



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

**EVALUACIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS DEL JUGO DEL EJE DE LA INFLORESCENCIA  
DE LA PIÑA (*Ananás comosus*) COMO ALTERNATIVA DEL ALMÍBAR DE SACAROSA,  
UTILIZADO EN EL ENLATADO DE LA RODAJA DE PIÑA**

**Pedro Rolando García Vélez**

Asesorado por la Dra. Casta Petrona Zeceña Zeceña  
Coasesorado por la Licda. Ingrid Lorena Benítez Pacheco

Guatemala, julio de 2015

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**EVALUACIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS DEL JUGO DEL EJE DE LA INFLORESCENCIA  
DE LA PIÑA (*Ananás comosus*) COMO ALTERNATIVA DEL ALMÍBAR DE SACAROSA,  
UTILIZADO EN EL ENLATADO DE LA RODAJA DE PIÑA**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
POR

**PEDRO ROLANDO GARCÍA VÉLEZ**

ASESORADO POR LA DRA. CASTA PETRONA ZECEÑA ZECEÑA  
COASESORADO POR LA LICDA. INGRID LORENA BENÍTEZ PACHECO

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

**INGENIERO QUÍMICO**

GUATEMALA, JULIO DE 2015

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE INGENIERÍA



**NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA**

DECANO	Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco
VOCAL I	Ing. Angel Roberto Sic García
VOCAL II	Ing. Pablo Christian de León Rodríguez
VOCAL III	Inga. Elvia Miriam Ruballos Samayoa
VOCAL IV	Br. Narda Lucía Pacay Barrientos
VOCAL V	Br. Walter Rafael Véliz Muñoz
SECRETARIA	Inga. Lesbia Magalí Herrera López

**TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO**

DECANO	Ing. Murphy Olympto Paiz Recinos
EXAMINADOR	Ing. César Ariel Villela Rodas
EXAMINADOR	Ing. Carlos Salvador Wong Davi
EXAMINADOR	Ing. Jaime Domingo Carranza González
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

## HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

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

**EVALUACIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS DEL JUGO DEL EJE DE LA INFLORESCENCIA DE LA PIÑA (*Ananás comosus*) COMO ALTERNATIVA DEL ALMÍBAR DE SACAROSA, UTILIZADO EN EL ENLATADO DE LA RODAJA DE PIÑA**

Tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Química, con fecha de 09 de julio de 2014.

  
**Pedro Rolando García Vélez**





UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
ESCUELA DE CIENCIAS  
Área QUÍMICA

Guatemala, 18 de mayo de 2015

Ingeniero  
Víctor Manuel Monzón Valdés  
Director de la Escuela de Ingeniería Química  
Facultad de Ingeniería  
Universidad de San Carlos de Guatemala


Estimado Ingeniero:

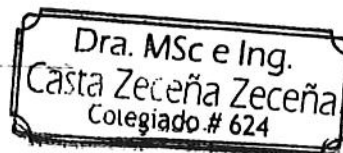
Por este medio me dirijo a usted para saludarle deseándole éxitos en sus actividades y al mismo tiempo informarle que he revisado y aprobado el informe final del trabajo de graduación titulado: **“EVALUACIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS DEL JUGO DEL EJE DE LA INFLORESCENCIA DE LA PIÑA (*Ananás comosus*) COMO ALTERNATIVA DEL ALMÍBAR DE SACAROSA, UTILIZADO EN EL ENLATADO DE LA RODAJA DE PIÑA”**, el cual fue realizado por el estudiante de Ingeniería Química: **Pedro Rolando García Vélez**, identificado con el carné No. **201025414**.

Considerando que dicho documento cumple satisfactoriamente con los requisitos exigidos, solicito sirva darle continuidad al proceso para su aprobación.

Agradeciendo su atención, me suscribo atentamente,

**“ID Y ENSEÑAD A TODOS”**

  
Dra. Casta Petrona Zeceña Zeceña  
Colegiado No. 624  
Asesora de Trabajo de Graduación





Guatemala, 09 julio de 2015.  
Ref. EIQ.TG-IF.036.2015.

Ingeniero  
**Víctor Manuel Monzón Valdez**  
DIRECTOR  
Escuela de Ingeniería Química  
Facultad de Ingeniería

Estimado Ingeniero Monzón:

Como consta en el registro de evaluación del informe final EIQ-PRO-REG-007 correlativo 017-2014 le informo que reunidos los Miembros de la Terna nombrada por la Escuela de Ingeniería Química, se practicó la revisión del:

**INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADUACIÓN**

Solicitado por el estudiante universitario: **Pedro Rolando García Vélez**.  
Identificado con número de carné: **2010-25414**.  
Previo a optar al título de **INGENIERO QUÍMICO**.

Siguiendo los procedimientos de revisión interna de la Escuela de Ingeniería Química, los Miembros de la Terna han procedido a **APROBARLO** con el siguiente título:

**EVALUACIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS DEL JUGO DEL EJE DE LA INFLORESCENCIA DE LA PIÑA (*Ananás comosus*) COMO ALTERNATIVA DEL ALMÍBAR DE SACAROSA, UTILIZADO EN EL ENLATADO DE LA RODAJA DE PIÑA**

El Trabajo de Graduación ha sido asesorado por la Ingeniera Química: **Casta Petrona Zeceña Zeceña**.

Habiendo encontrado el referido informe final del trabajo de graduación **SATISFACTORIO**, se autoriza al estudiante, proceder con los trámites requeridos de acuerdo a las normas y procedimientos establecidos por la Facultad para su autorización e impresión.

"ID Y ENSEÑAD A TODOS"

  
Inga. **Azula María Matroquin González**  
COORDINADORA DE TERNA  
Tribunal de Revisión  
Trabajo de Graduación



C.c.: archivo





Ref.EIQ.TG.095.2015

El Director de la Escuela de Ingeniería Química de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer el dictamen del Asesor y de los Miembros del Tribunal nombrado por la Escuela de Ingeniería Química para revisar el Informe del Trabajo de Graduación del estudiante, **PEDRO ROLANDO GARCÍA VÉLEZ** titulado: "EVALUACIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS DEL JUGO DEL EJE DE LA INFLORESCENCIA DE LA PIÑA (ANANÁS COMOSUS) COMO ALTERNATIVA DEL ALMÍBAR DE SACAROSA, UTILIZADO EN EL ENLATADO DE LA RODAJA DE PIÑA". Procede a la autorización del mismo, ya que reúne el rigor, la secuencia, la pertinencia y la coherencia metodológica requerida.

*"Id y Enseñad a Todos"*

Ing. Víctor Manuel Monzón Valdez  
DIRECTOR  
Escuela de Ingeniería Química



Guatemala, julio 2015

Cc: Archivo  
VMMV/ale





El Decano de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer la aprobación por parte del Director de la Escuela de Ingeniería Química, al trabajo de graduación titulado: **EVALUACIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS DEL JUGO DEL EJE DE LA INFLORESCENCIA DE LA PIÑA (*Ananás comosus*) COMO ALTERNATIVA DEL ALMÍBAR DE SACAROSA, UTILIZADO EN EL ENLATADO DE LA RODAJA DE PIÑA**, presentado por el estudiante universitario: **Pedro Rolando García Vélez**, y después de haber culminado las revisiones previas bajo la responsabilidad de las instancias correspondientes, se autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE

  
Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco  
DECANO



Guatemala, julio de 2015

/cc

## **ACTO QUE DEDICO A:**

- Mi padre** Pedro Rolando García Muñoz, por su amor, apoyo y esfuerzo que demostró al educarme durante todo este tiempo.
- Mi madre** Mariella Vélez Gaitán, por su inmenso amor, ejemplo de lucha y por todo el esfuerzo y sacrificio que serán siempre mi inspiración.
- Mis hermanas** Mariela Reneé y Alexandra García Vélez, por su apoyo, cariño y compañía durante mi vida.
- Mis tíos** Estuardo García, Evelin Chávez, por ser como segundos padres, por su cariño y apoyo durante toda mi vida.
- Mis tíos paternos** Miriam García, César Ordóñez, Sergio García y Lilia Lou, por estar en mi vida y ser una importante influencia en ella.
- Mis padrinos** Sergio Vélez y Candy Madrigal, por su cariño y por ser una importante influencia en mi vida.
- Mis primos** Lucía Irene y Raúl Estuardo García Chávez; Miriam Cristina (q. e. p. d.) y Carmen María Ordóñez García; Lilian María, Luisa Fernanda y

Sergio Antonio García Lou; Fabiola y Blanca Rosa García Hernández, por haber estado en mi vida y por ser mi motivación en la superación.

**Mis amigos**

Ana Gálvez, Jetro Hernández, Selvyin Solórzano, Gabriel Solórzano, Karen Gatica, Pablo Méndez, Mario Arévalo, Ingrid Guerra, Dayanne Zelada, Diane Castro, María Sánchez, Cecilia Vaquero, Fernando Joaquín, Astrid Solares, Alberth Bautista, Verónica Méndez, Mildred Ola, Mariela Samayoa, Janiel Coyoy, Anasheila Pérez, Emilce López, Pavel Roulet, Narda Pacay, Danilo Ajcip, Edy Payes, Luis Linares, Sandra Guevara, Melissa Oliva, Alejandra Camey, Diana Cermeño, Fernando Villagrán, Marilyn Aja, por ser una importante influencia durante mi carrera.

**Miriam Cristina Ordóñez  
García (q. e. p. d.)**

Por enseñarme que la vida es única y que hay que aprovecharla al máximo sin importar que nos depare después. Por 15 años de su vida inolvidables y por todos los recuerdos maravillosos de la infancia proporcionados.

**Karen Aracely Gatica  
Solares**

Por su apoyo, motivación y cariño brindados; por ser una gran persona, por confiar en mi y por brindarme mucha felicidad a pesar de todas las dificultades.

**Ana Gabriela Gálvez  
Arévalo**

Por su amistad, motivación y cariño durante los años de estudios, fueron una gran influencia durante mi carrera.

**Ingrid Marbella Guerra  
Ruíz**

Por todo el apoyo, cariño, confianza y enseñanzas demostradas durante todo este tiempo, por su amistad y por todos los momentos de felicidad que hemos compartido.

**Inga. Tannia  
Magaly De León Morán**

Por todo el apoyo, cariño y confianza expresados durante los últimos años, por los buenos consejos proporcionados para ser cada día una mejor persona y mejor profesional.

**Dra. Casta Petrona  
Zeceña Zeceña**

Por su apoyo, cariño y paciencia, durante el tiempo laborado en el Departamento de Química General y por todas las oportunidades brindadas durante los estudios.

**Inga. Adela María  
Marroquín González**

Por su apoyo, cariño y paciencia durante el tiempo laborado en el Departamento de Química General.

**Inga. Marilyn Rojas**

Por el apoyo y la amistad formada durante los últimos años de estudio.

## **AGRADECIMIENTOS A:**

<b>Alexandra García Vélez</b>	Por todo el amor, confianza y apoyo expresados; para desarrollar esta investigación.
<b>Dra. Casta Petrona Zeceña Zeceña</b>	Por todo el apoyo, oportunidades, paciencia y motivaciones para asesorar y desarrollar esta investigación.
<b>Licda. Ingrid Lorena Benítez Pacheco</b>	Por todo el apoyo y confianza expresados, al incluirme en el proyecto de investigación y al proporcionarme todo los materiales necesarios para realizar esta investigación.
<b>Ing. César Ariel Villela Rodas</b>	Por el apoyo y confianza expresados al proporcionar los suministros necesarios para realizar esta investigación.
<b>Universidad de San Carlos de Guatemala</b>	Por ser una institución que se encarga de formar futuros profesionales para una superación nacional.
<b>Alimentos Monterosol S. A.</b>	Por el apoyo brindado; por haber sido un elemento fundamental para la realización de este proyecto.





## ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES.....	V
LISTA DE SÍMBOLOS .....	IX
GLOSARIO .....	XI
RESUMEN.....	XIII
OBJETIVOS.....	XV
Hipótesis .....	XVI
INTRODUCCIÓN .....	XVII
1.    MARCO CONCEPTUAL.....	1
1.1.    Antecedentes.....	1
1.2.    Justificación .....	4
1.3.    Determinación del problema.....	5
1.3.1.    Definición .....	5
1.3.2.    Delimitación .....	5
2.    MARCO TEÓRICO.....	7
2.1.    Piña .....	7
2.1.1.    Origen .....	7
2.1.2.    Botánica, importancia nutritiva y usos .....	9
2.1.2.1.    Clasificación taxonómica .....	9
2.1.2.2.    Características.....	10
2.1.2.3.    Importancia nutritiva .....	11
2.1.2.4.    Usos .....	12
2.1.3.    Subproductos.....	14
2.1.4.    Distribución actual .....	14

2.1.5.	Criterios de clasificación.....	14
2.1.5.1.	Criterios y requerimientos de los principales mercados .....	15
2.2.	Eje de inflorescencia .....	17
2.2.1.	Bromelina .....	17
2.3.	Almíbar.....	18
2.3.1.	Características .....	18
2.3.1.1.	pH de la mezcla.....	20
2.4.	Sacarosa.....	21
2.4.1.	El azúcar como alimento .....	22
2.4.2.	Grados Brix .....	22
2.4.2.1.	Refractómetro.....	23
2.5.	Preservantes .....	23
2.5.1.	Ácido cítrico.....	23
2.5.2.	Ácido málico.....	24
2.5.2.1.	Beneficios.....	24
2.5.3.	Citrato de sodio .....	25
2.5.4.	Benzoato de sodio.....	25
2.5.5.	Sorbato de potasio .....	25
2.5.6.	Ácido fumárico.....	26
2.5.7.	Ácido ascórbico (vitamina C).....	26
2.5.8.	Eritorbato de sodio .....	26
2.6.	Procesos de elaboración de piña en almíbar .....	26
2.6.1.	Descripción del proceso del enlatado de la piña .....	28
2.6.1.1.	Recepción .....	28
2.6.1.2.	Lavado.....	28
2.6.1.3.	Pelado .....	29
2.6.1.4.	Clasificación de las rodajas .....	30
2.6.1.5.	Corte de las rodajas en trozos.....	31

	2.6.1.6.	Envasado de los trozos o rodajas de piña.....	31
	2.6.1.7.	Llenado de almíbar .....	31
	2.6.1.8.	Sellado de las latas.....	32
	2.6.1.9.	Tratamiento térmico.....	33
	2.6.1.10.	Enfriado .....	33
	2.6.1.11.	Almacenamiento .....	33
3.		MARCO METODOLÓGICO .....	35
3.1.		Variables.....	35
3.2.		Delimitación del campo de estudio .....	36
	3.2.1.	Campo de estudio.....	36
	3.2.2.	Etapas que conforman la investigación .....	36
	3.2.3.	Ubicación del desarrollo de la investigación .....	37
3.3.		Recursos humanos disponibles.....	37
3.4.		Recursos materiales disponibles .....	38
	3.4.1.	Materia prima.....	38
	3.4.2.	Reactivos .....	38
	3.4.3.	Equipo de medición .....	39
	3.4.4.	Equipo auxiliar .....	39
	3.4.5.	Cristalería .....	39
3.5.		Técnica cuantitativa.....	40
3.6.		Recolección y ordenamiento de la información .....	41
	3.6.1.	Preparación del sustrato.....	41
		3.6.1.1. Obtención .....	41
		3.6.1.2. Extracción del jugo .....	41
		3.6.1.3. Filtración .....	42
	3.6.2.	Concentración del jugo.....	43
	3.6.3.	Análisis cuantitativos .....	43

3.7.	Tabulación, ordenamiento y procesamiento de la información.....	46
3.7.1.	Rendimiento del jugo del eje de inflorescencia con respecto a la masa promedio de los ejes recolectados .....	46
3.8.	Análisis estadístico.....	52
3.8.1.	Análisis de varianza de dos factores .....	52
3.8.2.	Medidas de tendencia central.....	53
3.8.2.1.	Media aritmética .....	53
3.8.3.	Medidas de dispersión .....	54
3.8.3.1.	Varianza .....	54
3.8.3.2.	Desviación estándar .....	54
3.9.	Plan de análisis de los resultados .....	55
3.9.1.	Métodos y modelos de los datos .....	55
3.9.2.	Programas para el análisis de datos .....	55
4.	RESULTADOS.....	57
5.	INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS .....	65
	CONCLUSIONES.....	73
	RECOMENDACIONES .....	75
	BIBLIOGRAFÍA.....	77
	APÉNDICE .....	79
	ANEXOS.....	95

## ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

### FIGURAS

1.	Fruto de piña .....	7
2.	Piña terminada de cultivar .....	8
3.	Generaciones sucesivas de la piña. El fruto tamaño después de la primera fructificación .....	10
4.	Cambios de coloración de la piña .....	11
5.	Productos de la piña.....	13
6.	Piña en almíbar .....	18
7.	Molécula de la sacarosa.....	21
8.	Diagrama de flujo del proceso de enlatado de la piña .....	27
9.	Lavado de la piña.....	28
10.	Entrada de la piña hacia el pelador.....	29
11.	Peladora de piña .....	29
12.	Salida de las rodajas de piña del pelador.....	30
13.	Clasificación de las rodajas.....	30
14.	Corte de las rodajas en trozos .....	31
15.	Llenado de almíbar en las latas .....	32
16.	Sellado de las latas .....	32
17.	Autoclaves para el tratamiento térmico .....	33
18.	Almacenamiento de las latas en las tarimas .....	34
19.	Diseño general de la técnica cuantitativa .....	40
20.	Diagrama del procedimiento experimental .....	44
21.	Comportamiento de la densidad del jugo del eje de inflorescencia en función al tiempo de calentamiento .....	58

22.	Variación de la concentración de los sólidos solubles totales presentes en el jugo del eje de inflorescencia, en función del tiempo de calentamiento.....	59
23.	Estabilidad del potencial de hidrógeno (pH) en función del tiempo de calentamiento y la variación de la concentración.....	60
24.	Comparación entre el comportamiento de la concentración de sacarosa y la densidad, conforme aumenta la concentración .....	61
25.	Estabilidad del nivel de acidez en el jugo del eje de inflorescencia con respecto a la variación de concentración de sólidos solubles totales (°Brx) .....	62
26.	Comparación del contenido de sacarosa en el almíbar y en el jugo del eje de inflorescencia con respecto a las propiedades fisicoquímicas .....	63

## TABLAS

I.	Información nutricional promedio de las distintos tipos de piñas .....	12
II.	Calibre de peso con respecto al peso en libras de la piña.....	15
III.	Calibre de maduración de la piña .....	15
IV.	Requerimientos de los supermercados y plantas de enlatado.....	16
V.	Definición operacional y descripción de las variables independientes.....	35
VI.	Definición operacional y descripción de las variables dependientes ....	36
VII.	Rendimiento de la obtención del jugo extraído del eje de inflorescencia de la piña en función del rendimiento de recuperación .....	46
VIII.	Propiedades fisicoquímicas con respecto al tiempo de calentamiento de una muestra de jugo del eje de la inflorescencia de la piña (1).....	47

IX.	Propiedades fisicoquímicas con respecto al tiempo de calentamiento de una muestra de jugo del eje de la inflorescencia de la piña (2) .....	47
X.	Propiedades fisicoquímicas con respecto al tiempo de calentamiento de una muestra de jugo del eje de la inflorescencia de la piña (3) .....	48
XI.	Propiedades fisicoquímicas con respecto al tiempo de calentamiento de una muestra de jugo del eje de la inflorescencia de la piña (4) .....	48
XII.	Propiedades fisicoquímicas con respecto al tiempo de calentamiento de una muestra de jugo del eje de la inflorescencia de la piña (5) .....	49
XIII.	Propiedades fisicoquímicas de una muestra del almíbar de sacarosa obtenido de una lata de piña en almíbar de Alimentos Montesol S. A. (1).....	49
XIV.	Propiedades fisicoquímicas de una muestra del almíbar de sacarosa obtenido de una lata de piña en almíbar de Alimentos Montesol S. A. (2).....	50
XV.	Propiedades fisicoquímicas de una muestra del almíbar de sacarosa obtenido de una lata de piña en almíbar de Alimentos Montesol S. A. (3).....	50
XVI.	Propiedades fisicoquímicas de una muestra del almíbar de sacarosa obtenido de una lata de piña en almíbar de Alimentos Montesol S. A. (4).....	51
XVII.	Propiedades fisicoquímicas de una muestra del almíbar de sacarosa obtenido de una lata de piña en almíbar de Alimentos Montesol S. A. (5).....	51
XVIII.	Diseño de experimento de dos factores con n réplicas .....	52
XIX.	Arreglo rectangular para tratamientos para las dos mezclas .....	53



XX.	Rendimiento promedio del jugo del eje de inflorescencia de la piña ( <i>Ananás comosus</i> ) y porcentaje de reducción de residuos sólidos después de la extracción .....	57
XXI.	Propiedades fisicoquímicas del jugo del eje de inflorescencia después de ser extraído .....	57
XXII.	Descripción de la figura 21 .....	58
XXIII.	Descripción de la figura 22 .....	59

## LISTA DE SÍMBOLOS

Símbolo	Significado
<b>pH</b>	Acidez activa (potencial de hidrógeno)
$\sigma_a$	Coefficiente de variación del almíbar
$\sigma_J$	Coefficiente de variación del jugo del eje
$\rho$	Densidad
$\bar{\rho}_a$	Densidad promedio del almíbar
$\bar{\rho}_J$	Densidad promedio del jugo
$s_a$	Desviación estándar correspondiente al almíbar
$s_J$	Desviación estándar correspondiente al jugo del eje
<b>°Brix</b>	Grados Brix
<b>°C</b>	Grados Celsius
<b>g</b>	Gramos
<b>H<sub>1</sub></b>	Hipótesis alternativa
<b>H<sub>0</sub></b>	Hipótesis nula
<b>kcal</b>	Kilocalorías
<b>kg</b>	Kilogramos
<b>min</b>	Minutos
<b>mg</b>	Miligramos
<b>mL</b>	Mililitros
<b>L</b>	Litros
<b>%</b>	Porcentaje
$\bar{pH}_a$	Potencial de hidrógeno promedio del almíbar
$\bar{pH}_J$	Potencial de hidrógeno promedio del jugo



## GLOSARIO

<b>Almíbar</b>	Es una solución de sacarosa y agua que se preparan con distintas densidades, es decir, cantidad variable de sacarosa disuelta en agua.
<b>Ananás</b>	Nombre científico que se le ha asignado a la piña.
<b>Antioxidante</b>	Sustancia o aditivo que se le puede agregar a un alimento para evitar la degradación de los lípidos, oxidación o descomposición de algunas otras sustancias.
<b>Baño María</b>	Es un método empleado en la industria farmacéutica, cosméticos, de alimentos y de conserva. El cual implica el calentamiento indirecto de la sustancia por convección térmica desde el medio líquido.
<b>Caramelización</b>	Es una reacción de pirólisis, en contraposición a una reacción de aminoácidos.
<b>Grados Brix</b>	Es el porcentaje en masa de sacarosa presentes en solución por cada 100 gramos de agua.
<b>Eje de inflorescencia</b>	Es el nombre que recibe el corazón o el eje que atraviesa el fruto de piña.

<b>Evaporación</b>	Es un proceso físico que consiste en el paso lento y gradual de un estado líquido hacia un estado gaseoso, tras haber adquirido suficiente energía para vencer la tensión superficial.
<b>Inflorescencia</b>	Es la disposición de las flores sobre las ramas o la extremidad del tallo; su límite está determinado por una hoja normal.
<b>Sólidos solubles totales</b>	Determinan la concentración de sacarosa por 100 mililitros de una solución, se determinan con el índice de refracción, el cual se expresa con los grados Brix.
<b>Potencial de hidrógeno</b>	Es una medida de acidez o alcalinidad de una disolución. El pH indica la concentración de iones hidronio presentes en determinadas disoluciones.
<b>Preservantes</b>	Es una sustancia que inhibe la propagación y el crecimiento de microorganismos tales como bacterias y hongos.
<b>Refractómetro</b>	Es un instrumento óptico preciso y como su nombre lo indica, basa su funcionamiento en el estudio de la refracción de la luz.

## RESUMEN

El presente estudio de investigación consistió en la evaluación de las características del jugo del eje de la inflorescencia de la piña (*Ananás comosus*), para ser utilizado como alternativa del almíbar de sacarosa, utilizado en el enlatado de la rodaja de piña.

Como parte inicial de la metodología experimental de esta investigación se extrajo el jugo del eje de la inflorescencia de la piña, a partir de los subproductos generados por el procesamiento industrial de esta fruta en Alimentos Montesol S. A. de Guatemala.

Posteriormente, se determinó el rendimiento promedio en kilogramos de ejes de inflorescencia, para establecer una relación aproximada del volumen del jugo que se puede extraer respecto a la cantidad de masa proporcionada. Se cuantificaron parámetros físicos y químicos, siendo estos la concentración de sólidos solubles totales, el potencial de hidrógeno (pH) y la densidad del almíbar utilizado y del jugo del eje de inflorescencia. Para luego realizar una comparación de dichos parámetros por medio de gráficas de barras y así establecer si el jugo del eje de inflorescencia cumple con los requerimientos con base al producto analizado.

Además, se evaluó la estabilidad del pH presente en el jugo. Esto se realizó por medio de una gráfica, con el propósito de observar el comportamiento del pH durante el tiempo de calentamiento y aumento de la concentración del jugo. Posteriormente, se determinó que el pH se mantiene estable mientras el agua presente en el jugo se evapora y el jugo se concentra.

Al determinar la estabilidad del pH, se comparó directamente con el pH del almíbar utilizado. El jugo mantiene un nivel de pH bajo en comparación al almíbar; sin embargo, el jugo no contiene preservantes y mantiene un pH en el cual el crecimiento de microorganismos es reducido.

Con base en la investigación realizada, se establece que el jugo puede ser utilizado como alternativa del almíbar de sacarosa en el enlatado de la rodaja de piña. Sin embargo, se recomienda realizar un análisis microbiológico, para establecer la vida útil del mismo.

## OBJETIVOS

### General

Evaluar las características del jugo del eje de la inflorescencia de la piña (*Ananás comosus*), para utilizarse como sustituto del azúcar de caña en la producción del almíbar preservante del enlatado de piña.

### Específicos

1. Determinar el rendimiento del jugo extraído del eje de inflorescencia de la piña (*Ananás comosus*) a partir de la masa de los residuos sólidos recolectados, para la obtención del porcentaje de reducción de residuos sólidos en función de la masa inicial.
2. Comparar las propiedades fisicoquímicas del almíbar de sacarosa utilizado en el enlatado de piña con respecto a las del jugo del eje de inflorescencia (*Ananás comosus*), para establecer que el jugo contenga propiedades similares al del almíbar utilizado.
3. Analizar la estabilidad del nivel de acidez del jugo con respecto a la variación de la concentración de sacarosa, para observar los cambios existentes ocasionados durante el tiempo de calentamiento.
4. Comparar el nivel de acidez del ácido ascórbico presente en el almíbar utilizado en el enlatado, con respecto al nivel de acidez del jugo del eje de la inflorescencia de la piña (*Ananás comosus*), con el fin de establecer



si el jugo cumple con los parámetros necesarios para que no exista crecimiento microbiológico.

## **Hipótesis**

### Hipótesis científica

Existe diferencia significativa entre el almíbar formulado en base al jugo extraído a partir del eje de inflorescencia de la piña con respecto al almíbar formulado en base a sacarosa, en lo que respecta a sus propiedades y características.

### Hipótesis nula ( $H_0$ )

El almíbar formulado a partir del jugo del eje de la inflorescencia de la piña, no puede ser utilizado como alternativa del almíbar de sacarosa en el enlatado de rodaja de piña.

### Hipótesis alternativa ( $H_1$ )

El almíbar formulado a partir del jugo del eje de la inflorescencia de la piña, puede ser utilizado como alternativa del almíbar de sacarosa en el enlatado de rodaja de piña.

## INTRODUCCIÓN

La piña es una de las frutas tropicales más importantes en la producción mundial. Su comercio internacional consiste principalmente en productos procesados como la elaboración de conservas, jaleas, jarabes, confituras, helados, jugos, enlatados, jugos enlatados y bebidas alcohólicas. Además la piña puede ser aprovechada como fruta fresca. Los residuos de la piña procesada sirven para alimentar ganado y para la extracción de ácido cítrico y elaboración de vinagre.

Generalmente, en Guatemala se utiliza únicamente un porcentaje mínimo del total de la piña desperdiciando recursos, los cuales pueden ser utilizados para generar mayores ganancias, una mayor optimización de recursos y una disminución de residuos sólidos y evitar la contaminación del medio ambiente

En la actualidad, se han generado un aumento poblacional y un crecimiento en la demanda de producción de alimentos. El objetivo es aprovechar los recursos no utilizados para la sustitución de la sacarosa en el almíbar que ayuda a conservar los alimentos.

Sin embargo, no es suficiente elaborar alimentos 100 % sanos y que simplemente satisfagan al consumidor. Se busca elevar la calidad de vida de las personas produciendo alimentos funcionales.

Por lo que, se utilizó el jugo del eje de inflorescencia de la piña como alternativa de la solución ácida de sacarosa que utilizan actualmente.

Se evaluaron las características del jugo del eje de inflorescencia, para realizar una comparación conforme al producto terminado. El jugo del eje mantiene sus propiedades estables mientras se elimina un porcentaje de agua y se concentra el jugo.

# 1. MARCO CONCEPTUAL

## 1.1. Antecedentes

En la actualidad, el enlatado de alimentos es uno de las líneas de producción más vista dentro de la industria alimenticia. En la mayoría de casos, el enlatado de alimentos está enfocado en el área de vegetales y frutas, ya sean, albaricoques, arvejas, champiñones, ensaladas de frutas, espárragos, granos de elote, lichis, melocotones, rodajas de piña, entre otras.

Los vegetales y las frutas tienen la característica de descomponerse en un período no mayor a siete días, debido a que son materiales orgánicos. Si estos se encuentran en contacto con el medio ambiente de manera prolongada comienzan con el proceso de formación de bacterias en el interior del fruto. Por tanto, para la industria alimenticia fue necesario, idear una alternativa con el objetivo de prolongar la conservación de los alimentos.

Los alimentos por ser materia orgánica, tienden a oxidarse con el contacto con el medio ambiente, por lo que la industria alimentaria, estableció un mecanismo para contrarrestar la oxidación de estos; utilizando reactivos antioxidantes, tales como el ácido ascórbico, benzoato de sodio, ácido málico, ácido fumárico, sorbato de potasio, entre otros.

Las frutas por ser materia que tiene alto contenido de sacarosa dentro de sus composiciones químicas, se ha optado por utilizar almíbares o jarabes con el propósito de conservar sus propiedades y características físicas y químicas.

Los almíbares de frutas son soluciones de sacarosa y agua, se preparan con distintas densidades, es decir, cantidad variable de sacarosa disuelta en agua. Las frutas envasadas constituyen uno de los productos que se conservan con mayor facilidad, dado su alto contenido ácido, que permite la esterilización a temperaturas no mayores a 100 grados Celsius.

En la producción del enlatado de la rodaja de piña se aprovecha en algunas ocasiones el 35 por ciento de la materia prima. Desperdiciando el jugo, el eje de inflorescencia y la cáscara de la piña. En toda la piña se cuenta con los nutrientes por igual. El contenido nutricional del fruto de la piña no es constante en cada una de las distintas especies de la piña, sino que varía según la especie a la cual pertenezca, al igual que el grado de madurez.

Existen dos investigaciones realizadas sobre el tema, las cuales son:

- En el 2007, Marcela Mena, estudiante de Ingeniería Agroindustrial de la Universidad Técnica Del Norte, Ibarra, Ecuador, realizó su trabajo de graduación titulado *Elaboración de sábila y piña en almíbar*. Elaboró una cuantificación desarrollando análisis fisicoquímicos, siendo estos la cantidad de sólidos totales ( $^{\circ}\text{Brx}$ ), la densidad relativa, la densidad y la viscosidad. Asimismo, hizo análisis cualitativos, siendo estos aplicados debido a las medidas de calidad en alimentos, siendo este el análisis sensorial (color, olor y sabor), por tal motivo fue necesario que realizara dicho análisis para conocer la aceptación o rechazo del producto. Para esto se seleccionó un panel conformado por madres de familia. Se realizaron tratamientos en los que proporcionaban la cantidad de piña y la cantidad de sábila. Se observó que teniendo una proporción de 80 % piña y 20 % sábila se obtiene 30  $^{\circ}\text{Brx}$ . Al igual que teniendo 50 % de

sábila y 50 % de piña se tienen 30 °Brx al inicio y al final existe un descenso en la concentración de 30 °Brx a 19,60 °Brx

- En junio del 2013, Jaime Ernesto Catalán Garrido, estudiante de Ingeniería Química de la Universidad de San Carlos de Guatemala, Guatemala, realizó su trabajo de graduación titulado *Evaluación a nivel de laboratorio de la capacidad fermentiva de los granos de tópicos utilizando como sustrato único el jugo del eje de inflorescencia de la piña (Ananás comosus) para ser aprovechado como posible bebida probiótica*. El llevó a cabo una serie de fermentaciones dentro de un sistema abierto, a temperatura constante de 30 grados Celsius sin agitación, conteniendo 200 mililitros de sustrato estéril y 3 diferentes proporciones de inóculo, durante 72 horas. Asimismo, cuantifico diversos parámetros fisicoquímicos y microbiológicos, en función del tiempo de fermentación y de la proporción del inóculo, siendo estos: la concentración de la biomasa drenada, la concentración de la biomasa seca, la densidad relativa, la acidez activa, la acidez total titulable, la concentración de bacterias ácido-lácticas y levaduras.

Con base en los resultados obtenidos estableció que para obtener una posible bebida probiótica, es necesario fermentar el jugo del eje de la inflorescencia en un período de 24 a 72 horas, siendo este inoculado con granos de tópicos en proporción de 0,030 gramos por mililitros.

## **1.2. Justificación**

En Guatemala, la industria alimentaria encargada de la producción de los enlatados de frutas y vegetales, no utilizan el cien por ciento de sus materias. Por lo que generan desperdicios de material que podría ser utilizado en otras líneas de producción. Un caso en particular es del enlatado de la rodaja de piña. Ya que se utiliza únicamente un treinta y cinco por ciento del total de la piña, desperdiciando el jugo, el eje de inflorescencia y la cáscara; partes que contienen las mismas características nutricionales que la rodaja. La mayoría de industrias alimentarias que no aprovechan el otro sesenta y cinco por ciento de la piña, opta por donarlo para ser utilizado como alimento para animales. Sin embargo, podrían aprovechar dichos recursos en la formación de una línea nueva de producción (jarabes, jugos, jaleas, mermeladas, entre otros.). En la producción del enlatado de piña, es necesaria la formulación de un almíbar a base de sacarosa, agua y ácido ascórbico como antioxidante, con el propósito de preservar el producto por más tiempo que el que tienen al estar en contacto con el medio ambiente.

La alternativa propuesta es utilizar el eje de la inflorescencia de la piña, aprovechando su contenido nutricional, como sustituto de la sacarosa en la elaboración del almíbar utilizado como preservante de la rodaja de piña.

Debido a que no existen datos de un procedimiento igual al mencionado, es necesario la evaluación del rendimiento de las características del jugo del eje de inflorescencia de la piña a escala laboratorio, para poder utilizar los resultados que se obtengan como base para futuras investigaciones y una posible aplicación al área industrial.

### **1.3. Determinación del problema**

Se toma como base el desperdicio del sesenta y cinco por ciento del total de la materia prima en la producción del enlatado de la rodaja de piña. Buscando, la optimización de los recursos en el área de producción de almíbar de sacarosa, usando como alternativa el jugo del eje de la inflorescencia de la piña.

#### **1.3.1. Definición**

La utilización del jugo del eje de la inflorescencia de la piña como sustituto parcial o total de la sacarosa en la producción del almíbar en el enlatado de rodaja de piña, es posible establecerla como una alternativa de optimización de recursos de materia prima en la plantas alimenticias, disminuyendo así el porcentaje de residuos.

#### **1.3.2. Delimitación**

Se realizará la evaluación del porcentaje de recuperación del jugo obtenido a partir del eje de la inflorescencia de la piña, para posteriormente realizar una evaluación de las características del jugo para utilizarlo como sustituto parcial o total de la sacarosa en la producción del almíbar de la rodaja de piña.





## 2. MARCO TEÓRICO

### 2.1. Piña

La piña es conocida como *Ananás comosus*, pertenece al género *Ananás* de la familia Bromeliaceae. Se menciona que todas la bromeliáceas son originarias de América del Centro y de América del Sur, a excepción de la especie *Illandsia usneoides*, al parecer es originaria de la parte meridional de Norteamérica.

Figura 1. Fruto de piña



Fuente: *Piña*. <http://saludtv.tv/wp-content/uploads/2014/06/pina.jpg>. Consulta: abril de 2014.

#### 2.1.1. Origen

Se cree que la piña es originaria del sur de Brasil y Paraguay (quizás especialmente en el río Paraná-Paraguay), área en la que se producen los

parientes silvestres, la piña era aparentemente domesticada por los indígenas y llevado por ellos a través de Centro y Sudamérica a México y las Indias Occidentales, mucho antes de la llegada de europeos. Cristóbal Colón y sus compañeros vieron la piña por primera vez en la isla de Guadalupe en 1493 y de nuevo en Panamá en 1502.

Los indígenas del Caribe colocaban piñas o coronas de piñas en las entradas a sus viviendas como símbolo de amistad y hospitalidad. La planta se ha naturalizado en Costa Rica, Guatemala, Honduras y Trinidad, pero los frutos de las plantas silvestres son casi incomedibles.

Las principales zonas productoras son: Hawaii, Brasil, Malasia, Taiwán, México, Filipinas, Sudáfrica y Puerto Rico. En 1968, la producción total se elevó a 3,6 millones de toneladas, de las cuales solo 100 000 toneladas fueron enviadas frescas y 925 000 toneladas fueron procesadas. (Morton, J. 1967)<sup>1</sup>

Figura 2. **Piña terminada de cultivar**



Fuente: RUÍZ, Laura. *Cómo plantar una piña en casa*. <http://hogar.uncomo.com/articulo/como-plantar-una-pina-en-casa-6950.html>. Consulta 26 de abril de 2014.

---

<sup>1</sup> CERRATO, Iliana. *Panorama mundial de la piña*. p. 4.

### **2.1.2. Botánica, importancia nutritiva y usos**

La piña es una planta herbácea que puede alcanzar una altura de 1,20 y 1,50 metros. Su tallo es vertical, corto y robusto, con hojas alargadas de bordes lisos o espinosos.

Las raíces son cortas, delgadas y con muchas raicillas bastante superficiales que remuevan constantemente. Del centro de la planta sale un eje que sostiene una inflorescencia o espiga con brácteas verdes o rojas, de las que brotan las flores de color blanco o violeta claro, de las que más tarde se forman los frutos.

El fruto generalmente cilíndrico, pero en algunas variedades es oval o cónico de color verdoso amarillento, rojizo o amarillo, según la variedad y estado de madurez. El corazón es bastante grueso, sobre todo en las piñas de carne blanca.<sup>2</sup>

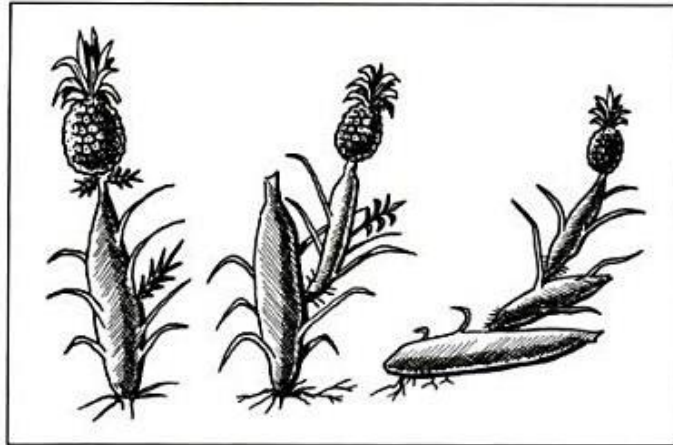
#### **2.1.2.1. Clasificación taxonómica**

La piña pertenece a la familia de las Bromeliáceas y al género y especie *Ananás comosus*. A esta misma familia pertenecen una serie de plantas epífitas (que se desarrollan sobre otras plantas sin afectarlas) usadas a menudo como ornamentales por la belleza de sus inflorescencias. Esta planta es una monocotiledónea herbácea perenne.

---

<sup>2</sup> *Enciclopedia Agropecuaria Terranova*, Tomo 1. p. 237.

Figura 3. **Generaciones sucesivas de la piña. El fruto tamaño después de la primera fructificación**



Fuente: BARAHONA, Marcia; SANCHO BARRANTES, Ellen. *Fruticultura especial: fruticultura II*, (vol.3) p. 18.

### **2.1.2.2. Características**

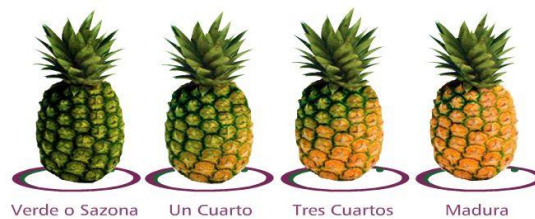
Después de su fructificación continúa su crecimiento por medio de una o más yemas auxiliares, que dan origen a ramas que se desarrollan y producen un nuevo fruto, que generalmente es de menor tamaño que el primero.

La planta adulta puede alcanzar hasta dos metros de alto y uno y medio de diámetro. El eje principal es un pseudotallo sobre el cual se disponen las hojas en forma de roseta, las que puede o no presentar espinas según variedad. Las raíces son superficiales y a veces adventicias. En determinado estado del desarrollo de la planta se forma el pedúnculo floral y luego se desarrolla el fruto con su corona. El período entre plantación y floración varía entre seis y dieciséis meses y depende del cultivar, tamaño del material de

propagación, época de plantación, clima, suelo y prácticas de inducción de floración.

La inflorescencia está formada por flores perfectas (hermafroditas), autoestériles, las que por polinización cruzada entre dos variedades, se pueden fecundar y formar semillitas redondas, pequeñas y duras; en la polinización intervienen picaflores principalmente. Sin embargo, lo normal es que se produzca la polinización cruzada; en este caso cada flor da origen por partenocarpia a una pequeña baya, las que todas fusionadas forma el sin carpo o sorosí (fruto múltiple) que se conoce como piña.

Figura 4. **Cambios de coloración de la piña**



Fuente: *Piña miel*. <http://www.frutascavi.com/pina-miel/>. Consulta: abril de 2014.

### **2.1.2.3. Importancia nutritiva**

El contenido nutricional de la piña no es constante en cada una de las especies, sino que varía según el grado de madurez.

Sin embargo, es un fruto tan apreciado mundialmente, debido a su pulpa jugosa ligeramente ácida y su capacidad de refrescar a quien la consume. El jugo de piña es muy energético; un vaso de este proporciona aproximadamente ciento cincuenta calorías que son aportados por el azúcar que contiene entre un

10 y 19 %. El jugo de piña es una buena fuente de vitamina A y una fuente aceptable de vitamina C.

Tabla I. **Información nutricional promedio de los distintos tipos de piñas**

Cantidades por cada 100 g de fruta			
Nutriente	Valor	Nutriente	Valor
Energía	50,00 kcal	Niacina	0,50 mg
Carbohidratos (diferencia)	13,12 g	Riboflavina	0,032 mg
Sacarosa	5,99 g	Tiamina	0,079 mg
Glucosa	1,73 g	Minerales	
Fructosa	2,12 g	Calcio	13,00 mg
Grasa total	0,12 g	Hierro	0,29 mg
Proteína	0,54 g	Magnesio	12,00 mg
Vitaminas		Fósforo	8,00 mg
Vitamina A	58,00 UI	Potasio	109,00 mg
Vitamina B6	0,112 mg	Sodio	1,00 mg
Vitamina C	47,80 mg	Zinc	0,12 mg
Vitamina E	0,02 mg	Cobre	0,11 mg
Vitamina K	0,70 µg	Manganeso	0,927 mg
Ácido pantoténico	0,213 mg	Selenio	0,10 µg
Colina	5,50 mg	Agua	86,00 g
Folato	18,00 µg	Fibra total dietética	1,40 g

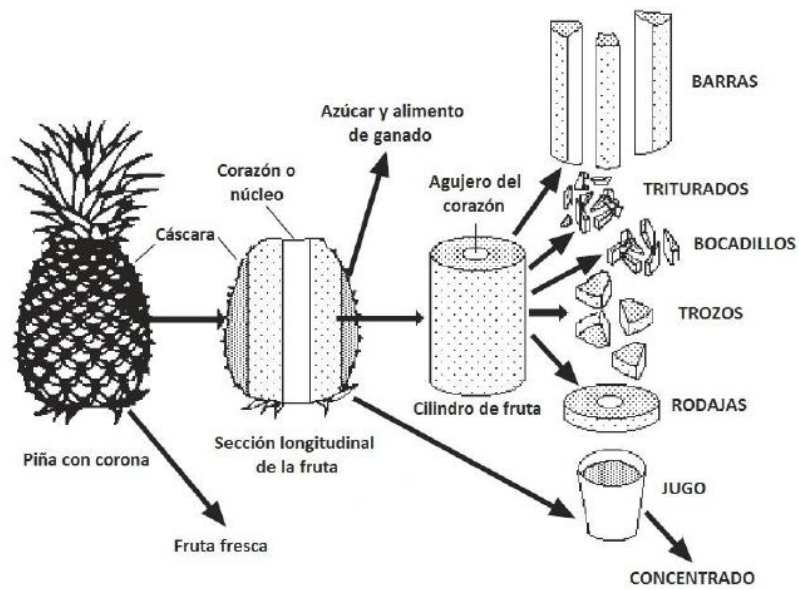
Fuente: CATALÁN, Jaime. *Evaluación a nivel de laboratorio de la capacidad fermentativa de los granos de tíficos utilizando como sustrato único el jugo del eje de la inflorescencia de la piña (ananás comosus) para ser aprovechado como posible bebida probiótica.* p. 14.

#### 2.1.2.4. Usos

La piña es una de las frutas tropicales más importantes en la producción mundial. Su comercio internacional consiste principalmente en productos procesados como: la elaboración de conservas, jaleas, jarabes, confituras, helados, jugos, enlatados, jugos enlatados y bebidas alcohólicas. Además la piña puede ser aprovechada como fruta fresca.

Los residuos de la piña procesada sirven para alimentar ganado y para la extracción de ácido cítrico y elaboración de vinagre.

Figura 5. **Productos de la piña**



Fuente: BARTHOLOMEW, Duane Phillip. *The pineapple, botany, production and uses*. p. 5.



### **2.1.3. Subproductos**

Cuando la piña se procesa de manera industrializada se utiliza un 35 % del total de la masa en enlatado, utilizando únicamente la pulpa jugosa de la piña. Se generan diversos residuos que consisten en la cáscara entre un 30 y 45 %, la corona, 3 y 5 %. El eje de inflorescencia entre un 5 y 10 % y el pedúnculo entre un 2 y 5 %, los cuales puede constituir en un máximo del 65 % del peso total de la piña.

En algunas ocasiones los subproductos son utilizados para diversos objetivos como: la extracción de la bromelina, extracción del ácido cítrico, elaboración de vinagre, como alimento para animales, y para la extracción de fibras.

### **2.1.4. Distribución actual**

La distribución de la piña alrededor del mundo se encuentra a criterios de países productivos. La producción mundial aumentó las áreas de cultivo a 920 536,05 Has, un 1,26 % más con respecto al 2012. Al igual que aumentó un 4,56 % con respecto al 2010. Entre los principales países productores se destacan: Nigeria, Tailandia, India, Brasil, China, Filipinas y Costa Rica (Cerrato, 2013). Según FAO, para el 2011 se reportaron alrededor de 920 536,05 Has cultivables de piña.

### **2.1.5. Criterios de clasificación**

En su mayoría los productores manejan parámetros de clasificación por pesos, en el siguiente cuadro se describirán con su valor correspondiente.

Tabla II. **Calibre de peso con respecto al peso en libras de la piña**

Calibre de masa	1	2	3	4	5	6
Masa (lb)	6	5	4	3-3,5	2-2,5	1-1,5

Fuente: CERRATO, Iliana. *Parámetros de comercialización de la piña*. p. 4.

Sin embargo, es posible manejar un rango de calibres por el grado de maduración que van de la mano para la comercialización del fruto:

Tabla III. **Calibre de maduración de la piña**

	0	1	2	3	4	5	6
<b>Calibre de Maduración</b>							
	Totalmente verde	Ligero cambio de color	¼ de maduración	½ de maduración	¾ de maduración	Menos de la coloración total	Totalmente madura

Fuente: CERRATO, Iliana. *Parámetros de comercialización de la piña*. p. 5.

### 2.1.5.1. Criterios y requerimientos de los principales mercados

A continuación se muestran los requerimientos que exigen las cadenas de supermercados y las plantas de enlatado:

Tabla IV. **Requerimientos de los supermercados y plantas de enlatado**

Categoría	Dorada (MD2)
Generales	<p>Las piñas deben estar:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Enteras con corona (tamaño no más grande que la fruta) o sin ella.</li> <li>• Sanas, limpias y prácticamente exentas de cualquier materia extraña visible.</li> <li>• Exentas de manchas oscuras internas y externas.</li> <li>• Libres de plagas y hongos que afecten el aspecto general del producto.</li> <li>• Sin presencia de pudrición en el pedúnculo.</li> <li>• Exentas de daños causados por alta y/o bajas temperaturas o quemaduras por el sol.</li> </ul>
Tamaño y Color	<p>Color: de verde a amarillo (3/4 amarillamiento desde la base de la fruta).</p> <p>Peso 3,5-4lb</p> <p>Peso mínimo 3,5 libras</p>
Presentación	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Las piñas se deben presentar lavadas con cloro.</li> <li>• Corte del pedúnculo de forma transversal.</li> <li>• Se puede presentar las piñas a granel, o 4 unidades por cesta.</li> <li>• Dos unidades en red.</li> </ul>

Fuente: CERRATO, Iliana. *Parámetros de comercialización de la piña*. p. 5.

## **2.2. Eje de inflorescencia**

El eje de la inflorescencia de la piña o corazón de la piña, es rico en bromelina, se indica como apoyo en terapias de control de peso y para combatir la celulitis. Para beneficiarse de esta virtud basta con tomar una cucharada sopera rasa de corazón de piña en polvo antes de comer y cenar. Suplanta la falta de jugos gástricos, fundamentales para dinamizar la digestión.

La piña, por su alto contenido en potasio, es diurética, depurativa, antiinflamatoria y antirreumática. Combate los edemas y la retención de líquidos, y previene la aparición de infecciones en las vías urinarias.

Tiene también capacidad hipolipemiante y vasodilatadora e inhibe la agregación plaquetaria, disminuyendo así el riesgo de padecer dolencias cardiovasculares y arteriosclerosis.

Es además mucolítica y antibacteriana, fluidificando la mucosidad que acompaña a las infecciones bacterianas como son la bronquitis o la sinusitis.

### **2.2.1. Bromelina**

Es una enzima con acción proteolítica (que rompe las moléculas proteicas) para una mejor asimilación de los aminoácidos que las componen. La bromelina deshace las proteínas de igual manera que la pepsina, enzima que forma parte del jugo gástrico. La bromelina se encuentra en las piñas.

### 2.3. Almíbar

Los almíbares o jarabes son una solución de sacarosa y agua que se preparan con distintas densidades, es decir, cantidad variable de sacarosa disuelta en agua. Las frutas envasadas constituyen uno de los productos que se conservan con mayor facilidad, dado su alto contenido ácido, que permite la esterilización a temperaturas que no sobrepasan los cien grados Celsius.

Figura 6. Piña en almíbar



Fuente: *Canned pineapple in syrup*. <http://spanish.alibaba.com/product-free/canned-pineapple-in-syrup-108424492.html>. Consulta: abril de 2014.

#### 2.3.1. Características

Cuando se sumergen trozos de frutas en un jarabe o jugo de fruta se presentan varios fenómenos de transferencia de masa. Esta transferencia está influida por las características de las dos entidades presentes, la fruta y el jarabe. Asimismo, esta transferencia se debe al equilibrio que espontáneamente

se busca establecer, si el jarabe posee una mayor concentración de sustancias que la fruta, estas sustancias tienden a salir de la fruta hacia el jarabe, si las paredes celulares lo permiten. La primera que sale y en mayor cantidad es el agua. También otros componentes de la fruta tratan de salir; estos son algunos ácidos, minerales, azúcares, pigmentos y sustancias de sabor.

Otra transferencia de masa que se produce es del soluto del jarabe que trata de entrar a la fruta, si las paredes celulares lo permiten. Esta migración no es muy elevada y se produce generalmente en los primeros momentos de contacto, tratando de permanecer constante a lo largo de su permanencia en almacenamiento.

Las características de la fruta que más influyen en el producto final son: su composición, textura, forma y tamaño de los trozos. La composición depende naturalmente de la especie y la variedad. Dentro de una misma variedad la composición y textura sus propiedades cambian principalmente por su estado de madurez, de las condiciones agronómicas de cultivo y del manejo post-cosecha.

Las características del jarabe dependen de su composición y concentración. El producto final tiende a alcanzar un equilibrio según la composición y presión osmótica, la cual se genera entre las paredes internas de los trozos de fruta y el jarabe exterior. Un jarabe de azúcares de bajo peso molecular como la glucosa o jarabe invertido y de concentración no muy diferente a la de los jugos interiores de la fruta llegará más pronto al equilibrio. La velocidad para alcanzar este equilibrio dependerá, además de las características de las frutas y el jarabe, de la temperatura y agitación a las que se les someta durante el tratamiento térmico que reciban para lograr su conservación.

Las condiciones de conservación se alcanzarán más rápido dependiendo de los niveles de temperatura y tiempo de aplicación a los que se logre inactivar las enzimas de la fruta y los microorganismos presentes antes de la pasterización. Los microorganismos (MO) serán inactivados más fácilmente en cuanto su presencia inicial en el envase sea más reducida. Esto se logra manteniendo impecables medidas de higiene y limpieza durante todo el proceso de elaboración de la conserva.

Todas estas migraciones están influidas por el grado de permeabilidad de las paredes celulares, los tamaños moleculares y la fuerza iónica de los compuestos del jarabe. La permeabilidad depende de la especie y variedad de la fruta, del área expuesta. En una fruta influye el tipo de tejido en contacto con el jarabe, si es compacto o si es 'esponjoso'. Estas migraciones se ven aceleradas por efectos del incremento de la temperatura durante el proceso de pasterización y si se presenta alguna forma de agitación.

#### **2.3.1.1. pH de la mezcla**

El pH bajo de la mezcla fruta-jarabe también favorece una más eficiente inactivación de los MO. Este bajo pH depende de la especie de fruta y de la acidificación que permita ajustar el jarabe. Existen frutas muy ácidas, otras ácidas, y las no muy ácidas. Estas últimas deben tener un pH inferior a 4,2 a fin de permitir ser conservadas con un simple tratamiento de pasterización, que logrará eliminar la mayoría de MO perjudiciales para la calidad de la conserva y la salud humana. En caso de utilizar frutas de pH mayor, se procurará usar jarabes suficientemente acidificados a fin de bajar el pH a valores inferiores a 4,2.

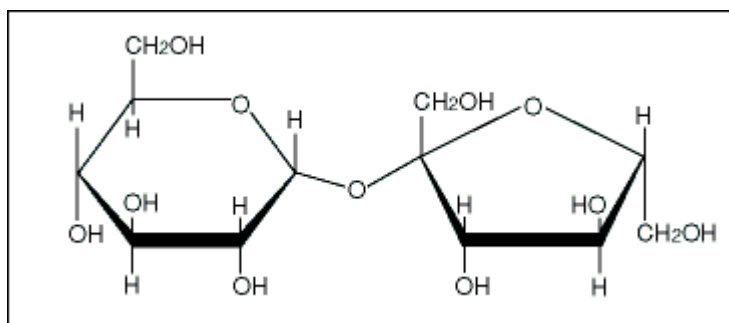
## 2.4. Sacarosa

La sacarosa o azúcar se produce en las hojas de todas las plantas terrestres conocidas, por el proceso de fotosíntesis, mediante la acción de la luz solar en la combinación de dióxido de carbono y agua en las células que contienen clorofila. En el proceso, se libera oxígeno.

El mismo azúcar que añade buen sabor a muchos de los alimentos se halla en: las naranjas, manzanas, uvas, plátanos, piñas y otras.

El azúcar refinado es una de las sustancias orgánicas más puras que se conocen. Contiene aproximadamente 99,96 % del azúcar que los químicos llaman sacarosa, para distinguirla de las sustancias afines que también se llaman azúcares (por ejemplo, la maltosa o azúcar de malta y la lactosa o azúcar de leche). La estructura molecular de la sacarosa  $C_{12}H_{22}O_{11}$  parece implicar que se han combinado 12 átomos de carbono con 11 moléculas de agua, relación que sugirió el nombre genérico de hidratos de carbono o carbohidratos que se aplica a esta clase de compuestos.

Figura 7. Molécula de la sacarosa



Fuente: CAREY, Francis A. *Química orgánica*. p. 1065.



### **2.4.1. El azúcar como alimento**

Como alimento, el azúcar no necesita encomios. La especie humana ha perdurado debido a que el azúcar y varios otros nutrimentos están diseminados tan ampliamente y están disponibles en los alimentos que se comen. Sería difícil concebir la existencia sin el azúcar, tanto como fuente de energía como en su calidad de agente endulzante.

La primera acción digestiva sobre el azúcar comienza en el estómago, donde el ácido que contiene el jugo gástrico comienza la conversión del azúcar a partes iguales de dos azúcares simples, la dextrosa y la levulosa. Esta conversión sigue ocurriendo en el intestino delgado, donde una enzima de los jugos digestivos también hidroliza el azúcar. La mezcla de dextrosa y levulosa obtenida a consecuencia de estos procesos digestivos reacciona con el fosfato por medio de las enzimas y pasa a la corriente sanguínea. Este fosfato de dextrosa, unido a diversas proporciones de dextrosa y levulosa, es el azúcar de la sangre, el combustible primario del cuerpo humano.

### **2.4.2. Grados Brix**

Los grados Brix miden el cociente total de sacarosa disuelta en un líquido. Una solución de 25 °Brix tiene 25 gramos de azúcar (sacarosa) por 100 gramos de líquido o, dicho de otro modo, hay 25 gramos de sacarosa y 75 gramos de agua en los 100 gramos de la solución. Los grados Brix se miden con un sacarímetro, que mide la gravedad específica de un líquido, o, más fácilmente, con un refractómetro.

#### **2.4.2.1. Refractómetro**

Es un instrumento óptico preciso, y como su nombre lo indica, basa su funcionamiento en el estudio de la refracción de la luz. Este elemento es utilizado por el enólogo para la medición de grados Brix que contienen las uvas. Estos grados, por su exactitud, son la nueva medida utilizada en la elaboración para determinar la cantidad de gramos de sacarosa que contiene la uva. Los gramos deben ser convertidos mediante una tabla de equivalencias que es suministrada y supervisada.

### **2.5. Preservantes**

Es una sustancia que inhibe la propagación y el crecimiento de microorganismos tales como bacterias y hongos. Estos productos son utilizados para prolongar la vida útil de los productos.

#### **2.5.1. Ácido cítrico**

El ácido cítrico es uno de los aditivos más utilizados por la industria alimentaria. Se obtiene por fermentación de distintas materias primas, especialmente la melaza de caña de azúcar.

El ácido cítrico es el más utilizado como un agente secuestrante. En la industria de bebidas, como preservante, saborizante y regulador del pH. También se emplea en la fabricación de bebidas instantáneas, dulces, jaleas, mermeladas y gelatinas. En la industria de lácteos es empleado como preservante y emulsionante. En aceites, en el proceso de desgomado para remoción de fosfolípidos y trazas metálicos.

Se aplica en la limpieza química de metales por su poder secuestrante, al igual que en la industria de detergentes, donde se aprovecha la formación de quelatos hidrosolubles. En la industria farmacéutica se emplea como agente regular del pH del estómago, en los productos efervescentes y en jarabes como saborizante y estabilizante.

### **2.5.2. Ácido málico**

Es el principal ácido que contienen las manzanas, algunas frutas y vegetales. El ácido málico tiene la característica de que encubre sabores residuales luego de degustar, cualidades de fijación de sabores y aromas de esencias esenciales, alta solubilidad, bajo punto de fusión para facilitar su incorporación a la fórmula y buenas propiedades coagulantes con materiales pesados.

#### **2.5.2.1. Beneficios**

- Intensifica el impacto de muchos sabores en alimentos o bebidas, reduciendo a menudo la cantidad de sabor necesitada.
- Mezcla sabores distintos, dando por resultado una experiencia redondeada del sabor.
- Amplía el impacto de algunos sabores.
- Aumenta las notas del sabor en ciertos usos de las bebidas.
- Profundiza y ensancha el perfil del sabor de muchos productos, dando por resultado una experiencia de un sabor más rico y más natural.

Las aplicaciones que se le pueden dar a este acidulante son varias, entre las que se mencionan: bebidas carbonatadas, no carbonatadas, mezclas pulverizadas, bebidas bajas en calorías, sidras y vinos, suplementos de calcio y

bebidas calcio-fortificadas, confiterías, chicles, postres, productos de panaderías, productos médicos y personales del cuidado, productos faciales a base de ácido, entre otros.

### **2.5.3. Citrato de sodio**

Es la sal trisódica de ácido cítrico y contiene dos moléculas de agua de cristalización. Se encuentra en la forma de cristales incoloros de diferentes tamaños (cristal granular, fino y extrafino). El citrato de sodio posee un sabor fresco, salino y es inodoro. Es también insoluble en alcohol y su solución acuosa es ligeramente alcalina con un pH alrededor de 8,2.

### **2.5.4. Benzoato de sodio**

El benzoato de sodio es una sal que se obtiene del ácido benzoico. Por sus propiedades antisépticas se utiliza para conservar los alimentos, matando eficientemente a la mayoría de levaduras, bacterias y hongos. Es efectivo en medios ácidos, por lo cual se utiliza en los siguientes productos: enlatados o conservas, salsas de soya, mostaza, bebidas y mermeladas.

### **2.5.5. Sorbato de potasio**

El sorbato de potasio es un conservante y antiséptico de alta eficiencia y seguridad, puede inhibir eficazmente la actividad de moho y bacterias; también puede prevenir el crecimiento y reproducción de microbios nocivos tales como botulínica, estafilococo y salmonella, entre otros. Puede alargar el tiempo de conservación y mantener el sabor original de alimentos. Se utiliza en embutidos, salsas y mayonesa, bebidas, jugos, aderezos y mermeladas.

### **2.5.6. Ácido fumárico**

El ácido fumárico se utiliza para la conservación de los alimentos por su potente acción antimicrobiana y también se utiliza como regulador del pH. Es un producto inodoro y no es higroscópico, por lo que se utiliza para productos en polvo como bebidas, gelatinas y polvos para hornear.

### **2.5.7. Ácido ascórbico (vitamina C)**

Es utilizado en muchos productos como suplemento alimenticio y como antioxidante. Es ampliamente utilizado en bebidas, gelatinas, mermeladas, entre otros.

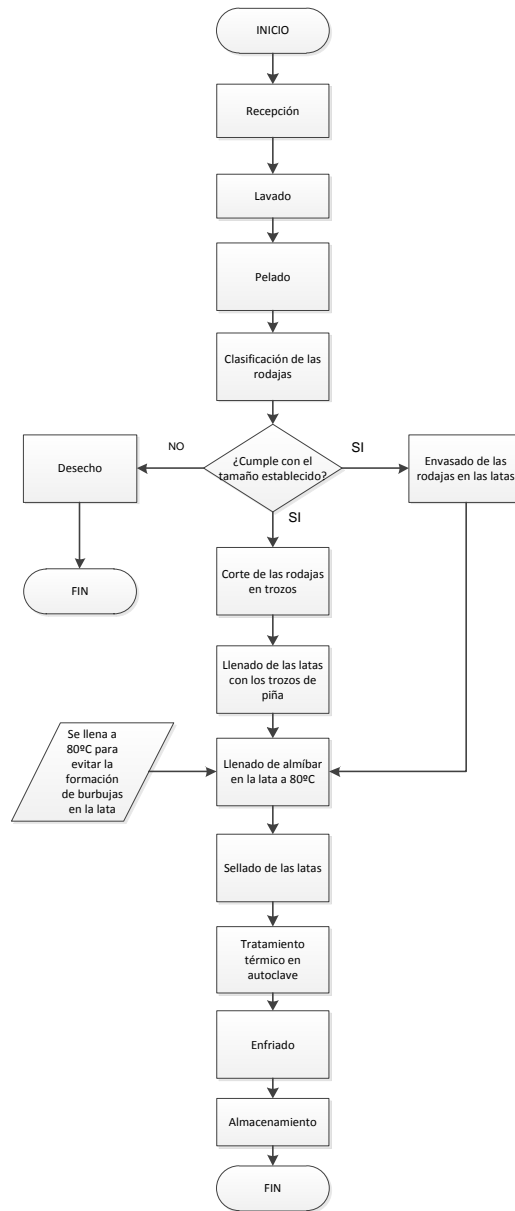
### **2.5.8. Eritorbato de sodio**

Es una sal sódica del ácido eritórbico que se utiliza como antioxidantes para embutidos y otros productos cárnicos.

## **2.6. Procesos de elaboración de piña en almíbar**

El siguiente diagrama de flujo describe el proceso a seguir en la elaboración de piña enlatada con almíbar

Figura 8. Diagrama de flujo del proceso de enlatado de la piña



Fuente: elaboración propia.

## **2.6.1. Descripción del proceso del enlatado de la piña**

Para realizar el proceso del enlatado de la piña es necesario seguir una serie de pasos, los cuales se muestran a continuación:

### **2.6.1.1. Recepción**

La materia prima llega de las fincas de las empresas dedicadas a la producción de piña, teniendo un control del calibre de madurez de la piña, para estos tipo de producción se le solicita al proveedor que la piña tenga  $\frac{3}{4}$  de madurez.

### **2.6.1.2. Lavado**

La piña es lavada con abundante agua y cloro, para la eliminación de posibles organismos incrustados en la parte exterior, eliminando así los residuos sólidos, es decir, tierra, piedras o algún otro parecido.

**Figura 9. Lavado de la piña**



Fuente: Alimentos Montesol S. A., Villa Nueva, Guatemala.

### 2.6.1.3. Pelado

La piña entra a una máquina peladora en la cual separa el eje de inflorescencia de la piña y la cáscara de la rodaja de piña, para que esta resbale hacia la clasificación de rodajas.

Figura 10. **Entrada de la piña hacia el pelador**



Fuente: Alimentos Montesol S. A., Villa Nueva, Guatemala.

Figura 11. **Peladora de piña**



Fuente: Alimentos Montesol S. A., Villa Nueva, Guatemala.



Figura 12. **Salida de las rodajas de piña del pelador**



Fuente: Alimentos Montesol S. A., Villa Nueva, Guatemala.

#### **2.6.1.4. Clasificación de las rodajas**

Los operarios clasifican las rodajas de piña que están enteras, para pasar al siguiente proceso; mientras que las que están manchadas o rotas pasan a ser material no apto para el enlatado.

Figura 13. **Clasificación de las rodajas**



Fuente: Alimentos Montesol S. A., Villa Nueva, Guatemala.

### **2.6.1.5. Corte de las rodajas en trozos**

En algunas ocasiones se vende la piña enlatada en trozos o en rodaja, dependiendo del pedido que sea solicitado.

Figura 14. **Corte de las rodajas en trozos**



Fuente: Alimentos Montesol S. A., Villa Nueva, Guatemala.

### **2.6.1.6. Envasado de los trozos o rodajas de piña**

El producto se coloca en sus latas respectivas dependiendo del tamaño de la presentación de venta del producto.

### **2.6.1.7. Llenado de almíbar**

El almíbar es agregado a las latas que contienen el producto a una temperatura de 80 °C aproximadamente, ya que de esta manera este se encuentra en estado más líquido ya que la viscosidad del almíbar disminuye; por lo tanto puede introducirse en todos los espacios vacíos que existen entre cada trozo o rodaja de piña. Si existen espacios entre cada uno, puede existir

una posible descomposición del producto, la cual puede producir pérdidas para la empresa.

Figura 15. **Llenado de almíbar en las latas**



Fuente: Alimentos Montesol S. A., Villa Nueva, Guatemala.

#### **2.6.1.8. Sellado de las latas**

Las latas se sellan a presión para que no exista ninguna filtración de aire dentro de ella y por lo tanto la fruta no se oxide.

Figura 16. **Sellado de las latas**



Fuente: Alimentos Montesol S. A., Villa Nueva, Guatemala.

### **2.6.1.9. Tratamiento térmico**

Las latas selladas son introducidas a una autoclave para eliminar cualquier microorganismo que pueda existir dentro de las latas y fuera de ellas, al igual el tratamiento térmico sirve para asentar el almíbar junto con el producto.

Figura 17. **Autoclaves para el tratamiento térmico**



Fuente: Alimentos Montesol S. A., Villa Nueva, Guatemala.

### **2.6.1.10. Enfriado**

Las latas pasan por un proceso de enfriamiento para proceder al almacenamiento.

### **2.6.1.11. Almacenamiento**

Las latas son colocadas en tarimas de maderas, para posteriormente pasar al proceso de control de calidad, tomando una lata como muestra por lote y determinar si existe alguna anomalía dentro del mismo.

Figura 18. **Almacenamiento de las latas en las tarimas**



Fuente: Alimentos Montesol S. A., Villa Nueva, Guatemala.

### 3. MARCO METODOLÓGICO

#### 3.1. Variables

Durante la investigación, recopilación y estudio de la información presente en libros de texto, artículos científicos sobre los factores que influyen en los jarabes preservantes, será necesario contar con variables dependientes e independientes para evaluar a escala laboratorio el tema planteado.

Tabla V. **Definición operacional y descripción de las variables independientes**

Núm.	Variable	Dimensional	Constante	Variable	Descripción
1	Gramos inicial del eje	g		X	Gramos del eje de la inflorescencia de la piña para su extracción posterior.
2	Volumen inicial de sustrato	mL	X		Volumen del jugo del eje de inflorescencia de la piña a utilizarse como sustituto de la sacarosa en la producción de almíbar.
3	Acidez activa inicial del sustrato	pH	X		pH inicial del jugo del eje de inflorescencia de la piña original
5	Tiempo	min		X	Tiempo de evaporación indirecta.

Fuente: elaboración propia.

Tabla VI. **Definición operacional y descripción de las variables dependientes**

Núm.	Variable	Dimensional	Descripción
1	Grados Brix	°Bx	Porcentaje en masa de los gramos de sacarosa en una solución.
3	Volumen final	mL	Volumen de la producción de almíbar realizada a escala laboratorio.
4	Acidez activa	pH	Actividad de iones hidronio en el almíbar.
6	Densidad	$\frac{g}{mL}$	Masa por unidad de volumen del almíbar producido.

Fuente: elaboración propia.

### 3.2. Delimitación del campo de estudio

Es la circunscripción específica del campo, área, línea y sector industrial de los cuales forma parte la investigación, así como el lugar, espacio físico o ambiente geográfico en donde se ejecutó dicho proyecto.

#### 3.2.1. Campo de estudio

Industria alimenticia, formulación de almíbares, preservantes, operaciones unitarias de transferencia de calor, masa, análisis cualitativo, análisis cuantitativo, bioquímica y tecnología de los alimentos.

#### 3.2.2. Etapas que conforman la investigación

- Recolección de los ejes de inflorescencia desechados del área de Producción del enlatado de la rodaja de piña.

- Extracción del jugo del eje de inflorescencia de la piña, por medio de un extractor de jugos centrífugo.
- Cuantificación de las propiedades fisicoquímicas del extracto.
- Evaluación de las características del nuevo almíbar formulado a partir del jugo del eje de inflorescencia de la piña.

### **3.2.3. Ubicación del desarrollo de la investigación**

- Laboratorio de Análisis Fisicoquímicos, Química Industrial, Centro de Investigaciones de Ingeniería, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería, edificio T-5, Ciudad Universitaria zona 12, Guatemala, C. A.
- Laboratorio de Docencia, Química General, Escuela de Formación de Profesores de Enseñanza Media, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería, edificio UTRECH, Ciudad Universitaria zona 12, Guatemala, C. A.
- Alimentos Montesol S. A., 23 avenida 41-32 zona 12, Guatemala, C. A.

### **3.3. Recursos humanos disponibles**

Investigador

Br. Pedro Rolando García Vélez



Asesora

PhD. Casta Petrona Zeceña Zeceña

Co Asesora

Licda. Ingrid Lorena Benítez Pacheco

### **3.4. Recursos materiales disponibles**

Es el conjunto de todos aquellos recursos tangibles y de consumo que fueron utilizados en el desarrollo de la investigación, tales como materias primas, reactivos, insumos, cristalería y equipo.

#### **3.4.1. Materia prima**

- Eje de inflorescencia de la piña

#### **3.4.2. Reactivos**

- Agua desmineralizada para uso industrial, agua pura Salvavidas
- Ácido ascórbico
- Sacarosa
- Soluciones tampón de pH 4, 7 y 10
- Solución salina del electrodo

### **3.4.3. Equipo de medición**

- Balanza analítica
- Potenciómetro
- Termómetro
- Refractómetro

### **3.4.4. Equipo auxiliar**

- Extractor de jugo centrífugo
- Plancha de calentamiento
- Agitador magnético
- Espátula
- Soporte universal
- Anillo para soporte

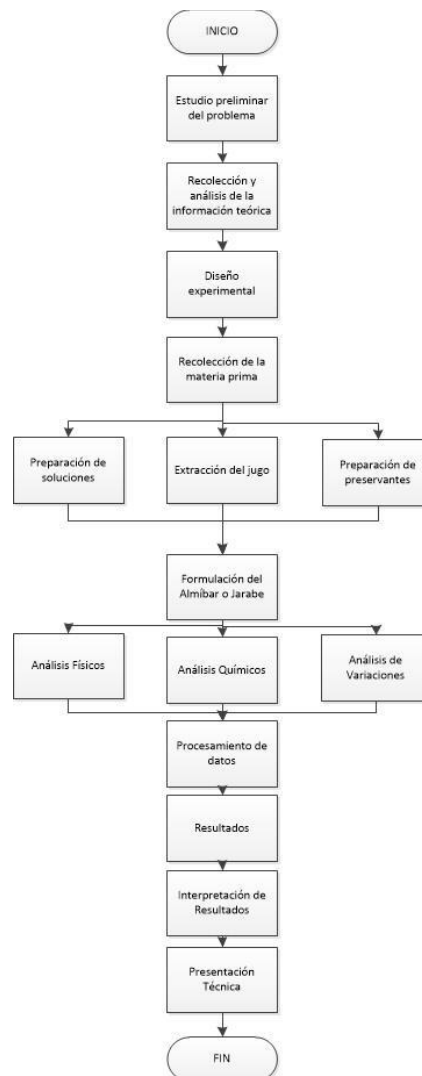
### **3.4.5. Cristalería**

- *Beacker*
- Probetas
- Embudo
- Vidrio de reloj
- Balón aforado
- Frascos ámbar
- Picnómetro
- Varilla de agitación

### 3.5. Técnica cuantitativa

La investigación a realizar, se desarrolla a través de técnicas cuantitativas con base en las variables descritas, utilizando parámetros cualitativos como apoyo en la interpretación del estudio.

Figura 19. **Diseño general de la técnica cuantitativa**



Fuente: elaboración propia.

### **3.6. Recolección y ordenamiento de la información**

Define los métodos a través de los cuales se realizó la recopilación y el ordenamiento de los datos, es decir los métodos de experimentación, necesarios para llevar a cabo la investigación.

#### **3.6.1. Preparación del sustrato**

El sustrato es la sustancia que se utilizará como reemplazo parcial o total de la sacarosa en almíbar de la rodaja de piña, a través de la evaluación de sólidos totales, nivel de acidez y otras propiedades fisicoquímicas.

##### **3.6.1.1. Obtención**

El eje de inflorescencia de la piña (*Ananás comosus*) de la variedad Cayena Lisa, con un contenido superior a 8 grados Brix, se obtuvo de la empresa Alimentos Montesol S. A., ubicada en el kilómetro 1,5 carretera a Bárcenas Villa Nueva, Guatemala.

##### **3.6.1.2. Extracción del jugo**

El jugo del eje de la inflorescencia de la piña se encuentra contenido dentro de una matriz de fibras densamente formadas.

Es necesario extraer el jugo del eje de inflorescencia de la piña a partir de un proceso mecánico de separación, para el cual se utilizará un extractor de jugos centrífugo, bajo condiciones asépticas, de la siguiente manera:

- Lavado previamente de las partes externas e internas del extractor con agua y jabón.
- Aplicación de desinfectante sobre las partes internas y externas del extractor.
- Se debe esperar un período de 5 a 10 minutos.
- Se deberá enjuagar las partes internas y externas del extractor con agua desmineralizada.
- Se deberá secar las partes internas y externas del extractor.
- Encendido del extractor.
- Alimentación del extractor con el eje de la inflorescencia de la piña.
- Recuperación del jugo extraído.
- Apagado del extractor.
- Lavado de las partes móviles y no móviles del extractor.

### **3.6.1.3. Filtración**

Para evitar la interferencia de los sólidos en suspensión durante los análisis cuantitativos, el jugo del eje de la inflorescencia de la piña deberá ser filtrado de la siguiente forma:

- Filtrado del jugo procedente directamente del extractor a través de un colador fino.
- Filtrado del jugo previamente colado a través de un filtro de tela.
- Filtrado del jugo anterior a través de un doble filtro de tela.

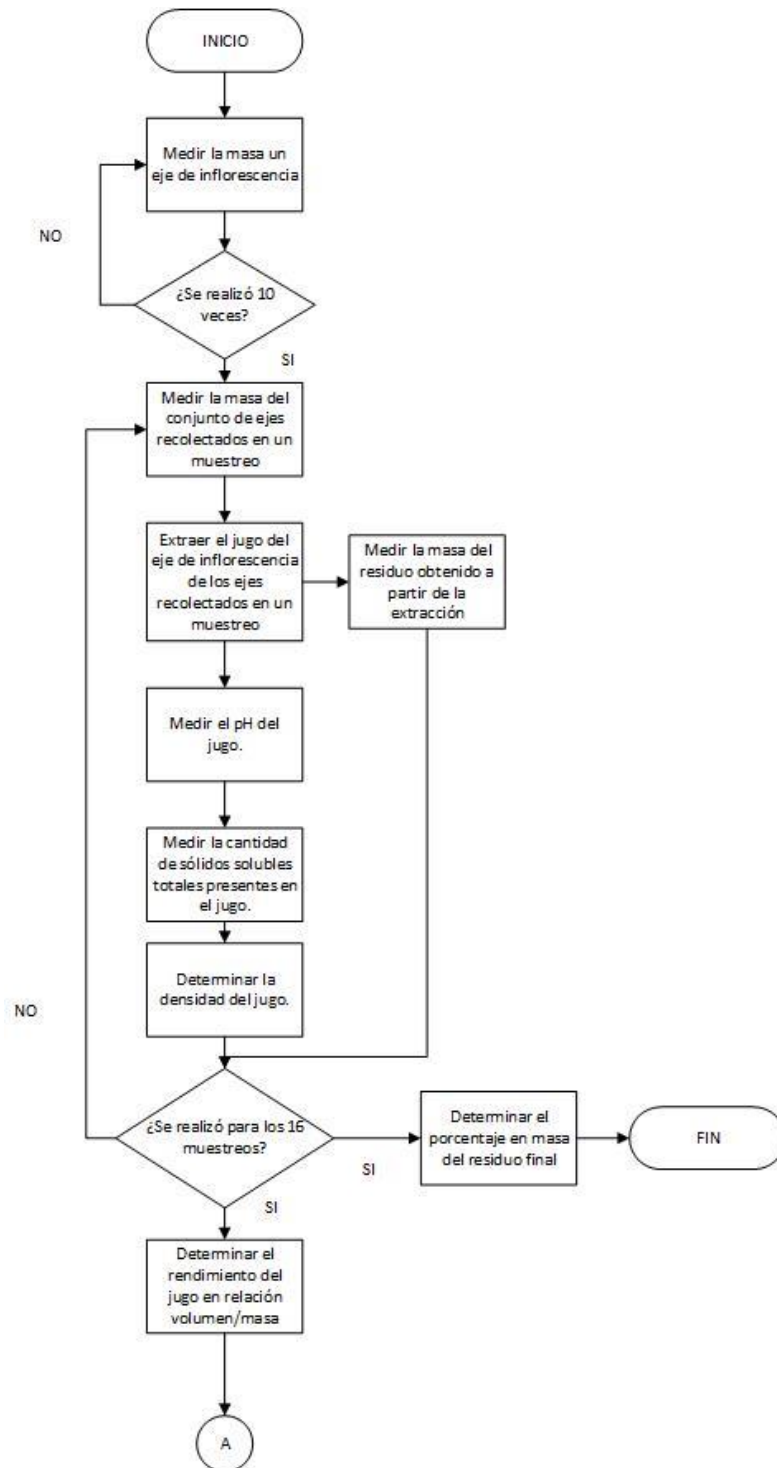
### **3.6.2. Concentración del jugo**

Se concentrará el jugo hasta una concentración que se acerque a la concentración de azúcar de los almíbares ya preparados de distintas frutas.

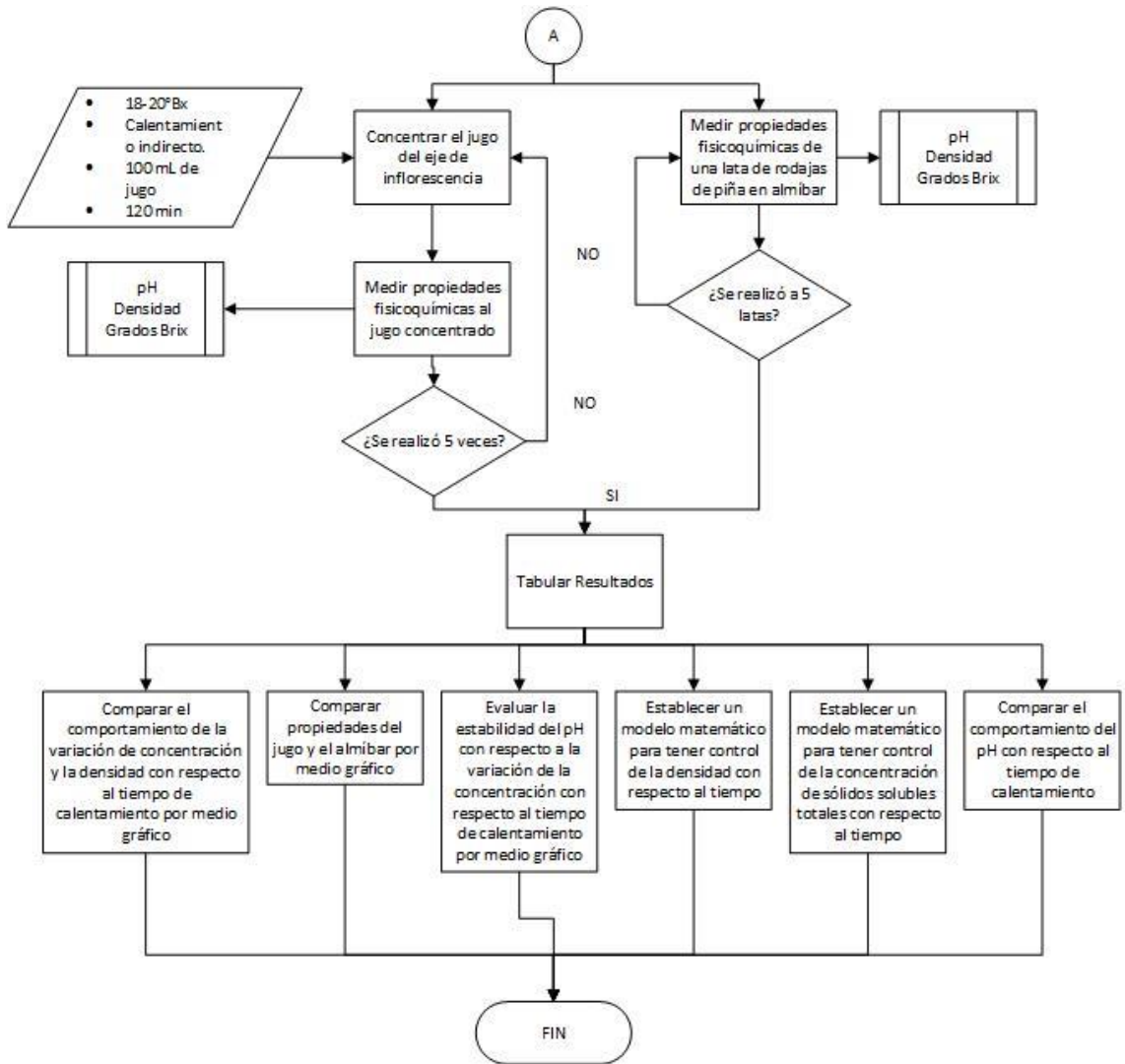
### **3.6.3. Análisis cuantitativos**

Para realizar la evaluación de las características del jugo del eje de inflorescencia como alternativa del almíbar de sacarosa, se recomienda que este cumpla con los parámetros establecidos para el almíbar utilizado en el enlatado de la rodaja de piña. Por lo que fue necesario llevarlo a un nivel de acidez entre 3,0 y 4,0 en escala de pH y una concentración de 20 y 30 °Brx.

Figura 20. Diagrama del procedimiento experimental



Continuación de la figura 20.



Fuente: elaboración propia.



### 3.7. Tabulación, ordenamiento y procesamiento de la información

Se tomarán datos de los diferentes análisis químicos para establecer el comportamiento de una mezcla entre el jugo del eje de inflorescencia de la piña, el ácido ascórbico y la sacarosa en función de la variación de las concentraciones de las soluciones acuosas. Sin embargo, se realizará una evaluación de almacenamiento del almíbar formulado a diferentes temperaturas para cada uno de los tratamientos.

#### 3.7.1. Rendimiento del jugo del eje de inflorescencia con respecto a la masa promedio de los ejes recolectados

A continuación se muestran las tablas que fueron utilizadas para la tabulación de los datos experimentales:

Tabla VII. **Rendimiento de la obtención del jugo extraído del eje de inflorescencia de la piña en función del rendimiento de recuperación**

Núm.	Masa inicial (g)	Masa final (g)	Volumen (mL)	Grados Brix (°Brix)	pH
1					
2					
3					
4					
5					

Fuente: elaboración propia.

Tabla VIII. **Propiedades fisicoquímicas con respecto al tiempo de calentamiento de una muestra de jugo del eje de la inflorescencia de la piña (1)**

Tiempo (min)	Grados Brix (°Brix)	pH	Densidad ( $\frac{g}{mL}$ )
0			
20			
40			
60			
80			
100			
120			

Fuente: elaboración propia.

Tabla IX. **Propiedades fisicoquímicas con respecto al tiempo de calentamiento de una muestra de jugo del eje de la inflorescencia de la piña (2)**

Tiempo (min)	Grados Brix (°Brix)	pH	Densidad ( $\frac{g}{mL}$ )
0			
20			
40			
60			
80			
100			
120			

Fuente: elaboración propia.

Tabla X. **Propiedades fisicoquímicas con respecto al tiempo de calentamiento de una muestra de jugo del eje de la inflorescencia de la piña (3)**

Tiempo (min)	Grados Brix (°Brix)	pH	Densidad ( $\frac{g}{mL}$ )
0			
20			
40			
60			
80			
100			
120			

Fuente: elaboración propia.

Tabla XI. **Propiedades fisicoquímicas con respecto al tiempo de calentamiento de una muestra de jugo del eje de la inflorescencia de la piña (4)**

Tiempo (min)	Grados Brix (°Brix)	pH	Densidad ( $\frac{g}{mL}$ )
0			
20			
40			
60			
80			
100			
120			

Fuente: elaboración propia.

Tabla XII. **Propiedades fisicoquímicas con respecto al tiempo de calentamiento de una muestra de jugo del eje de la inflorescencia de la piña (5)**

Tiempo (min)	Grados Brix (°Brix)	pH	Densidad ( $\frac{g}{mL}$ )
0			
20			
40			
60			
80			
100			
120			

Fuente: elaboración propia.

Tabla XIII. **Propiedades fisicoquímicas de una muestra del almíbar de sacarosa obtenido de una lata de piña en almíbar de Alimentos Montesol S. A. (1)**

Repeticiones	Grados Brix (°Brix)	pH	Densidad ( $\frac{g}{mL}$ )
1			
2			
3			
4			
5			

Fuente: elaboración propia.

Tabla XIV. **Propiedades fisicoquímicas de una muestra del almíbar de sacarosa obtenido de una lata de piña en almíbar de Alimentos Montesol S. A. (2)**

Repeticiones	Grados Brix (°Brix)	pH	Densidad ( $\frac{g}{mL}$ )
1			
2			
3			
4			
5			

Fuente: elaboración propia.

Tabla XV. **Propiedades fisicoquímicas de una muestra del almíbar de sacarosa obtenido de una lata de piña en almíbar de Alimentos Montesol S. A. (3)**

Repeticiones	Grados Brix (°Brix)	pH	Densidad ( $\frac{g}{mL}$ )
1			
2			
3			
4			
5			

Fuente: elaboración propia.

Tabla XVI. **Propiedades fisicoquímicas de una muestra del almíbar de sacarosa obtenido de una lata de piña en almíbar de Alimentos Montesol S. A. (4)**

Repeticiones	Grados Brix (°Brix)	pH	Densidad ( $\frac{g}{mL}$ )
1			
2			
3			
4			
5			

Fuente: elaboración propia.

Tabla XVII. **Propiedades fisicoquímicas de una muestra del almíbar de sacarosa obtenido de una lata de piña en almíbar de Alimentos Montesol S. A. (5)**

Repeticiones	Grados Brix (°Brix)	pH	Densidad ( $\frac{g}{mL}$ )
1			
2			
3			
4			
5			

Fuente: elaboración propia.

### 3.8. Análisis estadístico

Se utilizó según el diseño experimental un análisis factorial para el cual con los datos obtenidos, despejará dudas acerca de la relación entre variables y la influencia de las mismas en la investigación.

#### 3.8.1. Análisis de varianza de dos factores

Esta prueba se basa en ecuaciones generales para el análisis de varianza de un experimento de dos factores, que es un método de análisis de mediciones en los que se varían dos variables simultáneamente, como en este caso, que son el tiempo de calentamiento y las propiedades fisicoquímicas de cada muestra de jugo. Utilizando observaciones repetitivas en un diseño completamente aleatorizado, se considera el caso de “n” réplicas de las combinaciones de tratamientos determinadas por a niveles del factor “a” y “b” niveles del factor b; se supone que la población tiene distribución normal.

Tabla XVIII. **Diseño de experimento de dos factores con n réplicas**

Tiempo (min)	Repeticiones				Totales	Media	Desviación	Coeficiente de variación
	1	2	3	b				
0	Z(ijx)	Z(ijx)	Z(ijx)	Z(ijx)	$T_i$	$y_i$	$s_i$	$\sigma_i$
20	Z(ijx)	Z(ijx)	Z(ijx)	Z(ijx)	$T_i$	$y_i$	$s_i$	$\sigma_i$
a	Z(ijx)	Z(ijx)	Z(ijx)	Z(ijx)	$T_i$	$y_i$	$s_i$	$\sigma_i$
Totales	$T_j$	$T_j$	$T_j$	$T_j$	$\sum T_i = \sum T_j$			
Media	$y_j$	$y_j$	$y_j$	$y_j$		$\sum y_i$ $= \sum y_j$		
Desviación	$s_j$	$s_j$	$s_j$	$s_j$				
Coeficiente de variación	$\sigma_j$	$\sigma_j$	$\sigma_j$	$\sigma_j$				

Fuente: WALPOLE, Ronald E. *Probabilidad y estadística para ingenieros*. p. 509.

Tabla XIX. **Arreglo rectangular para tratamientos para las dos mezclas**

	Concentración promedio	pH promedio	Densidad promedio (g/mL)
Almíbar	$x_a$	$pH_a$	$\bar{\rho}_a$
Jugo del eje	$x_j$	$pH_j$	$\bar{\rho}_j$
Error absoluto	$ x_a - x_j $	$ pH_a - pH_j $	$ \bar{\rho}_a - \bar{\rho}_j $
Error relativo	$\frac{E_{aBrix}}{x_a}$	$\frac{E_{aPH}}{pH_a}$	$\frac{E_{a\rho}}{\rho_a}$

Fuente: WALPOLE, Ronald E. *Probabilidad y estadística para ingenieros*. p. 509.

Para el análisis estadístico de los datos obtenidos, se hará uso de las medidas de tendencia central y de dispersión, necesarias para representar los resultados.

### 3.8.2. Medidas de tendencia central

Para la determinación de un error por precisión es necesario emplear los siguientes métodos.

#### 3.8.2.1. Media aritmética

La media aritmética de un conjunto de valores  $\{x_1, x_2, \dots, x_i\}$  de una variable  $x$  viene determinada por la suma de dichos valores, dividida por el número de la muestra ( $n$ ), representada matemáticamente de la siguiente forma:<sup>3</sup>

$$x_p = \frac{\sum x_i}{n}$$

<sup>3</sup> JOHNSON, Robert. *Estadística elemental*. p. 64.



### 3.8.3. Medidas de dispersión

Describen la cantidad de dispersión, o variabilidad que se encuentra entre los datos. El agrupamiento entre los datos indica una dispersión baja y viceversa.

#### 3.8.3.1. Varianza

Es la media de las desviaciones ( $x$ ) al cuadrado respecto a la media aritmética ( $x_p$ ) de una distribución estadística.<sup>4</sup>

$$S^2 = \frac{\sum(x-x_p)^2}{n-1}$$

Donde, n es el tamaño de la muestra.

#### 3.8.3.2. Desviación estándar

La desviación estándar es la raíz cuadrada positiva de la varianza. Es decir, la raíz cuadrada de la media de los cuadrados de las puntuaciones de desviación.<sup>5</sup>

$$S = \sqrt{S^2}$$

---

<sup>4</sup> JOHNSON, Robert. *Estadística elemental*. p. 66.

<sup>5</sup> Op. Cit. p. 67.

### **3.9. Plan de análisis de los resultados**

Los resultados por obtener serán analizados mediante el método objetivo, en el cual solo es requerido observar los hechos reales y rechaza todo aquello que es de carácter subjetivo, para analizar y concluir objetivamente.

#### **3.9.1. Métodos y modelos de los datos**

Los datos por obtener serán analizados de forma gráfica, matemática y estadísticamente, con el fin de evaluar objetivamente las características del jugo del eje de la inflorescencia de la piña, al utilizarlo como sustituto de la sacarosa en la producción de almíbar de azúcar.

#### **3.9.2. Programas para el análisis de datos**

Se utilizará el sistema operativo Windows 8 Professional así como los siguientes programas:

- Microsoft Word: permitirá crear y editar documentos profesionales
- Microsoft Excel: permitirá procesar, graficar y analizar información
- Microsoft Visio: permitirá crear, editar y compartir diagramas
- Microsoft PowerPoint: permitirá crear y editar presentaciones



## 4. RESULTADOS

Tabla XX. **Rendimiento promedio del jugo del eje de inflorescencia de la piña (*Ananás comosus*) y porcentaje de reducción de residuos sólidos después de la extracción**

Residuo	Residuo (kg)	Jugo (mL)	Rendimiento (mL/kg)	Desecho Final (g)	Porcentaje de reducción de residuos sólidos
Eje de inflorescencia	13,08	4 231,25	345,50	109,56	99,16 %

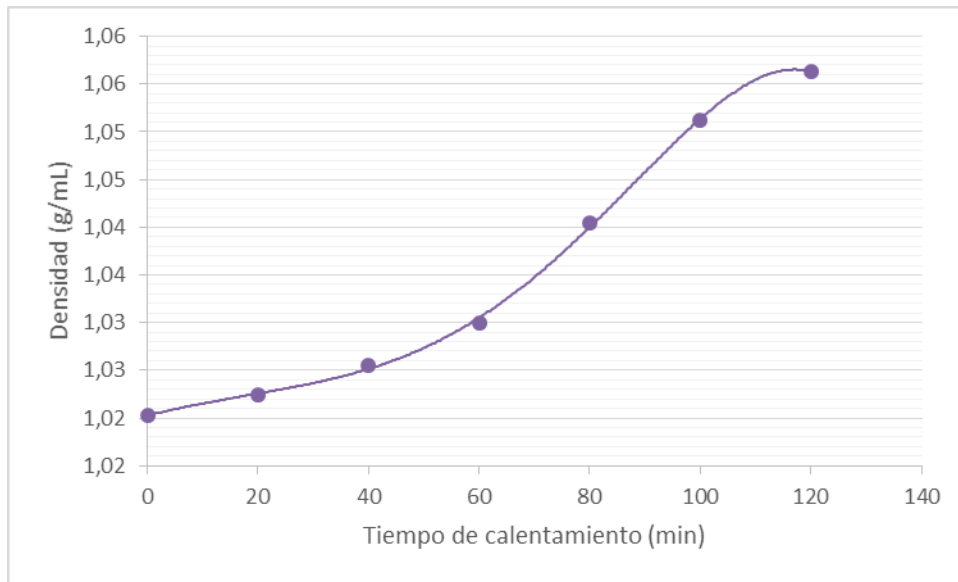
Fuente: elaboración propia.

Tabla XXI. **Propiedades fisicoquímicas del jugo del eje de inflorescencia después de ser extraído**

Residuo	pH	Sólidos Solubles totales (°Bx)	Densidad (g/mL)
Eje de inflorescencia	4,61	11,23	2,89

Fuente: elaboración propia.

Figura 21. **Comportamiento de la densidad del jugo del eje de inflorescencia en función al tiempo de calentamiento**



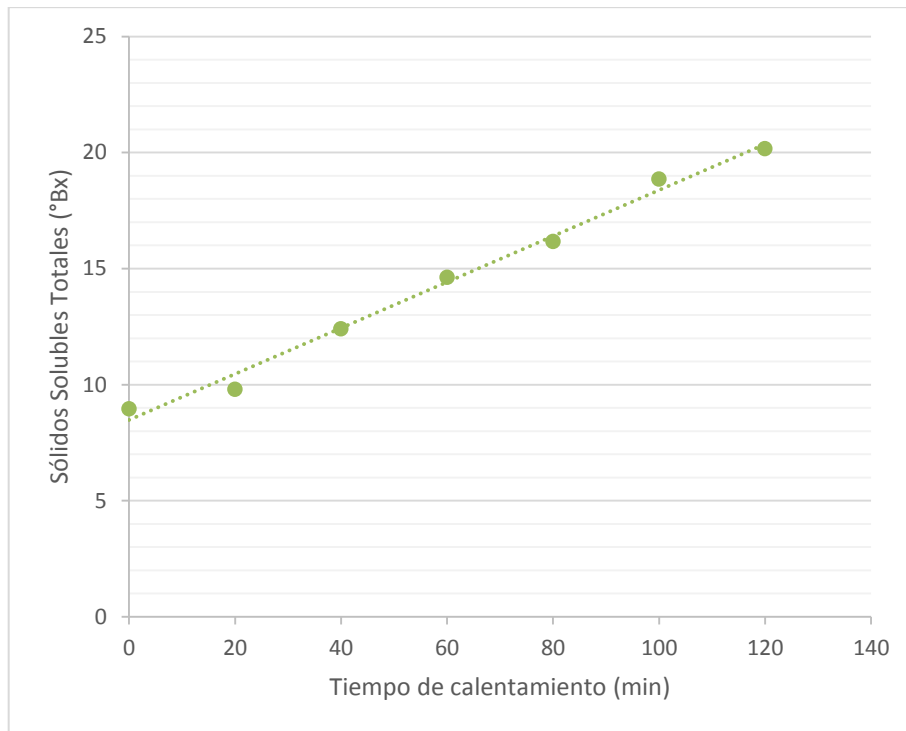
Fuente: elaboración propia, con Microsoft Excel 2013.

Tabla XXII. **Descripción de la figura 21**

Color	Modelo matemático	R <sup>2</sup>	Intervalo de validez
	$\rho = -6 \times 10^{-12}t^5 + 1 \times 10^{-9}t^4 - 5 \times 10^{-10}t^3 - 2 \times 10^{-06}t^2 + 0,0001t + 1,0203$	0,9995	[0 - 120]min

Fuente: figura 21, elaboración propia.

Figura 22. **Variación de la concentración de los sólidos solubles totales presentes en el jugo del eje de inflorescencia, en función del tiempo de calentamiento**



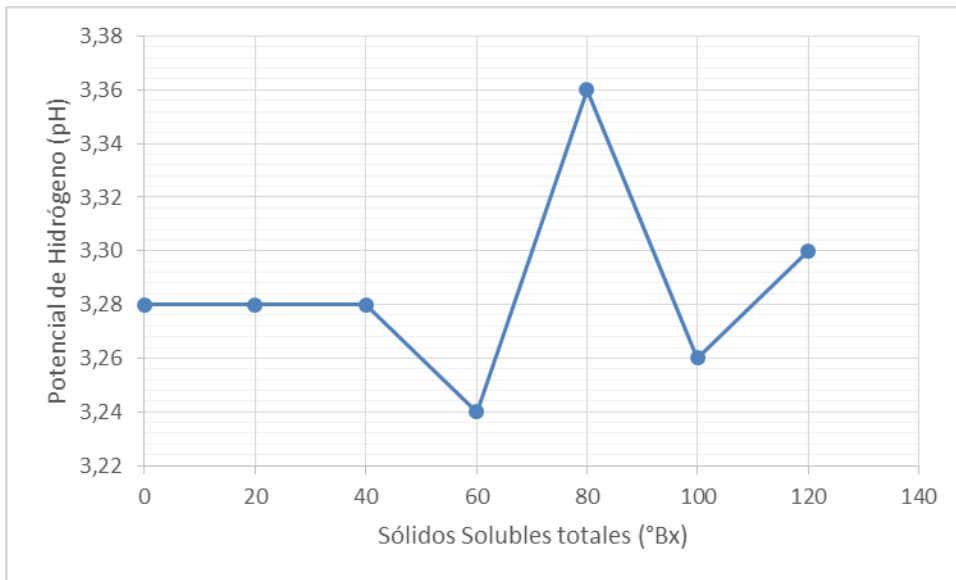
Fuente: elaboración propia, con Microsoft Excel 2013.

Tabla XXIII. **Descripción de la figura 22**

Color	Modelo matemático	R <sup>2</sup>	Intervalo de validez
	$^{\circ}\text{Bx} = 0,0991(t) + 8,4786$	0,9907	[0 - 120]min

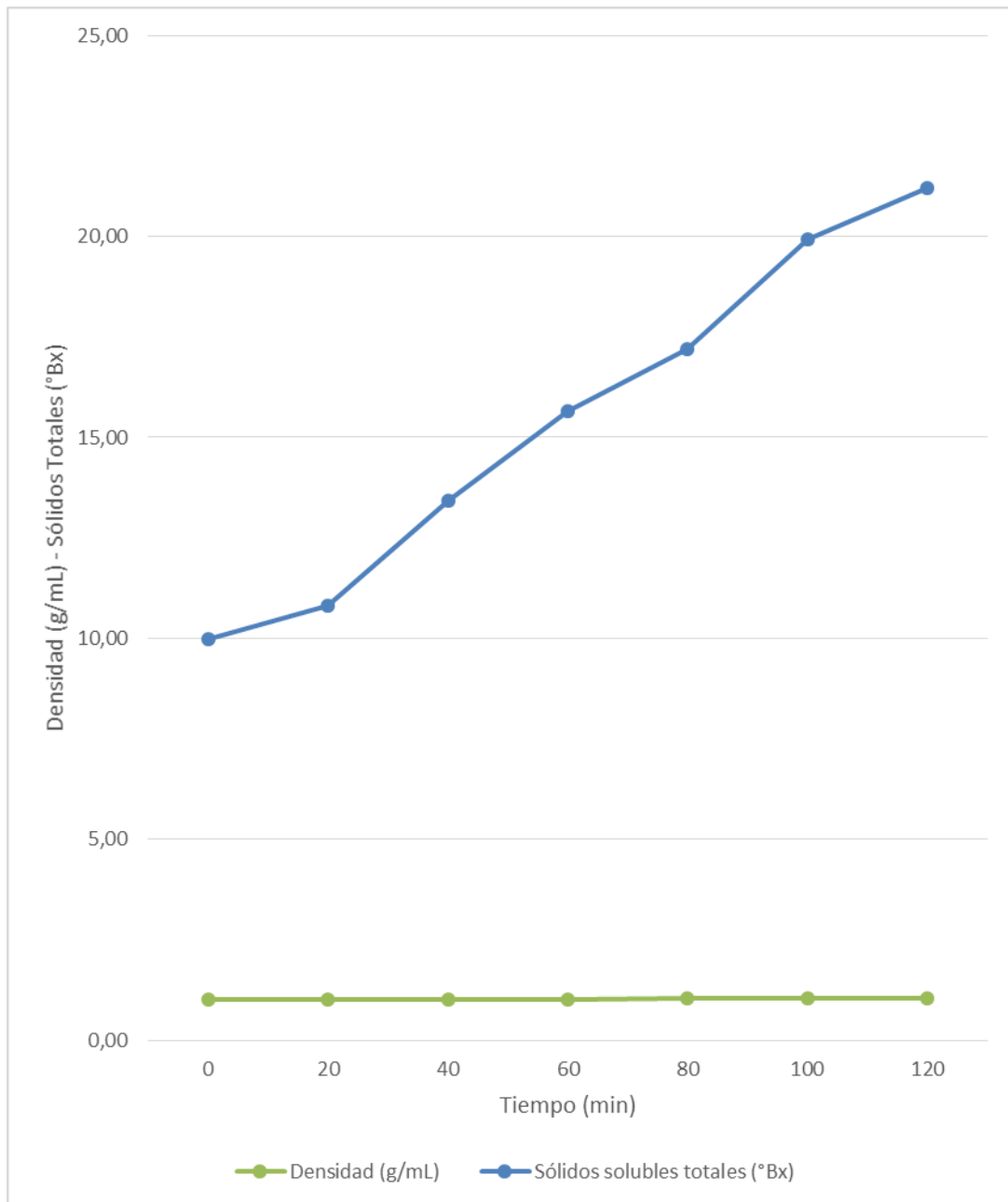
Fuente: figura 22, elaboración propia.

Figura 23. **Estabilidad del potencial de hidrógeno (pH) en función del tiempo de calentamiento y la variación de la concentración**



Fuente: elaboración propia, con Microsoft Excel 2013.

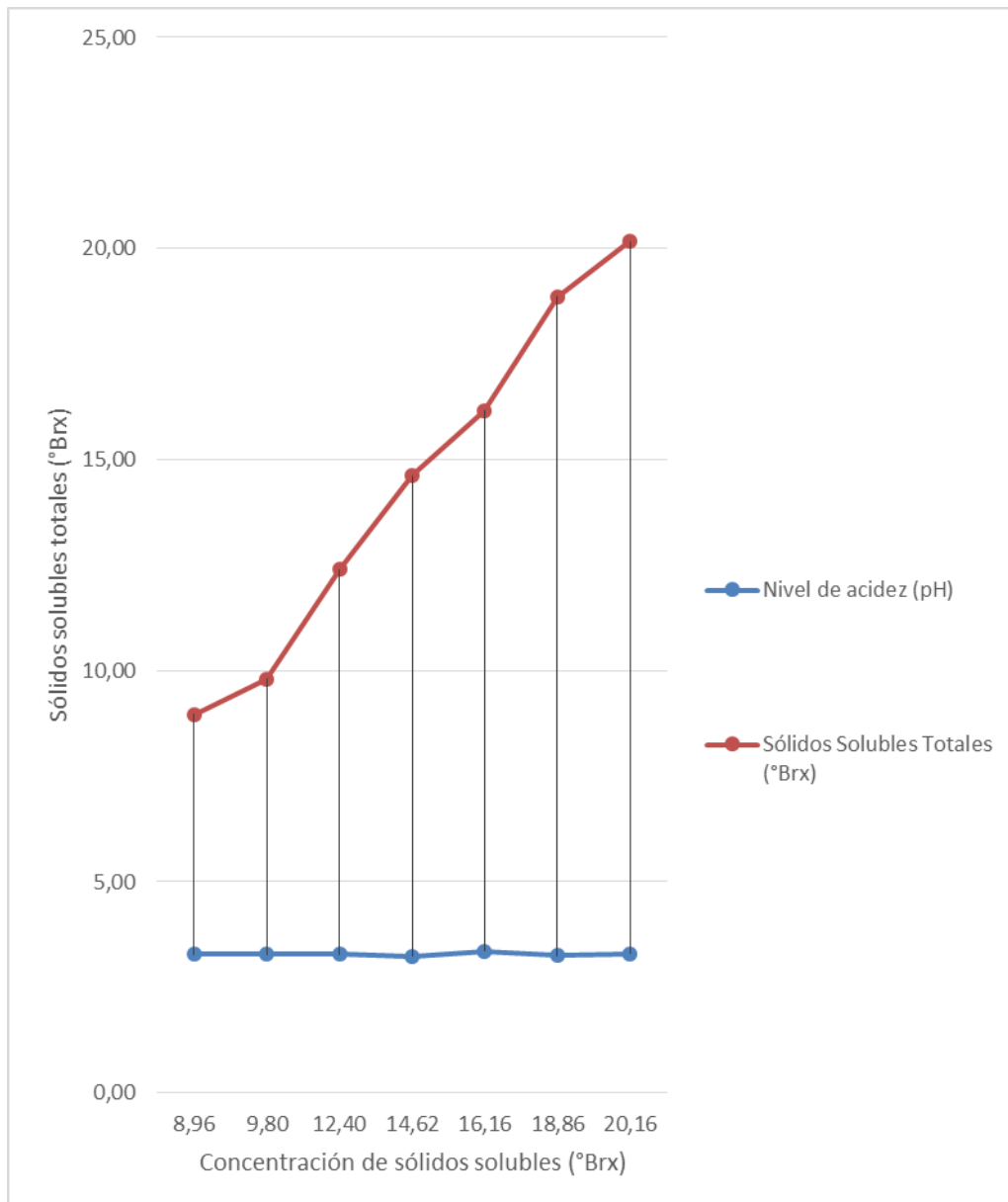
Figura 24. **Comparación entre el comportamiento de la concentración de sacarosa y la densidad, conforme aumenta la concentración**



Fuente: elaboración propia, con Microsoft Excel 2013.

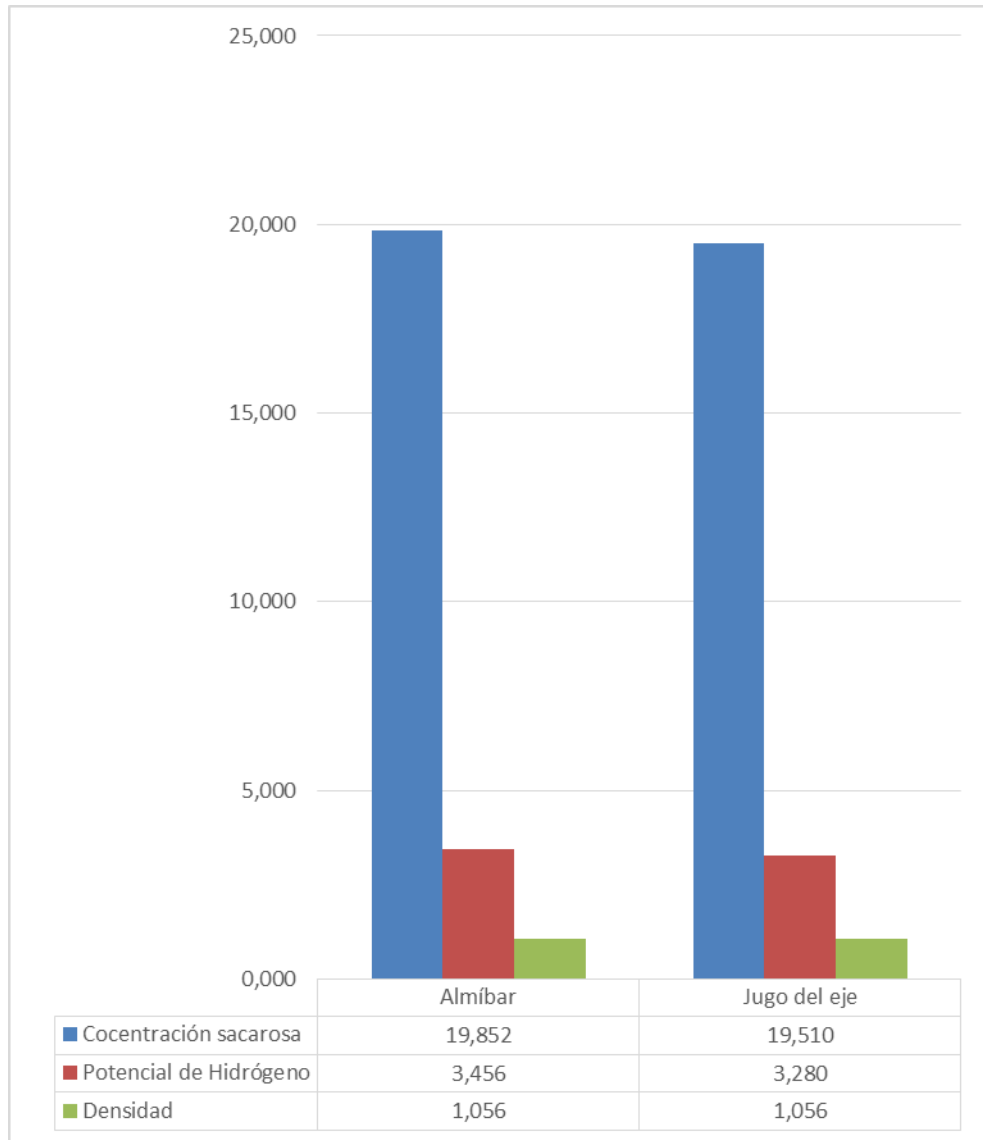


Figura 25. **Estabilidad del nivel de acidez en el jugo del eje de inflorescencia con respecto a la variación de concentración de sólidos solubles totales (°Brx)**



Fuente: elaboración propia, con Microsoft Excel 2013.

Figura 26. **Comparación del contenido de sacarosa en el almíbar y en el jugo del eje de inflorescencia con respecto a las propiedades fisicoquímicas**



Fuente: elaboración propia, con Microsoft Excel 2013.



## 5. INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

Actualmente, Guatemala es un país productor de alimentos agrícolas, tales como frutas y verduras, los cuales son procesados de manera que puedan ser preservados para un consumo posterior.

Los frutos, debido a su composición bioquímica, cuentan con cierto nivel de microorganismos vivos presentes, los cuales al tener contacto con el medio ambiente logran un crecimiento poblacional, provocando disminución en los nutrientes del fruto y llevándolo a la descomposición total. Las industrias que se dedican a la preservación de alimentos han desarrollado mecanismos para la conservación de los mismos, una de ellas es la utilización de almíbares, soluciones ácidas de sacarosa con un potencial de hidrógeno (pH), de 3,0 a 4,0, valores relativamente bajos en una escala de 0 a 14. Regularmente, para mantener esos niveles las industrias utilizan ácidos orgánicos comestibles tales como, ácido ascórbico ( $C_6H_8O_6$ ), ácido cítrico ( $C_6H_8O_7$ ), ácido málico ( $C_4H_6O_5$ ), citrato de sodio ( $Na_3C_6H_5O_7$ ) o bien benzoato de sodio ( $C_6H_5COONa$ ). Todo producto es envasado, sellado y esterilizado previo a la comercialización para el consumo.

En Guatemala hay distintas industrias que se dedican a la preservación de alimentos agrícolas por medio de la utilización de almíbares. Uno de los productos utilizados es la piña, la cual es una planta perenne proveniente de la familia de las bromeliáceas, principalmente cultivadas en América del Sur. La piña en Guatemala es comercializada como fruto entero o bien enlatada en almíbar. El porcentaje de una piña utilizada para la comercialización es de 35 %

de su totalidad en masa, teniendo un 65 % de residuos sólidos, conformados por el eje de inflorescencia y la cáscara con retazos del cuerpo de la piña.

Se realizó la propuesta de utilizar el jugo del eje de inflorescencia como alternativa del almíbar de sacarosa, utilizado actualmente en la producción del enlatado de la rodaja de piña para aprovechar y disminuir la cantidad en masa de los residuos sólidos.

Para la determinación del rendimiento del volumen del jugo con respecto a la masa del eje de inflorescencia, se realizaron dieciséis muestreos de recolección de desechos sólidos en la Industria de Alimentos Montesol S. A., en los cuales se midió la masa de los centros, teniendo en promedio un aproximado de 166 centros por cada kilogramo. Valor que puede variar dependiendo a la temporada y al tamaño del producto que se obtengan; de igual manera se determinó una longitud promedio del eje de 13,0 cm aproximadamente.

El rendimiento del jugo del eje de inflorescencia de la piña (*Ananás comosus*), se determinó a partir del promedio de la masa de los centros medidos, el cual equivale a 13,08 kg. En promedio se obtuvieron 4 231,25 mL (4,23 L) de jugo. El rendimiento volumen/masa es de 345,50 mL/kg.

Debido a la extracción del jugo se aprovecharon los residuos sólidos generados. Ya que, hubo una reducción del 99,16 % de su masa inicial. El 0,84 % restante puede ser utilizado para la alimentación de ganado.

En el jugo obtenido se determinó un pH de 4,61 y sólidos solubles totales promedio ( $^{\circ}\text{Bx}$ ) de 11,23  $^{\circ}\text{Bx}$ , que indican el nivel de acidez y la concentración de azúcares respectivamente. Los azúcares presentes en el jugo del eje de

inflorescencia de la piña son en mayor proporción de sacarosa, y en menor proporción la fructosa y glucosa.

Debido a que los almíbares son soluciones de sacarosa con un rango de concentración de aproximadamente 18 a 27 °Brx y un pH de 3,0 a 4,0. Se realizó la disminución de agua presente en el jugo por medio de un proceso de evaporación. La evaporación se realizó de forma indirecta por convección térmica utilizando el método de baño de María (*Balneum Mariae*), con el propósito de que existiera un calentamiento uniforme y que la concentración del jugo no llegara a estado de sequedad y formara una textura caramelizada.

Sin embargo, se formaron partes microscópicas de caramelo, que cambió el aroma del jugo con respecto a su olor inicial.

Se compararon las propiedades fisicoquímicas del almíbar de sacarosa utilizado en el enlatado de la rodaja de piña con respecto al jugo del eje de inflorescencia.

El nivel de concentración de sólidos solubles totales promedio presentes en el almíbar y en el jugo del eje de inflorescencia es de 19,852 °Brx y 19,510 °Brx, respectivamente. Lo que equivale a una diferencia de 0,342 °Brx. (figura 26) y un error relativo del 1,72 % (tabla XXXIV). Ya que los almíbares utilizados en la industria utilizan un rango de concentración de 18 a 27 °Brx, el almíbar propuesto cumple con la cantidad de sólidos solubles requeridos.

La densidad promedio del almíbar utilizado en el enlatado y el almíbar realizado a partir del jugo del eje de inflorescencia, tiene una diferencia de 0,0007 g/mL y un error relativo del 0,07 % (tabla XXXIV), valor que no

representa variación de densidades entre almíbares, y establece que el almíbar propuesto cumple con la misma propiedad promedio (figura 26).

El nivel de acidez presente en el almíbar utilizado actualmente en la industria con respecto al almíbar que se propone a partir del eje de inflorescencia de la piña (figura 26). Según la figura existe una diferencia de 0,18 en pH lo que establece que el pH del jugo indica mayor acidez y un error relativo de 5,09 % (tabla XXXIV). Por tanto se determina que no hay probabilidad de que exista un crecimiento microbiológico dentro del mismo.

Se comparó el comportamiento de la concentración del jugo del eje de la inflorescencia con respecto al comportamiento de la densidad durante el tiempo de calentamiento. La densidad se comportó de forma estable, sin embargo, tuvo un incremento de 1,020 g/mL a 1,056 g/mL, debido al calentamiento que afectó al jugo ocasionando un incremento de temperatura y por lo tanto un incremento de densidad (figura 24).

De la misma manera que se comparó el comportamiento de la variación de la concentración del jugo del eje de inflorescencia con respecto a la densidad, se comparó con respecto al nivel de acidez que contenía (figura 25). Se observó que el pH se mantiene de forma estable, mientras se va variando la concentración de una solución, al igual que no muestra variación con respecto de la temperatura durante un trayecto de 120 min. Al observar que no existe variación con respecto a los dos parámetros mencionados, se establece que el jugo no sufrirá cambios en el nivel de acidez al ser envasado y al ser esterilizado. Ya que estos son tratados a temperaturas de 80 °C y a 120 °C o más, respectivamente.

El ácido ascórbico alimenticio (vitamina C) es el preservante y antioxidante utilizado en el almíbar con el que conservan la piña. Cada lata cuenta con aproximadamente 140,0 mg por cada 100 g de producto; en cambio el jugo del eje de inflorescencia cuenta con 47,80 mg por cada 100 g de vitamina C, siendo aproximadamente un 34,14 % de lo que ellos están acostumbrados a utilizar; no obstante, el nivel de acidez del jugo del eje es mayor, es decir es más ácido. Por lo que el crecimiento de microorganismos en el jugo sería menos probable, debido a que la probabilidad de crecimiento de los mismos a un pH inferior a 3,4 es menor.

Se observó el comportamiento de la densidad conforme el tiempo de calentamiento y la variación de la concentración (figura 21). Teniendo un modelo matemático polinomial de grado 5 con respecto al tiempo. La densidad es una propiedad que varía con respecto a la variación de la temperatura. Por tanto dicho modelo matemático es de utilidad para mantener el almíbar formulado con las características establecidas, con el almíbar actualmente utilizado en la producción del enlatado de la rodaja de piña.

Se obtuvo un modelo matemático de ese grado ya que fue el que más se adecuaba al comportamiento de los puntos teniendo así una correlación de 0,9995, tomando en cuenta un dominio de 0 a 120 minutos.

Se observó el comportamiento de la variación de la concentración de los sólidos solubles totales presentes en el jugo del eje de inflorescencia, con respecto al incremento de temperatura (figura 22). Se estableció un comportamiento directamente proporcional, es decir que la concentración aumentará conforme aumenta el tiempo de calentamiento.



Se determinó un modelo matemático lineal,  $^{\circ}\text{Bx} = 0,0991 (t) + 8,4786$  con el cual se podrá utilizar para establecer el tiempo que requiere el jugo para llegar a una concentración deseada. La cantidad de jugo utilizada para establecerlo fue de 100 mL. Por lo que el tiempo será proporcional a la cantidad de jugo a concentrar.

Es necesario realizar la evaporación indirecta, ya que si se realiza de forma directa disminuye el tiempo de concentración, pero a la vez afecta la textura y el aroma del almíbar ya que este se carameliza. La gráfica obtenida tiene una correlación de 0,9907 lo cual establece confiabilidad en ella dentro de un intervalo de validez de 0 a 120 min del tiempo de calentamiento. La temperatura del agua utilizada en la evaporación indirecta se mantuvo en el punto de ebullición previo a la formación de burbujas (90 °C).

Durante el calentamiento se fue midiendo el pH con respecto al tiempo en el cual se mantuvo en contacto directo con el agua y en contacto indirecto con el calentamiento de la plancha, con el propósito de observar y evaluar la estabilidad mientras existía una variación de concentración de los sólidos solubles totales y una variación de temperatura.

En el comportamiento del pH con respecto a la temperatura (figura 23), se observó que se mantiene en un mínimo de 3,20 y un máximo de 3,36. Y esto se debe a que la concentración de vitamina C no se ve afectada por el incremento de temperatura; y esto se debe a que la cantidad de vitamina C se mantiene diluida en el jugo, ya que no sobrepasa el límite de solubilidad en agua de 33,0 g por cada 100 mL.

Debido a la presencia de vitamina C en los alimentos como preservante y antioxidante de los mismos debe cumplir con un porcentaje en masa y un pH no

mayor a 4,0. Se considera no necesario el agregar más de la misma, ya que esta disminuiría el pH del jugo a un valor menor a 3,0 y ya no sería del agrado del consumidor ingerir un alimento muy ácido; sin embargo, en la mayoría de los casos el crecimiento microbiológico no ocurre en ese nivel de acidez.

En la medición de las propiedades fisicoquímicas del almíbar de sacarosa utilizado actualmente en el enlatado de piña. La concentración de sacarosa promedio tuvo un porcentaje promedio de precisión de 4,45 % (tabla XXXI), el pH 3,28 % (tabla XXXII) y la densidad 0,40 % (tabla XXXIII), valores que establecen la confiabilidad de los métodos utilizados y por tanto la de los datos utilizados.

En la variación de la concentración con respecto al tiempo de calentamiento, se obtuvieron variaciones de precisión en las diferentes corridas teniendo como un error máximo de 7,17 % y un error mínimo de 3,76 %. (tabla XXXV) Con respecto al pH presente se obtuvo un error máximo de 4,65 % y un error mínimo de 1,36 %, (tabla XXXVI), esto es debido a que el pH se mantuvo estable durante el tiempo de calentamiento. De la misma manera se comportó la densidad del jugo a pesar de que la densidad depende de la temperatura, el error máximo promedio de precisión obtenido fue de 0,42 % y un error mínimo de 0,09 % (tabla XXXVII). Por tanto se establece validez de datos, debido a que ninguno de los procedimientos supera el nivel de confianza del 10 %.

El jugo del eje de inflorescencia como alternativa del almíbar de sacarosa utilizado actualmente en la industria, es una opción viable en nutrientes, ya que el producto que se comercialice sería 100 % natural sin preservantes artificiales.

De la misma manera es una opción ecológica, debido a que existiría aprovechamiento mayor de los recursos naturales y contribuiría con la

reducción de residuos sólidos en Guatemala y el medio ambiente. Sin embargo, el residuo de la extracción del jugo tendría la misma función que tenían los ejes en sí después de su separación del fruto, el cual es alimentación de ganado.

## CONCLUSIONES

1. Fue posible evaluar a escala laboratorio las características del jugo del eje de inflorescencia (*Ananás comosus*), proveniente de los residuos sólidos de los productos de la industria alimenticia, como alternativa del almíbar de sacarosa, utilizado en el enlatado de la rodaja de piña, bajo el diseño experimental previamente plantado.
2. Con la extracción del jugo, se obtuvo una disminución de los residuos sólidos obtenidos, debido a que su porcentaje másico de desechos final fue del 0,84 %. Teniendo así un rendimiento másico del jugo del 99,16 %.
3. Se aumentó la concentración del jugo del eje de inflorescencia hasta un promedio de 19,510 °Brx, siendo esta menor a la concentración del almíbar de sacarosa utilizada, con una diferencia de 0,342 °Brx.
4. La densidad promedio final de las muestras del jugo del eje de inflorescencia a 19,510 °Brx, muestra una diferencia de 0,0007 g/mL mayor con respecto al almíbar de sacarosa a 19,852 °Brx.
5. La densidad del jugo del eje de inflorescencia con respecto al almíbar de sacarosa utilizado se considera aceptable, ya que tiene un error relativo del 0,07 %.
6. En la comparación del comportamiento de la concentración del jugo del eje de inflorescencia con respecto al comportamiento del pH durante el

tiempo de calentamiento, se determinó un crecimiento lineal y una estabilidad respectivamente.

7. Debido a que el jugo se mantiene estable durante la concentración del mismo y al incremento lineal de temperatura, no ocurrirán cambios en el nivel de acidez en los procesos de envasado y esterilizado.
8. Siendo aproximadamente un 34,14 % de la vitamina C utilizada en el almíbar de sacarosa, el jugo del eje de inflorescencia cuenta con un nivel de pH menor, es decir el nivel de acidez es mayor.
9. Se obtuvo un comportamiento polinomial de grado 5 en la evaluación de la densidad conforme se da la concentración del jugo, con un coeficiente de correlación de 0,9995, con el propósito de tener un control sobre la misma para cumplir con los parámetros requeridos por el producto.
10. Se determinó que la variación de la concentración de sólidos solubles totales del jugo del eje de inflorescencia con respecto al tiempo de calentamiento es directamente proporcional.
11. El pH del jugo del eje de inflorescencia con respecto al almíbar de sacarosa utilizado se considera aceptable, ya que tiene un error relativo del 5,09 %.y no supera el 10 % de confiabilidad.
12. El jugo del eje de inflorescencia como alternativa del almíbar de sacarosa utilizado actualmente en la industria, es una opción viable en nutrientes, ya que el producto que se comercialice después sería 100 % natural sin preservantes artificiales.

## RECOMENDACIONES

1. Utilizar evaporación indirecta por convección térmica para impedir la formación de una textura caramelizada, con el propósito de disminuir el porcentaje de agua presente en el jugo y aumentar el porcentaje de sólidos solubles totales en el mismo.
2. Evaluar el efecto que pueda causar la maduración de la piña o la clase de piña, respecto a la cantidad de sólidos solubles totales y al nivel de acidez presentes en el eje de inflorescencia.
3. Realizar un proceso de azúcar extraída de la piña para una mayor conservación de la solución. Reconstituyéndola y utilizarla como reemplazo del azúcar de caña.
4. Monitorear la temperatura de evaporación del jugo, sin que este llegue al estado sólido (caramelo).
5. Evaluar el tiempo de fermentación del jugo con respecto al tiempo de conservación de las rodajas de piña.
6. Evaluar el tiempo de conservación del jugo como almíbar a partir de un cultivo microbiológico.
7. Evaluar otras aplicaciones industriales para el eje de inflorescencia de la piña.

8. Evaluar los costos de producción de un almíbar a partir del jugo del eje de la inflorescencia.

## BIBLIOGRAFÍA

1. AGRONET. *Aspectos generales de la piña* [en línea]. Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural, República de Colombia. <[http://www.agronet.gov.co/www/docs\\_si2/Aspectos%20generales%20de%20la%20pina.pdf](http://www.agronet.gov.co/www/docs_si2/Aspectos%20generales%20de%20la%20pina.pdf)>. [Consulta: 27 de abril de 2014].
2. BARAHONA COKRELL, Marcia; SANCHO BARRANTES, Ellen. “La piña” En: *Piña y papaya, fruticultura especial 3*. San José Costa Rica: Editorial de la Universidad Estatal a Distancia, 1998. p. 17-43.
3. *Canned pineapple in syrup*. [en línea]. <<http://spanish.alibaba.com/product-free/canned-pineapple-in-syrup-108424492.html>>. [Consulta: abril de 2014].
4. CAREY, Francis A. *Química orgánica*. 6a ed. México: McGraw-Hill, 2006. 1245 p.
5. CATALÁN GARRIDO, Jaime Ernesto. *Evaluación a nivel de laboratorio de la capacidad fermentativa de los granos de tóxicos utilizando como sustrato único el jugo del eje de la inflorescencia de la piña (Ananás comosus) para ser aprovechado como posible bebida probiótica*. Trabajo de graduación de Ing. Químico. Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería, 2013. 220 p.
6. CERRATO, Iliana. *Panorama mundial de la piña*. Honduras: Programa Nacional de Desarrollo Agroalimentario (PRONAGR), 2013.10 p.



7. \_\_\_\_\_. *Parámetros de comercialización de la piña MD2 en los principales mercados hondureños*. Honduras: Programa Nacional de Desarrollo Agroalimentario (PRONAGR), 2013. 10 p.
8. JOHNSON, Robert. *Estadística elemental*. México: McGraw-Hill, 2006. 820 p.
9. MENA, Marcela. *Elaboración de sábila y piña en almíbar*. Trabajo de graduación de Ing. Agroindustrial. Universidad Técnica del Norte de Ecuador, Escuela de Ingeniería Agroindustrial, 2007. 84 p.
10. *Piña*. [en línea]. <<http://saludtv.tv/wp-content/uploads/2014/06/pina.jpg>>. [Consulta: abril de 2014].
11. *Piña miel*. [en línea]. <<http://www.frutascavi.com/pina-miel/>>. [Consulta: abril de 2014].
12. RUÍZ, Laura. *Cómo plantar una piña en casa*. [en línea]. <<http://hogar.uncomo.com/articulo/como-plantar-una-pina-en-casa-6950.html>>. [Consulta 26 de abril de 2014].
13. WALPOLE, Ronald E. *Probabilidad y estadística para ingenieros*. México: McGraw-Hill, 2006. 797 p.

## APÉNDICE

### 1. Muestra de cálculo

A continuación se mostrarán los métodos numéricos empleados para la determinación de los resultados de esta investigación.

#### 1.1. Diferencia de masa

$$M_j = M_T - M_p \quad [\text{Ecuación\# 1}]$$

Se determinó la masa del fluido a partir de una diferencia, con el propósito de determinar la densidad del jugo y del almíbar. El picnómetro tenía una masa de 28,922 g.

#### Corrida 1

$$M_j = 39,125 \text{ g} - 28,922 \text{ g}$$

$$M_j = 10,203 \text{ g}$$

#### 1.2 Densidad

$$\rho = \frac{m}{v} \quad [\text{Ecuación\# 2}]$$

Se determinó la densidad del jugo y del almíbar para realizar una comparación de la propiedad.

### Corrida 1

$$\rho = \frac{10,20 \text{ g}}{10,00 \text{ mL}}$$

$$\rho = 1,023 \text{ g/mL}$$

### 1.3 Valor medio

$$\bar{x} = \frac{\sum x_i}{N} \quad [\text{Ecuación\# 3}]$$

Se determinó el valor medio de las distintas repeticiones para realizar un análisis estadístico y medir la dispersión de la toma de datos del jugo y del almíbar.

### Corrida 1

$$\bar{x} = \frac{39,121 \text{ g} + 39,122 \text{ g} + 39,065 \text{ g} + 39,196 \text{ g} + 39,121 \text{ g}}{5}$$

$$\bar{x} = 39,125 \text{ g}$$

### 1.4 Desviación estándar

$$s = \sqrt{\frac{\sum(\bar{x} - x_i)^2}{N - 1}} \quad [\text{Ecuación\# 4}]$$

Se determinó la desviación estándar de las distintas repeticiones para realizar un análisis estadístico y medir la dispersión de la toma de datos del jugo y del almíbar.

### Corrida 1

$$s = \sqrt{\frac{(39,125\text{g} - 39,121\text{g})^2 + (39,125\text{g} - 39,122\text{g})^2 + (39,125\text{g} - 39,065\text{g})^2 + (39,125\text{g} - 39,196\text{g})^2 + (39,125\text{g} - 39,121\text{g})^2}{5 - 1}}$$
$$s = \sqrt{\frac{0,008682^2 \text{ g}^2}{4}} = 0,04659 \text{ g}$$

### Coefficiente de variación

$$\sigma = \frac{s}{\bar{x}} * 100 \quad [\text{Ecuación\# 5}]$$

Se determinó el coeficiente de variación de las distintas repeticiones para realizar un análisis estadístico y medir la dispersión de la toma de datos del jugo y del almíbar.

### Corrida 1

$$\sigma = \frac{0,04659 \text{ g}}{39,125 \text{ g}} * 100$$

$$\sigma = 0,12 \%$$

### 1.5 Error absoluto

$$E_a = |D_t - D_e| \quad [\text{Ecuación\# 6}]$$

Se determinó el error absoluto para realizar un análisis estadístico y establecer la diferencia que existe de los parámetros del jugo concentrado al almíbar de sacarosa utilizado.

### Corrida 1

$$E_a = |1,0555 - 1,0563| \text{ g/mL}$$

$$E_a = 0,0007812 \text{ g/mL}$$

### 1.6 Error relativo

$$E_r = \frac{E_a}{D_t} * 100 \quad [\text{Ecuación\# 7}]$$

Se determinó el error relativo para realizar un análisis estadístico y establecer el porcentaje de la diferencia que existe de los parámetros del jugo concentrado al almíbar de sacarosa utilizado.

### Corrida 1

$$E_r = \frac{0,0007812 \text{ g/mL}}{1,0555 \text{ g/mL}}$$

$$E_r = 0,07 \%$$

## 2. Datos originales

Tabla I. Rendimiento de la obtención del jugo extraído del eje de inflorescencia de la piña en función del rendimiento de recuperación

Muestreo	EJE INFLORESCENCIA						
	Residuo (kg)	Jugo (mL)	mL/kg	pH	Sólidos solubles totales (°Brx)	Fibra (kg)	desecho final (g)
1	9,0	3200	355,56	4,30	11,1	1,10	65
2	9,4	3800	404,26	4,70	11,3	1,20	67
3	12,0	4400	366,67	4,90	11,6	1,50	104
4	15,0	4600	306,67	4,10	10,8	1,60	115
5	18,9	5600	296,30	4,00	11,3	2,50	145
6	9,3	3800	408,60	4,40	11,5	1,40	59
7	8,5	4300	505,88	5,10	11,4	0,96	50
8	15,2	5100	335,53	4,60	10,8	1,70	134
9	7,3	2800	383,56	4,80	11,3	0,74	56
10	6,9	2500	362,32	5,20	11,6	0,67	45
11	9,5	4100	431,58	4,10	11,4	1,10	75
12	12,9	4400	341,09	4,60	10,5	1,70	115
13	14,1	4200	297,87	4,90	11,3	1,60	135
14	18,6	4900	263,44	4,20	11,1	2,20	156
15	19,5	4600	235,90	4,90	11,5	2,60	187
16	23,2	5400	232,76	5,02	11,2	3,50	245
Promedio	13,1	4231,3	345,5	4,6	11,2	1,6	110
Desv. Estándar	5,0	867,0	73,3	0,4	0,3	0,8	56

Fuente: elaboración propia.

Tabla II. **Propiedades del eje de inflorescencia de la piña**

<b>Número de eje</b>	<b>Longitud (cm)</b>	<b>Masa (g)</b>
1	14,0	85,186
2	13,5	81,681
3	11,8	73,899
4	12,5	73,970
5	13,2	79,161
Promedio	13,0	78,779

Fuente: elaboración propia.

Tabla III. **Propiedades fisicoquímicas obtenidas en la primera corrida con respecto a la variación del tiempo de calentamiento del jugo del eje de la inflorescencia de la piña**

<b>Tiempo (min)</b>	<b>Sólidos solubles totales(°Brx) (1)</b>	<b>pH (1)</b>	<b>Masa+P (1) volumen 10 mL</b>
0	9,5	3,1	39,121
20	9,9	3,2	39,135
40	11,5	3,2	39,200
60	13,3	3,1	39,225
80	14,7	3,2	39,350
100	18,7	3,0	39,490
120	19,6	3,2	39,606

Fuente: elaboración propia.

Tabla IV. **Propiedades fisicoquímicas obtenidas en la segunda corrida con respecto a la variación del tiempo de calentamiento del jugo del eje de la inflorescencia de la piña**

Tiempo (min)	Sólidos solubles totales(°Brx) (2)	pH (2)	Masa+P (2) volumen 10 mL
0	8,0	3,3	39,122
20	9,4	3,3	39,145
40	12,9	3,3	39,165
60	14,1	3,3	39,205
80	16,6	3,5	39,250
100	18,2	3,3	39,290
120	19,6	3,2	39,606

Fuente: elaboración propia.

Tabla V. **Propiedades fisicoquímicas obtenidas en la tercera corrida con respecto a la variación del tiempo de calentamiento del jugo del eje de la inflorescencia de la piña**

Tiempo (min)	Sólidos solubles totales(°Brx) (3)	pH (3)	Masa+P (3) volumen 10 mL
0	9,3	3,3	39,065
20	10,0	3,3	39,115
40	12,1	3,4	39,135
60	14,9	3,3	39,215
80	15,6	3,4	39,405
100	18,2	3,3	39,560
120	19,7	3,4	39,606

Fuente: elaboración propia.



Tabla VI. **Propiedades fisicoquímicas obtenidas en la cuarta corrida con respecto a la variación del tiempo de calentamiento del jugo del eje de la inflorescencia de la piña**

Tiempo (min)	Sólidos solubles totales(°Brx) (4)	pH (4)	Masa+P (4) volumen 10 mL
0	9,4	3,4	39,196
20	10,3	3,3	39,205
40	12,5	3,4	39,235
60	15,1	3,4	39,300
80	16,9	3,4	39,425
100	19,7	3,4	39,580
120	20,5	3,4	39,606

Fuente: elaboración propia.

Tabla VII. **Propiedades fisicoquímicas obtenidas en la quinta corrida con respecto a la variación del tiempo de calentamiento del jugo del eje de la inflorescencia de la piña**

Tiempo (min)	Sólidos solubles totales(°Brx) (5)	pH (5)	Masa+P (5) volumen 10 mL
0	8,6	3,3	39,121
20	9,4	3,3	39,130
40	13,0	3,1	39,152
60	15,7	3,1	39,164
80	17,0	3,3	39,200
100	19,5	3,3	39,250
120	21,6	3,3	39,299

Fuente: elaboración propia.

### 3. Análisis estadístico

Tabla VIII. **Concentración de sacarosa promedio de cinco muestras del almíbar de sacarosa obtenido de una lata de piña en almíbar de Alimentos Montesol S. A.**

<b>Producto (Presentación 850 mL)</b>	<b>Sólidos solubles totales (°Brx) (1)</b>	<b>Sólidos solubles totales (°Brx) (2)</b>	<b>Sólidos solubles totales (°Brx) (3)</b>	<b>Sólidos solubles totales (°Brx) (4)</b>	<b>Sólidos solubles totales (°Brx) (5)</b>	<b>Promedio sólidos solubles (°Brx)</b>
1	18,800	18,800	18,700	18,700	18,700	18,740
2	20,700	20,500	20,600	20,600	20,800	20,640
3	20,800	20,900	20,800	20,900	20,900	20,860
4	19,600	19,500	19,600	19,600	19,600	19,580
5	19,200	19,400	19,600	19,500	19,500	19,440
Media	19,820	19,820	19,860	19,860	19,900	19,852
Desviación	0,896	0,858	0,853	0,891	0,935	0,883
Coficiente de variación	4,52 %	4,33 %	4,30 %	4,48 %	4,70 %	4,45 %

Fuente: elaboración propia.

Tabla IX. **Potencial de hidrógeno promedio de cinco muestras del almíbar de sacarosa obtenido de una lata de piña en almíbar de Alimentos Montesol S. A.**

<b>Producto (Presentación 850 mL)</b>	<b>pH (1)</b>	<b>pH (2)</b>	<b>pH (3)</b>	<b>pH (4)</b>	<b>pH (5)</b>	<b>Promedio pH</b>
1	3,50	3,60	3,60	3,50	3,50	3,54
2	3,50	3,40	3,50	3,50	3,40	3,46
3	3,50	3,60	3,40	3,50	3,50	3,50
4	3,60	3,40	3,50	3,60	3,50	3,52
5	3,30	3,20	3,20	3,30	3,30	3,26
Media	3,48	3,44	3,44	3,48	3,44	3,46
Desviación	0,11	0,17	0,15	0,11	0,09	0,11
Coeficiente de variación	3,15 %	4,86 %	4,41 %	3,15 %	2,60 %	3,28 %

Fuente: elaboración propia.

Tabla X. **Densidad promedio de cinco muestras del almíbar de sacarosa obtenido de una lata de piña en almíbar de Alimentos Montesol S. A.**

Producto (Presentación 850 mL)	Masa+P (1) volumen 10 mL	Masa+P (2) volumen 10 mL	Masa+P (3) volumen 10 mL	Masa+P (4) volumen 10 mL	Masa+P (5) volumen 10 mL	Promedio Masa+P volumen 10 mL	Densidad promedio (g/mL)
1	39,392	39,413	39,418	39,432	39,445	39,420	1,050
2	39,476	39,503	39,470	39,514	39,480	39,489	1,057
3	39,542	39,571	39,527	39,512	39,537	39,538	1,062
4	39,454	39,451	39,440	39,480	39,498	39,465	1,054
5	39,483	39,472	39,475	39,479	39,478	39,477	1,055
Media	39,469	39,482	39,466	39,483	39,488	39,478	1,056
Desviación	0,054	0,060	0,041	0,033	0,034	0,043	0,004
Coefficiente de variación	0,14 %	0,15 %	0,10 %	0,08 %	0,09 %	0,11 %	0,40 %

Fuente: elaboración propia.

Tabla XI. **Variación del jugo concentrado con respecto a los parámetros del almíbar de sacarosa utilizada**

	Concentración promedio	pH	Densidad (g/mL)
Almíbar	19,852	3,456	1,056
Jugo del eje	19,510	3,280	1,056
Error absoluto	0,342	0,176	0,001
Error relativo	1,72 %	5,09 %	0,07 %

Fuente: elaboración propia.

Tabla XII. **Porcentaje de error por precisión del promedio de sólidos solubles totales con respecto al tiempo de calentamiento**

Tiempo (min)	Promedio sólidos solubles (°Brx)	Desviación estándar	Coefficiente de variación
0	8,96	0,64	7,17 %
20	9,80	0,39	4,02 %
40	12,40	0,62	4,97 %
60	14,62	0,93	6,39 %
80	16,16	0,99	6,10 %
100	18,86	0,71	3,76 %
120	20,16	0,91	4,50 %

Fuente: elaboración propia.

Tabla XIII. **Porcentaje de error por precisión del promedio del pH con respecto al tiempo de calentamiento**

Tiempo (min)	Promedio pH	Desviación estándar	Coefficiente de variación
0	3,28	0,11	3,34 %
20	3,28	0,04	1,36 %
40	3,28	0,13	3,98 %
60	3,24	0,13	4,14 %
80	3,36	0,11	3,39 %
100	3,26	0,15	4,65 %
120	3,30	0,10	3,03 %

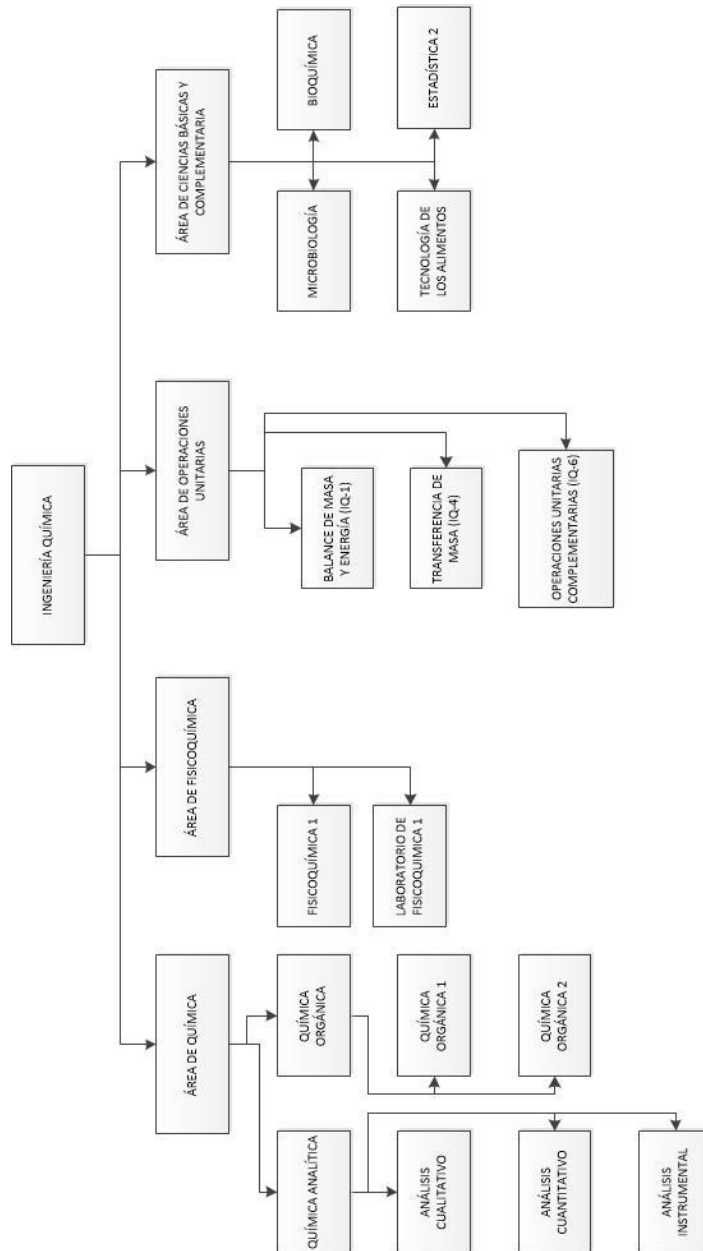
Fuente: elaboración propia.

Tabla XIV. **Porcentaje de error por precisión del promedio de la densidad con respecto al tiempo de calentamiento**

Tiempo (min)	Densidad promedio (g/mL)	Desviación estándar	Coficiente de variación
0	1,02	0,05	0,12%
20	1,02	0,03	0,09%
40	1,03	0,04	0,10%
60	1,03	0,05	0,13%
80	1,04	0,10	0,25%
100	1,05	0,15	0,39%
120	1,06	0,17	0,42%

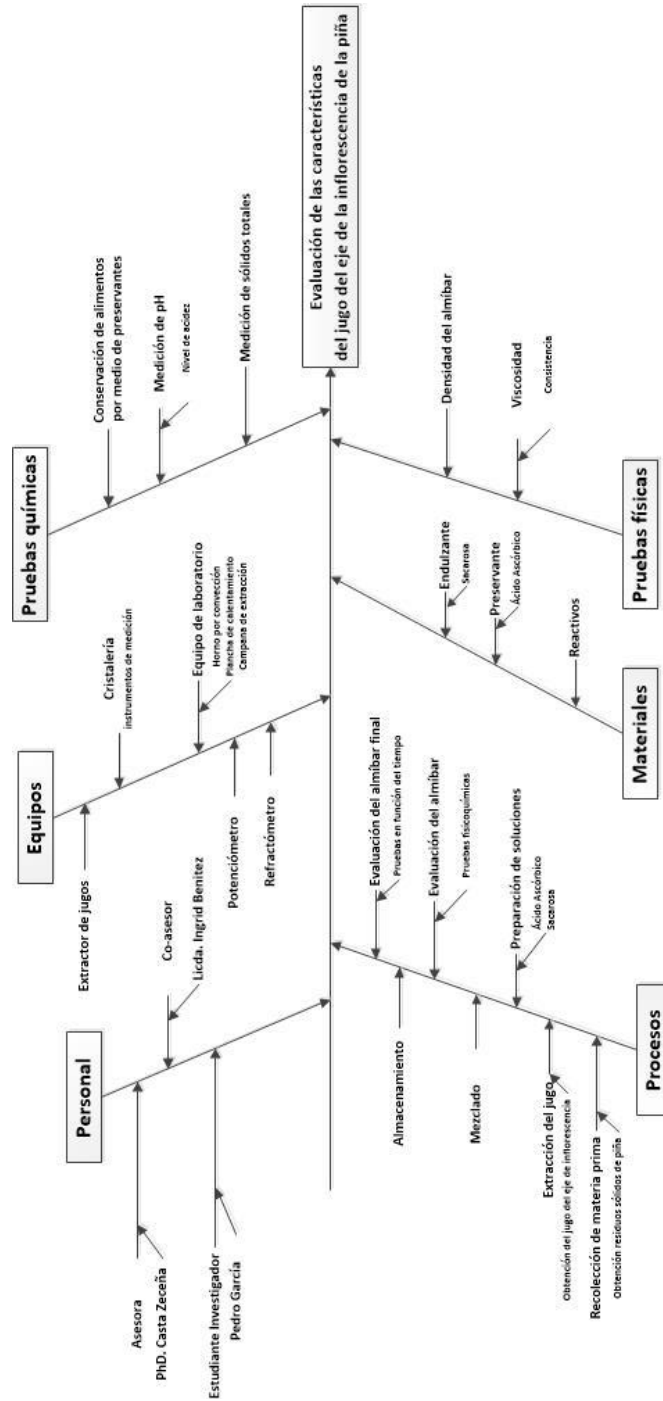
Fuente: elaboración propia.

Figura 1. Diagrama de materias requeridas



Fuente: elaboración propia.

Figura 2. Diagrama de causa y efecto ISHIKAWA



Fuente: elaboración propia.





## ANEXOS

Figura 1. **Realización de pruebas preliminares de los parámetros fisicoquímicos**



Fuente: Laboratorio UTRECHT, edificio EFPEM, Universidad de San Carlos de Guatemala, Guatemala.

**Figura 2. Jugo del eje de inflorescencia obtenido a partir del eje de inflorescencia**



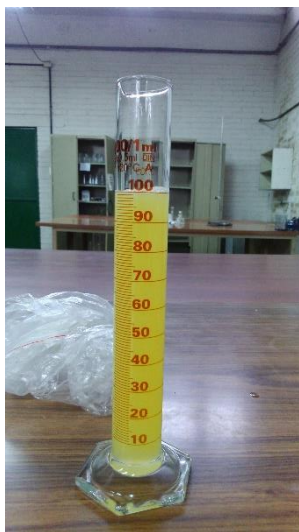
Fuente: Laboratorio UTRECHT, edificio EFPEM, Universidad de San Carlos de Guatemala, Guatemala.

**Figura 3. Medición del volumen del jugo obtenido a partir de los residuos sólidos recolectados**



Fuente: Laboratorio UTRECHT, edificio EFPEM, Universidad de San Carlos de Guatemala, Guatemala.

Figura 4. **Medición del volumen del jugo del eje de inflorescencia obtenido**



Fuente: Laboratorio UTRECHT, edificio EFPEM, Universidad de San Carlos de Guatemala, Guatemala.

Figura 5. **Concentración del jugo del eje hasta llegar al mismo nivel de sólidos solubles totales que el almíbar de sacarosa**



Fuente: Laboratorio UTRECHT, edificio EFPEM, Universidad de San Carlos de Guatemala, Guatemala.

**Figura 6. Latas de piña en almíbar analizadas**



Fuente: Laboratorio UTRECHT, edificio EFPEM, Universidad de San Carlos de Guatemala, Guatemala.

**Figura 7. Latas de piña en almíbar analizadas**



Fuente: Laboratorio UTRECHT, edificio EFPEM, Universidad de San Carlos de Guatemala, Guatemala.

Figura 8. **Calentamiento indirecto del jugo del eje de inflorescencia**



Fuente: Laboratorio UTRECHT, edificio EFPEM, Universidad de San Carlos de Guatemala, Guatemala.

Figura 9. **Medición del pH durante la concentración del jugo del eje de inflorescencia**



Fuente: Laboratorio UTRECHT, edificio EFPEM, Universidad de San Carlos de Guatemala, Guatemala.

Figura 10. **Determinación de la densidad del almíbar de las latas del producto terminado**



Fuente: Laboratorio UTRECHT, edificio EFPEM, Universidad de San Carlos de Guatemala, Guatemala.

Figura 11. **Determinación de la densidad del jugo del eje de inflorescencia**



Fuente: Laboratorio UTRECHT, edificio EFPEM, Universidad de San Carlos de Guatemala, Guatemala.