Normal
- Fenolftaleína 1 %
- Hipoclorito de sodio al 7,5 %

### **2.5. Descripción del experimento**

Para la elaboración de la pulpa concentrada de tamarindo (*Tamarindus Indica* L.) se realizó un diagrama de flujo, que se observa en la Figura 4, donde se puede apreciar las distintas operaciones, tanto para acondicionamiento de la fruta, el proceso de concentración y estabilización, y finalmente su almacenamiento.

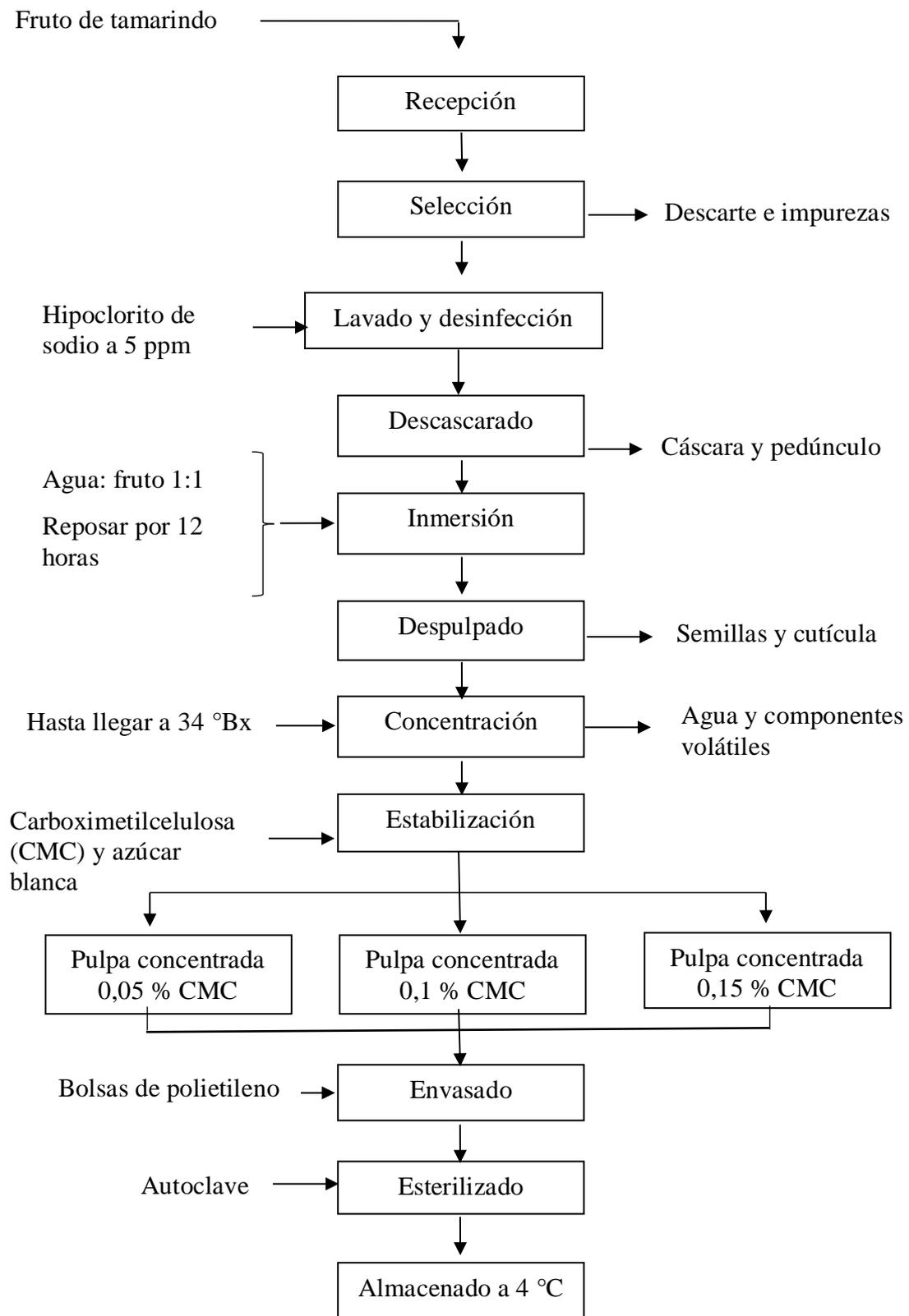


Figura 4. Flujograma de elaboración de pulpa concentrada de tamarindo. Fuente: Elaboración propia.

Para llevar a cabo el experimento se realizaron las siguientes operaciones:

### **Recepción**

La materia prima utilizada fue fruta de tamarindo de la zona de Chulucanas, de buena calidad y en la cantidad requerida, con un estado de madurez fisiológica, de acuerdo con Anchivilca (2019) se verificó que la fruta esté libre de plagas (gorgojos) y enfermedades (hongos); así como, de haber sido almacenado de forma adecuada. Se realizó un análisis organoléptico, donde se verificó que el olor, color, sabor y textura sea característico a la fruta; para ello, se escogieron al azar muestras que fueron analizadas de acuerdo con la bibliografía y experiencia de los asesores. Según lo descrito por Carmen (2015) se realizó un análisis fisicoquímico, tomando en cuenta tamaño, pesos, grados brix, pH y acidez titulable, esto con el fin de caracterizar la materia prima y dar cumplimiento con lo planteado en los objetivos de la investigación.

#### **a. Tamaño**

Para calcular el tamaño de la fruta se tomaron al azar 50 frutos de tamarindo, se colocaron en una hoja blanca y la longitud fue tomada con ayuda de un vernier, con estos datos se obtuvo un tamaño promedio (Mora, 2013).

#### **b. Pesos**

Esta operación se realizó con el fin de determinar las cantidades exactas de materia prima e insumos, para ello se utilizó una balanza analítica (Hamacek *et al.*, 2012).

#### **c. Determinación de sólidos solubles totales (°Brix)**

Para determinar los °Brix, la pulpa de tamarindo fue cortada en pequeños trozos y se trituró en un mortero con el fin de facilitar la determinación de este parámetro. La medición inició verificando que el refractómetro estuviera limpio y calibrado, luego se colocó una pequeña porción de pulpa de tamarindo diluida con agua destilada en una proporción 1:1 sobre el lente, cubriéndolo cuidadosamente y se procedió a observar a contra luz a través del ocular del refractómetro tal como se muestra en el Apéndice 8 (Anchivilca, 2019).

#### **d. Determinación de pH**

Para la determinación del pH de la fruta se procedió a diluir la pulpa extraída con agua destilada en relación de 1:1 (peso: volumen), luego con el uso de un potenciómetro digital previamente limpiado y calibrado se midió el valor de pH (Anchivilca, 2019).

#### **e. Determinación de acidez titulable**

En este análisis se diluyeron 10 g de pulpa de tamarindo en 10 ml de agua destilada en un vaso precipitado de 50 ml, según detalla Gómez (2004), se adicionó tres gotas de fenolftaleína y se verificó el gasto de hidróxido de sodio (NAOH, 0,1 N), que se va añadiendo a la muestra cuidadosamente y en pequeñas proporciones, deteniéndose hasta que la muestra en el vaso precipitado se tornó de color rosáceo. Se tuvo en cuenta que mientras se colocaba el hidróxido a la muestra, se iban realizando movimientos lentos en forma circular. Luego de realizado este proceso se utilizó la siguiente fórmula:

$$\text{Porcentaje de acidez} = \frac{G \times N \times \text{Meq} \times \text{FC} \times 100}{m}$$

Donde:

- G: gasto de hidróxido de sodio
- N: normalidad
- Meq: miliequivalente del ácido tartárico (0,075)
- m: peso de la muestra (10 ml)
- FC: factor de corrección (0,9925)

#### **Selección**

En esta operación fueron eliminados aquellos frutos que no cumplían con los parámetros de calidad para el proceso, se eliminaron cuerpos extraños, restos de hojas e inflorescencias, frutos deformados, deshidratados e inmaduros (Mora, 2013).

## **Descascarado**

En esta operación se llevó a cabo el retiro de la cáscara y pedúnculo de los frutos según lo descrito por Alvarado (2011) con el fin de facilitar la extracción de la pulpa, esta operación se realizó de forma manual tratando en lo posible de no dejar ningún residuo sobre la pulpa.

## **Lavado y desinfección**

Se hizo un lavado rápido con agua para eliminar cualquier tipo de suciedad y materia extraña de la fruta. Luego se volvió hacer un lavado con una solución de hipoclorito de sodio a concentración de 5 ppm para desinfectar la fruta y evitar arrastrar cualquier carga microbiana (Alvarado, 2011).

## **Inmersión**

Esta operación consistió en agregar agua en una relación de 1:1, es decir, por cada kilogramo de fruta descascarada se adicionó un litro de agua y se dejó reposando por 12 horas, esto se hizo debido a que el tamarindo tiene un bajo porcentaje de agua libre, de esta manera se facilitó la extracción de la pulpa y conservación de sus atributos sensoriales.

## **Despulpado**

Esta operación consistió en desprender la pulpa de la semilla, además de retirar la cutícula, con ayuda de una despulpadora eléctrica de acero inoxidable, luego la pasta obtenida fue licuada para homogenizar y disminuir el tamaño de los trozos de la pulpa, finalmente se filtró hasta obtener una pasta con olor, color y sabor característico a la fruta.

## **Concentración**

La concentración consistió en evaporar el agua hasta llegar a un nivel de sólidos solubles (°Brix) establecido para pulpas concentradas en el CODEX ALIMENTARIUS. Para el caso específico de la investigación el valor fue de 34 °Brix aproximadamente (Codex Stan 247, 2005).

## **Estabilización**

Con el fin de alargar el tiempo de sedimentación de la pulpa concentrada cuando se use para preparar alguna bebida refrescante se aplicó carboximetilcelulosa (CMC); para facilitar la aplicación del estabilizante se mezcló con azúcar blanca refinada en un porcentaje del 2 % en relación al peso de la pulpa a concentrar (Mora, 2013).

## **Envasado**

La pulpa concentrada obtenida se envasó en bolsas de polietileno de alta densidad, cada bolsa contenía 250 g de pulpa concentrada, posteriormente, se sellaron herméticamente y se les retiró el aire con una selladora eléctrica. Este proceso de envasado se realizó en caliente, teniendo en cuenta todas las medidas necesarias para garantizar la inocuidad del producto (Carmen, 2015).

## **Esterilizado**

Proceso realizado con el fin de eliminar la carga microbiana que haya podido contaminar el producto en alguna etapa del proceso, se llevó a cabo en una autoclave (Carmen, 2015).

## **Almacenado**

El producto final se almacenó a 4 °C, lejos de los rayos solares y olores extraños (Guevara, 2015).

## **Evaluación de aceptabilidad del producto final**

Para determinar la aceptabilidad del producto final se realizó una evaluación sensorial a las tres pulpas concentradas y estabilizadas con 0,05; 0,1 y 0,15 % de CMC respectivamente, se aplicaron encuestas a un panel no entrenado de 35 consumidores entre hombres y mujeres, quienes evaluaron los atributos sensoriales y la intención de comprar o no el producto. La evaluación sensorial es una herramienta que se hace muy útil y necesaria en la industria de alimentos sobre todo cuando se pretende lanzar al mercado nuevos productos; pues, permite

medir, interpretar y analizar como los consumidores reaccionan a los atributos del alimento percibidos por los diferentes órganos de los sentidos (Alvarado, 2011).

La evaluación sensorial se realizó en un ambiente bien iluminado libre de ruido y malos olores, se explicó detalladamente a los panelistas el contenido y estructura de las encuestas, las muestras fueron presentadas en orden aleatorio y por cada degustación los panelistas bebieron agua para eliminar el sabor de la muestra que antecedía a la siguiente.

El fin del análisis sensorial fue determinar la aceptabilidad de atributos de color, sabor, olor y textura, mediante la utilización de los sentidos de los panelistas según lo abordado por Flores (2015); además, sirvió para determinar la intención de compra del producto, considerar o descartar si el contenido de CMC utilizado en los tratamientos influyó en el cambio de algún atributo (color, sabor, olor y textura). Se aplicaron encuestas a 35 jueces no entrenados, la encuesta utilizada se muestra en el Apéndice 6 y se usó una escala hedónica de 9 puntos (ver Apéndice 5), para el caso de la intención de compra se utilizó una escala de 5 puntos (ver Apéndice 5).

Alvarado (2011) manifiesta que una escala hedónica debe tener un número de puntos donde el valor central sea “no me gustó, ni me disgustó”, las calificaciones superiores a este valor serán tomadas como positivas (agrado o aceptación de la muestra) y las puntuaciones por debajo como negativas (disgusto o rechazo de la muestra).

## **2.6. Tratamientos**

El experimento constó de nueve tratamientos con tres repeticiones cada uno siguiendo el modelo planteado por Anchivilca (2019), con el fin de medir las variables independientes (porcentaje de CMC y dilución) y ver los efectos que tuvieron en las variables dependientes (acidez, pH, sólidos solubles, rendimiento y tiempo de sedimentación). Se usaron tres porcentajes de CMC (0,05; 0,1 y 0,15 %) y tres niveles de porcentaje de pulpa concentrada (5, 10 y 15 %), haciendo un total de nueve tratamientos con tres repeticiones para cada uno,

la Tabla 6 muestra la forma en que se plantearon los tratamientos y sus respectivas combinaciones.

**Tabla 6**

*Descripción de los tratamientos*

Factores		Dilución (% de pulpa concentrada)		
		5	10	15
CMC (%)	0,05	T1	T2	T3
	0,10	T4	T5	T6
	0,15	T7	T8	T9

*Fuente:* Elaboración propia.

## 2.7. Unidades experimentales

La unidad experimental considerada en la investigación fue 1000 g de pulpa de tamarindo sin concentrar proveniente de productores de Chulucanas, el experimento constó de nueve tratamientos con tres corridas para cada uno resultando un total de 27 unidades experimentales.

## 2.8. Identificación de variables y su mensuración

Las variables de estudio se dividen en independientes y dependientes, por lo tanto, las variables independientes fueron el porcentaje de CMC y la dilución; por su parte, las variables dependientes consideradas fueron el tiempo de sedimentación, contenido de sólidos solubles, porcentaje de acidez, pH, rendimiento y aceptabilidad. En la Tabla 7 se describen las variables estudiadas y la forma en que fueron medidas.

**Tabla 7**

*Variables de estudio*

Variable	Unidad de medida	Método de medición
Acidez	Porcentaje	Titulación con hidróxido de sodio
pH	pH	Potenciómetro con medida de 0 a 14
Sólidos solubles	°Bx	Refractómetro
Rendimiento	kg	Balance de masa

Estabilidad	Minutos	Medición del tiempo de sedimentación de los distintos tratamientos.
Aceptabilidad	Escala hedónica	Análisis sensorial a nivel de consumidor de la pulpa concentrada de tamarindo.
Cantidad de CMC	Porcentaje	Elección de la mejor combinación de tratamiento.
Dilución	Porcentaje	Porcentaje de pulpa concentrada de tamarindo en volumen de agua.

*Fuente:* Elaboración propia.

## 2.9. Diseño estadístico de la investigación

Se utilizó un diseño completamente al azar con arreglo bifactorial de tres niveles para cada factor ( $3^2$ ) tal como lo plantea Acevedo *et al.* (2014) y Anchivilca (2019), el primer factor fue el porcentaje de CMC (0,05; 0,1 y 0,15 %) y el segundo factor fue la dilución de pulpa en agua (5, 10 y 15 %). Este diseño permitió ver la influencia e interacción de las variables y los niveles (Ávila y Sánchez, 2016).

Para el análisis de aceptabilidad e intención de compra se realizó pruebas sensoriales a la pulpa concentrada de tamarindo estabilizada con 3 niveles de CMC (0,05; 0,1 y 0,15 %), utilizando un diseño de bloques completamente al azar, se consideró a los consumidores como bloques fuentes de variación.

## 2.10. Análisis estadístico

Para determinar la estabilidad de la pulpa concentrada de tamarindo en dilución con agua se llevó a cabo el análisis de la varianza (ANOVA) con un nivel de significancia del 5 % ( $p \leq 0,05$ ), y se realizó la prueba de Tukey o análisis de comparaciones múltiples para determinar si existía diferencia significativa entre los nueve tratamientos (Anchivilca, 2019). Respecto al análisis de aceptabilidad e intención de compra de la pulpa concentrada con CMC se realizó el análisis de varianza (ANOVA) para un diseño de bloques completamente al azar con un nivel de significancia del 5 % ( $p \leq 0,05$ ).

Los datos e información obtenidos como resultado de la investigación, fueron procesados según Ayay (2017) en el programa estadístico software I.B.M SPSS (Statistical Package for the Social Sciences) versión 22,0 y en el software Microsoft Excel 2017 (Anchivilca, 2019).

### 2.11. Modelo Estadístico

Para la prueba de sedimentación se aplicó el diseño completo al azar con arreglos factoriales 3Ax3B, como se muestra en la siguiente ecuación:

$$Y_{ijk} = \mu + \alpha_i + \beta_j + (\alpha\beta)_{ij} + \gamma_k + e_{ijk}$$

Donde

- $Y_{ijk}$  = Tiempo de sedimentación en minutos, sólidos solubles en °Bx, pH en puntos, observados con el  $i$  – ésimo porcentaje de CMC, con la  $j$ -ésima dilución de pulpa en agua, en la  $k$ -ésima repetición.
- $\mu$  = Media general del Tiempo de sedimentación en minutos, sólidos solubles en °Bx, pH en puntos.
- $\alpha_i$  = Efecto del  $i$  – ésimo porcentaje de CMC.
- $\beta_j$  = Efecto de la  $j$ -ésima dilución de pulpa en agua.
- $(\alpha\beta)_{ij}$  = Efecto de la interacción entre el  $i$  – ésimo porcentaje de CMC y la  $j$ -ésima dilución de pulpa en agua.
- $e_{ijk}$  = Efecto del error experimental en el  $i$  – ésimo porcentaje de CMC, en la  $j$ -ésima dilución de pulpa en agua, en la  $k$  – ésima repetición.

Para la evaluación sensorial de la pulpa de tamarindo en la cual se evalúa la concentración de CMC, se usó el diseño de bloques completamente al azar (DBCA) cuyo modelo se observa en la siguiente formula:

$$Y_{ij} = \mu + t_i + b_j + e_{ij}$$

Donde:

- $Y_{ij}$  = Sabor, color, olor y textura en puntajes observados con el  $i$  – ésimo porcentaje de CMC, en el  $j$  – ésimo panelista no entrenado.
- $\mu$  = Media general del sabor, color, olor y textura en puntajes.
- $t_i$  = Efecto del  $i$  – ésimo porcentaje de CMC.
- $b_j$  = Efecto del  $j$  – ésimo panelista no entrenado.
- $e_{ij}$  = Efecto del error experimental en el  $i$  – ésimo porcentaje de CMC, en el  $j$  – ésimo panelista no entrenado.

## CAPÍTULO III: RESULTADOS

### 3.1. Caracterización fisicoquímica de la materia prima

En la etapa de recepción se realizó la caracterización de la materia prima, para ello se llevó a cabo el análisis fisicoquímico para determinar sólidos solubles, pH y acidez de la fruta; además, se evaluaron características de color, sabor, olor, textura y tamaño de los frutos como se detalla en la Tabla 8, resultando ser una materia prima apta para su procesamiento (Alvarado, 2011).

La fruta fue de color marrón, sabor dulce – ácido, olor agradable y característico, textura firme, tamaño promedio de 5,41 cm, sólidos solubles de 22 °Brix, pH de 2,44 y un porcentaje de acidez de 6,33.

**Tabla 8**

*Propiedades fisicoquímicas del tamarindo*

Características	Resultados
Color	Marrón
Sabor	Dulce-ácido
Olor	Agradable, característico a la fruta
Textura	Firme
Tamaño (cm)	5,41
°Brix	22,00
pH	2,44
Acidez titulable (%)	6,33

*Fuente:* Elaboración propia.

### 3.1.1. Composición física de la materia prima

Se procesaron 50 kg de fruta de tamarindo, a la cual se le retiró la cáscara y pedúnculo de manera manual, para extraer la pulpa se le agregó agua en una proporción de 1:1 y se dejó reposar durante 12 horas para facilitar la separación de la pulpa y la semilla. En la Tabla 9 se puede visualizar que físicamente el tamarindo está compuesto de 49,5 % de cáscara, 23,9 % de pulpa y 23,1 % de semilla.

**Tabla 9**

*Composición física del tamarindo*

<b>Parte del fruto</b>	<b>Composición (%)</b>
Pulpa	49,5
Cáscara	23,9
Semilla	23,1

*Fuente:* Elaboración propia

### 3.1.2. Análisis proximal de la materia prima

El análisis proximal se realizó en el laboratorio de la Universidad Nacional de Piura (ver Apéndice 1), para ello, se acondicionó la pulpa mediante la homogenización de la misma, y se extrajo una muestra de 500 g, los que se envasaron en bolsas de polietileno de alta densidad con termosellado. En la Tabla 10, se muestra los resultados que arrojó el análisis proximal realizado a la pulpa de tamarindo en términos de humedad (17,79 %), cenizas totales (2,22 %), proteínas totales (4,88 %), grasa total (0,89 %), fibra cruda (4,17 %) y carbohidratos totales (74,22 %).

**Tabla 10**

*Análisis proximal del tamarindo*

<b>Ensayos</b>	<b>Resultados (%)</b>
Humedad	17,79
Cenizas Totales	2,22
Proteínas Totales	4,88
Grasa Total	0,89
Fibra Cruda	4,17
Carbohidratos Totales	74,22

Fuente: Elaboración propia.

### 3.2. Características fisicoquímicas de la pulpa concentrada de tamarindo

En la Tabla 11, se muestran los resultados de los análisis fisicoquímicos que se realizaron a la pulpa concentrada de tamarindo, determinando que posee 34 °Brix, pH de 2,58 y 3,04 % de acidez titulable.

**Tabla 11**

*Análisis fisicoquímico de la pulpa concentrada de tamarindo*

<b>Características</b>	<b>Resultado</b>
Color	Marrón oscuro
Olor	Característico a la fruta
Sabor	Ácido-Dulce
Textura	Pastosa
°Brix	34,00
pH	2,58
Acidez Titulable (%)	3,04

Fuente: Elaboración propia.

Con el fin de analizar si existen variaciones en las características fisicoquímicas al momento de extraer la pulpa de la materia prima, se procedió a realizar también una evaluación diferenciada a la pulpa obtenida antes de someterla al tratamiento térmico, los datos se presentan en la Tabla 12 donde se puede visualizar que el color, olor, sabor y textura son similares a la pulpa concentrada; además posee 17,92 °Brix, pH de 2,66 y 5,39 % de acidez titulable.

**Tabla 12**

*Análisis fisicoquímico de la pulpa sin concentrar de tamarindo*

<b>Características</b>	<b>Resultado</b>
Color	Marrón
Olor	Característico a la fruta
Sabor	Acido-Dulce
Textura	Pastosa
°Brix	17,92
pH	2,66
Acidez Titulable (%)	5,39

Fuente: Elaboración propia.

### 3.3. Determinación del porcentaje de estabilizante (CMC) y dilución de pulpa concentrada/agua

Para ampliar el tiempo de inicio de la sedimentación de pulpa concentrada de tamarindo se adicionó estabilizante (CMC) en tres niveles de porcentaje (0,05, 0,1 y 0,15 %), posteriormente, se realizó la dilución en tres niveles de pulpa concentrada/agua (5, 10 y 15 %) y se midió los tiempos en que inicia la sedimentación de la pulpa. Con los datos obtenidos se realizó el análisis ANOVA (Tabla 15), el cual muestra que el valor de significancia entre los tratamientos es 0,00; esto quiere decir que ambos parámetros al interactuar influyen significativamente en el tiempo de sedimentación, debido a que el valor resultante es menor al valor de referencia ( $\alpha = 0,05$ ).

En la Tabla 13 se detalla el análisis de varianza para la característica fisicoquímica de pH, este análisis ANOVA evidencia que no existe diferencia significativa (no se produce un cambio marcado de pH) ya que el valor de significancia es mayor a 0,05. En lo que respecta al ANOVA de los sólidos solubles en la Tabla 14 si se observa una variación entre los distintos tratamientos ya que existe diferencia significativa ( $p < 0,05$ ), las medias muestran niveles bajos de sólidos solubles con rango promedio de 0,1 a 0,5 °Brix.

**Tabla 13**

*Análisis ANOVA del pH*

<b>Fuente de variación</b>	<b>Suma de cuadrados</b>	<b>GL</b>	<b>Media cuadrática</b>	<b>F</b>	<b>Significancia</b>
Dilución	0,01	2,00	0,00	0,12	0,88
Estabilizante	0,02	2,00	0,01	3,37	0,06
Dilución * Estabilizante	0,02	4,00	0,00	1,99	0,14
Error	0,06	18,00	0,00		

*Fuente:* Elaboración propia.

**Tabla 14***Análisis ANOVA de sólidos solubles*

<b>Fuente de variación</b>	<b>Suma de cuadrados</b>	<b>GL</b>	<b>Media cuadrática</b>	<b>F</b>	<b>Significancia</b>
Dilución	0,00	2,00	0,00	0,25	0,78
Estabilizante	0,61	2,00	0,30	204,25	0,00
Dilución * Estabilizante	0,02	4,00	0,00	3,25	0,04
Error	0,03	18,00	0,00		

*Fuente:* Elaboración propia.**Tabla 15***Análisis ANOVA de la estabilidad*

<b>Fuente de variación</b>	<b>Suma de cuadrados</b>	<b>GL</b>	<b>Media cuadrática</b>	<b>F</b>	<b>Significancia</b>
Dilución	348,17	2	174,08	182,53	0,00
Estabilizante	157,39	2	78,69	82,51	0,00
Dilución * Estabilizante	153,44	4	38,36	40,22	0,00
Error	17,17	18	0,95		

*Fuente:* Elaboración propia.

Al verificar las muestras obtenidas, se observa que cada tratamiento sedimentó en diferentes tiempos; la dilución y el porcentaje de estabilizante influyeron significativamente ( $p < 0,05$ ) en el tiempo de sedimentación, además la interacción de estos dos factores también resultó significativa ( $p < 0,05$ ) reflejando que actúan de manera conjunta sobre el tiempo de sedimentación.

Para verificar estadísticamente el mejor tratamiento se realizó una prueba POST ANOVA, descrito en la Tabla 16, donde los datos indican que el T<sub>9</sub> es el tratamiento que tiene mayor tiempo de sedimentación con 21,5 minutos; mientras que el T<sub>1</sub> con 7,83 minutos, resultó ser el menos ideal.

**Tabla 16***Análisis POST ANOVA (Tukey) para el tiempo de sedimentación*

<b>SUBCONJUNTOS HOMOGENEOS</b>					
<b>Tiempo de sedimentación (minutos)</b>					
Tratamientos	N	Subconjunto para alfa = 0.05			
		1	2	3	4
5 % dilución y 0,05 % estabilizante	3	7,83			
15 % dilución y 0,05 % estabilizante	3	8,33			
5 % dilución y 0,15 % estabilizante	3	9,67			
5 % dilución y 0,1 % estabilizante	3	10,17			
HSD Tukey <sup>a</sup> 10 % dilución y 0,05 % estabilizante	3		16,50		
10 % dilución y 0,1 % estabilizante	3		17,33	17,33	
10 % dilución y 0,15 % estabilizante	3		17,83	17,83	
15 % dilución y 0,1 % estabilizante	3			19,33	19,33
15 % dilución y 0,15 % estabilizante	3				21,50
Sig.		0,15	0,76	0,29	0,21

Se visualizan las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.

a. Utiliza el tamaño de la muestra de la media armónica = 3,00.

*Fuente:* Elaboración propia

A continuación, en la Figura 5 se observa el tiempo de sedimentación de los tratamientos en los distintos niveles de porcentaje de CMC (estabilizante) y en los tres niveles de dilución; donde al 5 % de dilución, los tiempos son bajos; mientras que al 10 % de dilución el comportamiento de sedimentación cambia de manera creciente en el tiempo y al 15 % de dilución los tratamientos con 0,10 % y 0,15 % de CMC continuaron con esta tendencia, por el contrario los tratamientos al 0,05 % de CMC que presentaron una sedimentación mucha más rápida.

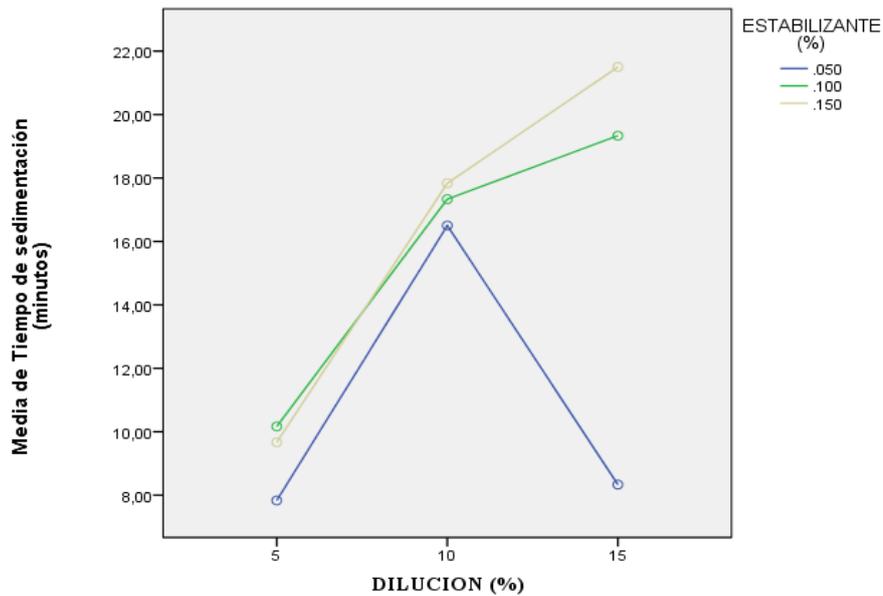


Figura 5. Medias marginales estimadas de sedimentación en cuanto al estabilizante (CMC). Fuente: Elaboración propia.

Mientras que, en la Figura 6 se puede observar el comportamiento de los porcentajes de dilución en cuanto al porcentaje de estabilizante y tiempo de sedimentación. Los tratamientos con mayor cantidad de pulpa y con porcentaje de 0,10 % a 0,15 % de CMC presentan una sedimentación más lenta; esto se puede reafirmar según el análisis de post varianza realizado a la sedimentación presentado en el Apéndice 3.

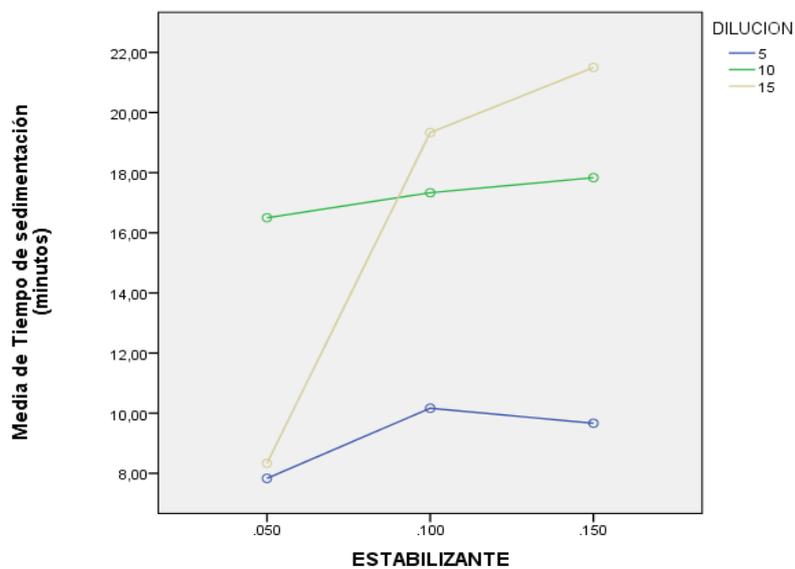


Figura 6. Medias marginales estimadas de sedimentación en cuanto a la dilución. Fuente: Elaboración propia.

En la Figura 7, se puede apreciar el comportamiento de los distintos tratamientos en cuanto a los tiempos de sedimentación, corroborando que existe diferencia entre ellos tal como se visualiza en el Apéndice 3; siendo los tratamientos con mejores tiempos en inicio de la sedimentación el T<sub>8</sub> con 15 % de dilución y 0,1 % de CMC y el T<sub>9</sub> con 15 % de dilución y 0,15 % de CMC, respectivamente.

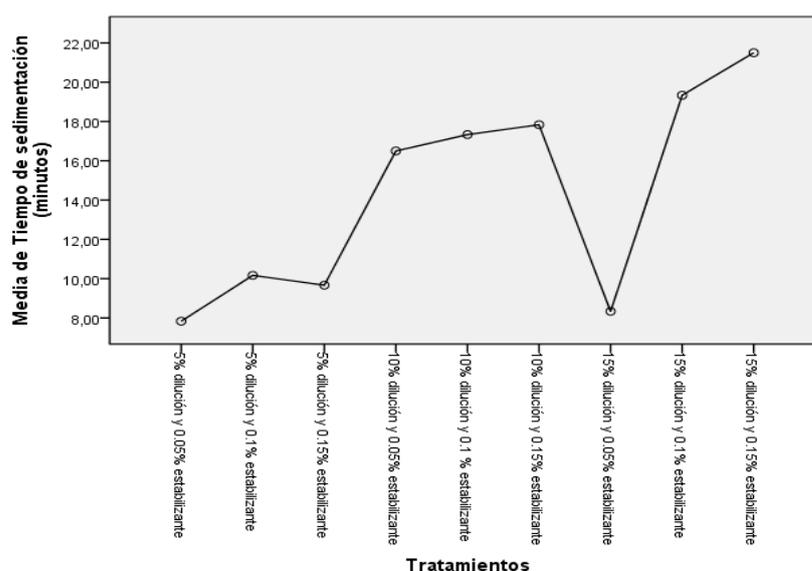


Figura 7. Tiempos de sedimentación en cada tratamiento. Fuente: Elaboración propia.

### 3.4. Aceptabilidad de la pulpa concentrada a partir del tamarindo

En la Figura 8, se puede visualizar que la pulpa concentrada de tamarindo estabilizada con tres niveles de CMC (0,05; 0,1 y 0,15 %) tiene atributos sensoriales de color, olor, sabor y textura aceptables por parte del panel de jueces no entrenados. En el Apéndice 5 se puede visualizar la escala usada para la evaluación de la aceptabilidad, teniendo medias que fluctúan entre valores de 6 (me gustó ligeramente), 7 (me gustó moderadamente) y 8 (me gustó mucho) respectivamente. Además, en el Apéndice 7 se puede observar que no existe diferencia significativa entre las muestras evaluadas ( $p > 0,05$ ).

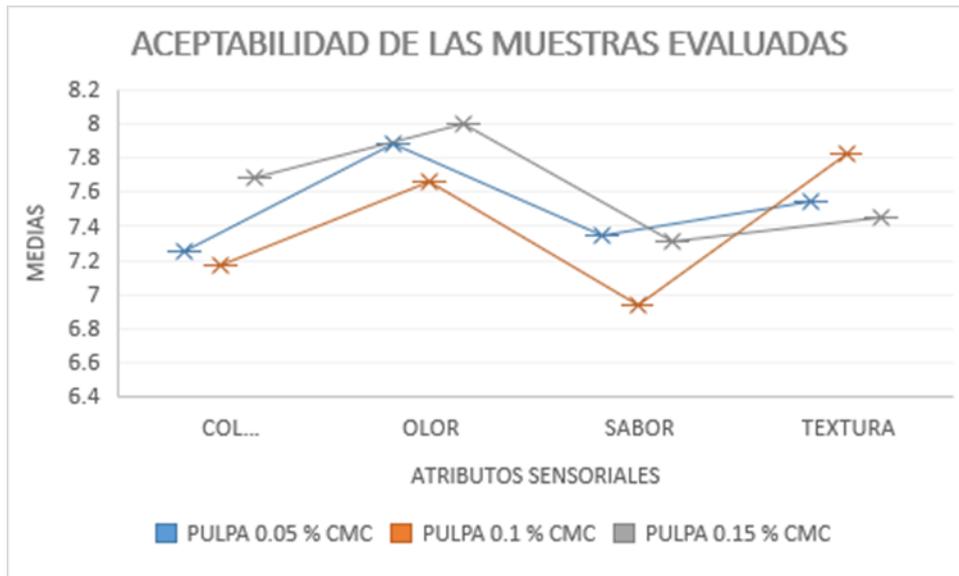


Figura 8. Aceptabilidad de las muestras evaluadas. Fuente: Elaboración propia.

### 3.4.1. Aceptación del color

En la Figura 9, se puede observar los resultados de las encuestas, donde los jueces no entrenados califican a las tres pulpas con respecto al color con puntuaciones promedio entre 7 (me gustó moderadamente) y 8 (me gustó mucho). Además, entre las muestras no existe diferencia significativa, por tanto, las tres muestras son sensorialmente aceptadas respecto al color.

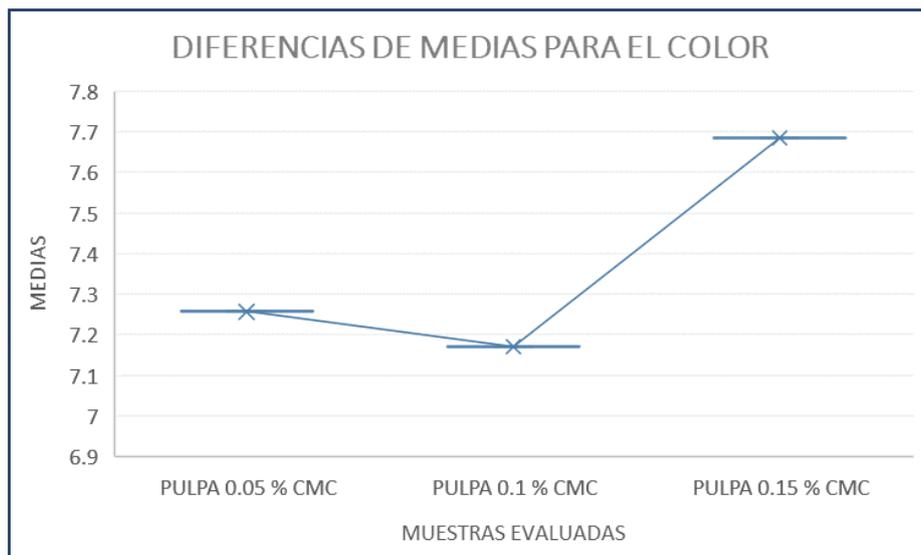


Figura 9. Diferencia de medias del color. Fuente: Elaboración propia.

### 3.4.2. Aceptación el olor

Respecto al olor, la encuesta reporta valores medios superiores a 7 (me gustó moderadamente), como lo indica la Figura 10.

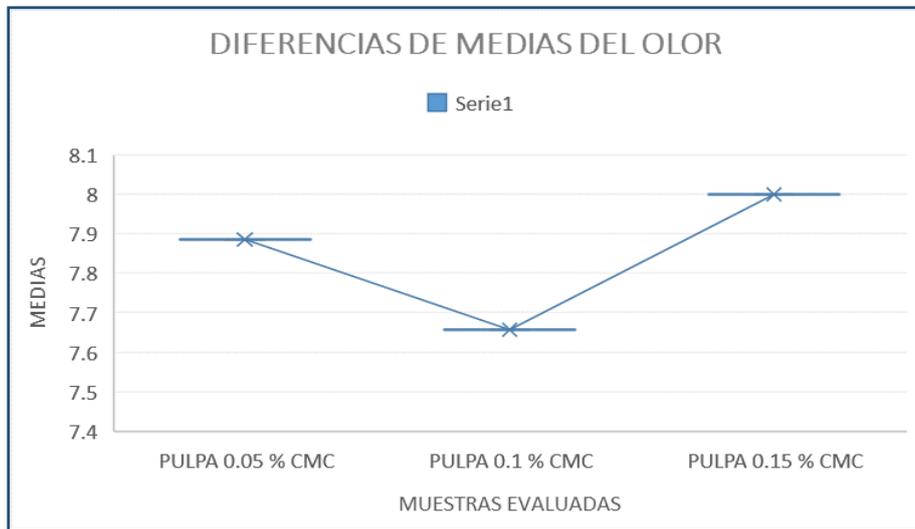


Figura 10. Diferencia de medias del calor. Fuente: Elaboración propia.

### 3.4.3. Aceptación del sabor

Como se muestra en la Figura 11, la aceptación del sabor tuvo valores superiores a 6 (me gustó ligeramente) y 7 (me gustó moderadamente) para las tres pulpas evaluadas.

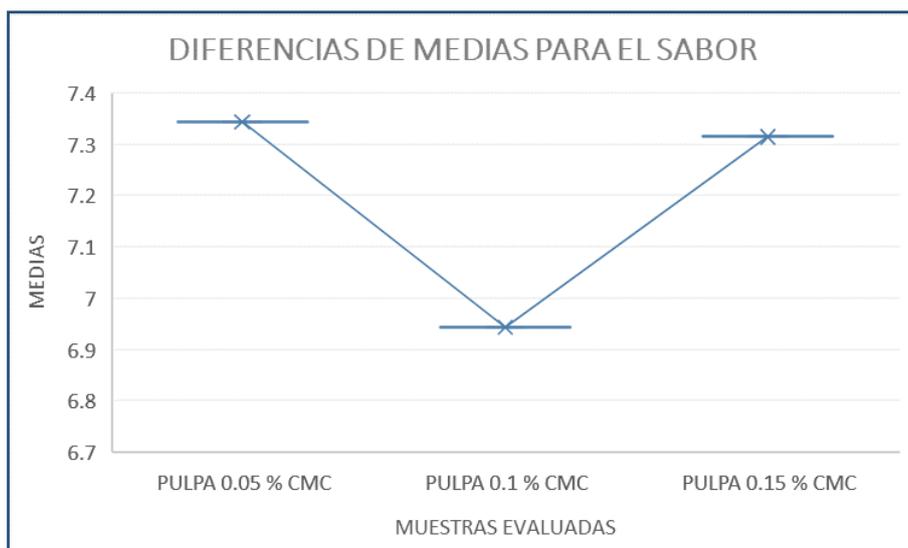


Figura 11. Diferencia de medias del sabor. Fuente: Elaboración propia.

### 3.4.4. Aceptación de la textura

En la Figura 12, se puede apreciar que en lo que respecta a la textura las tres pulpas mostraron características aceptables obteniendo puntuaciones superiores a 7 (me gustó moderadamente).

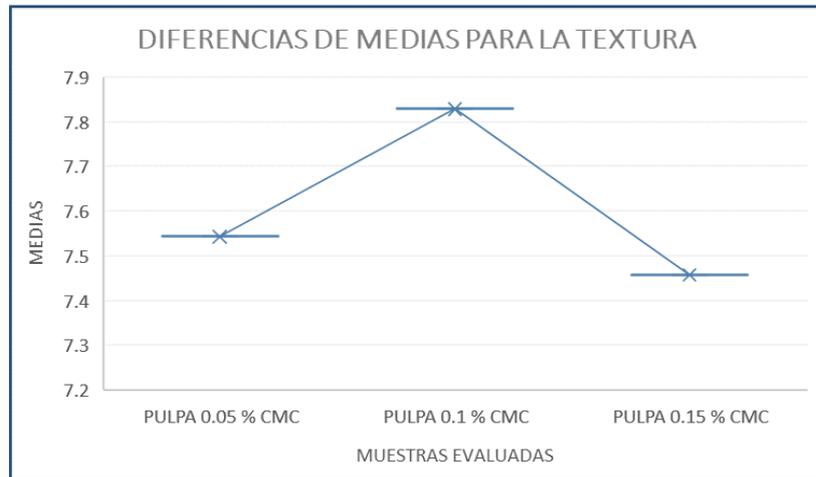


Figura 12. Diferencia de medias de la textura. Fuente: Elaboración propia.

### 3.4.5. Intención de compra

Para la intención de compra, los consumidores tienen una alta intención de comprar las 3 pulpas evaluadas, siendo ligeramente superior la intención de compra de las pulpas concentradas con 0,1 y 0,15 % de CMC con puntuaciones de 4 (probablemente compraría) y 5 (seguramente compraría) como se puede ver en la Figura 13.

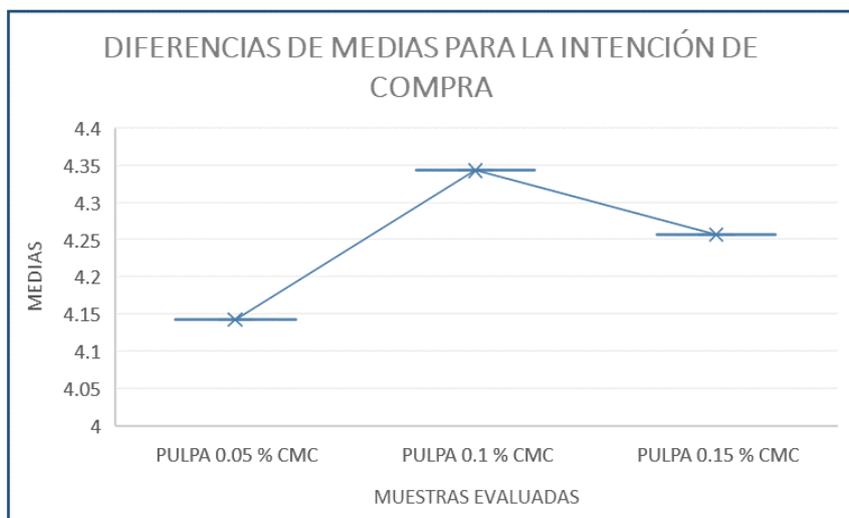
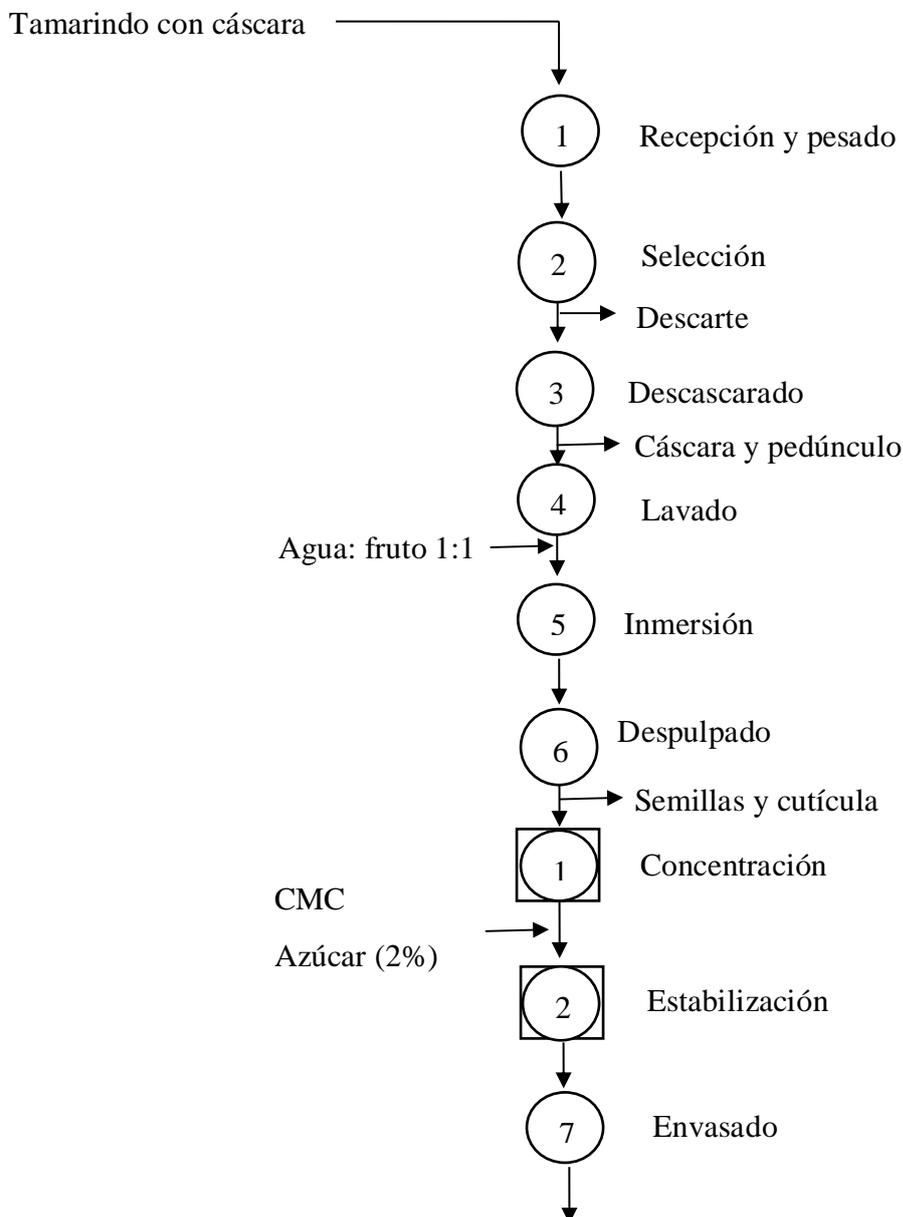
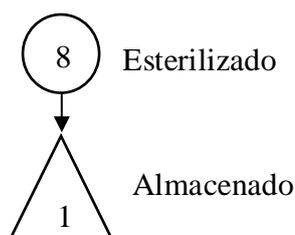


Figura 13. Diferencia de medias de la intención de compra. Fuente: Elaboración propia.

### 3.5. Diagrama de operaciones

Se demostró que es viable concentrar los sólidos solubles de la pulpa de tamarindo y que todos los niveles de estabilizante CMC confieren características de estabilidad a la pulpa una vez que esta ha sido concentrada. Así también, mediante el estudio de aceptabilidad realizado y la evaluación del tiempo de sedimentación, la pulpa concentrada cumple con los parámetros necesarios dispuestos por organismos internacionales como FAO, OMS y la Comisión del Codex Alimentarius en las distintas normas técnicas publicadas. A continuación, se muestra la Figura 14, donde se grafica con un diagrama de operaciones, las etapas de este proceso.





Descripción	Símbolo	Cantidad
Operación	○	8
Operación e inspección	◻	2
Almacenamiento	△	1

Figura 14. Diagrama de operaciones para la elaboración de pulpa concentrada de tamarindo. Fuente: Elaboración propia.

### 3.6. Rendimiento final obtenido de la pulpa concentrada de tamarindo

El rendimiento obtenido de la pulpa concentrada de tamarindo se describe en la Figura 15, para el análisis de esta variable se realizó un balance de masa, los resultados se presentan como la media de todas las repeticiones realizadas en base a 10 kg de materia prima en cada repetición, teniendo en cuenta siempre la homogenización y aleatorización de las muestras procesadas. Se obtuvo un rendimiento final respecto a la materia prima de 62,2 %; es decir, obtengo 0,62 kg de pulpa concentrada a 34 °Brix por cada kg de materia prima utilizada.

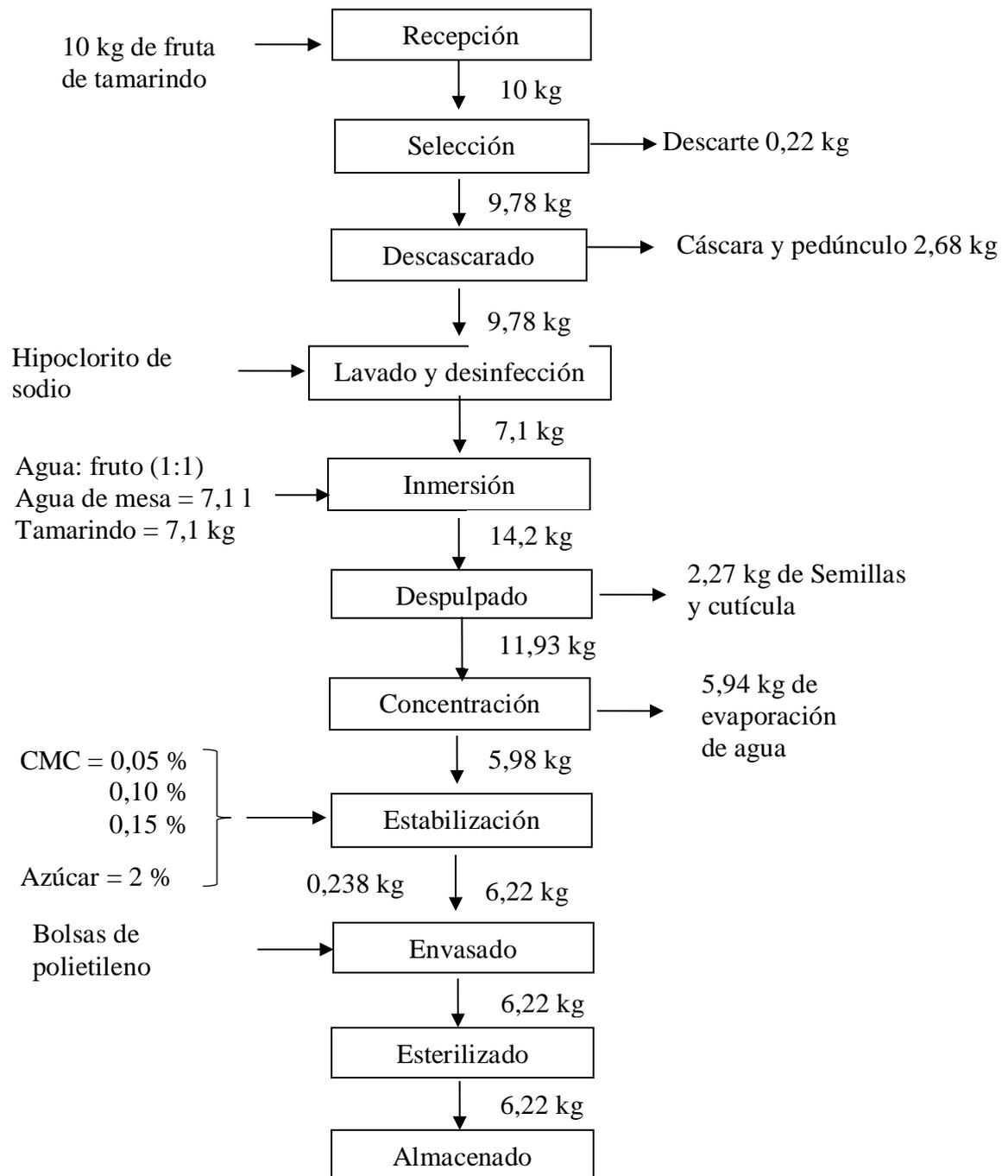


Figura 15. Balance de masa del proceso de elaboración de pulpa concentrada de tamarindo.  
Fuente: Elaboración propia.

## CAPÍTULO IV: DISCUSIONES

### 4.1. Caracterización fisicoquímica de la materia prima y pulpa sin concentrar

La presente investigación tuvo como objetivo principal elaborar pulpa concentrada de tamarindo y agregarle tres porcentajes distintos de carboximetilcelulosa (CMC) que fueron 0,05; 0,1 y 0,15 %, para posteriormente evaluar el tiempo de sedimentación total de los sólidos suspendidos, para esto se hicieron tres diluciones de pulpa en agua (5; 10 y 15 %). Las principales características fisicoquímicas del tamarindo usado en los tratamientos, tal como se muestran en la Tabla 8, respecto al color de la fruta coincide con el estudio realizado por Acevedo *et al.* (2014), quienes mencionan que el tamarindo alcanza la madurez cuando la pulpa presenta un color marrón, lo que evidencia que la materia prima usada cumple con las características idóneas respecto al color de la misma.

Respecto al olor, sabor y textura, el análisis organoléptico realizado a la materia prima refleja que posee niveles aceptables de calidad necesarios para ser procesada y empleada en los distintos tratamientos. El valor promedio para sólidos solubles (°Brix) de la materia prima y de la pulpa de tamarindo sin concentrar, fue de 22 y 17,92 °Brix respectivamente, habiéndose tomado diferentes muestras representativas del lote a procesar. Este valor de sólidos solubles es superior al encontrado por Carmen (2015), quien en su investigación determinó 15,2 °Brix. Por su parte Anchivilca (2019) encontró un valor de 22,833 °Brix, valor similar al que se llegó en la presente investigación. Las diferencias podrían atribuirse al lugar de origen de la materia prima, días de cosecha, almacenamiento, contenido de humedad y materia seca de las frutas utilizadas por los investigadores. El Codex Stan 247 (2005) establece un valor mínimo de 13 °Brix para jugos y pulpas demostrándose que los datos hallados en la presente investigación se ajustan a la norma.

En cuanto a la acidez titulable fue de 6,33 % para la materia prima y de 5,39 % para la pulpa sin concentrar expresada como meq. de ácido tartárico, en lo que respecta a la materia prima el resultado es similar al 6,55 % encontrado por Carmen (2015); una vez que se realiza la extracción de pulpa de la materia prima vemos una disminución de 6,33 a 5,39 % de acidez. Esto es debido posiblemente al método utilizado de extracción que consistió en agregar agua en una proporción de 1:1 (p/p), el agua adicionada puede generar una disminución de los meq de ácido tartárico de la fruta; según Kuru (2014) la época de crecimiento de la fruta puede provocar que sea más o menos ácida, esto podría generar que el porcentaje de acidez sea cambiante en los diversos estudios realizados, esto tiene sentido en función a la concentración de ácido tartárico expresado por el tamarindo a medida que las condiciones agronómicas y ambientales sean diferentes en cada zona de producción.

El valor de pH para la materia prima fue de 2,44 resultado similar al encontrado por Pájaro *et al.* (2018) quien reporta un pH de 2,5. Para la pulpa extraída el pH fue de 2,66, como se puede observar es un pH básico característico del tamarindo. Ruiz y García (2017) en la caracterización realizada en su investigación obtuvieron un pH de 2,56; por su parte Anchivilca (2019) encontró un pH de 2,343 guardando relación con lo reportado por la presente investigación; además, Carmen (2015) determinó que la materia prima utilizada en su investigación tuvo un pH de 4,43; esta variación podría darse debido al método de extracción de la pulpa, ya que la autora en el diagrama de procesos, describe que hizo un ablandamiento con agua a 80 °C, operación que no se llevó a cabo en la presente investigación.

Respecto al análisis realizado para determinar la composición física del tamarindo proveniente de la ciudad de Chulucanas, como se muestra en la Tabla 9, la fruta de tamarindo usado en la investigación contiene un mayor porcentaje de pulpa (49,5 %) en comparación al 37,82 y 35 % reportado por Carmen (2015) y Gómez (2004), respectivamente. En cambio, Mohammed (2014) presenta un porcentaje de pulpa del 69 %, valor que es superior al encontrado en el presente estudio, estas variaciones se podrían deber al lugar de origen, variedad y porcentaje de humedad de la fruta; el porcentaje de cáscara fue de 23,9 % valor que es similar al reportado por Carmen (2015), Mohammed (2014) y Gómez (2004); mientras que el porcentaje de semilla fue de 23,1 %, estos resultados son menores a los

reportados por los investigadores citados líneas arriba. Finalmente, en esta investigación se pudo observar que durante el proceso de evaluación de la materia prima los frutos presentan pedúnculo representando el 3,5 %. En la Tabla 17, se puede observar la comparación de la composición física del fruto entre los resultados del tesista y de otros investigadores para una mejor apreciación.

**Tabla 17**

*Composición física del fruto respecto a otros investigadores*

<b>Parte del fruto</b>	<b>Elaboración propia (%)</b>	<b>Carmen (2015) (%)</b>	<b>Mohammed (2014) (%)</b>	<b>Gómez (2004) (%)</b>
Pulpa	49,50	37,82	69,00	35,00
Cáscara	23,90	27,49	21,00	18,00
Semilla	23,10	34,69	39,00	30,00
Pedúnculo	3,50	-	-	-

*Fuente:* Elaboración propia.

#### **4.1.1. Análisis proximal de la materia prima**

El análisis proximal realizado a la materia prima arrojó resultados de 17,79 % de humedad muy por debajo al mencionado por el Instituto Nacional de Salud (2017) que precisa una humedad del 31,4 % y de Ruiz y García (2017) que reportó rangos de 31 a 48 % de humedad, esta variación se da al parecer por los días de cosecha del fruto, al no ser oportuna la cosecha se corre el riesgo que el tamarindo pierda humedad, peso y se eleven los Brix en la fruta.

Para cenizas totales el resultado fue 2,22 %, valor similar al 2,7 % reportado por el Instituto Nacional de Salud (2017) y el 2,37 % descrito por Hamacek *et al.* (2012); por otro lado, Ruiz y García (2017) determinaron un valor inferior al encontrado en la presente investigación (0,68 a 1,25 % de cenizas). En lo referente a proteína total se encontró 4,88 %, cuyo valor fue inferior al 6,09 % obtenido por Hamacek *et al.* (2012), mientras que el valor de proteína encontrado es superior al 2,8 % reportado por Kuru (2014).

Se puede observar que el tamarindo es una fruta que posee un nivel de proteína superior al de la mayoría de frutas tropicales, esto es importante ya que evidencia la importancia nutricional que posee (Food and Agriculture Organization [FAO], 2017).

En el caso de grasa total se determinó un valor de 0,89 % valor superior al 0,6 % que reporta el Instituto Nacional de Salud (2017). Se encontró 4,17 % de fibra cruda, resultado superior al 3 % que menciona el Instituto Nacional de salud (2017). Actualmente, no se recomienda obtener datos de fibra cruda, sino de fibra dietaria, pero se mantiene este dato como referencia (Instituto Nacional de Salud, 2017).

El porcentaje de carbohidratos totales encontrado en la materia prima fue de 74,22 %; cantidad superior al 62,5 % mencionado por el Instituto Nacional de salud (2017), 62,5 % según Kuru (2014) y al 50,075 % reportado por Hamacek *et al.* (2012). Todas estas diferencias se deben principalmente al lugar de origen de la fruta usada en los muestreos, condiciones agronómicas, época de cosecha, variedad de la fruta y condiciones climáticas.

#### **4.2. Caracterización fisicoquímica de la pulpa concentrada de tamarindo**

La pulpa concentrada obtuvo 34 °Brix de sólidos solubles cumpliéndose con lo dispuesto por el Codex alimentarius, donde se especifica que una pulpa concentrada es aquella que se le retira una cantidad de agua suficiente para elevar en 50 % los °Brix correspondientes al nivel reportado por la fruta sin concentrar (Codex Stan 247, 2005). Este resultado es inferior al encontrado por Ruiz (2003), quien menciona que la pulpa concentrada que obtuvo en su estudio fue de 40 °Brix, esta diferencia puede atribuírsele al tiempo y temperatura de concentración, así como al método de evaporación utilizado.

Se determinó que la pulpa concentrada de tamarindo tiene acidez de 3,04 % y un pH de 2,58, notándose una variación respecto a la pulpa sin concentrar (acidez = 5,39 % y pH = 2,66); se observa diferencias con lo encontrado por Ruiz (2003), quien obtuvo una acidez titulable de 1,83 % y un pH de 2,22, esta variación se atribuye probablemente al tratamiento térmico al cual fue sometida la pulpa. Como ya se mencionó anteriormente el tratamiento térmico

puede generar diversos cambios en las características fisicoquímicas de la pulpa (Forero y Vélez, 2013).

#### **4.3. Determinación del porcentaje de estabilizante (CMC) y dilución de pulpa concentrada y agua**

En el análisis realizado para determinar cuál es el nivel de CMC que asegure la estabilidad de la pulpa concentrada al momento de ser diluida en agua, se aprecia que existe diferencia significativa ( $p < 0,05$ ) entre los tratamientos, siendo el tratamiento T<sub>9</sub> el que mantiene por mayor tiempo los sólidos en suspensión y genera una reacción tardía de la sedimentación, esto puede atribuirse a que es el tratamiento que contiene mayor cantidad de CMC (0,15 %).

El análisis de la varianza ANOVA muestra que hay una relación directa entre el porcentaje de estabilizante y el tiempo de sedimentación, es decir, a mayor cantidad de CMC mayor es el tiempo que tardan los sólidos suspendidos en sedimentarse, de igual forma sucede con el porcentaje de pulpa concentrada/agua pues a mayor cantidad de pulpa diluida mayor es el tiempo de sedimentación. Este resultado es interesante porque permite corroborar lo encontrado por Mora (2013) respecto al uso del CMC como agente estabilizante ya que logra unir y mantener enlazados los sólidos solubles confiriéndoles características hidrofílicas a los mismos.

#### **4.4. Aceptabilidad de la pulpa concentrada de tamarindo**

Las características organolépticas de sabor, olor, color y textura del producto final obtenidas (Figuras 9 y siguientes), tuvieron un alto porcentaje de aceptabilidad para las 3 muestras evaluadas por parte de los consumidores encuestados, mostrando puntajes mínimos de 6 (me gustó ligeramente) y teniendo frecuencias más elevadas el puntaje 7 (me gustó moderadamente) y 8 (me gustó mucho). Estos datos dan un indicativo de que la pulpa concentrada obtenida es de agrado del consumidor y que el porcentaje de CMC no influye significativamente en las características organolépticas del producto ( $p > 0,05$ ); por lo tanto, se puede utilizar para elaborar distintos productos como bebidas refrescantes, jaleas, salsas, néctares, dulces, etc. Cabe destacar que es posible reconstituir el nivel de agua a la pulpa

concentrada cumpliendo los parámetros establecidos en el Codex Alimentarius y las normas técnicas correspondientes.

Cabe destacar que visualmente el producto final obtenido tuvo un cambio de color de marrón a marrón oscuro, debido al tratamiento térmico al que fue expuesto, según Díaz (2008) existen mecanismos de deterioro en las frutas como el oscurecimiento o pardeamiento no enzimático (reacciones de Maillard, caramelización de los azúcares por efecto de la temperatura de almacenamiento y oxidación del ácido ascórbico), entonces se puede afirmar que la temperatura utilizada para evaporar el agua de la pulpa y lograr la concentración de la misma pudo haber influido en el cambio de color; a pesar de esto, el análisis estadístico para el color nos arroja una media de 7,37 puntos para las 3 muestras analizadas, considerando que el valor 7 corresponde a “me gustó moderadamente”.

#### **4.5. Diagrama de operaciones**

Se demostró que es viable concentrar los sólidos solubles de la pulpa de tamarindo y que todos los niveles de estabilizante CMC confieren características de estabilidad a la pulpa una vez que esta ha sido concentrada, esto quedó demostrado a través del estudio de aceptabilidad realizado y la evaluación del tiempo de sedimentación, además, la pulpa concentrada cumple con los parámetros necesarios dispuestos por organismos internacionales como FAO, OMS y la Comisión del Codex Alimentarius en las distintas normas técnicas publicadas.

#### **4.6. Rendimiento final obtenido de la pulpa concentrada de tamarindo**

El rendimiento obtenido en la investigación fue de 62,2 %, resultado similar al que obtuvo Ruiz (2003) que fue del 68 %, el rendimiento puede verse afectado por diversos factores intrínsecos de la fruta tales como tamaño, peso, composición física, acidez, sólidos solubles, pH, etc.; y por los métodos y técnicas usados en su procesamiento.

## CAPÍTULO V: CONCLUSIONES

De la investigación realizada se concluye lo siguiente:

1. Fue posible determinar el proceso que mejore la estabilidad de los sólidos suspendidos de la pulpa concentrada de tamarindo (*Tamarindus indica L.*) en dilución con agua.
2. Se logró realizar la caracterización fisicoquímica de la materia prima, que fue sólidos solubles de 22 °Brix, pH de 2,44, acidez titulable de 6,33 %, tamaño promedio de frutos de 5,41 cm; en lo que respecta a la composición física se obtuvo 49,5 % de pulpa, 23,9 % de cáscara, 23,1 % de semilla y 3,5 % de pedúnculo.
3. Se determinó mediante un análisis proximal que la materia prima contiene valores de 17,79 % de humedad, 2,22 % de cenizas totales, proteína total de 4,88 %, 4,17 % de fibra cruda y 74,72 % de carbohidratos totales.
4. La pulpa concentrada de tamarindo presentó excelentes características fisicoquímicas (contenido de sólidos solubles de 34 °Brix, pH de 3,04 y 2,58 % de acidez titulable).
5. Se estableció que el T<sub>9</sub> es el tratamiento adecuado para estabilizar la pulpa de tamarindo cuando ésta es diluida en agua, la cantidad de CMC fue de 0,15 % p/p (porcentaje en base al peso de la pulpa sin concentrar), la relación pulpa concentrada/agua (g/ml) adecuada para obtener un mayor tiempo de sedimentación de los sólidos solubles es del 15 % de pulpa concentrada de tamarindo, esta combinación

de factores logró ampliar el tiempo de inicio en la sedimentación de la pulpa concentrada de tamarindo hasta en 21,5 minutos.

6. Se pudo desarrollar el análisis sensorial reportando resultados aceptables, del mismo modo se logró concluir que existe intención de compra del producto final por parte de los consumidores. Se logró elaborar el diagrama de operaciones para la elaboración de pulpa concentrada de tamarindo (Figura 14).
  
7. Se obtuvo un rendimiento final de 62,2 %; es decir, por cada kilogramo de fruta de tamarindo se logra obtener 0,62 kg de pulpa concentrada a 34 °Brix.

## **CAPÍTULO VI: RECOMENDACIONES**

1. Teniendo en cuenta los resultados obtenidos en la investigación respecto a la buena aceptabilidad de la pulpa concentrada de tamarindo, se recomienda realizar un estudio de mercado de pulpas concentradas de frutas en la región Piura, y de esa forma determinar el potencial económico de este rubro.
2. Al realizar la concentración de la pulpa se observó un cambio de color, por ello se recomienda hacer un estudio del tiempo y temperatura de concentración que minimice tal alteración.
3. Después del procesamiento de la fruta de tamarindo se obtuvieron residuos como semillas, cáscara y fibras, por ello se recomienda investigar más formas de industrialización que aproveche estos residuos al máximo, buscando reducir los desperdicios y la contaminación.
4. Se recomienda realizar un estudio de la vida útil de la pulpa concentrada de tamarindo, de esta forma determinar el tiempo en que el producto conserva las principales características fisicoquímicas y atributos sensoriales ideales para ser consumido.

## REFERENCIAS

- Acevedo, D., Tirado, D., y Guzmán, L. (2014). Deshidratación osmótica de pulpa de tamarindo (*Tamarindus indica* L.): Influencia de la temperatura y la concentración. *Revista U.D.C.A Actualidad & Divulgación Científica*, 17 (1), 123 - 130. <http://www.scielo.org.co/pdf/rudca/v17n1/v17n1a14.pdf>
- Alvarado, L. E. (2011). *Estudio del proceso de producción de pulpa de frutas combinadas, pausterizadas y congeladas a mediana escala*. (Tesis de grado), Escuela Superior Politécnica del Litoral, Guayaquil, Ecuador. <http://www.dspace.espol.edu.ec/xmlui/handle/123456789/16026>
- Anchivilca, V. S. (2019). Formulación y caracterización de helados tipo sorbete a base de pulpa de tamarindo (*Tamarindus indica* L.) enriquecido con ácido ascórbico. (Tesis de grado), Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Lima, Perú. <https://hdl.handle.net/20.500.12672/15391>
- Ávila, M. F. F. y Sánchez, S. J. S. (2016). Influencia de estabilizantes goma guar y goma xathan en la calidad físico - química organoléptica del néctar de tamarindo (*Tamarindus indica* L.). (Tesis de grado), Escuela Superior Politecnica Agropecuaria de Manabí Manuel Félix López, Calceta, Manabí, Ecuador. <http://repositorio.espam.edu.ec/handle/42000/551>
- Ayay, O. (2017). *Estudio de estabilidad acelerada de las cápsulas elaboradas a base de Tamarindus indica* L. "tamarindo" y *Cassia angustifolia* "sen". (Tesis de grado), Universidad Privada Antonio Guillermo Urrelo, Cajamarca, Perú.
- Benites, A. W. (2018). *Determinar la calidad del néctar de tamarindo (Tamarindus indica L.) preparado con distintas proporciones de pulpa y concentraciones de estevia (Stevia rebaudiana)*. (Tesis de grado), Universidad Nacional de Tumbes, Tumbes, Perú. <http://repositorio.untumbes.edu.pe/handle/UNITUMBES/2239>
- Canals, R. M., Peralta, J., y Zubiri, E. (2018). *Flora Pratense y Forrajera Cultivada de la Península Ibérica*. Recuperado de Herbario de la Universidad Publica de Navarra: [http://www.unavarra.es/herbario/pratenses/htm/glosario\\_bot.htm](http://www.unavarra.es/herbario/pratenses/htm/glosario_bot.htm)
- Carmen, S. C. (2015). *Determinación de parámetros adecuados para la obtención de néctar a partir de tamarindo (Tamarindus indica L.)*. (Tesis de grado), Universidad Nacional de Piura, Piura, Perú. <http://repositorio.unp.edu.pe/bitstream/handle/UNP/363/AGR-CAR-OLI15.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

- Centro de Comercio Internacional [TRADE MAP]. (2017). *Estadísticas comerciales para el desarrollo empresarial internacional*. <http://www.trademap.org/Index.aspx>.
- Codex Stan 247. (2005). *Norma General del Codex para zumos (jugos) y néctares de frutas*. [https://www.fao.org/fao-who-codexalimentarius/sh-proxy/es/?lnk=1&url=https%253A%252F%252Fworkspace.fao.org%252Fsites%252Fcodex%252Fstandards%252FCXS%2B247-2005%252FCXS\\_247s.pdf](https://www.fao.org/fao-who-codexalimentarius/sh-proxy/es/?lnk=1&url=https%253A%252F%252Fworkspace.fao.org%252Fsites%252Fcodex%252Fstandards%252FCXS%2B247-2005%252FCXS_247s.pdf)
- Contreras, L. K. P., Ciro, V. H. J., y Arngo, J. C. (2019). Hidrocoloides como estabilizantes en bebidas de maíz dulce (*Zea mays* var. *saccharata*) y gel de aloe vera (*Aloe barbadensis* M.). *Revista U.D.C.A Actualida & Divulgación científica*, 22(2), 1 - 9. doi:doi.org/10.31910/rudca.v22.n2.2019.1090
- Contreras, L. K. P., Ciro, V. H. J., y Marquez, C. C. J. (2018). Effect of the addition of hydrocolloids and aloe vera gel (*Aloe barbadensis* Miller) on the rheological properties of a beverage of sweet corn (*Zea mays* var. *saccharata*). *Dyna*, 85(204), 302-310. doi:http://dx.doi.org/10.15446/dyna.v85n204.63205
- De Caluwé, E., Halamová, K., y Van Damme, P. (2010). *Tamarindus indica* L. – A review of traditional uses, phytochemistry and pharmacology. *Afrika Focus*, 23(1), 53-83. doi:https://doi.org/10.21825/af.v23i1.5039
- De Oliveira, J. M. (2010). *Propagação do Tamarindeiro (Tamarindus indica L.)*. (Tesis de maestría), Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, Bahia, Brasil. <http://repositorio.ufrb.edu.br/bitstream/123456789/704/1/PROPAGA%C3%87%C3%83O%20DO%20TAMARINDEIRO%20%28Tamarindus%20indica%20L.%29.pdf>
- Díaz, X. L. (2008). *Factores determinantes de calidad en un aderezo de tamarindo tipo o/w y su influencia en la vida útil*. (Tesis de maestría), Universidad Simón Bolívar, Caracas, Venezuela. [http://sisbiv.bnv.gob.ve/cgi-bin/koha/opac-detail.pl?biblionumber=508199&query\\_desc=au%3A%22Molina.%22](http://sisbiv.bnv.gob.ve/cgi-bin/koha/opac-detail.pl?biblionumber=508199&query_desc=au%3A%22Molina.%22)
- Escalona, J. C. (2011). *Evaluación de la actividad antioxidante y antimicrobiana de extractos de hojas de Tamarindus indica L. como premisa para su introducción en la medicina complementaria*. (Tesis de doctorado), Universidad de Oriente Facultad de Ciencias Naturales, Santiago de Cuba, Cuba. [http://tesis.sld.cu/FileStorage/000251-4145-Julio\\_C%C3%A9sar\\_Escalona.pdf](http://tesis.sld.cu/FileStorage/000251-4145-Julio_C%C3%A9sar_Escalona.pdf)
- Forero, F., y Vélez, C. A. (2013). Optimización de la concentración por evaporación osmótica del jugo de maracuyá (*Passiflora edulis*). *Dyna*, 90-98.

[http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S001273532013000300010&lang=pt](http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S001273532013000300010&lang=pt)

Flores, N. A. (2015). *Entrenamiento de un Panel de Evaluación Sensorial, para el Departamento de Nutrición de la Facultad de Medicina de la Universidad de Chile*. (Tesis de grado), Universidad de Chile, Santiago, Chile. <http://repositorio.uchile.cl/bitstream/handle/2250/137798/Entrenamiento-de-un-panel-de-evaluacion-sensorial-para-el-Departamento-de-Nutricion-de-la-Facultad-de-Medicina-de-la-Universidad-de-Chile.pdf?sequence=1>

Food Agriculture Organization [FAO]. (2017). *Fao/Infods Analytical food composition database version 2.0 – AnFood2.0*. Roma, Italia. <http://www.fao.org/3/i7360e/i7360e.pdf>

Gómez, O. (2004). *Dependencia en la temperatura de los cambios en atributos sensoriales, degradación de ácido ascórbico e inactivación enzimática durante el tratamiento de pasteurización en puré y néctar de tamarindo*. (Tesis de maestría), Universidad de las Américas Puebla, Puebla, México. [http://catarina.udlap.mx/u\\_dl\\_a/tales/documentos/mca/gomez\\_p\\_o/](http://catarina.udlap.mx/u_dl_a/tales/documentos/mca/gomez_p_o/)

Gómez, M. C., y Guevara, A. (2018). Determinación de los parámetros de procesamiento que maximicen el rendimiento y la estabilidad del néctar de unguirahui (*Oenocarpus bataua*, C. Martius). *Revista de la Sociedad Química del Perú*, 84(3), 350-361. [http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1810-634X2018000300008&lng=es&tlng=es](http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1810-634X2018000300008&lng=es&tlng=es)

Guevara, A. (2015). *Elaboración de pulpas, zumos, néctares, deshidratados, osmodeshidratados y fruta confitada*. (Tesis doctoral), Universidad Nacional Agraria La Molina, Lima, Perú. <http://www.lamolina.edu.pe/postgrado/pmdas/cursos/dpactl/lecturas/Separata%20Pulpas%20n%C3%A8ctares,%20merm%20desh,%20osmodes%20y%20fruta%20confitada.pdf>

Hamacek, F.R., Gomes, P., Morais, L. y Pinheiro, H. (2012). Nutritional composition of tamarind (*Tamarindus indica* L.). *Fruits*, 68(5), 381-395. doi:<http://doi.org/10.1051/fruits/2013083>

Hernandez, E. (2005). *Evaluación sensorial*. (Científico), Universidad Nacional Abierta y a Distancia, Bogotá, Colombia. [https://www.academia.edu/22625186/EVALUACION\\_SENSORIALfile:/C:/Users/zdt536/AppData/Local/Temp/EVALUACION\\_SENSORIAL.pdf](https://www.academia.edu/22625186/EVALUACION_SENSORIALfile:/C:/Users/zdt536/AppData/Local/Temp/EVALUACION_SENSORIAL.pdf)

- Instituto Nacional de Salud [INS]. (2017). *Tablas peruanas de composición de alimentos* (Décima ed.). Lima, Perú. <https://repositorio.ins.gob.pe/xmlui/bitstream/handle/INS/1034/tablas-peruanas-QR.pdf?sequence=3&isAllowed=y>
- Juliarena, P., y Gratton, R. (2012). *Cátedra de tecnología, ambiente y sociedad*. (Tesis de grado), Universidad Nacional del Centro, Buenos Aires, Argentina. <http://www.exa.unicen.edu.ar/catedras/tecnoambiente/CAP03.pdf>
- Kuru, P. (2014). Tamarindus indica and its health related effects. *Asian Pacific Journal of Tropical Biomedicine*. *El Sevier*, 4(1), 676-681. doi:<https://doi.org/10.12980/APJTB.4.2014APJTB-2014-0173>
- López, L. H. (2010). *Efecto de la incorporación de extracto de tamarindo (Tamarindus indica L.) con actividad antioxidante en la elaboración y funcionalidad de películas biodegradables proteína - almidón*. (Tesis de maestría), Universidad Autónoma Metropolitana - Iztapalapa, México. <http://148.206.53.233/tesiuami/UAMI15409.pdf>
- Medina, I. R. (2019). *Yogurt griego con pulpa de tamarindo y harina de hojas de guanábana, y su efecto en los niveles de glicemia*. (Tesis de grado), Universidad Nacional José Faustino Sánchez Carrión, Huacho, Perú. <http://repositorio.unjfsc.edu.pe/handle/UNJFSC/4125>
- Ministerio de Agricultura y Riego [MINAGRI]. (2016). *Anuario estadístico de la producción agrícola y ganadera*. (informativo), Minagri, Lima, Perú. [https://siea.midagri.gob.pe/portal/phocadownload/datos\\_y\\_estadisticas/anuarios/agricola/agricola\\_2016.pdf](https://siea.midagri.gob.pe/portal/phocadownload/datos_y_estadisticas/anuarios/agricola/agricola_2016.pdf)
- Mohammed, M. (2014). Índices de calidad en la maduración de tamarindo extranjero (*Vangueria edulis* [vahl]vahl). *Acta Horticulturae*, 1016, 131-134. doi:<https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2014.1016.17>
- Molina , S. E. (2010). *Plan de marketing del producto pulpas de fruta de la empresa Ecuafruta S. A.* (Tesis de grado), Universidad Técnica del Norte, Ecuador. <http://repositorio.utn.edu.ec/bitstream/123456789/336/1/02%20ICO%20174%20TESIS.pdf>
- Mora, F. J. (2013). *Efecto de la concentración de cmc, goma guar y goma xantana sobre la sinéresis, características reológicas y consistencia sensorial de salsa de alcachofa (Cynara scolymus L.) variedad imperial star*. (Tesis de grado), Universidad Privada Antenor Orrego, Trujillo, Perú. <https://hdl.handle.net/20.500.12759/196>

- Neyra, I. (2020). *Propuesta de aprovechamiento del “tumbo serrano” Passiflora tripartita Kunth mediante la elaboración de néctar a diferentes niveles de relación pulpa-agua, miel de abeja y estabilizante*. (Tesis de grado), Universidad Católica Sedes Sapientiae, Morropón, Piura, Perú. <http://repositorio.ucss.edu.pe/handle/UCSS/934>
- Orozco, S. M. (2001). *El cultivo de Tamarindo* (Primera ed., Vol. 1). Colima, México. <http://www.innovacion.gob.sv/inventa/attachments/article/2186/61michoaca>
- Orozco, S. M., García, M. K., Hernández, F. L. M., Velásquez, M. J. J., Bermúdez, G. M., Robles, G. M. M., Manzanilla, R. M. A., Manzo, S. G. y Nieto, A. D. (2014). *Biología y manejo integrado del barrenador del fruto (Caryedon serratus Oliver) en el cultivo de tamarindo* (Primera ed., Vol. 1). Colima, México. [https://www.researchgate.net/publication/275972317\\_BIOLOGIA\\_Y\\_MANEJO\\_INTEGRADO\\_DEL\\_BARRENADOR\\_DEL\\_FRUTO\\_Caryedon\\_serratus\\_OLIVER\\_EN\\_EL\\_CULTIVO\\_DE\\_TAMARINDO](https://www.researchgate.net/publication/275972317_BIOLOGIA_Y_MANEJO_INTEGRADO_DEL_BARRENADOR_DEL_FRUTO_Caryedon_serratus_OLIVER_EN_EL_CULTIVO_DE_TAMARINDO)
- Pájaro, E. H. A., Benedetti, J., y García, Z. L. A. (2018). Caracterización fisicoquímica y microbiológica de un vino de frutas a base de tamarindo (*Tamarindus indica* L.) y Carambola (*Averrhoa carambola* L.). *Información Tecnológica*, 29(5), 123-130. <https://dx.doi.org/10.4067/S0718-07642018000500123>
- Pérez, H. F. (2016). *Establecimiento de cultivo in vitro de Tamarindus indica L. para la obtención de antioxidantes*. (Tesis de grado), Universidad Autónoma del Estado de México, Toluca, México. <http://ri.uaemex.mx/bitstream/handle/20.500.11799/65363/TESIS%20Tamarindo%20completa.pdf?sequence=3>
- Rau, J. A., Nakama, K., y Cisneros, V. (2019). *Guía de investigación en ciencia e ingeniería, ingeniería industrial*. (Guía), Pontificia Universidad Católica del Perú. <https://cdn02.pucp.education/investigacion/2016/06/18154923/guia-de-investigacion-en-ingenieria-industrial.pdf>
- Ruiz, D. R. (2003). *Elaboración de pasta de tamarindo (Tamarindus indica) para uso como catártico*. (Tesis de grado), Universidad Nacional de Piura, Piura, Perú.
- Ruiz, K. A., y García, L. M. (2017). *Influencia del pH y concentración de azúcares totales en la fermentación alcohólica del Tamarindus indica L. usando saccharomyces cerevisiae*. (Tesis de grado), Universidad Nacional de Trujillo, Trujillo, Perú. [https://dspace.unitru.edu.pe/bitstream/handle/UNITRU/9863/RuizVasquez\\_K-%20GarciaVergara\\_L.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://dspace.unitru.edu.pe/bitstream/handle/UNITRU/9863/RuizVasquez_K-%20GarciaVergara_L.pdf?sequence=1&isAllowed=y)

Scribd. (2018). *Grados Brix*. Scribd Inc:  
<https://www.scribd.com/document/208707782/Grado-Brix-pdf-2>

Tafolla, J. C. (2013). Composición, fisiología y biosíntesis de la cutícula en plantas. *Revista Fitotecnia Mexicana*, 36(1), 3-12.  
<https://www.revistafitotecniamexicana.org/documentos/36-1/1a.pdf>

Tirado, D., Acevedo, D., y Montero, P. (2014). Propiedades reológicas de una espuma a base de tamarindo. *Revista U.D.C.A Actualidad & Divulgación Científica*, 17(2), 495-501. doi:<https://doi.org/10.31910/rudca.v17.n2>.

Tirado, D., Acevedo, D., y Torres, R. (2015). Caracterización reológica de una espuma a base de clara de huevo, azúcar y pulpa de tamarindo. *Revista U.D.C.A Actualidad & Divulgación Científica*, 18(2), 465-473.  
doi:<https://doi.org/10.31910/rudca.v18.n2.2015.177>

## TERMINOLOGÍA

- **Análisis sensorial:** se refiere a la medición y cuantificación de las características de los alimentos o materias primas por medio de los sentidos del ser humano, el análisis sensorial se apoya en ciencias como la química, matemática, psicología, entre otras. (Hernández, 2005).
- **CMC:** Son las siglas con las que se conoce al estabilizante carboximetilcelulosa, el cual es un hidrocoloide que permite estabilizar soluciones, que tiene propiedades gelificantes y es soluble en agua (Mora, 2013).
- **Cutícula:** La cutícula es una membrana continua lipídica, de apariencia cerosa que protege a la planta de la desecación, además de proveer una barrera para la entrada de bacteria y hongos, esta capa es una estructura producto de la evolución de las plantas superiores que las protege del exterior, también está presente en los frutos y ofrece protección a los mismos (Tafolla *et al.*, 2013).
- **Estabilizante:** Es la sustancia que se añade a una disolución para mantener los componentes que la forman unidos y evitar la separación de la misma (Carmen, 2015).
- **Grados Brix:** Los grados Brix (cuyo símbolo es °Bx) sirven para determinar el cociente total de materia seca, que generalmente son azúcares, disuelta en un líquido, por ejemplo 20 °Brix contiene 20 g de sólidos en 100 g de líquidos. Es un parámetro que se utiliza para ver qué cantidad de azúcares hay presentes generalmente en las frutas y sus productos derivados; y se usa un refractómetro para medirlo (Scribd Inc, 2018).
- **Meq:** miliequivalentes de un ion en una solución.

- **Pasteurización:** Es el proceso térmico que produce la destrucción de los microorganismos dañinos que se encuentren en el alimento. Generalmente se hace de dos maneras diferentes: Se usan temperaturas bajas (60-65°C) durante bastante tiempo (3-4 horas) o bien se usan altas temperaturas (75- 90°C) durante poco tiempo (2-5 minutos). Se le llama pasteurización en honor al químico francés Louis Pasteur quien, entre otras cosas, desarrolló este proceso para eliminar los microorganismos dañinos de la leche en un principio (Juliarena y Gratton, 2012).
  
- **Pedúnculo:** En botánica se llama pedúnculo a la ramita, rabillo o eje principal que sostiene una inflorescencia o fruto tras su fecundación y los mantiene unidos al tallo (Canals *et al.*, 2018).
  
- **Pulpa concentrada de fruta:** Es el producto obtenido a partir de la pulpa de fruta, al que se le ha eliminado físicamente una parte del agua en una cantidad suficiente para elevar los sólidos solubles (°Bx) en, al menos, un 50 % más que el valor Brix establecido para la pulpa de la fruta (Codex Stan 247, 2005).
  
- **Pulpa de fruta:** Es el producto sin fermentar, pero susceptible de fermentación, obtenido por procedimientos tecnológicos adecuados, conforme a prácticas correctas de fabricación; procedente de la parte comestible de frutas incluyendo el jugo en buen estado, debidamente maduras y frescas (Codex Stan 247, 2005).

# APÉNDICES

## Apéndice 1: Análisis Proximal de materia prima

Para la caracterización de la materia prima se llevó a cabo un análisis proximal, el cual fue llevado a cabo en la Universidad Nacional de Piura, siendo los resultados señalados en el Apéndice 1, Figura 16.

UNIVERSIDAD NACIONAL DE PIURA  
FACULTAD DE INGENIERÍA PESQUERA  
LABORATORIO DE CONTROL DE CALIDAD

INFORME DE ENSAYO N° 017-2018

SOLICITANTE : Miguel Alvarado Ruiz  
DOMICILIO LEGAL : Piura  
PRODUCTO DECLARADO : **Pulpa de Tamarindo**  
PROCEDENCIA DE LA MUESTRA : No específica  
CANTIDAD DE MUESTRA : 500 g  
PRESENTACIÓN DE LA MUESTRA : Bolsa de polietileno de alta densidad con termosellado  
MUESTREO : realizado por el solicitante  
FECHA DE RECEPCIÓN : 30-01-2018  
FECHA DE INICIO DEL ENSAYO : 30-01-2018  
FECHA DE TÉRMINO DEL ENSAYO : 05-02-2018

**I. ENSAYOS FISICOQUIMICOS**

N°	ENSAYOS	RESULTADOS
1	Humedad (%)	17.79
2	Cenizas totales (%)	2.22
3	Proteínas totales (%)	4.88
4	Grasa total (%)	0.89
5	Fibra cruda (%)	4.17
6	Carbohidratos totales (%)	74.22

**II. METODOS DE ENSAYO**

1. **Humedad:** NOM-116-SSA1-1994. DETERMINACIÓN DE HUMEDAD EN ALIMENTOS POR TRATAMIENTO TÉRMICO
2. **TRATAMIENTO TÉRMICO**
3. **Cenizas totales:** NMX-F-607-NORMEX-2013 ALIMENTOS-DETERMINACIÓN DE CENIZAS EN ALIMENTOS-MÉTODO DE PRUEBA
4. **Proteínas totales:** NMX-F-068-S-1980. ALIMENTOS. DETERMINACIÓN DE PROTEÍNAS
5. **Grasa total:** NMX-F-089-S-1978. DETERMINACIÓN DE EXTRACTO ETÉREO (MÉTODO SOXHLET) EN ALIMENTOS
6. **Fibra cruda:** NMX-F-090-S-1978. DETERMINACIÓN DE FIBRA CRUDA EN ALIMENTOS.
7. **Carbohidratos totales:** POR DIFERENCIAS

Piura, 05 de febrero del 2018

UNIVERSIDAD NACIONAL DE PIURA  
FACULTAD DE INGENIERÍA PESQUERA  
LABORATORIO CONTROL DE CALIDAD

ING. HUALTER LEITON MASIAS M.Sc.  
JEFE  
C.I.F. 22650

Figura 16. Análisis proximal del tamarindo. Fuente: Universidad Nacional de Piura (2018).

## Apéndice 2: Valores promedio de sólidos solubles y pH

En el Apéndice 2 se muestran las tablas de análisis de sólidos solubles y de pH realizadas en el programa SPSS, los resultados se muestran por tratamiento, siendo la Tabla 18 el resultado en base a los sólidos solubles y la Tabla 19 resultados en base al pH.

**Tabla 18**

*Análisis de sólidos solubles*

Muestras	Dilución (%)	Estabilizante (%)	N	Promedio	Desviación Estándar
T1	5	0,05	3	0,10	0,00
T2	5	0,10	3	0,37	0,06
T3	5	0,15	3	0,50	0,00
T4	10	0,05	3	0,17	0,06
T5	10	0,10	3	0,30	0,00
T6	10	0,15	3	0,53	0,06
T7	15	0,05	3	0,17	0,06
T8	15	0,10	3	0,30	0,00
T9	15	0,15	3	0,50	0,00

*Fuente:* Elaboración propia.

**Tabla 19**

*Análisis del pH*

Muestras	Dilución (%)	Estabilizante (%)	N	Promedio	Desviación Estándar
T1	5	0,05	3	3,09	0,09
T2	5	0,10	3	3,07	0,05
T3	5	0,15	3	2,93	0,11
T4	10	0,05	3	3,05	0,00
T5	10	0,10	3	3,03	0,00
T6	10	0,15	3	3,03	0,05
T7	15	0,05	3	3,06	0,06
T8	15	0,10	3	3,04	0,00
T9	15	0,15	3	3,04	0,03

*Fuente:* Elaboración propia.

### Apéndice 3: Análisis post varianza de la sedimentación

El Apéndice 3, muestra las tablas de los análisis de post varianza, tomando como variable dependiente la sedimentación. Se utilizó el método DHS de Tukey, con los niveles de dilución para la Tabla 20 y Tabla 21.

**Tabla 20**

*Análisis de comparaciones múltiples en cuanto a porcentajes de dilución*

	<b>Dilución (%)</b>	<b>Diferencia De Medias (I-J)</b>	<b>Error Típ.</b>	<b>Sig.</b>
5	10	-80000	0,46	0,00
	15	-71667	0,46	0,00
10	5	80000	0,46	0,00
	15	1	0,46	0,19
15	5	71667	0,46	0,00
	10	-1	0,46	0,19

*Fuente:* Elaboración propia.

**Tabla 21**

*Análisis DHS de Tukey en los porcentajes de dilución*

<b>Dilución (%)</b>	<b>N</b>	<b>Subconjunto Alfa= 0.05</b>	
		<b>1</b>	<b>2</b>
5	9	9,22	
15	9		16,39
10	9		17,22
Sig. (p valor)		1,00	0,19

\*Entre 5 no hay diferencias significativas para un alfa = 0,05

\*Entre 10 y 15 % no hay diferencias significativas para un alfa = 0,05

*Fuente:* Elaboración propia.

En la Tabla 20 y Tabla 21 se puede observar el análisis de comparación entre los porcentajes de dilución y DHS de Tukey, respectivamente; donde se percibe con mayor claridad las diferencias entre estos, siendo el 10% y 15% la comparación sin diferencia significativa.

La Tabla 22 y Tabla 23, muestran que entre el 0,10% y 0,15% de estabilizante no muestran diferencias significativas.

**Tabla 22**

*Análisis de comparaciones múltiples en cuanto a porcentajes de estabilizante*

Estabilizante (%)		Diferencia De Medias (I-J)	Error Típ.	Sig.
0,05	0,10	-47222	0,46	0,00
	0,15	-54444	0,46	0,00
0,1	0,05	47222	0,46	0,00
	0,15	-1	0,46	0,28
0,15	0,05	54444	0,46	0,00
	0,10	1	0,46	0,28

Fuente: Elaboración propia.

**Tabla 23**

*Análisis DHS de Tukey en los porcentajes de estabilizante*

Estabilizante (%)	N	Subconjunto Alfa= 0.05	
		1	2
0,05	9	10,89	
0,1	9		15,61
0,15	9		16,33
Sig. (p valor)		1,000	0,28

\*Entre 0,05 % no hay diferencias significativas para un alfa = 0,05

\*Entre 0,1 y 0,15 % no hay diferencias significativas para un alfa = 0,05

Fuente: Elaboración propia.

#### Apéndice 4: Análisis de post varianza de sólidos solubles

Las siguientes tablas comprendidas en el Apéndice 4, muestran los datos de análisis de post varianza, tomando como variable dependiente los °Brix. y por el método DHS de Tukey, de acuerdo a los porcentajes de estabilizante. Como se muestra en la Tabla 24 y Tabla 25, la comparación múltiple y el análisis DHS de Tukey se obtiene que los niveles de estabilizante tienen grado de significancia.

**Tabla 24**

*Análisis de comparaciones múltiples en cuanto a los °Brix*

Estabilizante (%)	Diferencia De Medias	Error Típ.	Sig.
0,05	0,1	-0,18	0,02
	0,15	-0,37	0,02
0,1	0,05	0,18	0,02
	0,15	-0,19	0,02
0,15	0,05	0,37	0,02
	0,1	0,19	0,02

*Fuente:* Elaboración propia.

**Tabla 25**

*Análisis DHS de Tukey en los °Brix*

Estabilizante (%)	N	Subconjunto		
		1	2	3
0,05	9	0,14		
0,10	9		0,32	
0,15	9			0,51
Sig.		1,00	1,00	1,00

*Fuente:* Elaboración propia.

En la figura 17 se puede visualizar las medias marginales de la cantidad de sólidos solubles (°Bx) que reportaron los tratamientos respecto al porcentaje de pulpa en agua (dilución).

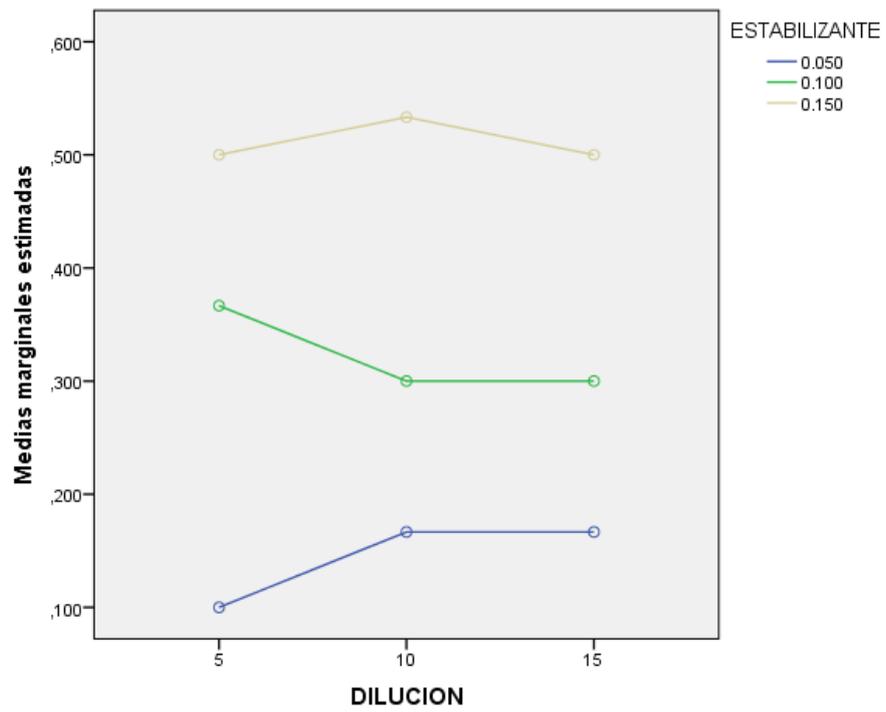


Figura 17. Medias marginales estimadas de Brix. Fuente: Elaboración propia.

## **Apéndice 5: Escalas para el análisis de aceptación de la pulpa concentrada**

El Apéndice 5 muestra el análisis sensorial de aceptación de la pulpa concentrada; para ello, se tomaron en cuenta las características primordiales como lo son olor, color, sabor y textura del producto. Para ello, se utilizó una escala hedónica de 09 puntos, tomado de Benites (2018).

- Me gustó extremadamente: 9
- Me gustó mucho: 8
- Me gustó moderadamente: 7
- Me gustó ligeramente: 6
- No me gustó ni me disgustó: 5
- Me disgustó ligeramente: 4
- Me disgustó moderadamente: 3
- Me disgustó mucho: 2
- Me disgustó extremadamente: 1

Por otro lado, para la intención de compra se utilizó una escala hedónica de 5 punto:

- Seguramente compraría: 5
- Probablemente compraría: 4
- Tal vez compraría/no compraría: 3
- Probablemente no compraría: 2
- Seguramente no compraría: 1

## Apéndice 6: Ficha de evaluación sensorial de pulpa concentrada de tamarindo

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

Fecha: \_\_\_\_\_ Edad: \_\_\_\_\_ Genero: \_\_\_\_\_

A continuación, llenar el siguiente cuadro con el puntaje que crea conveniente al evaluar sensorialmente la muestra, los puntajes se describen en la parte inferior del cuadro.

<b>CARACTERISTICA</b>	<b>PUNTAJE MUESTRA 1</b>	<b>PUNTAJE MUESTRA 2</b>	<b>PUNTAJE MUESTRA 3</b>
Color			
Olor			
Sabor			
Textura			

Puntajes:

- Me gustó extremadamente: 9
- Me gustó mucho: 8
- Me gustó moderadamente: 7
- Me gustó ligeramente: 6
- No me gustó ni me disgustó: 5
- Me disgustó ligeramente: 4
- Me disgustó moderadamente: 3
- Me disgustó mucho: 2
- Me disgustó extremadamente: 1

De igual manera, para la intención de compra se utilizó una escala hedónica de 5 puntos, la cual esta descrita en la parte inferior del cuadro a llenar:

<b>MUESTRAS</b>	<b>PUNTAJE</b>
Muestra 1	
Muestra 2	
Muestra 3	

Puntaje:

- Seguramente compraría: 5
- Probablemente compraría: 4
- Talvez compraría/no compraría: 3
- Probablemente no compraría: 2
- Seguramente no compraría: 1

¡GRACIAS POR TU PARTICIPACIÓN!

## Apéndice 7: Análisis de varianza de las características sensoriales

El apéndice 7 muestra a detalle cada análisis realizado de acuerdo a los aspectos sensoriales tomados, como lo son: color, olor, sabor, textura y también la intensidad de compra del producto.

### 7.1. Análisis de varianza del color

En la Tabla 26 se puede observar la varianza respecto al color respecto a las 3 muestras evaluadas sensorialmente.

**Tabla 26**

*Resumen de varianza en el color*

<b>Grupos</b>	<b>Cuenta</b>	<b>Suma</b>	<b>Promedio</b>	<b>Varianza</b>
Muestra 1	35	254	7,26	1,20
Muestra 2	35	251	7,17	1,44
Muestra 3	35	269	7,69	1,52

*Fuente:* Elaboración propia

Por otra parte, la Tabla 27 presenta el análisis de varianza realizado a las 3 muestras evaluadas y arroja que no existe diferencia significativa entre ellas.

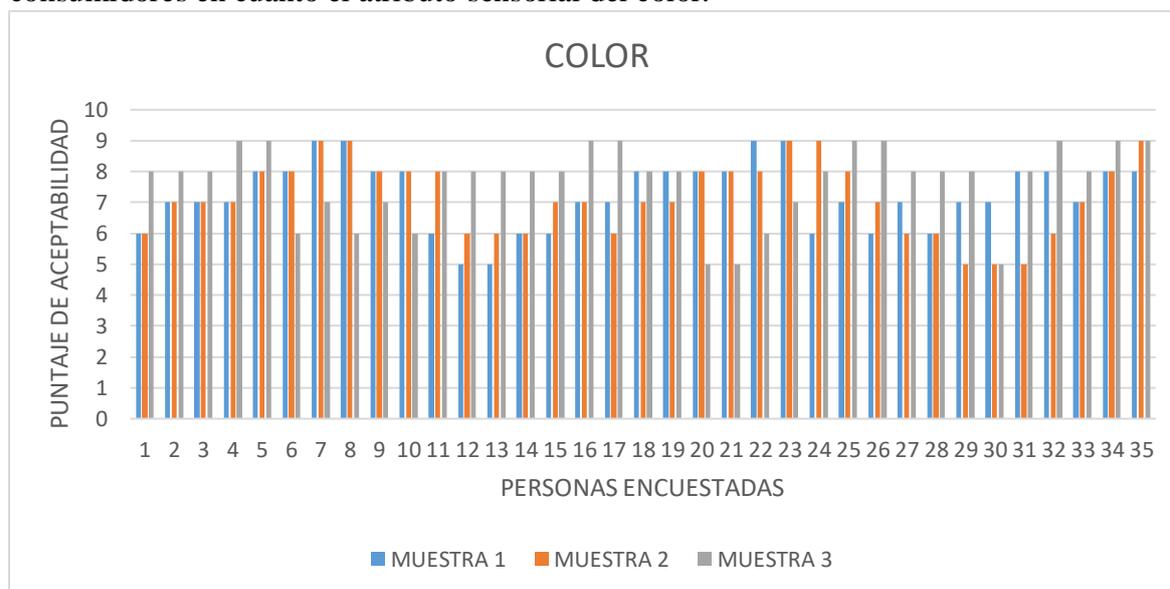
**Tabla 27**

*Análisis de varianza en el color*

<b>Variaciones</b>	<b>Sc</b>	<b>Gl</b>	<b>Pc</b>	<b>F</b>	<b>Probabilidad</b>	<b>Sig</b>
Entre grupos	5,31	2	2,66	1,92	0,15	3,09
Dentro de los grupos	141,20	102	1,38			
Total	146,51	104				

*Fuente:* Elaboración propia

En la Figura 18 se visualiza en un gráfico de barras los puntajes asignados por los consumidores en cuanto el atributo sensorial del color.



## 7.2. Análisis de varianza del olor

Figura 18. Respuesta de la encuesta respecto al color. Fuente: Elaboración propia.

La Tabla 28 muestra la varianza existente entre las muestras analizadas respecto al atributo de olor.

**Tabla 28**

*Resumen de varianza en el olor*

Grupos	Cuenta	Suma	Promedio	Varianza
Muestra 1	35	254	7,26	1,20
Muestra 2	35	251	7,17	1,44
Muestra 3	35	269	7,69	1,52

Fuente: Elaboración propia

En la Tabla 29 se aprecia el análisis de varianza para el olor, evidenciándose que no hay significancia estadística en las muestras analizadas.

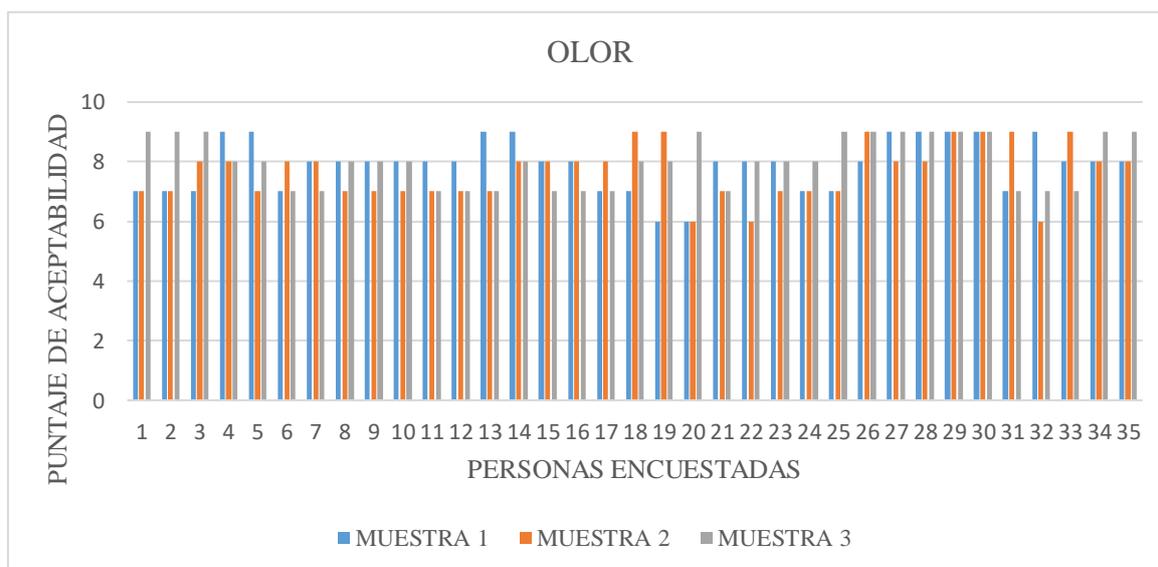
**Tabla 29**

*Análisis de varianza en el olor*

Variaciones	Sc	Gl	Pc	F	Probabilidad	Sig.
Entre grupos	5,31	2	2,66	1,92	0,15	3,09
Dentro de los grupos	141,20	102	1,38			
Total	146,51	104				

*Fuente:* Elaboración propia

la Figura 19 muestra la respuesta de los consumidores para el atributo del olor, obteniéndose puntajes de aceptabilidad positivos.



*Figura 19.* Respuesta de la encuesta respecto al olor. *Fuente:* Elaboración propia.

### 7.3. Análisis de varianza del sabor

La Tabla 30 muestra la varianza existente para el atributo del sabor en cuanto al promedio de las muestras evaluadas.

**Tabla 30**

*Resumen de varianza en el sabor*

<b>Grupos</b>	<b>Cuenta</b>	<b>Suma</b>	<b>Promedio</b>	<b>Varianza</b>
Muestra 1	35	254	7,26	1,20
Muestra 2	35	251	7,17	1,44
Muestra 3	35	269	7,69	1,52

*Fuente:* Elaboración propia

En la Tabla 31 se presentan los datos obtenidos para el análisis de varianza del sabor de las muestras, estadísticamente resulto no significativo, es decir los consumidores no identificaron diferencias de sabor en las muestras evaluadas.

**Tabla 31**

*Análisis de varianza en el sabor*

<b>Variaciones</b>	<b>Sc</b>	<b>Gl</b>	<b>Pc</b>	<b>F</b>	<b>Probabilidad</b>	<b>Sig.</b>
Entre grupos	5,31	2	2,66	1,92	0,15	3,09
Dentro de los grupos	141,20	102	1,38			
Total	146,51	104				

*Fuente:* Elaboración propia

En la Figura 20 se puede apreciar las respuestas de los consumidores en cuanto a la característica del sabor de las muestras.

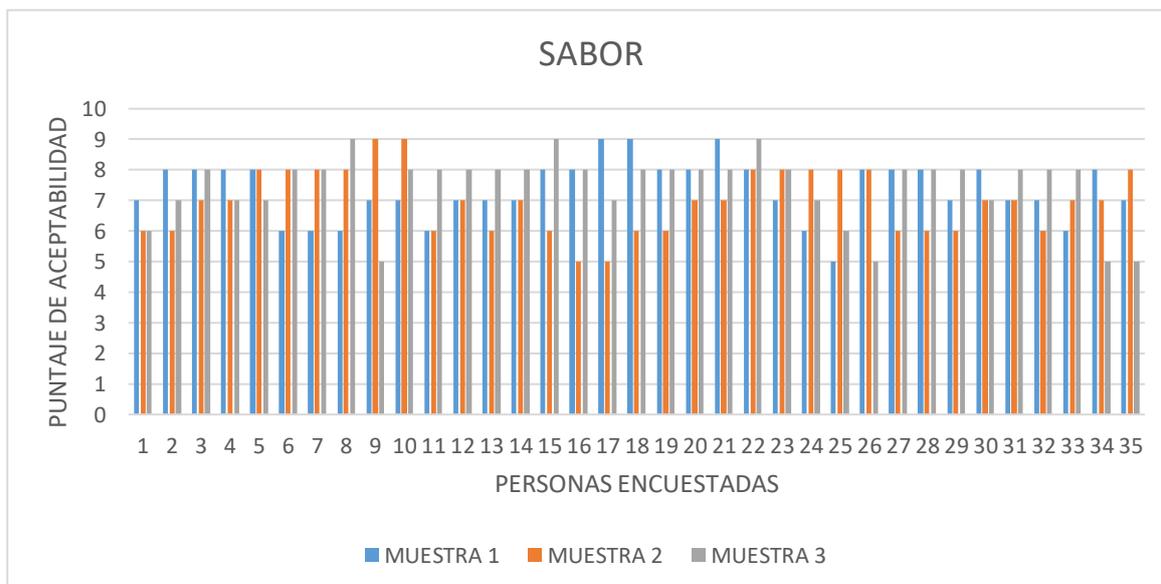


Figura 20. Respuesta de la encuesta respecto al sabor. Fuente: Elaboración propia.

#### 7.4. Análisis de varianza de la textura

La textura resultó ser muy buena en todas las muestras evaluadas, en la Tabla 32 se puede ver la varianza de acuerdo a las muestras evaluadas.

**Tabla 32**

*Resumen de varianza en el sabor*

Grupos	Cuenta	Suma	Promedio	Varianza
Muestra 1	35	254	7,26	1,20
Muestra 2	35	251	7,17	1,44
Muestra 3	35	269	7,69	1,52

Fuente: Elaboración propia

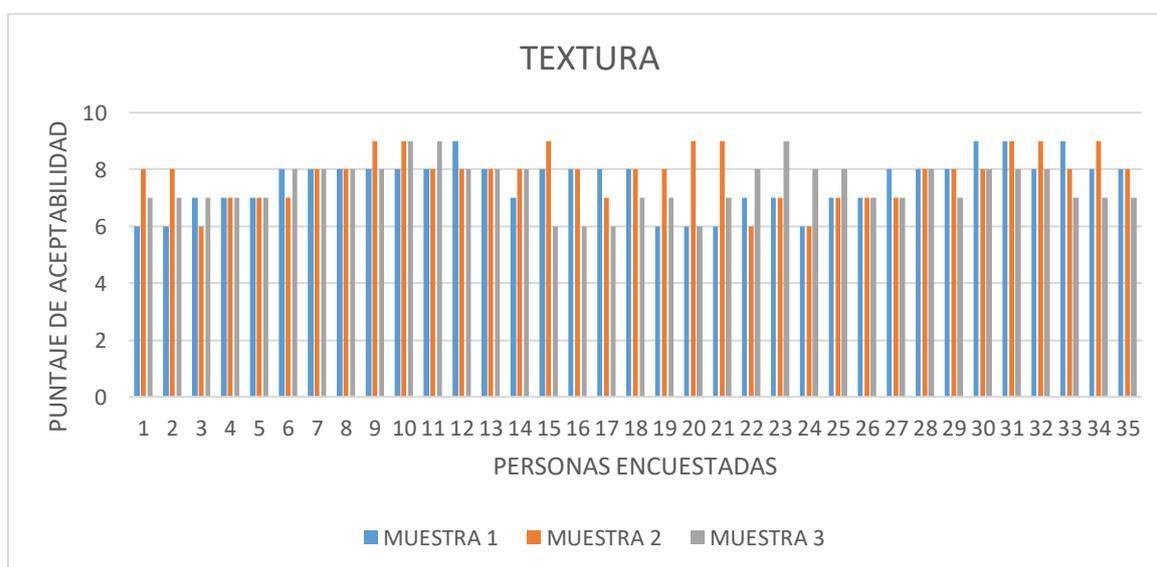
La Tabla 33 detalla el análisis de varianza para la textura, evidenciando que no existe diferencia significativa entre las muestras analizadas.

**Tabla 33***Análisis de varianza en el sabor*

Variaciones	Sc	Gl	Pc	F	Probabilidad	Sig.
Entre grupos	5,31	2	2,66	1,92	0,15	3,09
Dentro de los grupos	141,20	102	1,38			
Total	146,52	104				

*Fuente:* Elaboración propia

En la Figura 21 se presenta la respuesta de los consumidores participantes en la evaluación de la textura, las respuestas se consideraron positivas de acuerdo a la escala hedónica usada.

*Figura 21.* Respuesta de la encuesta respecto a la textura. *Fuente:* Elaboración propia.

### 7.5. Análisis de varianza de la intención de compra

Se realizó el cálculo de la varianza para la intención de compra cuyos resultados se presentan en la Tabla 34.

**Tabla 34***Resumen de varianza en la intención de compra*

Grupos	Cuenta	Suma	Promedio	Varianza
Muestra 1	35	254	7,26	1,20
Muestra 2	35	251	7,17	1,44
Muestra 3	35	269	7,69	1,52

*Fuente:* Elaboración propia

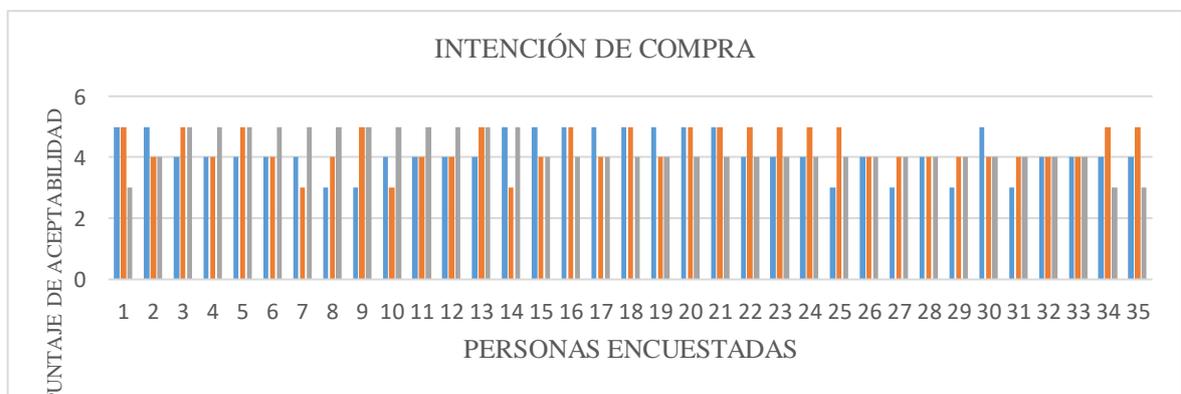
En la Tabla 35 se puede apreciar el análisis de varianza para la intención de compra la que resultado no ser significativa es decir no hay diferencias entre las muestras y el consumidor estaría dispuesto a comprar cualquiera de las muestras.

**Tabla 35***Análisis de varianza en la intención de compra*

Variaciones	Sc	Gl	Pc	F	Probabilidad	Sig.
Entre grupos	5,31	2	2,66	1,92	0,16	3,09
Dentro de los grupos	141,20	102	1,38			
Total	146,51	104				

*Fuente:* Elaboración propia

En la Figura 22 se grafican las respuestas de los consumidores en cuanto a la intención de compra de la pulpa concentrada.

*Figura 22.* Respuesta de la encuesta respecto a la intención de compra. *Fuente:* Elaboración propia.

## Apéndice 8: Fotografías del proceso de investigación

En la Figura 23 se observa la fotografía del lente del refractómetro usado para medir los sólidos solubles.



Figura 23. Medición de Brix. Fuente: Elaboración propia.

La Figura 24 muestra la medición de pH realizada con un potenciómetro digital.



Figura 24. Medición del pH. Fuente: Elaboración propia.

En la Figura 25 se aprecia el proceso de pesado de la materia prima usada en la investigación.



*Figura 25.* Pasaje de la muestra. *Fuente:* Elaboración propia.

En la Figura 26 se muestra la medición de acidez por titulación.



*Figura 26.* Medición de la acidez titulable. *Fuente:* Elaboración propia.

La Figura 27 muestra la sedimentación producida en los diferentes tratamientos.



*Figura 27. Proceso de sedimentación. Fuente: Elaboración propia.*

En la Figura 28 se puede apreciar la evaluación de la sedimentación de los 9 tratamientos considerados en la investigación.



*Figura 28. Tratamientos. Fuentes: Elaboración propia.*

La Figura 29 muestra el producto final obtenido en la investigación.



*Figura 29. Pulpa concentrada de tamarindo. Fuente: Elaboración propia.*