



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

**DESARROLLO DE LA FORMULACIÓN DE UN ATOL DE HARINA DE MAÍZ,  
ENRIQUECIDO CON HARINA DE SEMILLA DEL ÁRBOL DE RAMÓN (*Brosimum  
alicastrum*), EVALUACIÓN NUTRICIONAL Y DISEÑO DEL PROCESO**

**Kevin Jovel Martínez Lima**

Asesorado por la Inga. Hilda Palma de Martini

Guatemala, junio de 2014

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**DESARROLLO DE LA FORMULACIÓN DE UN ATOL DE HARINA DE MAÍZ,  
ENRIQUECIDO CON HARINA DE SEMILLA DEL ÁRBOL DE RAMÓN (*Brosimum  
alicastrum*), EVALUACIÓN NUTRICIONAL Y DISEÑO DEL PROCESO**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
POR

**KEVIN JOVEL MARTÍNEZ LIMA**

ASESORADO POR LA INGA. HILDA PALMA DE MARTINI

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

**INGENIERO QUÍMICO**

GUATEMALA, JUNIO DE 2014

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE INGENIERÍA



**NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA**

DECANO	Ing. Murphy Olympto Paiz Recinos
VOCAL I	Ing. Alfredo Enrique Beber Aceituno
VOCAL II	Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco
VOCAL III	Inga. Elvia Miriam Ruballos Samayoa
VOCAL IV	Br. Walter Rafael Véliz Muñoz
VOCAL V	Br. Sergio Alejandro Donis Soto
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

**TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO**

DECANO	Ing. Murphy Olympto Paiz Recinos
EXAMINADOR	Ing. César Alfonso García Guerra
EXAMINADOR	Ing. Erwin Manuel Ortiz Castillo
EXAMINADORA	Inga. Telma Maricela Cano Morales
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:

**DESARROLLO DE LA FORMULACIÓN DE UN ATOL DE HARINA DE MAÍZ,  
ENRIQUECIDO CON HARINA DE SEMILLA DEL ÁRBOL DE RAMÓN (*Brosimum  
alicastrum*), EVALUACIÓN NUTRICIONAL Y DISEÑO DEL PROCESO**

Tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Química, con fecha enero de 2013.

  
Kevin Joyel Martínez Lima

Guatemala, Marzo del 2014

Ing. Víctor Manuel Monzón

Director Escuela de Ingeniería Química

Presente:

Le saludo cordialmente esperando todo éxito en sus labores, el motivo de la presente es para hacerle de su conocimiento que el estudiante de la carrera de Ingeniería Química quien se identifica con carné 2006-11253 a nombre de Kevin Jovel Martínez Lima siendo asesorado por mi persona apruebo el Informe Final de Trabajo de Graduación "DESARROLLO DE LA FORMULACIÓN DE UN ATOL DE HARINA DE MAÍZ, ENRIQUECIDO CON HARINA DE SEMILLA DEL ÁRBOL DE RAMÓN (*Brosimum alicastrum*), EVALUACIÓN NUTRICIONAL Y DISEÑO DEL PROCESO".

Sin otro particular, gracias por la atención prestada.



Hilda Palma de Martini

Ingeniera Química

Colegiado No. 453

Asesor

**INGA. HILDA PALMA DE MARTINI**  
**COLEGIADO No. 453**



Guatemala, 07 de abril de 2014  
Ref. EIQ.TG-IF.011.2014

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 **087-2012** 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: **Kevin Jovel Martínez Lima**.  
Identificado con número de carné: **2006-11253**.

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:

**DESARROLLO DE LA FORMULACIÓN DE UN ATOL DE HARINA DE MAÍZ, ENRIQUECIDO CON HARINA DE SEMILLA DEL ÁRBOL DE RAMÓN (*Brosimum alicastrum*), EVALUACIÓN NUTRICIONAL Y DISEÑO DEL PROCESO**

El Trabajo de Graduación ha sido asesorado por la Ingeniera Química: **Hilda Piedad Palma de Martini**.

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"

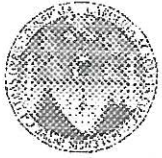
  
Inga. Adela María Marroquín González  
COORDINADORA DE TERNA  
Tribunal de Revisión  
Trabajo de Graduación



C.c.: archivo







Ref.EIQ.TG.076.2014

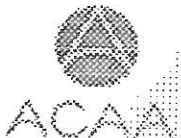
El Director de la Escuela de Ingeniería Química de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer el dictamen del Asesor y de los Miembros del Tribunal nombrado por la Escuela de Ingeniería Química para revisar el Informe del Trabajo de Graduación del estudiante, **KEVIN JOVEL MARTÍNEZ LIMA** titulado: "**DESARROLLO DE LA FORMULACIÓN DE UN ATOL DE HARINA DE MAÍZ, ENRIQUECIDO CON HARINA DE SEMILLA DEL ÁRBOL DE RAMÓN (BROSIMUN ALICASTRUM), EVALUACIÓN NUTRICIONAL Y DISEÑO DEL PROCESO**". Procede a la autorización del mismo, ya que reúne el rigor, la secuencia, la pertinencia y la coherencia metodológica requerida.

Ing. Víctor Manuel Monzón Valdez  
DIRECTOR  
Escuela de Ingeniería Química



Guatemala, junio 2014

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: **DESARROLLO DE LA FORMULACIÓN DE UN ATOL DE HARINA DE MAÍZ, ENRIQUECIDO CON HARINA DE SEMILLA DEL ÁRBOL DE RAMÓN (Brosimum alicastrum), EVALUACIÓN NUTRICIONAL Y DISEÑO DEL PROCESO**, presentado por el estudiante universitario **Kevin Jovel Martínez Lima** y después de haber culminado las revisiones previas bajo la responsabilidad de las instancias correspondientes, se autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE.



Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos  
DECANO

Guatemala, junio de 2014





## **ACTO QUE DEDICO A:**

- Dios** Por iluminar mí camino cada día, guiándome para tomar las decisiones correctas en mi vida.
- Mis padres** Jovel Martínez y Mirna Lima, porque son mi inspiración cada día, siendo un ejemplo a seguir, porque me han enseñado a soñar y alcanzar mis sueños, por ser buenos padres, por su nobleza, y porque gracias a sus enseñanzas, su amor, sus esfuerzos, sus consejos y su apoyo incondicional, me hicieron ser la persona que soy, los amo.
- Mis hermanos** Sindy y Cristian Martínez, por ser un apoyo importante como hermanos y mejores amigos, brindándome apoyo incondicional, animándome ante las adversidades e inspirándome para seguir adelante en cada decisión que he tomado en mi vida, por su cariño comprensión y apoyo, son los mejores hermanos que Dios me pudo dar en la vida, los amo.

**Mi novia**

Rocío Solís, por ser mi temple ante cualquier situación y estar a mi lado en todo momento apoyándome en cualquier decisión, y me inspira a lograr cada meta que me propongo, haciendo que los obstáculos difíciles sean más fácil de vencer, gracias por hacerme ser mejor persona cada día, te amo.

**Mi sobrino**

Gustavo Andrés Velásquez, por ser la alegría que ilumina mi familia, porque me ha enseñado que la felicidad consiste en ser y hacer lo que a uno le gusta sin mayor complejidad.

**Mis abuelos**

Por ser un ejemplo y por su apoyo incondicional en cada momento de mi vida.

**Mi familia**

Por apoyarme en todo momento y ser un modelo a seguir.

**Mis amigos**

Linda Chinchilla, Miguel Ortiz, Jhonatan Beteta, Mariano Sandoval, Luis Samaniego, Mariano Sandoval, Miguel Marroquín, Luis Valdez, Orlando Alvarado, Marvin Navas, Rodrigo Ruano, por ser mis amigos de toda la vida, por todas las alegrías y vivencias compartidas.

## **AGRADECIMIENTOS A:**

**La Universidad de San Carlos de Guatemala y la Facultad de Ingeniería**

Por permitirme el acceso a la educación en esta casa de estudios y porque soy consciente de la buena formación que se ha inculcado en mí.

**Mis padres**

Por los sacrificios y esfuerzos que requieren educar y formar a un hijo, y ustedes lo han hecho siempre con mucho amor, dedicación y empeño, para que pueda conseguir mis metas.

**A mis hermanos**

Por ser un pilar importante en mi vida y brindarme el calor familiar siempre que lo necesito.

**A mi novia**

Por su apoyo, comprensión y ayuda en los momentos difíciles de mi carrera y ser un ejemplo en cada aspecto de mi vida.

**Inga. Hilda Palma**

Por sus consejos, paciencia y dedicación para la realización de mi trabajo de graduación, transmitiéndome su conocimiento y compartiéndolo con mucha gracia, siendo un ejemplo de persona para mí.

## **Amigos**

David Barrera, Gerald Argueta, Julio Carias, Andrés Puac, Jose Sosa, Diego Velásquez, Estuardo Chavarría, Eduardo Estrada, Sergio Molina, Carlos Castellanos, Julio Santos, Erik Von, Ivone Soto, Estuardo Perez, Magda Hernandez, Edgar rivera, Carlos Lopez, Mario Lopez, Natalie Cifuentes, por brindarme su amistad, compartir y enseñarme muchas cosas ya que me hicieron crecer como persona, por cada cosa que aprendí de ellos durante mi etapa de educación universitaria.



## ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES.....	VII
LISTA DE SÍMBOLOS .....	XI
GLOSARIO .....	XVII
RESUMEN.....	XIX
OBJETIVOS.....	XXI
Hipótesis.....	XXII
INTRODUCCIÓN .....	XXV
1.    CAPÍTULO UNO .....	1
1.1.    Antecedentes.....	1
1.2.    Justificación .....	5
1.3.    Determinación del problema.....	6
1.3.1.    Definición .....	6
1.3.2.    Alcances y delimitaciones.....	7
1.3.2.1.    Alcances .....	7
1.3.2.2.    Delimitaciones .....	7
2.    MARCO TEÓRICO.....	9
2.1.    Maíz.....	9
2.1.1.    Origen y distribución .....	9
2.1.2.    Información botánica .....	10
2.1.2.1.    Tallos.....	10
2.1.2.2.    Inflorescencia.....	10
2.1.2.3.    Hojas .....	11
2.1.2.4.    Raíces .....	11

2.1.3.	Información agronómica.....	11
2.1.3.1.	Hábitat.....	12
2.1.3.2.	Crecimiento y fases de desarrollo .....	12
2.1.3.2.1.	Fase vegetativa.....	12
2.1.3.2.2.	Fase de llenado de grano.....	12
2.1.4.	Usos de la planta.....	13
2.1.4.1.	Usos alimenticios .....	13
2.1.4.1.1.	Alimentos para humano .....	13
2.1.4.1.2.	Alimentos para animales.....	14
2.1.4.2.	Otros usos.....	14
2.1.5.	Propiedades nutricionales del maíz.....	14
2.1.6.	Harina de maíz .....	15
2.2.	Árbol de Ramón ( <i>Brosimum alicastrum</i> ).....	17
2.2.1.	Nombres comunes .....	17
2.2.2.	Origen y distribución.....	18
2.2.3.	Familia moringaceae .....	20
2.2.4.	Información botánica <i>Brosimum alicastum</i> .....	20
2.2.5.	Información agronómica.....	25
2.2.5.1.	Hábitat.....	25
2.2.5.2.	Cultivo y propagación .....	26
2.2.5.2.1.	Propagación por estacas.....	26
2.2.5.2.2.	Propagación por semilla .....	27
2.2.6.	Uso de la planta .....	27
2.2.6.1.	Alimentos para humano .....	27

	2.2.6.2.	Alimentos para animales .....	28
	2.2.6.3.	Usos farmacológicos .....	28
	2.2.6.4.	Otros usos .....	29
	2.2.7.	Contenido nutricional .....	29
	2.2.7.1.	Macronutrientes .....	30
	2.2.7.2.	Micronutrientes .....	33
	2.2.8.	Toxicidades.....	33
	2.2.9.	Producción.....	34
2.3.		Harina de maíz enriquecida con harina de semilla árbol de Ramón ( <i>Brosimum alicastrum</i> ) .....	34
	2.3.1.	Análisis nutricional .....	35
	2.3.1.1.	Muestras desnaturalizadas .....	36
		2.3.1.1.1. Cuantificación de lípidos .....	36
		2.3.1.1.2. Método de Extracción de Soxhlet .....	36
	2.3.1.2.	Análisis de fibra alimentaria por el método de Southgate Modificado .....	37
	2.3.1.3.	Determinación de proteínas por el método de Kjeldahl .....	38
	2.3.1.4.	Método del Lane y Eynon para la determinación de carbohidratos.....	40
	2.3.1.5.	Determinación de calcio por medio de una titulación con permanganato de potasio .....	40
	2.3.2.	Análisis sensorial .....	41
	2.3.2.1.	Escala hedónica .....	43
		2.3.2.1.1. Evaluación hedónica .....	45
	2.3.3.	Diseño de la línea de producción.....	46

3.	MARCO METODOLÓGICO .....	47
3.1.	Variables .....	47
3.2.	Delimitación de campo de estudio .....	49
3.3.	Recursos humanos disponibles .....	50
3.4.	Recursos materiales disponibles.....	50
3.5.	Técnica cuantitativa.....	53
3.5.1.	Obtención de la harina de semilla de árbol de Ramón ( <i>Brosimum alicastrum</i> ).....	56
3.5.2.	Preparación de la harina de maíz enriquecida con harina de árbol de Ramón ( <i>Brosimum alicastrum</i> ).....	56
3.5.3.	Análisis de las propiedades nutricionales de la harina de maíz enriquecida .....	57
3.5.4.	Elaboración del atol.....	57
3.5.5.	Evaluación descriptiva del atol mediante la escala hedónica .....	58
3.6.	Recolección y ordenamiento de la información.....	58
3.7.	Tabulación, ordenamiento y procesamiento de la información.....	59
3.7.1.	Digestión .....	59
3.7.1.1.	Destilación.....	60
3.7.1.2.	Valoración .....	60
3.7.2.	Determinación de carbohidratos por el método del Lane y Eynon.....	61
3.7.2.1.	Estandarización de la solución de Fehling.....	61
3.7.2.2.	Preparación de la solución clarificada de azúcares.....	61



3.7.2.3.	Determinación de azúcares reductores.....	62
3.7.2.4.	Determinación de azúcares totales.....	62
3.7.3.	Determinación de lípidos por el método de Soxhlet.....	63
3.7.4.	Determinación de la fibra alimentaria por el método de Sothgate Modificado .....	64
3.7.4.1.	Extracción con agua .....	64
3.7.5.	Determinación de calcio con una titulación con permanganato de potasio .....	64
3.7.6.	Evaluación sensorial del atol con base en la escala hedónica.....	67
3.8.	Diseño de una línea de producción para la elaboración de un atol a partir de harina de maíz enriquecida .....	68
3.9.	Análisis estadístico .....	68
3.10.	Plan de análisis de resultados .....	72
3.10.1.	Presentación técnica .....	72
3.10.2.	Programas utilizados para análisis de datos.....	72
4.	RESULTADOS .....	73
5.	INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS.....	83
	CONCLUSIONES .....	93
	RECOMENDACIONES .....	95
	BIBLIOGRAFÍA.....	97
	ANEXOS .....	103
	APÉNDICE.....	107



## ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

### FIGURAS

1.	Árbol de Ramón ( <i>Brosimun alicastrum</i> ).....	21
2.	Hojas del árbol de Ramón ( <i>Brosimun alicastrum</i> ) .....	22
3.	Corteza del árbol de Ramón ( <i>Brosimun alicastrum</i> ).....	23
4.	Flores del árbol de Ramón ( <i>Brosimun alicastrum</i> ) .....	24
5.	Fruto del árbol de Ramón ( <i>Brosimun alicastrum</i> ).....	25
6.	Diagrama de flujo del diseño de la investigación .....	54
7.	Para la evaluación sensorial se realizó un estudio de campo en donde se dio a degustar el atol y se evaluó este, por una escala sensorial.....	67
8.	Evaluación descriptiva de la harina de maíz como atol.....	75
9.	Evaluación descriptiva mezcla 2 como atol.....	76
10.	Evaluación descriptiva mezcla 3 como atol.....	76
11.	Evaluación descriptiva mezcla 4 como atol.....	77
12.	Evaluación descriptiva mezcla 5 como atol.....	77
13.	Diagrama de flujo del proceso para la obtención del atol a partir de harina de maíz, enriquecido con harina de semilla de árbol de Ramón.....	78
14.	Diagrama de equipo del proceso para la obtención del atol a partir de harina de maíz, enriquecido con harina de semilla de árbol de Ramón.....	81

## TABLAS

I.	Valor nutricional de harina de maíz (contenido de micronutrientes, energía, humedad y fibra en 100 g muestra).....	15
II.	Valor nutricional de harina de maíz comercial de las marcas: Maseca, Agroinsa (1 kilogramo de muestra) .....	16
III.	Valor nutricional de la semilla seca (contenido de micronutrientes, energía, humedad y fibra en 100 g de semilla).....	30
IV.	Cuadro comparativo del contenido de aminoácidos de proteína de la semilla de árbol de Ramón con el contenido de la proteína del frijol ( <i>Phaseolus vulgaris</i> ), maíz ( <i>Zea mays</i> ) y usando como patrón de referencial el INCAP y FAO-OMS.....	31
V.	Mezcla de harina de maíz enriquecida con harina de árbol de Ramón.. .....	35
VI.	Definición operacional de las variables de la evaluación nutricional de la mezcla de harina de maíz y harina de semilla de árbol de Ramón ( <i>Brosimum alicastrum</i> ) .....	47
VII.	Definición operacional, para la evaluación descriptiva del atol hecho de la mezcla de harina de maíz y harina de semilla de árbol de Ramón ( <i>Brosimum alicastrum</i> ) .....	48
VIII.	Definición operacional, para el diseño de una línea de producción de atol a partir de una mezcla de harina de maíz y harina de semilla de árbol de Ramón ( <i>Brosimum alicastrum</i> ) .....	48
IX.	Clasificación de las variables como independientes o dependientes .....	49
X.	Equipo que se utilizó para el análisis nutricional.....	50
XI.	Mezcla de harina de maíz enriquecida con harina de árbol de Ramón .....	57
XII.	Tabla de recolección de datos .....	68



XIII.	Tabla de contenido de nutrientes de las distintas muestras.....	70
XIV.	Cuantificación de las proteínas presentes en las mezclas .....	73
XV.	Cuantificación de la fibra cruda presente en las mezclas .....	73
XVI.	Cuantificación del calcio presente en las distintas mezclas .....	74
XVII.	Cuantificación de carbohidratos presente en las distintas mezclas.....	74
XVIII.	Cuantificación de lípidos presente en las distintas mezclas.....	75



## LISTA DE SÍMBOLOS

<b>Símbolo</b>	<b>Significado</b>
<b>E-121</b>	Bandas transportadoras
<b>E-221</b>	Bandas transportadoras
<b>M-220</b>	Bodega de almacenamiento
<b>H-120</b>	Bomba centrífuga
<b>P-120</b>	Caldera
<b>X-221</b>	Camión transportador de atol
<b>X-220</b>	Camión transportador de harina de maíz
<b>X-120</b>	Camión transportador de semilla de árbol de ramón
<b>Nc</b>	Cantidad de datos de cada mezcla
<b>N</b>	Cantidad de datos tratados
<b>cm</b>	Centímetros
<b>Z</b>	Confiabilidad
<b>Z <math>\alpha/2</math></b>	Confiabilidad a una significancia de $\alpha/2$
<b>M</b>	Es la masa de la muestra tratada en gramos
<b>M-221</b>	Empaquetadora
<b>E</b>	Error estimado
<b>EE</b>	Error estándar de las medias
<b>X(f,c)</b>	Es el valor de cada mezcla según el carácter nutricional
<b>FCC</b>	Factor de corrección
<b>F</b>	Factor experimental F de Fisher
<b>g</b>	Gramos
<b>° C</b>	Grados Celsius

<b>GI</b>	Grados de libertad
<b>GIE</b>	Grados de libertad de los errores
<b>GIP</b>	Grados de libertad de los panelistas
<b>GITr</b>	Grados de libertad de los tratamientos
<b>HM</b>	Harina de maíz
<b>HSR</b>	Harina de semilla de árbol de ramón
<b>IG</b>	Índice glicémico
<b>I-120</b>	Intercambiador de calor de coraza y tubos
<b>Nc</b>	Intervalo de confianza
<b><math>\alpha</math></b>	Intervalo de rechazo
<b>Kcal</b>	Kilocalorías
<b>kg</b>	Kilogramo
<b>Q-120</b>	Lavadoras por aspersion
<b>m</b>	Metro
<b>mL</b>	Mililitros
<b>mm</b>	Milímetro
<b>X-122</b>	Marmita
<b>MST</b>	Media de cuadrados de tratamientos
<b>MSE</b>	Media de cuadrados del error
<b>X-121</b>	Mezclador
<b>X-221</b>	Mezclador
<b>Q-121</b>	Molinos de discos
<b>E-120</b>	Montacargas de cangilones
<b>E-220</b>	Montacargas de cangilones
<b>NE</b>	No existente
<b>N</b>	Normal
<b>Na</b>	Normalidad de la solución de ácido sulfúrico
<b>Nb</b>	Normalidad del NaOH
<b>N</b>	Número de corridas

<b>Ntr</b>	Número de respuestas por cada tratamiento
<b>Np</b>	Número de respuestas por panelista
<b>NP</b>	Número total de panelistas
<b>N</b>	Número total de respuestas
<b>T</b>	Número total de tratamientos
<b>Ppm</b>	Partes por millón
<b>%</b>	Porcentaje
<b>%Ca</b>	Porcentaje de calcio presente en la muestra
<b>pH</b>	Potencial de hidrógeno
<b>(P/V)</b>	Porcentaje en peso volumen
<b>(V/V)</b>	Porcentaje volumen volumen
<b>P</b>	Probabilidad de éxito
<b>Q</b>	Probabilidad de fracaso (1-P)
<b>PME</b>	Promedio de cuadrado de los errores
<b>PMTr</b>	Promedio de cuadrado de los tratamientos
<b>PMP</b>	Promedio de cuadrado de los panelistas
<b>PM</b>	Promedio de los cuadrados
<b>PME</b>	Promedio de los errores
<b>Q</b>	Quetzales
<b>Ri</b>	Respuestas individuales
<b>r.p.m</b>	Revoluciones por minuto
<b>Tc</b>	Sumatoria de la sumatoria de cada contenido nutricional de todas las mezclas
<b><math>\Sigma x</math></b>	Sumatoria de los contenidos nutricionales de cada mezcla
<b>Q-122</b>	Secador de bandejas
<b>SSE</b>	Suma de cuadrados de error
<b>SST</b>	Suma de cuadrados de tratamientos
<b>SCT</b>	Suma total de cuadrados

<b>SCP</b>	Suma total de cuadrados de los panelistas
<b>SCTr</b>	Suma total de cuadrados de los tratamientos
<b>SCE</b>	Suma total de cuadrados del error
<b>SCT</b>	Suma total de los cuadrados
<b>SCPP</b>	Suma de cuadrado de los panelistas
<b>SCTr</b>	Suma de cuadrado de los tratamientos
<b>SCE</b>	Suma de cuadrado errores
<b>SCP</b>	Suma de cuadrado panelistas
<b>SCTr</b>	Suma de cuadrado tratamientos
<b>C-220</b>	Tamizador
<b>F-121</b>	Tanque de almacenamiento de agua
<b>F-220</b>	Tanque de almacenamiento de harina enriquecida
<b>F-220</b>	Tanque de almacenamiento de harina de maíz
<b>F-122</b>	Tanque de almacenamiento de hipoclorito de sodio
<b>F-120</b>	Tanque de almacenamiento de semilla de árbol de Ramón
<b>Tp</b>	Total de cada panelista
<b>TT</b>	Total de cada tratamiento
<b>GI</b>	Total grados de libertad
<b>GI</b>	Total grados de libertad
<b>E-122</b>	Transportador de paletas
<b>E-220</b>	Transportador de tornillo sin fin
<b>DMs</b>	Valores proporcionados
<b>qd</b>	Valor tabular de la tabla de Duncan
<b>V-120</b>	Válvulas de compuerta
<b>V-121</b>	Válvula de mariposa
<b>Va</b>	Volumen de ácido sulfúrico en mililitros
<b>V</b>	Volumen de la solución de permanganato de potasio gastado en la titulación en MI

**Vb** Volumen del NaOH empleado en la valoración  
**Vt** Volumen total de la solución de cenizas





## GLOSARIO

<b>Aminoácidos</b>	Son los principales polímeros estructurales y funcionales de los seres vivos, siendo estos una molécula orgánica constituida por un grupo amino y un grupo carboxilo.
<b>Elastina</b>	Es una proteína que brinda elasticidad y firmeza a los tejidos conjuntivos, óseos y cartilagosos, proporcionando elasticidad en la piel.
<b>Escala hedónica</b>	Es una medición de las preferencias, con el objetivo de evaluar la aceptación o rechazo de un producto terminado.
<b>Fibra cruda</b>	Es la que representa la porción no digerible de los alimentos y que no brinda un valor alimenticio, pero es importante para el buen funcionamiento del intestino.
<b>Función lipotrópica</b>	Son sustancias que ayudan con la movilización de la grasa para la conversión de estas a energía.
<b>Hemoglobina</b>	Es una proteína globular la cual se encuentra en grandes cantidades dentro de los glóbulos rojos y es importante para el aporte de oxígeno a los tejidos.

<b>Hidroxilación</b>	Es una reacción química en la que se introduce un grupo hidroxilo en un compuesto reemplazando un átomo de hidrógeno, oxidando al compuesto.
<b>Inflorescencia</b>	Disposición de las flores sobre las ramas o la extremidad del tallo.
<b>Lípidos</b>	Biomoléculas orgánicas formadas básicamente por carbono e hidrógeno, los cuales son insolubles en agua, las funciones de estos en el organismo son; como reserva energética, estructural y reguladores.
<b>Noradrenalina</b>	Es un neurotransmisor de las vías simpáticas del Sistema Nervioso Autónomo, esta también funciona como hormona que actúa aumentando la presión arterial sin afectar el gasto cardiaco.
<b>Serotonina</b>	Es un neurotransmisor que se encuentra principalmente en el tracto gastrointestinal y el Sistema Nervioso Central, y su función principal es transmitir mensajes entre los nervios del cuerpo.

## RESUMEN

En el presente estudio se evaluaron las mezclas que están formadas por harina de maíz y harina de la semilla del árbol de Ramón (*Brosimum alicastrum*) en distintas proporciones (100:0, 75:25, 50:50, 25:75, 0:100), se analizó químicamente el nivel nutricional de cada mezcla donde se evaluó: fibra alimentaria, proteínas, calcio, carbohidratos, del mismo modo se realizaron pruebas organolépticas de aceptación al producto final, esto como herramienta de introducción al mercado y para facilitar la realización del diseño del proceso.

Se determinó la cantidad de fibra alimentaria por el Método de Southgate Modificado, el que consiste en fraccionamiento de las muestras sólidas solubles e insolubles.

Las proteínas se cuantificaron por el método de Kjeldahl, este consiste en la determinación de la cantidad de nitrógeno orgánico contenido en el producto para luego transformarlo en aminoácido, el que posteriormente se destiló y se valoró en una solución ácida, la cuantificación del calcio presente en la mezcla, se realizó mediante la titulación de una muestra de la mezcla con permanganato de potasio, este método se basa en que el calcio precipita a pH 4 como oxalato de calcio, el cual se disuelve en ácido sulfúrico liberando ácido oxálico, el que posteriormente se tituló para ser valorado con el permanganato de potasio.

La determinación de los lípidos consistió en una extracción semicontinua con un disolvente orgánico el cual es calentado, se volatiliza y se condensa goteando sobre la muestra la cual queda sumergida en el disolvente, para

someter a acción sifón en el matraz de calentamiento, y realizar de nuevo el calentamiento, ya que el contenido de grasa se cuantifica por la diferencia de peso, este método es llamado método de Soxhlet, la determinación de carbohidratos se ejecutó por el método de Lane y Eynon, el cual consiste en hacer reaccionar sulfato cúprico con azúcar reductor en medio alcalino, formándose óxido cuproso.

Se procedió a realizar pruebas organolépticas a las mezclas, esto para determinar cual tiene mayor aceptación y así contribuir con el diseño del proceso, esta prueba de aceptación consistió en realizar una evaluación descriptiva mediante una escala hedónica de 9 puntos. Esta evaluación consistió en degustar el atol y en calificar cada uno sobre esta escala, la cual podría ser desde: “me gusta extremadamente” hasta “me disgusta extremadamente”, el diagrama de flujo del proceso fue elaborado para la realización del diagrama de equipo del proceso y especificación de este.

Con los datos obtenidos mediante el análisis químico se pudo determinar que la hipótesis nula es aceptada, esto debido a que existen diferencias significativas entre la cantidad de nutrientes de la harina de maíz y la harina de semilla de árbol de Ramón (*Brosimum alicastrum*). Con los resultados de estos análisis se determinó que la mezcla 4, la cual comprendía por un 75 por ciento de harina de semilla de árbol de Ramón y 25 por ciento de harina de maíz, es la que obtuvo un mayor porcentaje de aceptación con un promedio del 8,15 que corresponde en la escala hedónica a “me gusta mucho” y que contiene 11,09 por ciento de proteínas, 4,87 de fibra cruda, 0,1 por ciento de calcio, 79,25 de carbohidratos y 0,95 por ciento de lípidos.

## OBJETIVOS

### General

Evaluar el desarrollo de la formulación de un atol de harina de maíz, enriquecido con harina de semilla de árbol de Ramón (*Brosimum alicastrum*) en distintas proporciones (100:0,75:25,50:50,25:75,0.100) y el valor nutricional a nivel laboratorio, para el diseño del proceso.

### Específicos

1. Desarrollo de la formulación en distintas proporciones (100:0,75:25,50:50,25:75,0.100) de un atol nutricional, a base de harina de maíz enriquecido con harina de semilla de árbol de Ramón (*Brosimum alicastrum*).
2. Cuantificar el contenido protéico de las distintas muestras hechas de harina de maíz y harina de semilla de Ramón (*Brosimum alicastrum*) por el método de Kjeldahl.
3. Analizar la fibra cruda alimentaria presente en las distintas muestras de harina de maíz y harina de semilla del árbol de Ramón (*Brosimum Alicastrum*) por el Método de Southgate Modificado.
4. Determinar el calcio presente en las mezclas de atol de harina de maíz enriquecido con harina de semilla de árbol de Ramón (*Brosimum alicastrum*) por el método de Titulación con Permanganato de Potasio.

5. Determinar los carbohidratos por el método de Lane y Eynon en las distintas mezclas hechas de harina de maíz y harina de semilla de árbol de Ramón.
6. Cuantificar los lípidos presentes en las mezclas de atol de harina de maíz enriquecido con harina de semilla de árbol de Ramón (*Brosimum alicastrum*) por el método de Soxhlet.
7. Realizar una evaluación organoléptica del atol de harina de maíz, enriquecido con harina de semilla de Ramón (*Brosimum alicastrum*), en base a una escala hedónica de nueve puntos.
8. Diseñar una línea de producción para la elaboración del atol a partir de la harina de maíz enriquecida con harina de semilla de árbol de Ramón (*Brosimum alicastrum*).

## **Hipótesis**

### **Hipótesis Científica**

La cantidad de nutrientes de la harina de maíz enriquecida con harina de semilla del árbol de Ramón (*Brosimum alicastrum*) está afectada por la proporción (100:0, 75:25, 50:50, 25:75, 0,100) de la segunda

### **Hipótesis nula**

Hipótesis Nula (Ho): no existe diferencia significativa entre la cantidad de nutrientes de la harina de maíz y la harina de maíz enriquecida con harina de semilla de árbol de Ramón (*Brosimum alicastrum*).

$$\mu_0 = \mu_i$$

### **Hipótesis alternativa**

Hipótesis Alternativa (Ha): existen diferencias significativas entre la cantidad de nutrientes de la harina de maíz y la harina de maíz enriquecida con harina de semilla de árbol de Ramón (*Brosimum alicastrum*).

$$\mu_0 \neq \mu_i$$





## INTRODUCCIÓN

Las tendencias alimentarias a nivel mundial van cambiando y los métodos de producción de igual forma, lo que da la pauta de modificar e innovar los alimentos, esto con la necesidad de que no solo sean agradables de una forma organoléptica, sino que también sean nutritivos, con el objetivo de darle un valor agregado a los mismos, ya que el presentar un alimento fortificado y con más propiedades, brinda adaptabilidad a los nuevos hábitos alimenticios que se encuentran en el mercado y que obtienen mayor aceptación.

Debido a las nuevas tendencias nutricionales y a la necesidad de alternativas ante un gran problema como lo es la desnutrición crónica en Guatemala, es importante el desarrollar una formulación de un atol de harina de maíz, con harina de semilla de árbol de Ramón (*Brosmio alicastrum*) y así explotar este árbol, el cual posee grandes propiedades alimenticias, y a pesar de ello, no es muy utilizado en la industria.

El árbol es rico en nutrientes desde su corteza hasta sus hojas y semillas, pero no tiene ningún uso en la industria, por lo que el costo de producción de un atol con este sería muy bajo, su explotación tiene un gran campo, ya que puede ser muy útil para combatir la desnutrición y enfermedades relacionadas con el déficit de vitaminas y elementos esenciales a la dieta, como también al explotarlo en las áreas afectadas por la pobreza extrema, puede generar impacto económico positivo por cultivarlo y comercializarlo.

El objetivo fundamental de realizar este estudio, es verificar la influencia de la cantidad de nutrientes que proporcionará la harina de semilla de árbol de Ramón (*Brosimum alicastrum*) a la harina de maíz.

# 1. CAPÍTULO UNO

## 1.1. Antecedentes

Desde la antigüedad los mayas cultivaban el árbol de Ramón, (*Brosimum alicastrum*) ya que era utilizado como una de las principales fuentes alimentarias, pero a través del tiempo se perdió la costumbre de su utilización, ya que en la actualidad este no es de uso común, debido a que se desconocen sus propiedades nutritivas por la poca información existente, como también la disminución del árbol de Ramón que es afectada por la tala excesiva para su uso como leña.

Una característica importante de este árbol es que permanece verde durante la estación seca, siendo así la única fuente existente de forraje en dichas épocas, este árbol puede ser utilizado en su totalidad, ya que es aprovechado su follaje, corteza, ramas, semillas, fruto, látex y madera, por lo que tiene un gran potencial para ser explotado. Entre los principales estudios realizados se encuentran:

En septiembre de 1994 en la Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, se realizó un estudio denominado: *Utilización de harina de follaje de árbol de Ramón (Brosimum alicastrum) en dietas de engorde para conejos* realizado por Héctor Leonel Monzón Samayoa.

Este estudio tenía como objetivo evaluar el potencial nutritivo como fuente de proteína y fibra en dietas de engorde para conejo, este consistió en la

utilización de 48 conejos distribuidos en 4 tratamientos ubicados en 16 jaulas, los tratamientos y niveles de harina de ramón evaluados fueron: 0, 15, 30 y 45 por ciento, las dietas utilizadas fueron isocalóricas e isoprotéicas, durante un período experimental de 6 semanas.

El método de comparación utilizado fue el peso final, ganancia de peso, conversión alimenticia, consumo de alimento y rendimiento en canal por tratamiento. Llegando a la conclusión que la harina de follaje de árbol de Ramón (*Brosimum alicastrum*) puede ser utilizada como fuente de proteína y fibra en dieta para conejos de engorde. Los niveles 15 y 30 por ciento no ocasionaron efectos nocivos para la salud y al comportamiento productivo de los animales, sin embargo, bajo las condiciones en las cuales se realizó este estudio solamente el tratamiento con 15 por ciento de harina de follaje de árbol de Ramón (*Brosimum alicastrum*) mostró una Tasa de Retorno Marginal del 362 por ciento, lo cual puede considerarse como una Tasa de Retorno Marginal excelente.

En Centro América los beneficios del árbol de Ramón (*Brosimum alicastrum*) han sido parcialmente explotados, como un esfuerzo de la Fundación Equilibrium' (*The Equilibrium Fund*) una Organización No Gubernamental (ONG) legalmente conocida en los Estados Unidos de América, fundada en 2001. Por medio de su programa *Maya Nut Program'* (Programa de la Semilla Maya) ayuda a mujeres a encontrar medios para producir comida, mejorar la salud y nutrición de sus familias y obtener ingresos, sin destruir el medio ambiente, enseñándoles sobre los usos, procesos y características nutritivas de la semilla del árbol de Ramón (*Brosimum alicastrum*).

Su principal objetivo es entrenar y coordinar un equipo de mujeres promotoras y forestar con árboles de Ramón. Las mujeres participantes del programa en Guatemala, Honduras y Nicaragua han tomado la iniciativa de

crear microempresas para producir y vender productos de la semilla del árbol de Ramón (*Brosimum alicastrum*).

En octubre del 2008 se realizó un estudio en la Universidad Rafael Landívar, Facultad de Ingeniería, el cual se titula Determinación de los valores nutricionales de la harina de la planta *Brosimum alicastrum*, realizado por Flor de María de León Lucero.

Este trabajo de graduación partió de la interrogante de que si es posible la determinación de valores nutricionales y aporte calórico utilizando harina de *Brosimum alicastrum* y que estos sean suficientes para la formulación de productos complementarios a la dieta, este se llevó a cabo con una muestra de semilla tostada de *Brosimum alicastrum*. Para esta investigación se utilizó harina de *Brosimum alicastrum*, luego de ser recolectado el fruto, se separó de la semilla y esta se tostó y molió. Por medio de un tamizador de tamaño de partícula 60 *mesh*, se separa la harina de partículas no deseadas o bien, que no posean el tamaño requerido de partícula, para formar harina. Esta luego se sometió a un análisis proximal y las pruebas de organolépticas.

En noviembre del 2010 se efectuó el estudio en la Universidad Rafael Landívar, Facultad de Ciencias de la Salud, Departamento de Tecnología para la Salud, el que se titula Respuesta glicémica de la semilla del Ramón, *Brosimum alicastrum* en mujeres de 16 a 25 años de edad, residentes de la ciudad capital, Guatemala, realizado por Aura Isabel Arévalo Salguero.

Este estudio partió de la interrogante de saber cuál es la respuesta glicémica que produce el consumo de la semilla de Ramón (*Brosimum alicastrum*) procesada, en mujeres de 16 a 25 años de edad. El estudio se realizó en 2 fases. La fase I consistió en el procesamiento de la semilla de

Ramón (*Brosimum alicastrum*) en ambas formas de preparación, para obtener como producto final harina cocida y una harina tostada.

La fase II consistió en la realización del ensayo clínico, el cual se realizó con ambas preparaciones de Ramón, para ello se seleccionaron a 15 sujetos sanos y voluntarios, a los cuales se les administró el alimento de referencia (50 g glucosa) y los alimentos ensayo en forma de atol en 3 días diferentes; se realizaron en total 3 pruebas glicémicas para las cuales se dieron 15 días de diferencia entre cada prueba.

La semilla de Ramón (*Brosimum alicastrum*) en ambas preparaciones presentó una curvatura menor a la del alimento referencia ( $p < 0,05$ ), dicho comportamiento es característico de los alimentos de bajo Índice Glicémico ( $IG < 55$ ). Asimismo se determinó el Índice Glicémico de ambas preparaciones, siendo menor para la semilla tostada  $IG = 29,9$ , mientras la semilla cocida presentó un  $IG = 50$ . La respuesta glicémica que presenta la semilla de Ramón se relaciona con el contenido de almidón resistente en ambas preparaciones, siendo mayor en la semilla tostada.

La semilla de Ramón cocida o tostada no presenta una influencia en el incremento o descenso de los niveles de glucosa sanguínea después de ser consumida. Pero el proceso de tostado que se aplica a la semilla de Ramón ejerce un impacto en el contenido de nutrientes, especialmente en el contenido de carbohidratos como la fibra dietética; dicho procedimiento es el responsable de la presencia de almidón resistente de baja digestibilidad y por ende el bajo índice glicémico de la semilla procesada.

## 1.2. Justificación

En Guatemala los departamentos donde es utilizado el árbol de Ramón (*Brosimum alicastrum*) son Petén, Izabal, Alta Verapaz, Quiché, San Marcos, Quetzaltenango, Retalhuleu, Suchitepéquez, Escuintla y Santa Rosa. La utilización de este no es muy común, debido a que pocas personas conocen el potencial que posee, sin embargo, su uso puede ser aprovechado al máximo, ya que se utiliza el árbol en su totalidad.

El forraje debido a su alto contenido de proteína cruda es utilizado para alimentación de ganado. El fruto se usa para elaborar tortillas que no difieren en mucho al sabor de las tortillas hechas solamente de maíz; las semillas son tostadas para hacer una bebida parecida al café, el látex ha sido empleado como sustituto de la leche de vaca, por su sabor y solubilidad en agua, su madera es utilizada como leña, postes para cercas y estacas. De igual forma la altura del árbol y su gran capacidad para hacer sombra puede ser aprovechado, ya que en Guatemala se cultiva bastante el café, el cual necesita de otros árboles para que este tenga los medios de sombra adecuados y así tener una mejor producción, por lo tanto esta también puede ser una forma de aprovechar este árbol.

Debido a las propiedades que tiene este árbol, surge la necesidad de diseñar un producto para el aprovechamiento de este y por el aporte nutricional que brindaría a un atol elaborado con harina de maíz y enriquecido con la harina de semilla de árbol de Ramón (*Brosimum alicastrum*), la mezcla propuesta es ideal para crear un atol fortificado, ya que la semilla de árbol de Ramón presenta un alto contenido en triptófano, el cual al existir déficit del mismo es uno de los principales causantes de la desnutrición crónica y en la

dietas basadas en el maíz este es uno de los principales problemas, ya que este presenta un contenido muy bajo de triptófano.

El objetivo es determinar la calidad del atol basado en distintos análisis descriptivos y químicos realizados al atol enriquecido con harina de semilla de árbol de Ramón (*Brosimum alicastrum*).

El resultado del presente estudio genera un impacto socioeconómico en el país por la explotación del árbol de Ramón (*Brosimum alicastrum*), como también dar a conocer las propiedades de éste e impulsar el cultivo y conservación, ya que es un árbol de la región y resiste a las condiciones climáticas de la región, el cultivo del árbol de Ramón no requiere muchos conocimientos técnicos, ni de la aplicación de fertilizantes y riego, contribuiría también a la reforestación en las distintas áreas del país. Dicho resultado tiene aplicación a la salud nutricional en las personas de todas las edades.

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

Las dietas basadas en harina de maíz, pueden ser enriquecidas al mezclar con harina de semilla de árbol de Ramón, motivo por el cual es indispensable definir las variaciones existentes en cuanto a nutrientes en distintas proporciones y de esta forma diseñar un proceso de producción de la proporción correcta.

#### **1.3.1. Definición**

La harina de maíz enriquecida es la mejor alternativa para sustituir los nutrientes que proporcionan la carne, ya que contiene vitamina C, zinc, potasio, hierro folato y otros nutrientes.



### **1.3.2. Alcances y delimitaciones**

Realizar un estudio de la mezcla de la harina de maíz y harina de semilla de árbol de Ramón, debido al escaso conocimiento de las propiedades nutritivas del árbol de Ramón.

#### **1.3.2.1. Alcances**

Se contempla realizar un estudio y evaluación de la harina de la semilla del árbol de Ramón (*Brosimum alicastrum*) tomando en cuenta las variables que modifican la formulación del proceso de obtención del atol.

#### **1.3.2.2. Delimitaciones**

El poco conocimiento de las propiedades del árbol de Ramón (*Brosimum alicastrum*) es una limitante importante al realizar esta investigación, como también la poca producción a nivel industrial de la harina de la semilla de este árbol es limitada, ya que la búsqueda de esta se hace en lugares determinados en los cuales existe producción a nivel artesanal.



## 2. MARCO TEÓRICO

### 2.1. Maíz

El maíz es una gramínea originaria de América, siendo esta la base principal de alimentación especialmente en el área de Latinoamérica, de igual forma a través de la historia constituyó la alimentación de muchas culturas americanas de la antigüedad, ya que estaba centrada en el consumo de éste.

Reino	Plantae
División	<i>tracheophyta</i>
Subdivisión	<i>pteropsidae</i>
Clase	<i>angiospermae</i>
Subclase	<i>monocotiledoneae</i>
Grupo	glumiflora
Orden	graminales
Familia	gramineae
Tribu	<i>maydeae</i>
Género	<i>zea</i>
Especie	<i>zea mays</i>

#### 2.1.1. Origen y distribución

El maíz fue una fuente fundamental de alimentación de las antiguas culturas que existieron en América como lo son aztecas, incas o mayas los que centraban su alimentación en este. El nombre de este deriva del vocablo *mahis*, que según los nativos de Haití significa “el que sostiene la vida”. El cultivo de

maíz ya se encontraba plenamente implantado a la llegada de los españoles a América, en la actualidad el maíz es cultivado prácticamente en todas las zonas del mundo, siempre y cuando tengan un sistema de riego o lluvias primaverales necesarias para su crecimiento.

### **2.1.2. Información botánica**

La planta de maíz es robusta de fácil desarrollo y de producción anual, de 1-4 metros de altura. Determinada normalmente con un solo tallo dominante, pero puede producir hijos fértiles, hojas superior y glabras en parte inferior, monoica<sup>1</sup> con flores unas importantes, masculinas ocurriendo normalmente 1-2 días antes de la fémina; polinización libre y cruzada con exceso de producción de polen; 25 a 30 mil gramos por óvulo; granos en hileras incrustados en el olote; mazorca en su totalidad cubierta por hojas; grano cariopsis; metabolismo fotosintético.

#### **2.1.2.1. Tallo**

El tallo es simple erecto, de elevada longitud pudiendo alcanzar los 4 metros de altura, es robusto y sin ramificaciones. Por su aspecto recuerda al de una caña, no presenta entrenudos y si una médula esponjosa, si se realiza un corte transversal.

#### **2.1.2.2. Inflorescencia**

El maíz es de inflorescencia monóica con inflorescencia masculina y femenina separada dentro de la misma planta. En cuanto a la inflorescencia masculina presenta una panícula (vulgarmente denominadas espigón o

---

<sup>1</sup> Monoica: se denomina así a las especies en las cuales ambos sexos se presentan en una misma planta. Las especies que tienen flores.

penacho) de coloración amarilla, que posee una cantidad muy elevada de polen en el orden de 20 a 25 millones de granos de polen. En cada florecilla que compone la panícula se presentan tres estambres donde se desarrolla el polen. En cambio, la inflorescencia femenina marca un menor contenido en granos de polen, alrededor de los 800 o 1 000 granos y se forman en unas estructuras vegetativas denominadas espádices que se disponen de forma lateral.

### **2.1.2.3. Hojas**

Las hojas son largas, de gran tamaño, lanceoladas, alternas, paralelinervias. Se encuentran abrazadas al tallo y por el haz presenta vellosidades. Los extremos de las hojas son muy afilados y cortantes.

### **2.1.2.4. Raíces**

Las raíces son fasciculadas y su misión es la de aportar un perfecto anclaje a la planta. En algunos casos sobresalen unos nudos de las raíces a nivel del suelo y suele ocurrir en aquellas raíces secundarias o adventicias.

## **2.1.3. Información agronómica**

El maíz es un cereal, el cual se ve favorecido en climas con poca humedad, requiriendo bastante luz solar para su mejor rendimiento, su crecimiento y desarrollo inicia con la fase vegetativa con la germinación de la semilla y culmina con la fase de llenado de grano.

### **2.1.3.1. Hábitat**

El maíz requiere una temperatura de 25 a 30 grados Celsius. Requiere bastante incidencia de luz solar y en aquellos climas húmedos su rendimiento es más bajo. Para que se produzca la germinación en la semilla la temperatura debe situarse entre los 15 a 20 grados Celsius. El maíz llega a soportar temperaturas mínimas de hasta 8 grados Celsius y a partir de 30 grados Celsius pueden aparecer problemas serios debido a mala absorción de nutrientes minerales y agua. Para la fructificación se requieren temperaturas de 20 a 32 grados Celsius. Las aguas en forma de lluvia son muy necesarias en períodos de crecimiento en un contenido de 40 a 65 centímetros.

### **2.1.3.2. Crecimiento y fases de desarrollo**

Los puntos cardinales de germinación, iniciación floral y madurez fisiológica se delimita las respectivas fases como los son la vegetativa, reproductiva y de llenado de grano. La duración de cada una de estas fases depende del genotipo, foto período y de la temperatura.

#### **2.1.3.2.1. Fase vegetativa**

Esta se inicia al momento de comenzar el proceso de germinación de la semilla y se establecen las plántulas; se expande el follaje y se forma la capacidad fotosintética del cultivo, la que controla la producción de biomasa.

#### **2.1.3.2.2. Fase de llenado de grano**

Esta inicia después de la polinización y determina el peso final del grano y de la mazorca. El peso del grano se relaciona con la duración y cantidad de

radiación que intercepta esta durante la fase de llenado de grano. Dicho llenado se da en tres fases, la primera es la fase de arresto, la que puede durar de 10 a 20 días; la segunda es la lineal que es la fase de acumulación de materia seca y que dura entre 7 y 14 días la cual concluye con la aparición de la capa negra y madurez fisiológica. La madurez fisiológica es alcanzada cuando el grano está cerca de los 32-35 por ciento de humedad.

#### **2.1.4. Usos de la planta**

El maíz regularmente tiene usos alimenticios, ya que principalmente es consumido por los humanos, sin embargo también tiene gran utilización para alimentar animales, por su importancia debido al alto contenido de almidón, en la actualidad debido a la búsqueda de alternativas energéticas, el maíz está siendo utilizado para la fabricación de biocombustibles.

##### **2.1.4.1. Usos alimenticios**

En Latinoamérica el consumo de maíz es muy alto, debido a que las dietas alimenticias están basadas en el tradicionalismo ancestral en cuanto a alimentación, ya que este puede ser consumido como grano o al convertir el mismo en harina.

##### **2.1.4.1.1. Alimentos para humano**

El maíz es un grano fundamental en las dietas básicas de muchos países especialmente en Latinoamérica, este es consumido como tal, o al pasar por un proceso de nixtamalización se obtiene harina de maíz, con el cual se realizan diversos productos alimenticios, como lo son: galletas, tortillas, atoles, pasteles, *snacks* y otros. Con este también se producen jarabes de alta fructuosa y malto

dextrinas, los cuales son utilizados ampliamente como edulcorantes de distintos productos alimenticios.

#### **2.1.4.1.2. Alimentos para animales**

El maíz también es utilizado como alimento para ganado y aves, ya que tiene alto contenido de almidón y bajo contenido de fibra lo que hace que sea una fuente alta de energía, el maíz amarillo es preferido para la alimentación de ganado, el cual es proporcionado como grano entero, roto o molido, seco o cocido al vapor.

#### **2.1.4.2. Otros usos**

En la actualidad el problema energético mundial ha generado el planteamiento de alternativas energéticas limpias y económicas, por lo que el uso del maíz ha sido una alternativa viable, el uso de éste como biocombustible es un tema que ha causado mucho auge en los últimos años, aunque también se habla que el uso excesivo como biocombustible puede generar el encarecimiento de éste y podría generar un impacto socioeconómico negativo.

#### **2.1.5. Propiedades nutricionales del maíz**

Los tipos de maíz que se producen en Guatemala reportan una composición promedio del 8 por ciento de proteína, 70 por ciento de hidratos de carbono, 4 por ciento de grasa y 3 por ciento de celulosa, en general los valores denotan que el maíz es un alimento bajo en proteína total, pero con un alto contenido en carbohidratos, por lo que se denomina que es una buena fuente de energía.



La composición de aminoácidos de un alimento es un indicador del potencial nutricional de este, en el caso del maíz tiene una baja concentración de dos aminoácidos indispensables, los que son: lisina y triptófano, como también posee valores altos en leucina. Las proteínas localizadas en el germen están bien equilibradas desde el punto de vista nutricional, pero solo representan el 20 por ciento del contenido total de proteínas del maíz, las proteínas que se encuentran en el endospermo, la zeína, que tiene cantidades insuficientes de aminoácidos indispensables como los son lisina y triptófano. La zeína representa aproximadamente el 50 por ciento de la proteína total del grano entero.

#### **2.1.6. Harina de maíz**

Producto obtenido de los granos de maíz, enteros, maduros, en buen estado, sin germinar y exentos de impurezas, moho, semillas de malas hierbas y otros cereales, mediante el proceso de molturación en el que se tritura el grano hasta obtener el tamaño de partículas (grado de finura), eliminando gran parte del salvado y del germen.

En su preparación pueden desprenderse partículas gruesas del grano de maíz molido que, a su vez, pueden molerse de nuevo y mezclarse con el resto del producto del que se había desprendido.

Tabla I. **Valor nutricional de harina de maíz (contenido de micronutrientes, energía, humedad y fibra en 100 g muestra)**

Kcal. (n)	48,00
Agua (g)	12,00
Proteínas (g)	8,30

Continuación de la tabla I.

Grasas (g)	2,80
Hidratos de carbono (g)	75,70
Fibra (g)	0
Magnesio (mg)	47,00
Sodio (mg)	52,00
Potasio (mg)	120,00
Vitamina B1 (mg)	0,40
Vitamina B2 (mg)	0,13

Fuente: Ficha técnica: Harina de maíz. En Sociedad Nacional de Industrias de Perú [en línea], <[http://www.sni.org.pe/downloads/fichas\\_tecnicas/](http://www.sni.org.pe/downloads/fichas_tecnicas/)>. Consulta: 19 de octubre 2012.

Tabla II. **Valor nutricional de harina de maíz comercial de las marcas: Maseca, Agroinsa (1 kilogramo de muestra)**

	Componente						
	Almidón (%)	Amilosa (%)	Extracto etéreo (%)	Cenizas (%)	Calcio (%)	Fibra cruda (%)	Proteína (Nx6.25) (%)
<b>Muestreo 1</b>							
HI-A	68.4a	30.3ab	3.9b	1.4bc	0.125d	1.57 a	9.67c
HI-B	66.7a	28.7cd	4.6ab	1.2e	0.099e	1.49*	10.49a
HI-C	69.4a	27.9d	4.0b	1.3cde	0.155c	1.57 a	9.00f
<b>Muestreo 2</b>							
HI-A	68.8a	30.9*	4.5ab	1.4b	0.134d	1.63 a	9.73c
HI-B	66.5a	30.1ab	4.5ab	1.3bcde	0.124d	1.33 a	10.32 ab
HI-C	67.0a	29.5bc	4.0b	1.4bcd	0.159c	1.60*	9.25def
<b>Muestreo 3</b>							
HI-A	66.4a	30.4ab	4.9a	1.3de	0.108e	1.28 a	9.79c
HI-B	66.8a	29.4bc	4.0b	1.2e	0.133d	1.56 a	10.09b
HI-C	68.3a	30.2ab	3.9b	1.4b	0.189b	1.33 a	9.32 de
<b>Muestreo 4</b>							
HI-A	68.3a	30.4ab	5.1 a	1.3de	0.100e	1.55 a	9.54d
HI-B	67.0a	31.0a	4.1b	1.2e	0.135d	1.41 a	10.16b
HI-C	66.5a	30.7ab	4.8 a	1.5 a	0.225a	1.26 a	9.20ef

Medias con la misma letra en la misma columna no son significativamente diferentes (Tukey,  $p < 0.05$ ) ♦ Means with the same letter in the same column are not statistically different (Tukey,  $p \leq 0.05$ )

Los valores son promedio de al menos dos observaciones ♦ Values are averages of at least two observations.

Fuente: Flores Farías, Fidelino” Caracterización de harinas comerciales de maíz nixtamalizado” [en línea]. <<http://www.colpos.mx/agrocien/Bimestral/2002/sep-oct/art-7.pdf>>. Consulta: 19 de octubre de 2012.

## 2.2. **Árbol de Ramón (*Brosimum alicastrum*)**

Es una especie del género *brosimum*, de la familia de las moraceae y especie *alicastrum*. Es endémica de Mesoamérica presente en México, Guatemala, El Salvador, Honduras, Nicaragua, Costa Rica, Panamá, Guyana, Venezuela, Bolivia, Brasil, Ecuador y Colombia.

Taxonomía del árbol de Ramón:

Reino	Vegetal
Subreino	Embryobionita
División	Magnoliophyta
Clase	Magnoliopsida
Orden	Urticales
Familia	Moraceae
Género	Brosimum
Especie	<i>Brosimum alicastrum</i>

### 2.2.1. **Nombres comunes**

A nivel latinoamericano recibe distintos nombres como lo son: Ramón (México y Guatemala), *ujushte* blanco, *ujushte* u *ojushte* (Guatemala), ojoche (México y Costa Rica), Capomo y Apomo (México y Belice), Claro Amarillo (Venezuela), Fruta de Pan (Belice y Jamaica), Guaimaro (Cuba), Iximché, Masico, Ox (Guatemala).

### 2.2.2. Origen y distribución

El origen del *Brosimum Alicastrum* se remonta a la antigüedad, ya que es un árbol de hoja perdurable, con una gran historial de uso humano que se extiende desde el Período Clásico Maya hasta la actualidad, este fue utilizado por la cultura maya para alimentación como también su madera fue explotada, los estudios realizados denotan que era una forma de sustento para ellos como alternativa al maíz, esto se cree debido a que en las distintas ciudades mayas se ha demostrado que existen plantaciones en alrededores de estas, pero no en todo el bosque, esto hace suponer que fueron plantados intencionalmente alrededor de las ciudades mayas para tener más fácil acceso a estos.

El antropólogo Puleston (1968) en la búsqueda de sistemas de subsistencias distinto al maíz de los antiguos mayas, sugirió la posibilidad de que las semillas del Ramón pudiera haber sido un sustituto muy importante al maíz especialmente en tiempos de escasez, ya que según él, es difícil suponer que los mayas pudieran sobrevivir solo del cultivo de maíz, frijol y otros que son anuales, en terrenos que no pasaban más de cuatro años para que estos se consideraran poco productivos y se diera nuevamente el proceso de localizar un bosque alto, derribar el bosque y la maleza, quemar desechos y sembrar de nuevo.

Lambert y Arnason (1982), por su parte, sustentan la tesis que la asociación de árboles de *Brosimum alicastrum* a montículos habitacionales mayas, no se debe a una acción socioeconómica dirigida, sino simplemente a una asociación puramente ecológica, ya que dichos montículos ofrecen las condiciones adecuadas para el desarrollo de esta especie.

Posteriormente también fue utilizado por los antiguos cakchiqueles los que le denominaron Iximché según Sifontes (1975), el significado ceremonial que dieron los cakchiqueles al árbol de Ramón, fue el de Iximché en su dialecto (cakchiquel), y que posteriormente nombran así a su ciudad principal.

EL significado literal de Iximchee, es “árbol de maíz”. (cakchiquel: *ixim*= maíz, *chee* = árbol). En las ruinas de Iximche se localizaban dentro de la zona de vida del bosque muy húmedo Montano Bajo Subtropical; donde se podían ver árboles de Ramón alrededor de estas ruinas y no en toda la zona de vida. Cabe resaltar que solo existe en los alrededores de la ciudad y no más allá de dichos linderos; esto hace suponer que el árbol de Ramón fue sembrado por cakchiqueles a propósito, para su aprovechamiento, ya sea como alimento o con un sentido ceremonial.

En 1956 Burns describió dos especies que agrupo en el género *alicastrum*; en posteriores investigaciones en 1978 se describió el género *Brosimum*, basándose en dos especies provenientes de Jamaica, las cuales fueron: *Brosimum alicastrum* y *Brosimum spurium*. En 1891 se adoptó para este género el nombre de *Alicastrum*. En 1775 se nombra a este género como *Piratine*; siendo hasta en 1905, en el Congreso Botánico en Viena, cuando se rechazaron los nombres de *Alicastrum* y *Piratinera*, y se conservó el de *Brosimum*.

El árbol se encuentra en las regiones tropicales húmedas de Mesoamérica, en la parte norte de Guatemala, en las colinas boscosas de El Salvador y en la zona del Canal de Panamá. En Guatemala estas zonas de vida son las más extensas de las 14 reportadas. Abarcan 40 700 kilómetros cuadrados, lo que representa el 37,4 por ciento de la superficie del país. Se dividen en dos zonas: norte y sur. La zona norte del país abarca una parte del

departamento de Huehuetenango, Izabal, el norte de Alta Verapaz, Quiché, el sur de Petén (Sayaxché, San Luís, Poptún y Dolores) y al norte, la Reserva de Biosfera Maya. La zona sur abarca una franja de entre 40 y 50 kilómetros. de ancho, extendiéndose desde el sur de México, toda América Central, Caribe, y la parte norte de América del Sur.

### **2.2.3. Familia moringaceae**

La familia moringaceae son árboles, arbustos, herbáceas y trepadoras, siempre verdes o caducifolios, dioicos o monoicos, la mayoría de las veces con látex. Hojas alternas, rara vez opuestas, simples, enteras, lobadas o dentadas, normalmente con 2 estípulas. Flores unisexuales, muy pequeñas, dispuestas en cabezuelas globosas o a veces dentro de receptáculos carnosos. Tienen 4-5 sépalos o a veces ausentes, carecen de pétalos y poseen 1-5 estambres. El fruto es variable y frecuentemente comestible. La parte carnosa no es producida por el ovario, sino por el receptáculo que está muy desarrollado y es donde se encuentran las semillas.

### **2.2.4. Información botánica *Brosimum alicastrum***

El *Brosimum alicastrum* es un árbol de 20 hasta 35 metros de altura, con un diámetro a la altura del pecho de 50 a 90 centímetros y hasta 1,5 metro. Su copa es piramidal, densa o abierta e irregular.

Figura 1. **Árbol de Ramón (*Brosimum alicastrum*)**



Fuente: ANDINO MENDOZA, Aura Maritza. *Procesamiento y consumo de semilla de ojoche*. [en línea]. <<http://www.ideassonline.org/innovations/brochYellow.php?id=6>>. Consulta: 19 de octubre de 2012.

El *Brosimum alicastrum* tiene hojas alternas, simples, con láminas de 4 a 18 centímetros de largo por 2 a 7,5 centímetros de ancho, de ovado-lanceoladas a ovadas o elípticas, con el margen entero; son de color verde brillantes en el haz, verde grisáceas en el reverso.

Figura 2. **Hojas del árbol de Ramón (*Brosimum alicastrum*)**



Fuente: MORALES ORTIZ, Edgar; HERRERA TUZ, Luis, Ramón (*Brosimum alicastrum*) protocolo para colecta, beneficio y almacenaje. p.4.

Su tronco es recto, cilíndrico con contrafuertes grandes y bien formados, de 1,5 a 4 metros de alto, 6 a 10 metros por tronco, redondeados a ligeramente tubulares, aplanados. Sus ramas son ascendentes y luego colgantes.

La corteza externa es lisa, con una tonalidad parda grisácea, con destellos amarillentos, lenticelas redondeadas o más largas que anchas, y la corteza interna es de color crema amarillento, fibrosa a granulosa, con abundante exudado lechoso, ligeramente dulce y pegajoso. En total, ambas cortezas tienen un grosor que va desde los 7 hasta los 12 milímetros.



Figura 3. **Corteza del árbol de Ramón (*Brosimum alicastrum*)**



Fuente: MORALES ORTIZ, Edgar; HERRERA TUZ, Luis, Ramón (*Brosimum alicastrum*) protocolo para colecta, beneficio y almacenaje. p.4.

Sus flores son unisexuales, solitarias y axilares. Las masculinas están reunidas en amentos globosos, compuestos de escamas peltadas, carecen de corola. Las flores femeninas están en cabezuelas oblongas, ovales, con escamas más pequeñas

Figura 4. Flores del árbol de Ramón (*Brosimum alicastrum*)



Fuente: MORALES ORTIZ, Edgar; HERRERA TUZ, Luis, Ramón (*Brosimum alicastrum*) protocolo para colecta, beneficio y almacenaje. p.4.

El fruto es una drupa de 2 a 3 centímetros de diámetro, globosas con pericarpio carnoso, verde amarillento a anaranjado o rojo en completa madurez, de sabor y olor dulce, cubierta en la superficie de numerosas escamas blancas; conteniendo (2-3) semillas por fruto. Las semillas miden de 9 a 13 milímetros de largo por 16 a 20 milímetros de ancho, esféricos y aplanados en ambos extremos, cubiertas de una testa papirácea de color moreno claro con los cotiledones montados uno sobre el otro, verdes, gruesos y feculentos. El sistema radical que posee es fuerte, ya que algunas raíces son superficiales, por este motivo, está frecuentemente reforzado por contrafuertes. Es un árbol monoico, su sexualidad cambia del estado femenino al masculino a partir de cierta etapa de su ciclo de vida.

En Guatemala, El Salvador y Nicaragua las flores y frutos se producen de febrero a diciembre. En Panamá florece de noviembre a mayo y los frutos maduran de mayo a octubre.

Figura 5. Fruto del árbol de Ramón (*Brosimum alicastrum*)



Fuente: MORALES ORTIZ, Edgar; HERRERA TUZ, Luis, Ramón (*Brosimum alicastrum*) protocolo para colecta, beneficio y almacenaje. p.4.

## 2.2.5. Información agronómica

El árbol de Ramón es un árbol que se adapta a distintos climas, sin embargo, un clima húmedo subtropical cálido proporciona las condiciones ideales para que pueda desarrollarse de una mejor manera, su cultivo y propagación se puede realizar por estacas y semillas.

### 2.2.5.1. Hábitat

Las condiciones ideales para el árbol de Ramón se dan en un bosque muy húmedo subtropical cálido, precipitación pluvial de 0,20 a 0,45 metros anuales, con un promedio de 0,33 metros anuales, como también a temperaturas entre los 21 y 25 grados Celsius a una altitud de 80 a 1 600 metros sobre el nivel del mar, con una luminosidad del 30 al 50 por ciento. Se adapta a climas desde semihúmedos hasta semiáridos; bosque húmedo

subtropical, bosque muy húmedo subtropical, bosque muy húmedo tropical. Crece bien en suelos poco profundo o mal drenado, con fertilidad baja moderada y textura desde arcillosa hasta arenosa, aunque prefiere cerros cálidos y rocosos. Suelos: de color rojizo a gris oscuro y negro con un pH de 6,8-8,2, suelos de tipo rendzinas, vertisoles, oxisoles y calizos.

### **2.2.5.2. Cultivo y propagación**

Una vez que las semillas caen al suelo, las plántulas emergen en un período menor de un mes. La germinación se inicia a los 10 días y se completa a los 24 días, obteniéndose un 75 por ciento de germinación a los 16 días. Las semillas se siembran en los semilleros a una distancia de 10 x 10 centímetros, se trasplantan en bolsas negras de 10 centímetros de ancho x 20 centímetros de largo. El trasplante definitivo se hace cuando la planta alcanza 50 centímetros de altura, a distancias no menores de 3 x 3 metros. Se riegan cada 3 días. Responde bien a las podas. Las plantitas se comienzan a podar al alcanzar los 3 metros de altura. Se deben deshierbar cada 2 años o antes.

Especie de lento crecimiento, la siembra puede hacerse por estacas y por semillas nacidas en vivero.

#### **2.2.5.2.1. Propagación por estacas**

Si la siembra se hace por estacas provenientes de un árbol adulto, el árbol sigue el siguiente patrón de crecimiento: los árboles jóvenes entre 1-8 centímetros de altura engruesan diametralmente menos de 0,1 centímetro por año, los árboles entre 8-16 centímetros de altura engruesan diametralmente 0,3 centímetros por año, los árboles entre 16-32 centímetros engruesan diametralmente 0,5 centímetros por año. Se consideran árboles adultos

aquellos que poseen un diámetro mayor a 32 centímetros, al alcanzar la edad adulta son capaces de crecer hasta 1,3 centímetros por año, son árboles de larga vida. Cuando se reproduce por estacas produce frutos en menos de 5 años, se utilizan estacas de 1 a 3 metros de alto y de 5 a 15 centímetros de diámetro y se siembran a una distancia de 1 a 3 metros.

#### **2.2.5.2.2. Propagación por semilla**

Las semillas se siembran en los semilleros a una distancia de 10 x 10 centímetros, se trasplanta en bolsas negras de 10 x 20 (ancho x largo), el trasplante definitivo se hace cuando la planta alcanza los 50 centímetros de altura a distancias no menores de 3 x 3 metros, se riega cada tres días, responde bien a las podas que deben hacerse hasta que la planta alcanza los 3 metros de altura. Las semillas llegan a sobrevivir 5 de cada 125 plántulas, a los 5 años produce frutos si el árbol procede de semilla.

#### **2.2.6. Uso de la planta**

El árbol de Ramón tiene varios usos en la actualidad, ya que la semilla es utilizada principalmente como alimento para humano y su forraje como alimento para animales, este también tiene usos farmacológicos y su madera es explotada para implementos agrícolas.

##### **2.2.6.1. Alimentos para humano**

El fruto es comestible, las semillas hervidas o tostadas tienen sabor parecido a las castañas a veces se condimentan con sal y limón o con maíz, miel y plátano verde, de igual forma también se comen solas. Las semillas tostadas y molidas se usan como sustitutas del café o llamado café de cereal.

Con las semillas se hace una harina negra usada para confeccionar pan o una especie de tortilla. La semilla contiene un aceite esencial, grasa, azúcares y una gran cantidad de triptófano un aminoácido deficiente en las dietas a base de maíz. Las semillas crudas también se comen teniendo un sabor de papa, el látex lechoso que produce la corteza al cortarse se puede tomar como sustituto de la leche. Este jugo lechoso que fluye del tronco se emplea para adulterar el chicle.

#### **2.2.6.2. Alimentos para animales**

Las hojas de árbol de Ramón son uno de los forrajes más beneficioso de la actualidad. Con alto contenido de proteínas, vitaminas y minerales. Las ramas, hojas, frutos y semillas se utilizan como alimento para ganado bovino, caprino, equino y porcino, ya que es excelente forraje en época de sequía, debido a que presenta cualidades altamente forrajeras con un 16 por ciento de proteína digestible en sus hojas y 18 por ciento en sus frutos (materia seca) y 12,5 por ciento en sus semillas. Los caballos y los asnos prefieren las hojas secas y el ganado vacuno las come en cualquier estado. El forraje de este también es utilizado como suplemento alimentario para gallinas.

#### **2.2.6.3. Usos farmacológicos**

La infusión de las hojas se usa para las afecciones del pecho y el jugo diluido en agua para el asma y la bronquitis, se diluye con agua azucarada, una decocción de hojas (8 g en 180 g de agua azucarada) se toma 2 cucharadas cada 2 horas para aliviar asma y bronquitis, el látex con hojas (en infusión): balsámico, diabetes, diaforético, emenagogo, tisis, tuberculosis, bronquitis. Corteza: (infusión) se usa como tónico.

La savia se obtiene golpeando ligeramente el tronco de crecimiento joven para venderlo como leche vegetal. Esta es utilizada como remedio para los desórdenes del estómago y como expectorante. La decocción de las semillas machacadas se toma de 3 a 4 veces al día como galactógeno. El cocimiento de las hojas aumenta la secreción de la leche en las mujeres que están criando.

#### **2.2.6.4. Otros usos**

Es utilizado como implementos de trabajo (madera) para implementos agrícolas, mangos para herramientas, como también en utensilios de cocina. Se emplea como sustituto barato de la madera denominada como primavera en la confección de muebles de color claro, gabinetes, cajas y embalajes, paneles, duela, parquet, chapa, pisos, columnas, durmientes, tableros de partículas, sillas de montar, vasijas, escaleras. Se recomienda para lambrín (recubrimiento que se coloca en las paredes generalmente del baño y de la cocina), hormas para calzado, artículos deportivos y molduras.

#### **2.2.7. Contenido nutricional**

Posee micronutrientes, energía, humedad y fibra en 100 gramos de semilla, debido a que existen varios estudios sobre el contenido nutricional de la semilla de árbol de Ramón (*Brosimum alicastrum*) es necesario comparar estos, para poder observar así el contenido nutricional determinado a través de los distintos análisis realizados en donde se muestran los principales nutrientes presentes en dicha semilla

Tabla III. **Valor nutricional de la semilla seca (contenido de micronutrientes, energía, humedad y fibra en 100 g de semilla)**

Nutriente	Fuente		
	Peters et.al (1982)	The Equilibrium Fund (2007)	Leung et.al (1961)
Energía (Kcal)	361,0	350,0	363,0
Humedad (%)	40-50	10,9	6,5
Carbohidratos(g)	NE	76,2	76,1
Fibra Cruda(g)	4,6	19	6.2
Proteína(g)	12,8	9	11,4
Lípidos(g)	NE	0,4	1,6

Fuente: elaboración propia.

### 2.2.7.1. **Macronutrientes**

El nutriente de mayor contenido en la semilla de Ramón son los carbohidratos, ya que según la tabla tiene un aproximado del 76 por ciento de estos, lo que representa más de las tres cuartas partes de lo que constituyen estas, de igual forma la fibra alimentaria constituyen una parte importante del mismo, ya que presenta más del cuatro por ciento a pesar que existen variaciones entre los autores, en cuanto al porcentaje presente de esta en la semilla.



Los carbohidratos simples con mayor presencia en la semilla de Ramón son la maltosa 5,70 gramos, seguido por la sucrosa con 2,3 gramos, la fructuosa con 0,72 gramos como también la lactosa y la glucosa con una presencia menos a 0,1 gramos por cada 100 gramos de semilla de árbol de Ramón.

Las proteínas presentes en la semilla de Ramón no ha sido estudiado a profundidad como tampoco el tipo de aminoácidos, pero los estudios realizados varían en cuanto al dato porcentual de la proteína presente en la semilla, debido a que estos varían desde un contenido del 10 por ciento de proteína hasta un 16 por ciento de la misma.

La semilla contiene aminoácidos, los cuales son deficientes en las dietas centroamericanas, ya que presentan aminoácidos como lisina y triptófano los cuales se encuentran en cantidades muy bajas en el maíz y frijol, alimentos importantes en la dieta diaria de la población centroamericana.

Tabla IV. **Cuadro comparativo del contenido de aminoácidos de proteína de la semilla de árbol de Ramón con el contenido de la proteína del frijol (*Phaseolus vulgaris*), maíz (*Zea mays*) y usando como patrón de referencial el INCAP y FAO-OMS**

Aminoácidos	FAO mg/g proteína	INCAP (RDD,1994) mg/g proteína	Semilla de ramón	Frijol	Maíz
			mg/g proteína (Asenjo, Acevedo et.al	mg/g proteína (FAO)	mg/g proteína (FAO)
Lisina *	55	58	114	72	27

Continuación de la tabla IV.

Histidina**	NE	19	36	28	27
arginina	NE	NE	160	57	42
Ácido Aspártico	NE	NE	494	120	63
Treonina*	40	34	97	40	36
Serina	NE	NE	138	56	50
Acido Glutámico	NE	NE	315	148	189
Prolina	NE	NE	163	36	89
Glicina	NE	NE	164	38	37
Metionina*	25	25	NE	11	19
Cisteína*	25	25	NE	9	15
Alanina	NE	NE	157	42	75
Vaina	50	35	171	46	49
Isoleucina*	40	28	73	42	37
Leucina*	70	66	211	76	125
Tirosina*	60	63	181	22	38
Fenilalanina*	60	63	161	52	49
<b>Triptófano*</b>	10	11	83,7	NE	7

Fuente: Asenjo (1992); Acevedo y Cuevas INCAP (1987); INCAP RDD(1994); FAO (1970).

\*=aminoácido esencial y \*\* aminoácido semiesencial.

En cuanto al contenido de grasas, la semilla se caracteriza porque contiene un bajo contenido de grasa, el cual varía en un intervalo de 0,4 a 1,6 gramos de acuerdo a los estudios realizados, de la misma forma presenta un

bajo contenido de ácidos grasos saturados, presentando 0,17 gramos como también 0,03 gramos de ácidos grasos monoinsaturados aportando 0,03 gramos por cada 100 gramos de semilla de ramón.

#### **2.2.7.2. Micronutrientes**

El contenido de vitaminas de las semillas de árbol de Ramón es muy variado, ya que aporta muy poco en cuanto a vitamina A y C representando menos del 2 por ciento del valor diario recomendado. En cuanto al contenido de vitaminas hidrosolubles la que se encuentra con mayor frecuencia es la piridoxina con la que se cubre el 15 por ciento del valor diario recomendado, seguidamente se encuentra la tiamina la que aporta 0,11 miligramos cubriendo un 7 por ciento del valor diario recomendado y por último la niacina cubriendo el 5 por ciento el valor diario.

En cuanto a la presencia de minerales en la semilla de árbol de Ramón se puede resaltar que esta es una buena fuente de calcio, ya que contiene 211 miligramos lo que equivale a 25 por ciento del valor diario recomendado, según la ONG *The Maya Nut Institute* muestra un elevado contenido en dos minerales, con mayor presencia el potasio con un contenido de 1 100 miligramos cubriendo así 45 por ciento del valor diario recomendado y seguido por el magnesio con 143 miligramos cubriendo el 35 por ciento del valor diario recomendado, de igual modo presenta un contenido aceptable de zinc y hierro aportando entre 6 al 10 por ciento del valor diario recomendado.

#### **2.2.8. Toxicidades**

Según lo investigado al respecto la semilla del árbol de Ramón no contiene sustancias tóxicas, esto en base a datos de ARS, *National Genetic*

*Resources Program, USDA*, en la sección titulada *Germplasm Resources Information Network-(GRIN)*, reporta ausencia de sustancias tóxicas en la semilla del mismo, de igual forma la ONG *The Maya Nut Institute* presento documentación a la Food and Drug Administration (FDA) en el cual identifican a la semilla como un alimento *Generally Recogniced as Safe, (GRAS)* en dicho estudio presentan resultados que denotan la ausencia de toxicidad en la semilla del árbol de Ramón.

### **2.2.9. Producción**

La ventaja del árbol de Ramón con respecto a la producción de maíz es que este tiene una producción superior por hectárea, al recoger frutos de un solo árbol en Tikal se obtuvieron 32,6 kilos (71,86 libras) de semilla y según los estudios realizados un árbol mediano puede producir hasta 75 kilos (165,34 libras) de grano. En los bosques más densos pueden colocarse hasta 250 árboles por hectárea. Según Aguilar (1971) en Tikal se realizó un estudio, el cual consistía en observar la producción de la semilla por tres años en donde se obtuvo un promedio de 1 762 kilos (3 805,83 libras) y un máximo de 2 616 kilos (5 768,26) por hectárea al año.

### **2.3. Harina de maíz enriquecida con harina de semilla árbol de Ramón (*Brosimun alicastrum*)**

La harina de semilla de árbol de Ramón será añadida a la harina de maíz, para obtener de esta forma una harina enriquecida y tambien el atol. La semilla de Ramón será sometida al proceso de secado para posteriormente ser adicionada en las proporciones propuestas, para luego ser analizada para establecer tanto la retención como la disminución o el aumento de las

propiedades nutricionales. Se prepararán 5 muestras con distintos porcentajes en peso de los componentes originales.

Tabla V. **Mezcla de harina de maíz enriquecida con harina de árbol de Ramón**

<b>Mezcla 1</b>	<b>Mezcla 2</b>	<b>Mezcla 3</b>	<b>Mezcla 4</b>	<b>Mezcla 5</b>
HM 100% / HSR 0%	HM 75% /HSR 25	HM 50% / HSR 50%	HM 25% / HSR 75%	HM 0% / HSR 100%

Fuente: elaboración propia.

A las distintas muestras se les realizará una serie de estudios en los cuales se tomarán en cuenta los aspectos sensoriales, químicos y físicos para determinar el porcentaje de fibra alimentaria, azúcares totales, proteínas, ácido fólico, calcio, vitamina B1 y B3, lípidos y propiedades organolépticas, para poder determinar la mejor mezcla en la cual se tomará en cuenta los resultados de cada aspecto analizado cumpliendo siempre las normas alimenticias tanto nacionales como internacionales.

### **2.3.1. Análisis nutricional**

Estas muestras se realizan como una previa a la evaluación de protocolos de experimentación los que buscan determinar ciertas propiedades del atol de harina de maíz enriquecido con harina de semilla de árbol de Ramón. Este análisis se basa en el método de Extracción de *Soxhlet*.

### **2.3.1.1. Muestras desnaturalizadas**

Estas muestras se realizan como una previa a la evaluación de protocolos de experimentación, los que buscan determinar ciertas propiedades del atol de harina de maíz enriquecido con harina de semilla de árbol de Ramón. Este análisis se basa en el método de Extracción de Soxhlet.

#### **2.3.1.1.1. Cuantificación de lípidos**

Los lípidos son un grupo heterogéneo de sustancias orgánicas, las cuales están formadas principalmente por carbono, hidrógeno y generalmente como porcentajes muchos más bajos por oxígeno; como también pueden tener fósforo, nitrógeno y azufre. La cuantificación de lípidos será realizada por el método de Extracción de Soxhlet.

#### **2.3.1.1.2. Método de Extracción de Soxhlet**

Este método es una extracción semicontinua con un disolvente orgánico, en dicho método el disolvente se calienta, se volatiliza y se condensa goteando sobre la muestra, la cual queda sumergida en el disolvente. Posteriormente este es sifonado al matraz de calentamiento para empezar el nuevo proceso. Según Nielsen (2003) el contenido de grasa se cuantifica por diferencia de peso.

Este método es una extracción semicontinua con un disolvente orgánico, en dicho método el disolvente se calienta, se volatiliza y se condensa goteando sobre la muestra, la cual queda sumergida en el disolvente. Posteriormente este es sifonado al matraz de calentamiento para empezar el nuevo proceso. Según Nielsen (2003) el contenido de grasa se cuantifica por diferencia de peso.

### **2.3.1.2. Análisis de fibra alimentaria por el método de Southgate Modificado**

La fibra dietética o fibra alimentaria es muy importante en el consumo humano, ya que la deficiencia de la misma se relaciona varias enfermedades, debido a que esta es esencial en una dieta bien balanceada.

La fibra alimentaria son los componentes de la dieta de origen vegetal, que son resistentes a las enzimas digestivas del hombre y químicamente se representa por la suma de los polisacáridos que no son ni lignina ni almidones, esta fibra es un componente exclusivo de alimentos vegetales y aporta endurecimiento o sensación de fibrosidad.

Los componentes de la fibra alimentaria son componentes estructurales de la pared de las células vegetales: hemicelulosa, sustancias pépticas, celulosa y lignina, como también las no estructurales las cuales son gomas, mucilagos celulosa modificada y polisacáridos de algas. La fibra puede clasificarse de acuerdo a la solubilidad en agua como lo es en fibra insoluble y fibra soluble.

La fibra insoluble es elemental para las funciones fisiológicas del organismo humano, ya que cuando esta fermenta produce ácidos grasos, los cuales son fuente de energía para algunas células del tracto digestivo.

Existen compuestos que se relacionan con la fibra alimentaria que debido a su baja digestibilidad pueden inducir a propiedades semejantes a la fibra alimentaria, entre estos se pueden mencionar los compuestos fenólicos, ceras, glicoproteínas, minerales, compuestos de maillard, almidón resistente, quitina y quitosanos.

La determinación de fibra alimentaria se realiza por el método de Southgate Modificado, el cual consiste en la eliminación de carbohidratos digeribles mediante la digestión enzimática y posteriormente los componentes de la fibra son hidrolizados mediante un ácido, para así poder medir los monosacáridos donde la suma de estos en el hidrolisis simboliza la fibra.

Para evitar que el almidón y la glucosa interfieran en la cuantificación es necesario que la muestra sea baja en grasas con una composición menor al 10 por ciento, debido a esto es indispensable realizar un desgrasado previamente al someter la muestra al análisis.

### **2.3.1.3. Determinación de proteínas por el método de Kjeldahl**

Las proteínas con compuestos de alto contenido de nitrógeno que existen en los alimentos. Son moléculas compuestas de carbono, hidrógeno, oxígeno y nitrógeno; aunque algunas veces presenta elementos como azufre, hierro, cobre, cinc y fósforo.

Las proteínas son de gran importancia para el consumo humano, no solo a nivel nutritivo si no influye mucho en las propiedades organolépticas de los alimentos. Estas son esenciales para el mantenimiento y formación de los tejidos corporales y son de gran importancia en el funcionamiento del organismo.

La cuantificación de las proteínas presentes en un alimento se puede llevar a cabo por distintos métodos no obstante el método a utilizar será el método de Kjeldhal, pues este es un método muy empleado, ya que existe gran adaptación del mismo a un gran número de muestras y es un método de



referencia para determinar el nitrógeno total en distintos alimentos y materiales biológicos.

El método se basa en la determinación de la cantidad de nitrógeno orgánico y se realiza por medio de dos pasos consecutivos: uno es la descomposición de la materia orgánica bajo calentamiento en presencia de ácido sulfúrico concentrado y posteriormente en el registro de la cantidad de amoníaco obtenido de la muestra.

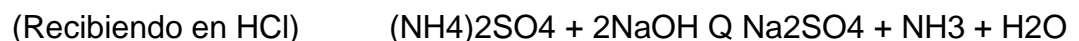
Durante la descomposición ocurre la deshidratación y la carbonización de la materia orgánica combinada con la oxidación de carbono a dióxido de carbono. La transformación del nitrógeno orgánico a amoníaco el cual es retenido en la disolución como sulfato de amonio. La velocidad del proceso puede incrementarse como también la recuperación del nitrógeno al adicionarle sales que abaten la temperatura de descomposición o por medio de la adición de oxidantes como también por medio de la adición de un catalizador.

Las etapas de este método son:

Digestion



Destilación



Titulación



(Si se recibió en H<sub>3</sub>BO<sub>3</sub>)      NH<sub>4</sub>H<sub>2</sub>BO<sub>3</sub> + HCl Q H<sub>3</sub>BO<sub>3</sub> + NH<sub>4</sub>Cl

El amoníaco en el destilado se retiene y se valora por retroceso o en ácido bórico y de esa forma valorarlo directamente. El método de Kjeldhal no determina, sin embargo, todas las formas de nitrógeno a menos que se modifiquen adecuadamente.

#### **2.3.1.4. Método del Lane y Eynon para la determinación de carbohidratos**

En este método se hace reaccionar sulfato cúprico con azúcar reductor en medio alcalino, obteniendo óxido cuproso, el que forma un precipitado color rojo ladrillo. En este método se utiliza azul de metileno como indicador, el que es decolorado una vez que el cobre total ha sido reducido, lo que indica el fin de la titulación. Este se divide en cuatro etapas las cuales son: estandarización de la solución de Fehling, preparación de la solución clarificada de azúcares, determinación de azúcares reductores y determinación de azúcares totales.

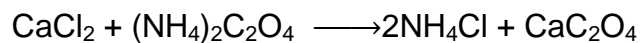
#### **2.3.1.5. Determinación de calcio por medio de una titulación con permanganato de potasio**

El calcio es el mineral con mayor presencia en el organismo y el cuarto componente del cuerpo después del agua, tanto su carencia como su exceso son perjudiciales para la salud, ya que participa en la coagulación de la sangre, en la correcta permeabilidad de las membranas y a su vez adquiere una fundamental importancia como regulador nervioso y neuromuscular, modulando la contracción muscular, la absorción y secreción intestinal como también en la liberación de hormonas.

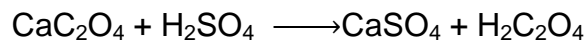
El calcio está vinculado a la presencia de fósforo. La falta o exceso de cualquiera de estos dos macrominerales puede afectar la absorción del otro.

El fundamento de la titulación del calcio con permanganato de potasio es debido a que el calcio precipita a pH 4 como oxalato (si hay fosfato presente se puede eliminar como ácido acético), posteriormente el oxalato se disuelve en ácido sulfúrico, liberando ácido oxálico el cual se titula con una solución valorada de permanganato de potasio.

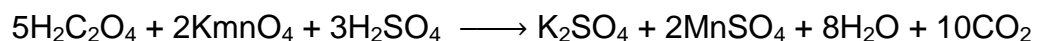
La precipitación del calcio como oxalato de amonio se da por la siguiente reacción:



La liberación de ácido oxálico por la acción del ácido sulfúrico sobre el oxalato de calcio se da de acuerdo a la siguiente reacción:



La titulación del ácido oxálico con permanganato de potasio se fundamenta en la siguiente reacción:



### **2.3.2. Análisis sensorial**

Es catar, degustar un alimento tal vez se puede pensar que tan solo es proceso mecánico y con poca conciencia, como si solo se tratara de satisfacer una necesidad fisiológica; es un hecho en el cual no solo los órganos

sensoriales interactúan sino en el que también se emite juicios: sabe rico, huele mal, está muy salado, se ve bien o mal. Es el emitir un juicio de algunas características de los alimentos que se pueden percibir, mejorar mediante una prueba de análisis sensorial.

La evaluación sensorial es el análisis de alimentos y otros materiales por medio de los sentidos. La evaluación sensorial es una técnica de medición y análisis tan importante como los métodos químicos, físicos, microbiológicos.

Este tipo de análisis tiene la ventaja de que la persona que efectúa las mediciones lleva consigo sus propios instrumentos de análisis, o sea, sus cinco sentidos.

Las pruebas sensoriales son utilizadas en diversos tipos de industrias tales como la alimentaria, perfumera, farmacéutica, la de pinturas, tintes y otros.

La selección de alimentos por parte de los consumidores está determinada por los sentidos de la vista, olfato, tacto y gusto. La información sobre los gustos preferencias y requisitos de aceptabilidad de un producto alimenticio se obtiene empleando métodos de análisis adaptados a las necesidades del consumidor y evaluaciones sensoriales con panelistas no entrenados.

Esta prueba de análisis es determinante en el desarrollo de nuevos productos alimenticios, reformulación de productos ya existentes, identificación de cambios causados por los métodos de procesamiento, almacenamiento y uso de nuevos ingredientes así como, para el mantenimiento de las normas de control de calidad. (Normas Codex Alimentarius, ISO). Es por ello que en la industria se utilizan análisis sensoriales para el control de calidad, tanto de la materia prima como del producto final, esto para poder cumplir con la calidad del producto y

así poder brindar a los clientes un producto con características ideales y uniformes.

Los análisis sensoriales son de gran importancia, ya que por medio del sentido del olfato se pueden percibir las sustancias volátiles liberadas en los alimentos, ya que esta característica es distinta para cada sustancia volátil, por lo que al evaluar una muestra es necesario que la muestra se encuentre en un recipiente hermético. De igual forma las sustancias olorosas y aromáticas a los alimentos dan un valor agregado, ya que dichas sustancias se disuelven en la mucosa del paladar y la faringe, llegando a través del eustaquio a los centros sensores del olfato.

El aroma es el principal componente de los alimentos. El sentido del gusto da el sabor básico del alimento, ya que este puede ser ácido, dulce, salado y amargo o bien puede existir una combinación de estas propiedades son detectadas por la lengua. El sabor es algo mucho más complejo, ya que combina tres propiedades: olor, aroma y gusto por lo que su apreciación es más compleja que las de cada propiedad por separado. La textura es la propiedad de los alimentos que puede ser apreciada por los sentidos del tacto, vista y del oído, esta se manifiesta cuando el alimento ha sido deformado.

#### **2.3.2.1. Escala hedónica**

Esta escala es utilizada para conocer la aceptación o rechazo de un producto, el objetivo es obtener datos significativos, es por ello que el planteamiento de esta es complejo y serio para poder obtener los resultados de acuerdo a lo que se busca en el análisis.

El objetivo de dicha escala es conocer las preferencias del mercado y conocer las tendencias del consumo, como también si este es el adecuado para cierta población, del mismo modo sirve para estudiar las posibilidades en el mercado con respecto a la competencia.

La muestra se puede realizar al azar o los catadores pueden ser elegidos al cumplir ciertas características deseadas como lo son: sexo, escolaridad, edad, hábitos sociales, capacidad económica. Estos pueden ser abordados en lugares públicos o se les puede citar para llevarlos a un lugar especializado en donde se realizan este tipo de estudios, como también se les puede dar el producto para que sea probado en la casa del catador, ya que en las distintas circunstancias a las que se expondrá podrá marcar o influir para las aplicaciones de las preguntas claves.

Para realizar una evaluación precisa de lo que se busca, es necesario un planteamiento bien definido de las preguntas, ya que estas pueden condicionar la respuesta o puede que las preguntas no brinden los indicadores necesarios para el estudio. Por eso es preciso tomar en cuenta como lo es el tomar grupos definidos de sujetos no entrenados, ya que esto dará un análisis más certero de las tendencias del mercado, de igual forma como antes se mencionó hay que plantear preguntas hedónicas sencillas o pedir comparaciones fáciles, los resultados son de gran importancia es por ello que hay que tener conciencia de las limitaciones en cuanto a su validez en función de la situación artificial impuesta a los individuos.

Es de gran importancia prestar atención a los pequeños aspectos negativos del producto, ya que esto podría ser un gran error al momento de ser lanzado al mercado, otro error podría ser el combinar juicios hedónicos con evaluaciones cualitativas o cuantitativas, o también el confundir a la ausencia

de diferencias en cuanto a preferencias con la ausencia de diferencias entre los productos.

#### **2.3.2.1.1. Evaluación hedónica**

Esta evaluación se realiza analizando los datos, los cuales se expresan con categorías a las que se les denomina con un puntaje del 1 al 9 en donde 1 representa “me disgusta extremadamente” y 9 representa “me gusta extremadamente”. Al obtener los datos, los puntajes se tabulan para cada muestra y se analizan utilizando un análisis estadístico de varianza, para determinar si existen diferencias significativas en el promedio de los puntajes asignados a cada muestra.

En la evaluación hedónica de nueve puntos, los panelistas marcan la categoría en una escala que va desde:

Me disgusta extremadamente	= 1
Me disgusta mucho	= 2
Me disgusta moderadamente	= 3
Me disgusta un poco	= 4
Me es indiferente	= 5
Me gusta un poco	= 6
Me gusta moderadamente	= 7
Me gusta mucho	= 8
Me gusta extremadamente	= 9

### **2.3.3. Diseño de la línea de producción**

El diseño es el generar una solución con base en un problema planteado o ante una idea que satisfaga cierta necesidad, todo esto cambie el planteamiento de esta solución de acuerdo a ciertas etapas en las cuales se van tomando en cuenta todos los factores importantes para llegar a la solución adecuada.

La fase inicial del proceso de diseño es el macroanálisis en el cual se toman en cuenta todo lo externo al problema. Posteriormente se realiza una evaluación exhaustiva la cual es llamada microanálisis, en esta etapa se realiza una especificación detallada de las variables dependientes e independientes que afectan el proceso. Esto conlleva poder generar alternativas siempre y cuando estas cumplan con las especificaciones que se plasmaron durante el microanálisis, durante la generación de alternativas se detalla las ventajas y desventajas de cada alternativa para que con esto poder realizar un análisis más detallado de cada opción y así poder elegir la que más se adapte a la idea que se ha generado o a la solución del problema planteado.

Para el desarrollo del modelo se realiza por medio de métodos analíticos o numéricos. Para dimensionar el equipo se tendrá que evaluar costos y condiciones óptimas por medio de un análisis económico. Para culminar con la presentación de resultados a través de planos y/o maquetas.



### 3. MARCO METODOLÓGICO

#### 3.1. Variables

Definición operacional de variables del diseño de la línea de producción, evaluación descriptiva y la mezcla, de harina de maíz y harina de semilla de árbol de Ramón, clasificadas como: factores perturbadores de diseño, factor potencial de diseño, independientes y dependientes.

Tabla VI. **Definición operacional de las variables de la evaluación nutricional de la mezcla de harina de maíz y harina de semilla de árbol de Ramón (*Brosimum alicastrum*)**

Variable	Factores perturbadores de diseño		Factor potencial de diseño	
	Controlables	No controlables	Variable	Constante
Cantidad de harina de maíz	x			x
Cantidad de harina de semilla de Ramón	x			x
Cantidad de agua	x			x
Cantidad de proteína presente en la mezcla		x	x	
Cantidad de fibra cruda alimentaria presente en la mezcla		x	x	
Cantidad de calcio presente en la mezcla		x	x	
Cantidad de azúcares totales presente en la mezcla		x	x	
Cantidad de lípidos presentes en la mezcla		x	x	

Fuente: elaboración propia.

Tabla VII. **Definición operacional, para la evaluación descriptiva del atol hecho de la mezcla de harina de maíz y harina de semilla de árbol de Ramón (*Brosimun alicastrum*)**

Variable	Factor potencial de diseño		Factores perturbadores	
	Variable	Constante	Controlables	No controlables
Escala hedónica	x		x	

Fuente: elaboración propia.

Tabla VIII. **Definición operacional, para el diseño de una línea de producción de atol a partir de una mezcla de harina de maíz y harina de semilla de árbol de Ramón (*Brosimun alicastrum*)**

Variable	Factor potencial de diseño		Factores perturbadores	
	Variable	Constante	Controlables	No controlables
Diseño conceptual	x		x	
Diseño básico	x		x	

Fuente: elaboración propia.

Tabla IX. **Clasificación de las variables como independientes o dependientes**

Variable	Tipo de variable	
	Independiente	Dependiente
Cantidad de harina de maíz	x	
Cantidad de harina de semilla de árbol de Ramón	x	
Cantidad de agua	x	
Cantidad de proteína presente en la mezcla		x
Cantidad de fibra cruda alimentaria presente en la mezcla		x
Cantidad de calcio presente en la mezcla		x
Cantidad de azúcares totales presente en la mezcla		x
Cantidad de lípidos presentes en la mezcla		x
Diseño conceptual	x	
Diseño básico		x
Escala hedónica		x

Fuente: elaboración propia.

### 3.2. Delimitación de campo de estudio

El análisis químico de las propiedades nutricionales se realizó en el Laboratorio de Bromatología del Centro de Investigaciones de Alimentos en la Facultad de Veterinaria del *campus* central de la Universidad de San Carlos de Guatemala

Área: alimenticia

Industria: alimentos

Proceso: desarrollo de la formulación de un atol de harina de maíz, enriquecido con harina de semilla de árbol de Ramón (*Brosimum alicastrum*), diseño del proceso y evaluación nutricional.

### 3.3. Recursos humanos disponibles

El estudio fue realizado con el recurso humano disponible, conformado por el investigador: Kevin Jovel Martinez Lima y la asesora la Ingeniería Química Hilda Palma de Martini.

### 3.4. Recursos materiales disponibles

Los recursos materiales utilizados para este estudio conformado por equipo de laboratorio, materia prima, materia reactiva y el laboratorio en el cual se realizaron los análisis.

Tabla X. **Equipo que se utilizó para el análisis nutricional**

<b>Proteína</b>	<b>Fibra cruda</b>	<b>lípidos</b>	<b>Calcio</b>
Equipo de Kjeldahl completo	Aparato fibertec	Aparato de extracción Soxhlet	Mufla
	Condensador de bolas		Plancha de calentamiento
	Placa filtrante		
	Bomba centrifuga		
	Matraz de fondo redondo		

Fuente: elaboración propia.

Equipo de laboratorio:

- Balanza analítica  $\pm 0,01g$
- Espátula
- Mufla
- Crisoles de porcelana

- Pinzas largas
- Guantes
- Desecador
- Mechero Bunsen
- Soporte con anillo
- Embudo 500 mL
- Bomba centrífuga
- Pipeta serológica 5 mL
- Pipeta volumétrica 10 mL
- Vaso de precipitados de 50 mL
- Vaso de precipitados de 100 mL
- Balones aforado 100 mL
- Balones aforado 1000 ml
- Balones aforado 200 mL
- Bureta 25 mL
- Probeta 50 mL
- Probeta 100 mL
- Termómetro 100 °C
- Tubos de ensayo 25 mL
- Vidrio de reloj 8 cm de diámetro
- Erlenmeyer de 200 mL
- Tela de alambre
- Guantes
- Papel filtro
- Tamiz #35

### Materia prima y reactiva:

- Harina de maíz
- Harina de semilla de árbol de Ramón
- Hidróxido de amonio
- Glucosa de concentración 400, 200, 100, 50, 25y 12,5 mg/L
- Ácido bórico 4 %
- Agua destilada
- Ácido sulfúrico
- Hidróxido de sodio 40 %
- Hidróxido de sodio 1,25 %
- Hidróxido de amonio
- Ácido clorhídrico 0,1N
- Solución de Fehling A (34,639 g de  $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$  en 500 ml de agua)
- Solución de Fehling B (173 g de tartrato de sodio y potasio, y NaOH en 500 ml de agua)
- Azul de metileno 1 %
- Disolución de fenol al 5 % (p/v) en agua destilada
- Solución patrón de glucosa al 1 %
- Solución diluida de glucosa (50 mg/ml), preparada a partir de la solución patrón de glucosa (1 %)
- Solución de acetato básico de plomo al 30 %
- Oxalato de sodio o potasio en polvo
- Oxalato de amonio
- Solución de HCl 1:1
- Solución de NaOH 6 N.
- Etanol 95 %
- Éter etílico
- Ácido sulfúrico concentrado (d= 1,84 g/mL, 95-98 %).

- Hexano
- Fenolftaleína
- Naranja de metilo
- Rojo de metilo
- Permanganato de potasio
- Solución tapón acetato

Diseño de una línea de producción:

- Computador
- Software de diseño

Laboratorios:

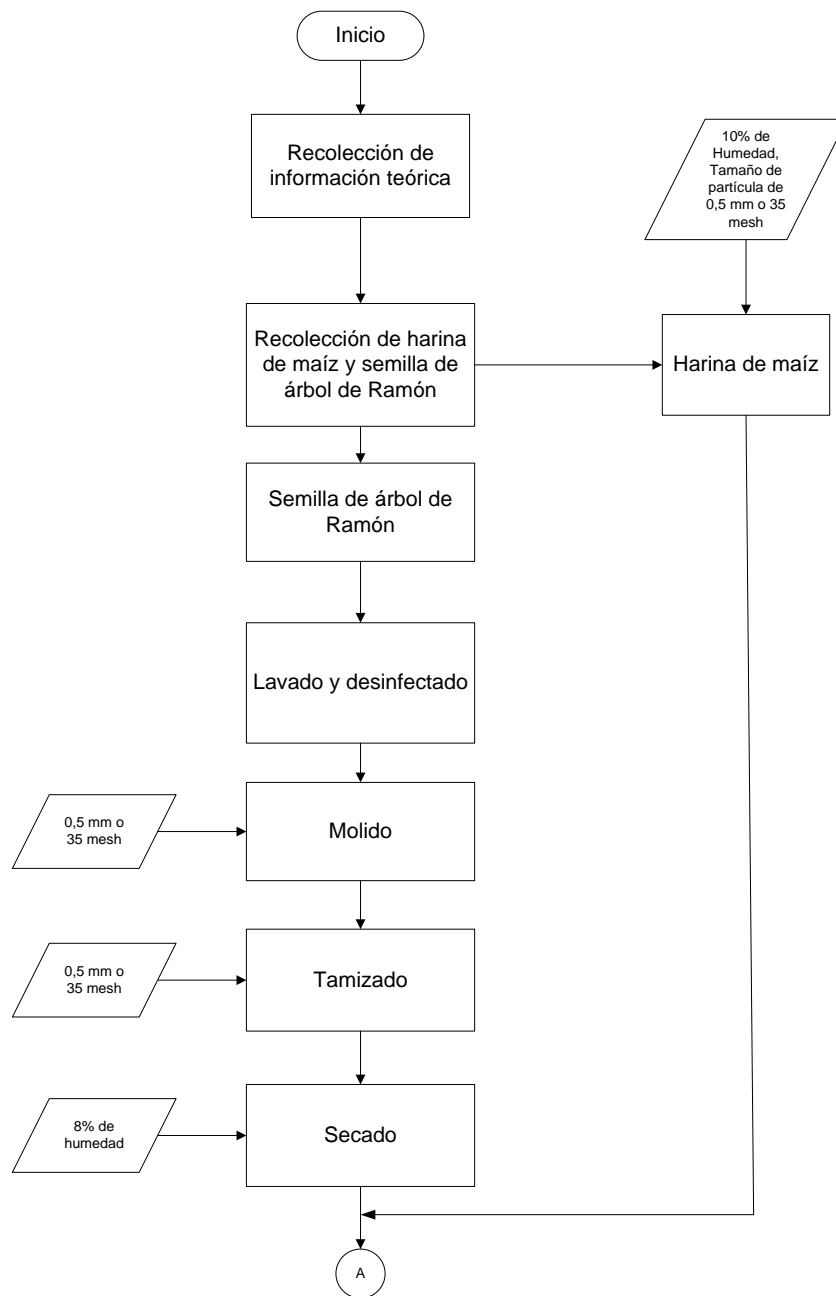
- Laboratorio del Área de Química, Escuela de Ingeniería Química, Facultad de Ingeniería, Universidad de San Carlos de Guatemala.
- Laboratorio de Bromatología, Escuela de Zootecnia, Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Universidad de San Carlos de Guatemala.

### **3.5. Técnica cuantitativa**

El estudio partió del diseño del diagrama de flujo del procedimiento a realizar, para llegar a los resultados obtenidos, así como también con la elaboración de las tablas de recolección de datos y de la propuesta del análisis estadístico realizado.

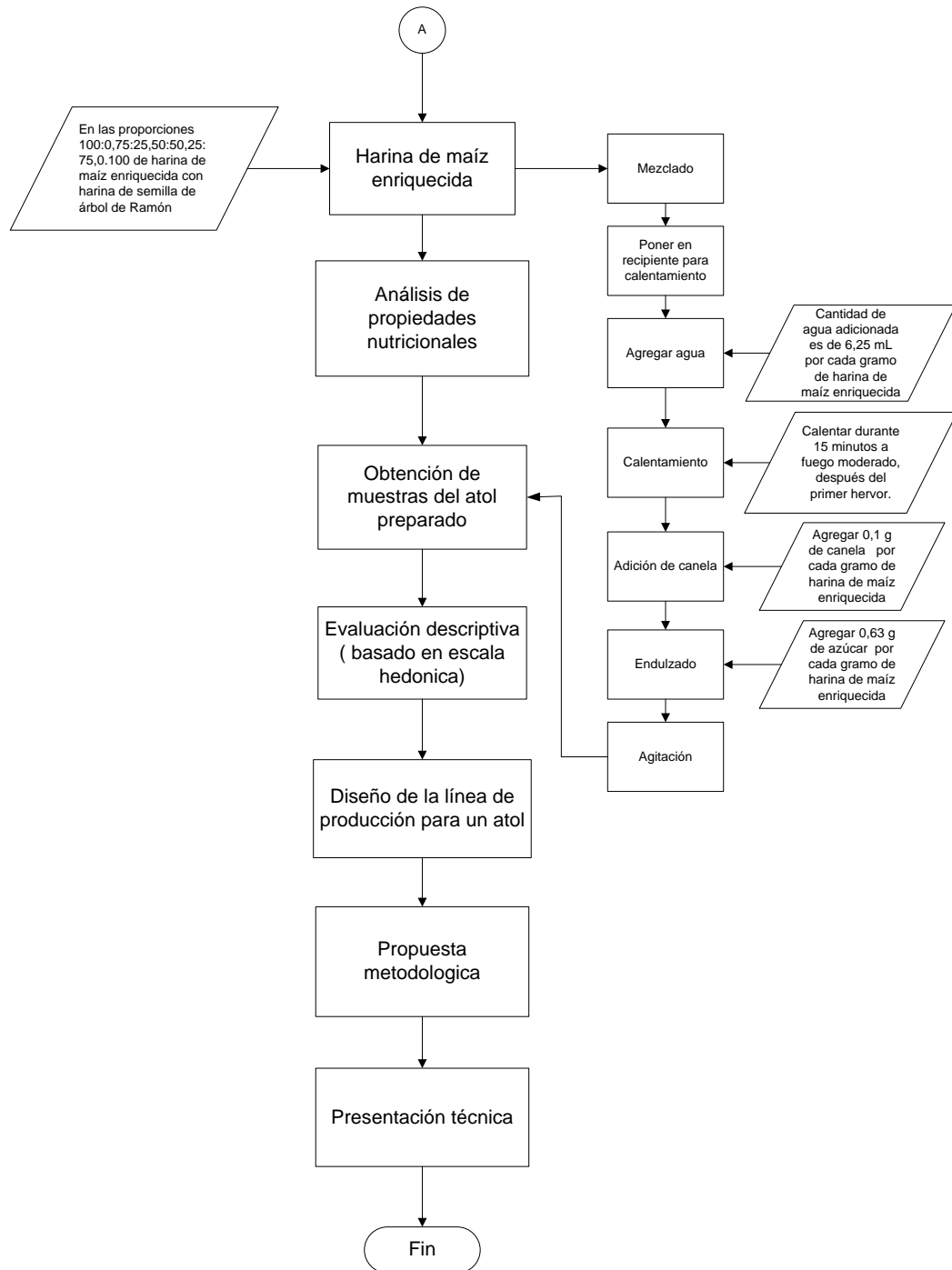
Diseño general:

Figura 6. Diagrama de flujo del diseño de la investigación





Continuación de la figura 6.



Fuente: elaboración propia.

### **3.5.1. Obtención de la harina de semilla de árbol de Ramón (*Brosimum alicastrum*)**

La preparación de esta harina se realizó mediante la obtención de la semilla para luego ser secada, esto con el objetivo de disminuir la humedad hasta un 10 por ciento, mediante un secador de bandejas a una temperatura de 50 grados Celsius por un tiempo de 3,5 horas, posteriormente esta se hizo pasar por el proceso de nixtamalización, en el cual es agregado un 2 por ciento en peso de cal con respecto a la cantidad de semilla y una cantidad de 2 litros de agua por cada kilogramo de semilla de árbol de Ramón.

Luego estas fueron cocidas hasta llegar a punto de ebullición y se siguieron cocinando por 30 minutos más, contando a partir del primer hervor, para posteriormente someter al pelado y lavado.

Al concluir con el pelado y lavado se redujo el tamaño de partícula, dejando así está en  $\frac{1}{4}$  de la semilla, posteriormente se realizó el proceso de secado a una temperatura de 45 grados Celsius, esto con el objetivo de reducir la humedad hasta un 8 por ciento para concluir con la molienda y tamizado de la semilla haciéndola pasar por un tamiz de *mesh* 35.

### **3.5.2. Preparación de la harina de maíz enriquecida con harina de árbol de Ramón (*Brosimum alicastrum*)**

Se llevó a cabo mediante el mezclado manual de la harina de maíz, la cual tenía un porcentaje de humedad de 10 y su tamaño de partícula es de 0,5 milímetros, para poderla mezclar con la harina de semilla de árbol de Ramón (*Brosimum alicastrum*) en distintas proporciones, se realizaron cinco mezclas con las proporciones siguientes:

Tabla XI. **Mezcla de harina de maíz enriquecida con harina de árbol de Ramón**

<b>Mezcla 1</b>	<b>Mezcla 2</b>	<b>Mezcla 3</b>	<b>Mezcla 4</b>	<b>Mezcla 5</b>
HM100% /HSR 0%	HM 75% /HSR 25	HM50% /HSR 50%	HM25% /HSR 75%	HM0% /HSR 100%

Fuente: elaboración propia.

### **3.5.3. Análisis de las propiedades nutricionales de la harina de maíz enriquecida**

Este conjunto de análisis se realizó en el Laboratorio de Bromatología, Escuela de Zootecnia, Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Universidad de San Carlos de Guatemala, sometiendo las distintas mezclas a distintos protocolos de análisis para la determinación de: lípidos, carbohidratos, proteínas, fibra cruda.

### **3.5.4. Elaboración del atol**

El proceso de elaboración de este se llevó a cabo mezclando harina de semilla de árbol de Ramón con la harina de maíz y algunos aditivos como: azúcar y canela, para mejorar las propiedades organolépticas del mismo. La receta sería la mezcla de harinas en las proporciones indicadas, agua, azúcar y canela.

Procedimiento de la elaboración del atol:

- Se obtuvo la harina de maíz enriquecida con árbol de Ramón.
- Se realizó mezclado manual.
- Se colocó en recipiente para calentamiento.

- Se agregó agua, en la proporción de 6,25 mililitros por cada gramo de harina de maíz enriquecida.
- Se calentó durante 15 minutos a fuego moderado, después del primer hervor.
- Se adicionó canela en la proporción de 0,1 gramos por cada gramo de harina de maíz enriquecida.
- Se agregó azúcar en la proporción de 0,63 gramos de azúcar por cada gramo de harina de maíz enriquecida.
- Se agitó.

#### **3.5.5. Evaluación descriptiva del atol mediante la escala hedónica**

Se realizó un análisis en distintos lugares tomando en cuenta una muestra de población variada. Esta evaluación consistió en la preparación del atol en base a las cinco mezclas establecidas. Y la realización de una evaluación sensorial realizada a las distintas personas elegidas, esto con el objetivo de conocer la opinión de las personas que fueron sometidas a dicha evaluación sobre las propiedades organolépticas del producto.

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

La harina de maíz enriquecida con harina de semilla de árbol de Ramón, se obtuvo mediante la pulverización de la semilla tostada y el tamizado de la misma, hasta tener una granulometría de 0,5 milímetros.

La harina de maíz enriquecida con harina de semilla de árbol de Ramón (*Brosimum alicastrum*) se analizó de acuerdo a las proporciones de las cinco mezclas planteadas, para determinar que composición tiene mayor cantidad de

nutrientes y de esa forma poder analizar cual favorece a la ingesta diaria de nutrientes. Hasta el momento se han realizado varios estudios en los cuales se concluye que dicho árbol se puede consumir en su totalidad, ya que no contiene compuestos que pueden ser dañinos para el ser humano.

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

La fase experimental inicio con la realización de la harina de semilla de árbol de Ramón, esto mediante el uso de semillas secas para luego proceder a realizar las distintas mezclas mostradas en la tabla XI, a las cuales se le realizarón los respectivos análisis nutricionales, partiendo del análisis de proteínas totales por el método de Kjeldahl, el cual consiste en tres etapas: digestión, destilación y valoración, en la primera el nitrógeno orgánico se transforma en catión amonio, esta solución se destila en medio básico separándose así el nitrógeno en forma de amoníaco gaseoso que se recoge sobre ácido sulfúrico.

Posteriormente se valoró dicho acido parcialmente neutralizado con una disolución de NaOH se estandarizó ftalato ácido de potasio y usando fenolftaleína como indicador, esto con el objetivo que con el valor real de la concentración de esta solución se determinó la concentración de ácido sulfúrico utilizando un indicador como el rojo de metilo.

#### **3.7.1. Digestión**

En el matraz Kjeldahl se colocaron 0,2 gramos de la muestra, y 1,5 gramos de sulfato de potasio, 0,1 gramos de sulfato de cobre el cual actúa como catalizador y 5 mililitros de ácido sulfúrico concentrado. La mezcla fue

calentada lentamente hasta la carbonización total de la masa y desaparición de espumas, cuando la solución es transparente se deja reposar durante una hora.

### 3.7.1.1. Destilación

Tras dejar enfriar se añadió agua destilada y se aplican gránulos de zinc y gotas de fenolftaleína colocándose el matraz en un aparato de destilación de Kjeldahl, se alcanza la solución añadiendo entre 20 mililitros del destilado sobre un volumen conocido de solución 0,1 normal de ácido sulfúrico que contiene indicador rojo de metilo, el cual se estandariza previamente con una solución NaOH 0,1 normal, la que a su vez es estandarizada con ftalato ácido de potasio.

### 3.7.1.2. Valoración

La solución que se obtuvo al recoger el destilado se valoró con NaOH 0,1 normal hasta el punto de equivalencia del indicador rojo de metilo. Para la determinación del porcentaje de proteínas presentes en la muestra, se aplica la siguiente ecuación:

$$\% \text{ Proteínas} = \frac{1,4 \times 6,25}{M} (\text{Na} \cdot \text{Va} - \text{Nb} \cdot \text{Vb})$$

Donde:

M: es la masa de la muestra tratada en gramos

Na: normalidad de la solución de ácido sulfúrico

Va: volumen de ácido sulfúrico en mililitros

Nb: es la normalidad del NaOH

Vb: volumen del NaOH empleado en la valoración

6,25 es el factor de conversión de nitrógeno orgánico a proteínas

### **3.7.2. Determinación de carbohidratos por el método del Lane y Eynon**

La determinación de los carbohidratos por el método de Lane y Eynon, se da en varios procedimientos, los cuales son; estandarización de la solución de Fehling, preparación de la solución clarificada de azúcares, determinación de azúcares reductores y determinación de azúcares totales.

#### **3.7.2.1. Estandarización de la solución de Fehling**

En una bureta se colocó una solución de glucosa, posteriormente se colocó en un balón de 250 mililitros, 5 mililitros de la solución de Fehling A y 5 mililitros de solución de Fehling B, de igual modo, se agregaron 3 gotas de solución de azul de metileno para luego diluir con 20 mililitros de agua destilada.

Se llevó a ebullición la solución y se le agregó lentamente la solución de glucosa sin dejar de calentar, hasta que desapareció la coloración azul, al momento que sucede esto se puede apreciar en el fondo del balón un color rojizo.

#### **3.7.2.2. Preparación de la solución clarificada de azúcares**

Se pesó una cantidad de la solución del atol, de modo que en la solución final clarificada, la concentración de azúcares reductores era de 5 miligramos por mililitro, para de esta forma utilizar 25 mililitros de dicha solución por cada 10 mililitros de solución de Fehling.

Se homogenizó la muestra con 50 mililitros de etanol al 80 por ciento y se traspasó cuantitativamente a un matraz aforado de 250 mililitros; se aforó con etanol, se mezcló y se filtró. Se tomó una alícuota de 25 mililitros de la solución filtrada y fue colocada en un matraz de 250 mililitros. Se diluyó con 50 mililitros de agua destilada y se añadió unos pocos mililitros de solución de acetato de plomo (30 por ciento) hasta lograr la precipitación, para luego mezclar y filtrar.

Se agregó a este filtrado el oxalato en polvo en pequeñas proporciones hasta eliminar el exceso de acetato de plomo: para que este fuera mezclado y filtrado, descartando los primeros mililitros. El filtrado quedó perfectamente transparente.

#### **3.7.2.3. Determinación de azúcares reductores**

Se tomó una alícuota de 25 mililitros y se colocó en un matraz aforado de 100 mililitros, y fue aforado con agua, se mezcló y se colocó la solución en una bureta.

Se colocó en un balón la solución de Fehling A y 5 mililitros de solución de Fehling B. Se añadió 3 gotas de solución de metileno y se diluyó en 20 mililitros de agua destilada para posteriormente, llevarlo a ebullición y se realizó el mismo procedimiento de la estandarización de la solución de Fehling.

#### **3.7.2.4. Determinación de azúcares totales**

En un *beacker* de 100 mililitros, se colocó una alícuota de 25 mililitros de solución clarificada. Se agregó 5 mililitros de solución de HCl y se calentó a 70 grados Celsius durante 5 minutos. Se dejó enfriar y con ayuda de un potenciómetro se llevó a un pH 8,2 utilizando una solución 6 normal de NaOH.



Al momento de tener dicho pH se colocó la solución en un balón aforado de 100 mililitros para aforar con agua destilada, se mezcló bien y se colocó la solución en una bureta.

Se colocó en un balón de 250 mililitros, 5 mililitros de solución de Fehling A y 5 mililitros de solución de Fehling B. Se añadió 3 gotas de solución de azul de metileno para luego diluir con 20 mililitros de agua destilada y posteriormente se llevó a ebullición para terminar procediendo como se realizó la estandarización de la solución de Fehling.

### **3.7.3. Determinación de lípidos por el método de Soxhlet**

Primero se preparó la muestra y se colocó en un cartucho del tubo extractor, luego se colocó en el balón del aparato y se conectó, en la parte superior del tubo extractor, se agregó éter etílico como solvente hasta que descargó el sifón, se agregó alrededor de la mitad del tubo extractor, para luego calentar para que se produjeran al menos siete ciclos de llenado y sifonado del tubo extractor durante 2 horas.

La siguiente etapa consistió en la recuperación y eliminación del disolvente, iniciando con retirar el cartucho del tubo extractor con el resto de la muestra. Luego se procedió a armar el equipo nuevamente y se recuperó el solvente limpio que se acumuló en el tubo extractor. De modo que al quedar un pequeño volumen en el balón se procedió a separar el solvente de los lípidos unos diez minutos en una estufa y se procedió a pesar. Al conocer la masa de los lípidos libres del solvente orgánico, se pudo calcular el porcentaje de grasa en la muestra tomando en cuenta la masa inicial de la muestra colocada en el cartucho de extracción.

### **3.7.4. Determinación de la fibra alimentaria por el método de Sothgate Modificado**

Se tomaron 2 gramos de la muestra, la cual fue colocada en el cartucho poroso del extractor de Soxhlet y se diluyeron en 25 mililitros de etanol del 70 por ciento en un matraz de fondo redondo de 100 mililitros. Se llevó a ebullición durante 15 minutos. Se filtró en caliente a través de papel Whatman número uno y sobre una placa filtrante. El residuo se volvió a extraer dos veces más. Por último, este fue lavado varias veces con éter etílico y se llevó a sequedad durante una noche en el desecador a temperatura ambiente. Con este tratamiento es extraído el azúcar libre de la muestra que no forma parte de la pared celular, así como diferentes especies de taninos, clorofilas y polifenoles.

#### **3.7.4.1. Extracción con agua**

Se colocaron 0,4 gramos del residuo anterior, se depositó en un tubo de centrífuga y se extrajo con 10 mililitros de agua destilada a 80 grados Celsius durante 30 minutos en un baño termostático. Seguidamente se centrifugó a 400 revoluciones por minuto durante 45 minutos. El sobrenadante se separó del residuo por decantación. Esta extracción se repitió dos veces más reuniendo todos los sobrenadantes, se pesaron los residuos y de esta forma se extrajeron aquellas sustancias solubles en agua, tanto las proteínas, almidón y otros polisacáridos solubles.

### **3.7.5. Determinación de calcio con una titulación con permanganato de potasio**

Se pesaron 1,6 gramos de permanganato de potasio y se disolvieron en un litro de agua destilada y se procedió a hervir por 15 minutos. Esta solución

se tapó y se guardó en un frasco ámbar por dos días. Posteriormente se pesan 150 miligramos de oxalato de sodio y se diluye en 250 mililitros de agua destilada en un vaso de precipitado, a esta solución se le agrega 7 mililitros de ácido sulfúrico y se calienta a 70 grados Celsius para luego titular con permanganato de potasio hasta que se torne un color rosa pálido.

Se tomaron 25 mililitros de la muestra y se procedió a incinerarla en un crisol para posteriormente tarar, luego esta fue sometida a secado en una estufa a 100 -110 grados Celsius con el objetivo de eliminar toda el agua. Se le agregaron unas gotas de aceite de oliva, se calentó cuidadosamente en el mechero con la llama muy suave al comienzo y luego con la llama más fuerte y el crisol inclinado, hasta que la muestra se carbonizó completamente. Se tapó el crisol y se colocó en la mufla a 520 grados Celsius e incineró toda la noche hasta obtener el residuo (cenizas) blanco, gris pálido o amarillento.

Se humedecieron las cenizas obtenidas con 5 mililitros de ácido clorhídrico, se calentó hasta sequedad en la hornilla con la temperatura más baja o en baño de vapor, aproximadamente 2 horas a fin de deshidratar los silicatos y hacerlos insolubles. Se agregó 5 mililitros de solución de ácido clorhídrico y se calentó suavemente en baño de vapor o en la hornilla durante 30 minutos a fin de hidrolizar los pirofosfatos a ortofosfatos para que no interfieran. Luego se filtró la solución para que este fuera incinerado debido a que con esto se incineran las cenizas insolubles.

Se agregaron 5 mililitros de solución de ácido clorhídrico y se calentaron algunos minutos. Por último, se lavó bien el papel de filtro y el tallo del embudo y se llevó a volumen en un matraz aforado de 100 mililitros. La solución así obtenida es la solución de cenizas.

Se colocó una alícuota de 50 mililitros de la solución de cenizas, a un vaso de precipitado y se aforó con agua hasta un volumen de 50 mililitros. Se calentó a ebullición y se agregó lentamente 10 mililitros de solución de oxalato de amonio y unas gotas de solución indicadora de rojo de metilo. Se agregó la solución de hidróxido de amonio, gota a gota hasta que se obtuvo el viraje del indicador. Se hirvió durante algunos minutos hasta que el precipitado fue granular y se dejó reposar este durante 4 horas.

Luego se filtró la solución, se lavó el papel filtro con 10 mililitros de solución de ácido sulfúrico, para disolver el oxalato de calcio para poder calentar hasta 90 grados Celsius, se agregaron 50 mililitros de agua caliente y se tituló con la solución de permanganato de potasio.

Cálculo del porcentaje de calcio

$$\%Ca = V * N * 20,04 * Vt \times 100$$

Donde:

% Ca: porcentaje de calcio presente en la muestra

V: volumen de la solución de permanganato de potasio gastado en la titulación en mililitros.

N: normalidad de la solución de permanganato de potasio

Vt: volumen total de la solución de cenizas

20,04: es el peso equivalente del calcio en miligramos.

### 3.7.6. Evaluación sensorial del atol con base en la escala hedónica

La información de la evaluación sensorial del atol fue recolectada en una ficha de evaluación descriptiva para el estudio de campo realizado, dicha ficha fue llenada por los panelistas.

Figura 7. **Para la evaluación sensorial se realizó un estudio de campo en donde se dio a degustar el atol y se evaluó este, por una escala sensorial**

Ficha para la evaluación descriptiva del atol de harina de maíz enriquecido con semilla de árbol de ramón(Brosimum alicastrum)						
Nombre: _____						
Fecha _____						
Porfavor , probar las muestras en el orden que se muestra en la presente, de izquierda a derecha, e indique el valor en la escala que usted considera con una X						
Descripción	Descripción	Mezcla 1	Mezcla 2	Mezcla 3	Mezcla 4	Mezcla 5
Me disgusta extremadamente	1					
Me disgusta mucho	2					
Me disgusta moderadamente	3					
Me disgusta un poco	4					
Me es indiferente	5					
Me gusta un poco	6					
Me gusta moderadamente	7					
Me gusta mucho	8					
Me gusta extremadamente	9					

Fuente: elaboración propia.

Tabla XII. **Tabla de recolección de datos**

Descripción	Mezcla				
	1	2	3	4	5
Porcentaje de proteína					
Porcentaje de fibra cruda alimentaria					
Porcentaje calcio					
Porcentaje lípidos					

Fuente: elaboración propia.

### **3.8. Diseño de una línea de producción para la elaboración de un atol a partir de harina de maíz enriquecida**

El diseño de dicho proceso se realizó mediante un software de computadora, con el cual se dimensionó la maquinaria y equipo básico para la producción que se estableció, basándose en las variables del diseño conceptual y diseño básico.

### **3.9. Análisis estadístico**

Debido a que los resultados deben ser precisos se trató de disminuir los posibles errores, utilizando un número de corridas adecuado. Para conseguir lo anterior se utilizó un nivel de confianza del 95 por ciento y se espera un error en los resultados del 20 por ciento.

También se desea que el 75 por ciento de los datos sean aceptados como correctos.

Determinación de la confiabilidad:

$$Z = Nc + \alpha/2$$

Donde:

Z : confiabilidad

Nc : intervalo de confianza

$\alpha$  : intervalo de rechazo

Determinando la confiabilidad

$$Z = 0,95 + \frac{0,05}{2} = 0,975$$

Determinación del número de muestras:

$$N = \frac{z^2 * P * Q}{E^2}$$

Donde:

Z  $\alpha/2$ : confiabilidad

P : probabilidad de éxito

Q : probabilidad de fracaso (1-P)

E : error estimado

N : número de corridas

Determinando el número de muestras

$$N = \frac{0,975^2 * 0,75 * 0,25}{0,20^2} = 4,46 \approx 5 \text{ muestras}$$

Análisis de varianza (ANOVA):

Para el análisis estadístico se utilizó como variable la harina, por lo que se hicieron cinco productos distintos o mezclas a los cuales se les realizaron pruebas para conocer sus propiedades y análisis sensorial y así conocer las propiedades organolépticas de estos. El análisis estadístico para el atol de harina de maíz enriquecido con harina de semilla de árbol de Ramón, se llevó a cabo mediante un análisis de varianza, el cual consistió en una comparación de medias, esto para poder aceptar o rechazar la hipótesis planteada.

Tabla XIII. **Tabla de contenido de nutrientes de las distintas muestras**

TRATAMIENTOS	Mezcla 1	Mezcla 2	Mezcla 3	Mezcla 4	Mezcla 5
1	X(1,1)	X(2,1)	X(3,1)	X(4,1)	X(5,1)
2	X(1,2)	X(2,2)	X(3,2)	X(4,2)	X(5,2)
3	X(1,3)	X(2,3)	X(3,3)	X(4,3)	X(5,3)
4	X(1,4)	X(2,4)	X(3,4)	X(4,4)	X(5,4)
5	X(1,5)	X(2,5)	X(3,5)	X(4,5)	X(5,6)
SUMATORIA	X1	X2	X3	X4	X5

Fuente: elaboración propia.

Ecuaciones a utilizar para realizar la comparación de medias:

$$SStotal = \sum (X(f,c)^2) - \frac{(\sum x)^2}{n}$$

$$SST = \sum \left( \frac{Tc^2}{Nc} \right) - \frac{(\sum x)^2}{n}$$

$$SSE = SStotal - SST$$

$$MST = \frac{SST}{K-1}$$

$$MSE = \frac{SSE}{N-K}$$



$$F = \frac{MST}{MSE}$$

Determinación de grados de libertad

$$gl = \frac{K-1}{N-K}$$

Donde:

$X(f,c)$ : es el valor de cada mezcla según el carácter nutricional

$N$ : cantidad de datos tratados

$\sum x$ : sumatoria de los contenidos nutricionales de cada mezcla

$T_c$ : sumatoria de la sumatoria de cada contenido nutricional de todas las mezclas

$N_c$ : cantidad de datos de cada mezcla

SST: suma de cuadrados de tratamientos

SSE: suma de cuadrados de error

MST: media de cuadrados de tratamientos

MSE: media de cuadrados del error

F: factor experimental F de Fisher

gl: grados de libertad.

El valor F de Fisher obtenido de forma experimental fue comparado con el valor teórico de las tablas de F de Fisher con un grado de confiabilidad del 95 por ciento y a los grados de libertad determinados. Si el valor de F obtenido experimentalmente por la ecuación es menor que el valor crítico teórico de la tabla F de Fisher, entonces se acepta la hipótesis nula y se rechaza la hipótesis alterna.

### **3.10. Plan de análisis de resultados**

El plan de análisis de resultados consistió en la presentación técnica de los resultados obtenidos de los análisis sensoriales y nutricionales, del diseño del proceso y tabulaciones de datos realizado, utilizando programas como Microsoft Visio 2007 y Microsoft Excel 2010.

#### **3.10.1. Presentación técnica**

Este fue complementado por los análisis sensoriales realizados al atol como también los datos nutricionales obtenidos a nivel laboratorio y la línea de producción diseñada a través de un software de computadora.

#### **3.10.2. Programas utilizados para análisis de datos**

Se utilizó el software Microsoft Visio 2007, con el cual se pueden desarrollar diagramas de flujo debido a su facilidad de manejo como también a las plantillas que tiene, de igual forma se puede realizar el diagrama de equipo del proceso mediante dicho programa.

Otro programa utilizado fue Microsoft Excel 2010, mediante el cual se facilita el cálculo y la elaboración de gráficos de una forma más eficiente.

## 4. RESULTADOS

Resultados obtenidos del análisis nutricional y de la evaluación descriptiva, realizado a las distintas mezclas de harina de maíz y harina de semilla de árbol de Ramón.

Tabla XIV. **Cuantificación de las proteínas presentes en las mezclas**

<b>Descripción de la mezcla</b>	<b>Contenido (%)</b>
Harina de maíz	9,47
Mezcla 2	9,83
Mezcla 3	9,94
Mezcla 4	11,09
Harina de semilla de árbol de Ramón	11,39

Fuente: Laboratorio de Bromatología, Escuela de Zootecnia, Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Universidad de San Carlos de Guatemala.

Tabla XV. **Cuantificación de la fibra cruda alimentaria presente en las mezclas**

<b>Descripción de la mezcla</b>	<b>Contenido (%)</b>
Harina de maíz	2,48
Mezcla 2	2,88
Mezcla 3	3,12
Mezcla 4	4,84
Harina de semilla de árbol de Ramón	3,76

Fuente: Laboratorio de Bromatología, Escuela de Zootecnia, Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Universidad de San Carlos de Guatemala.

Tabla XVI. **Cuantificación del calcio presente en las distintas mezclas**

<b>Descripción de la mezcla</b>	<b>Contenido (%)</b>
Harina de maíz	0,22
Mezcla 2	0,27
Mezcla 3	0,18
Mezcla 4	0,10
Harina de semilla de árbol de Ramón	0,07

Fuente: Laboratorio de Bromatología, Escuela de Zootecnia, Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Universidad de San Carlos de Guatemala.

Tabla XVII. **Cuantificación de carbohidratos presente en las distintas mezclas**

<b>Descripción de la mezcla</b>	<b>Contenido (%)</b>
Harina de maíz	83,34
Mezcla 2	81,98
Mezcla 3	82,05
Mezcla 4	79,25
Harina de semilla de árbol de Ramón	80,05

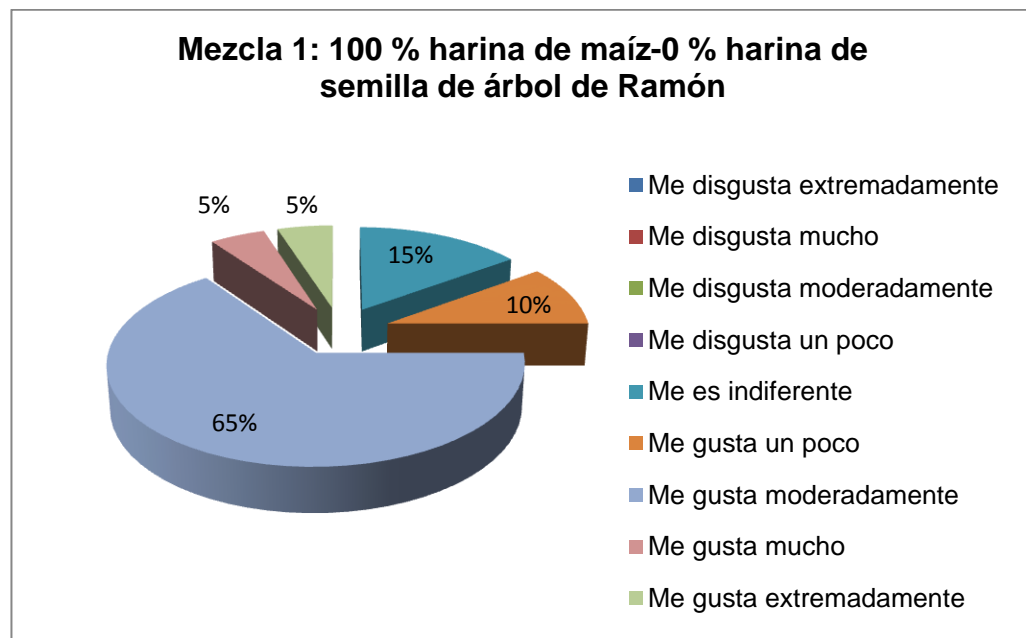
Fuente: Laboratorio de Bromatología, Escuela de Zootecnia, Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Universidad de San Carlos de Guatemala.

Tabla XVIII. **Cuantificación de lípidos presente en las distintas mezclas**

Descripción de la mezcla	Contenido (%)
Harina de maíz	3.2
Mezcla 2	2.87
Mezcla 3	1.69
Mezcla 4	0.95
Harina de semilla árbol de Ramón	0.48

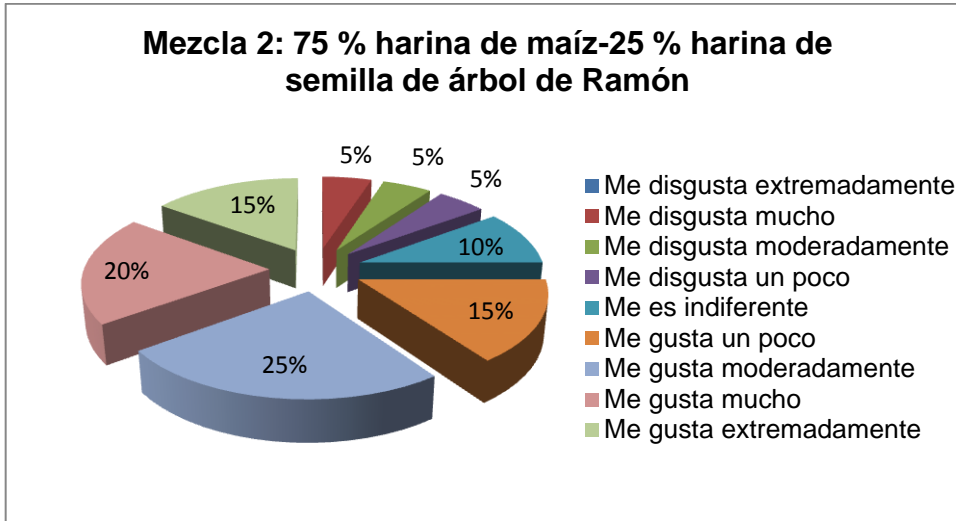
Fuente: Laboratorio de Bromatología, Escuela de Zootecnia, Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Universidad de San Carlos de Guatemala.

Figura 8. **Evaluación descriptiva de la harina de maíz como atol**



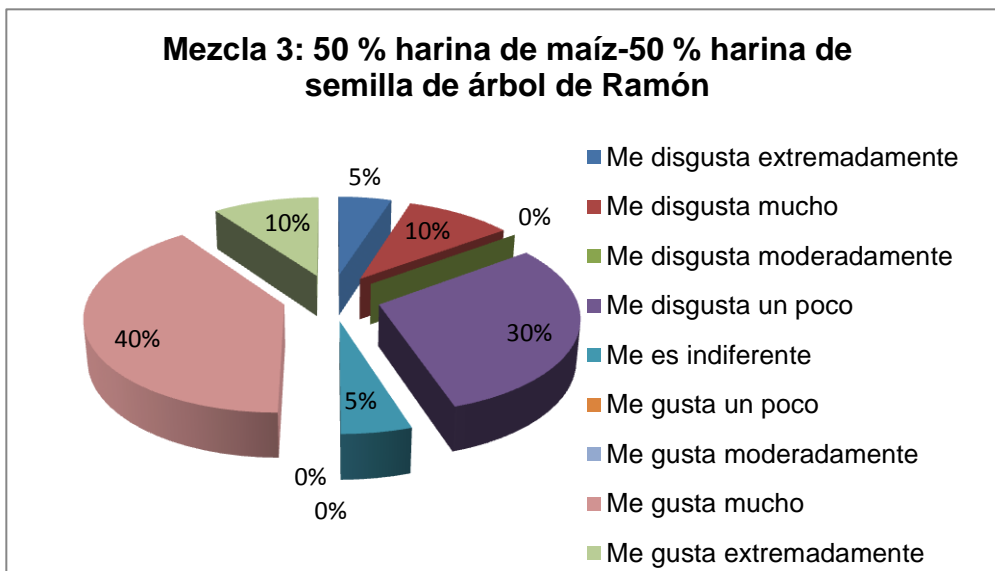
Fuente: elaboración propia.

Figura 9. Evaluación descriptiva mezcla 2 como atol



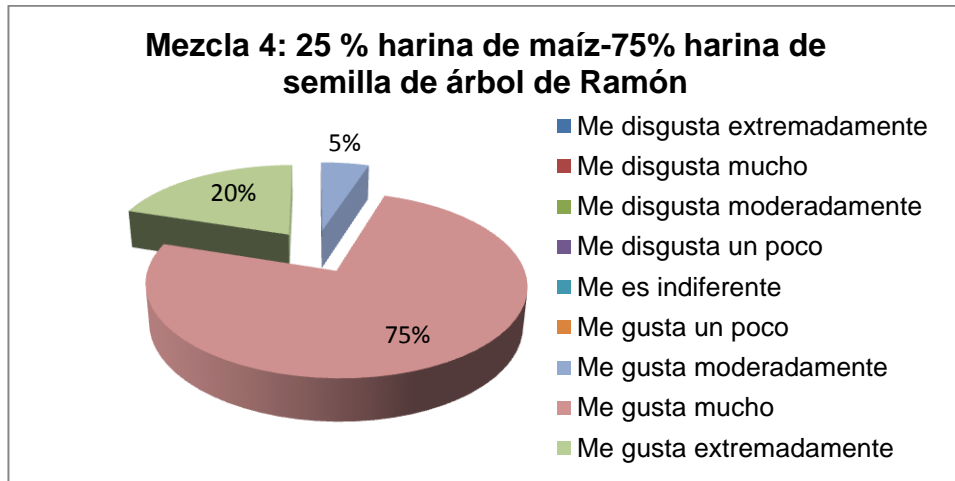
Fuente: elaboración propia.

Figura 10. Evaluación descriptiva mezcla 3 como atol



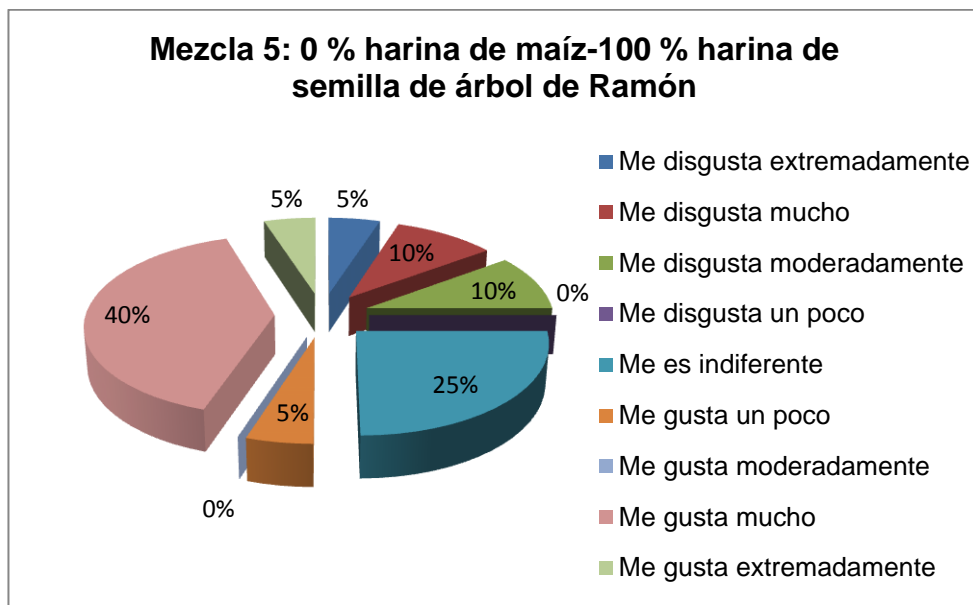
Fuente: elaboración propia.

Figura 11. Evaluación descriptiva mezcla 4 como atol



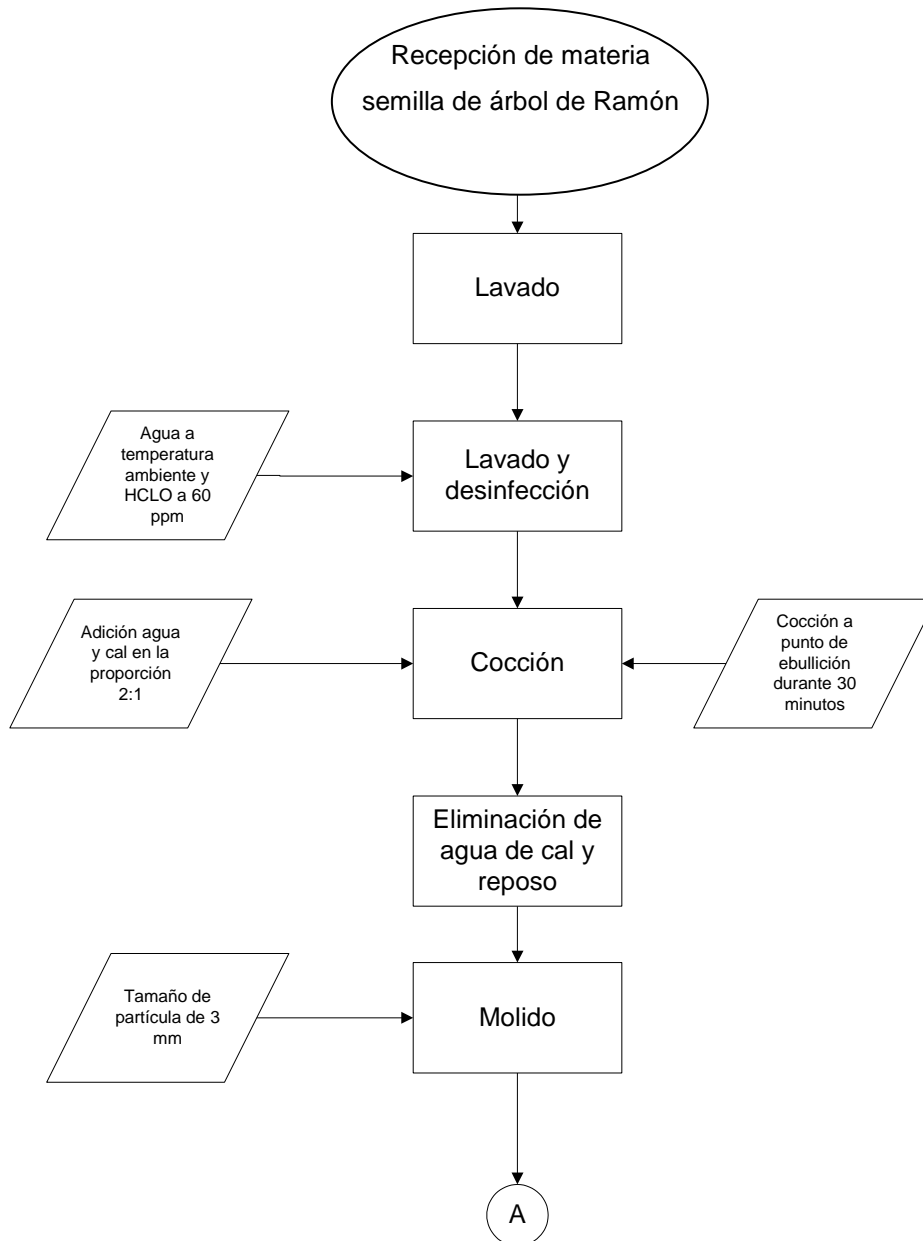
Fuente: elaboración propia.

Figura 12. Evaluación descriptiva mezcla 5 como atol



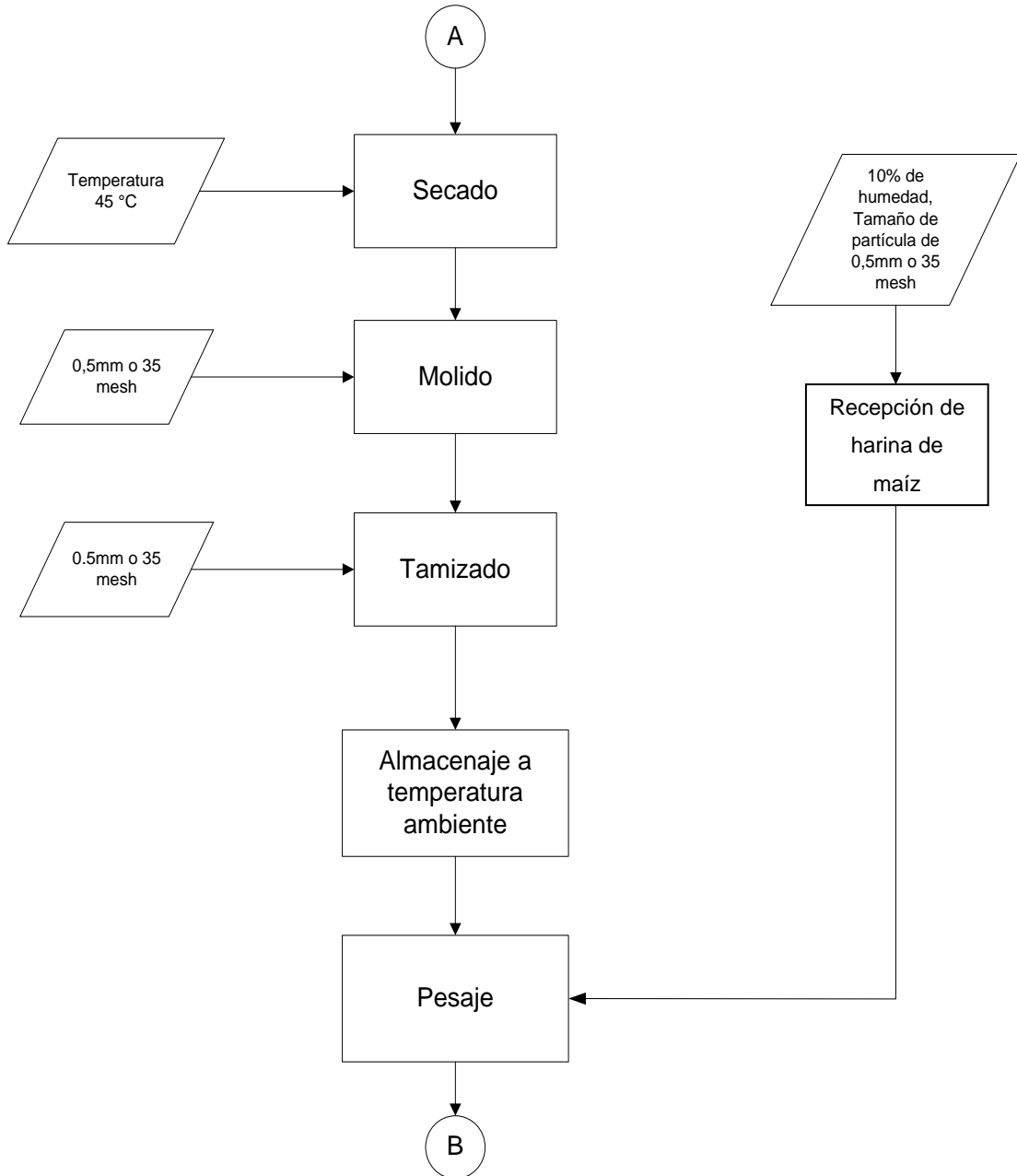
Fuente: elaboración propia.

Figura 13. Diagrama de flujo del proceso para la obtención del atol a partir de harina de maíz, enriquecido con harina de semilla de árbol de Ramón

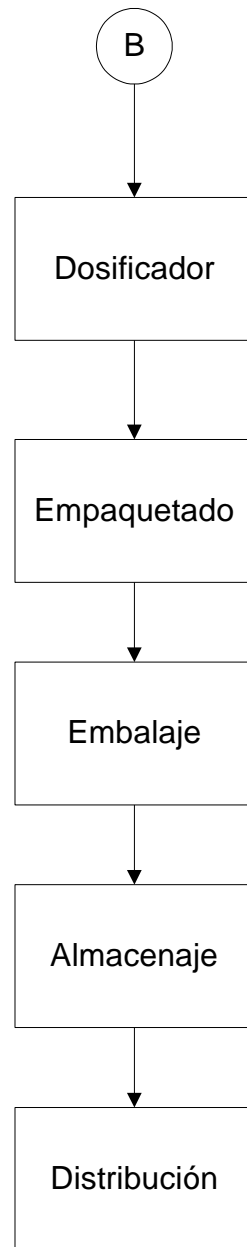




Continuación de la figura 13.

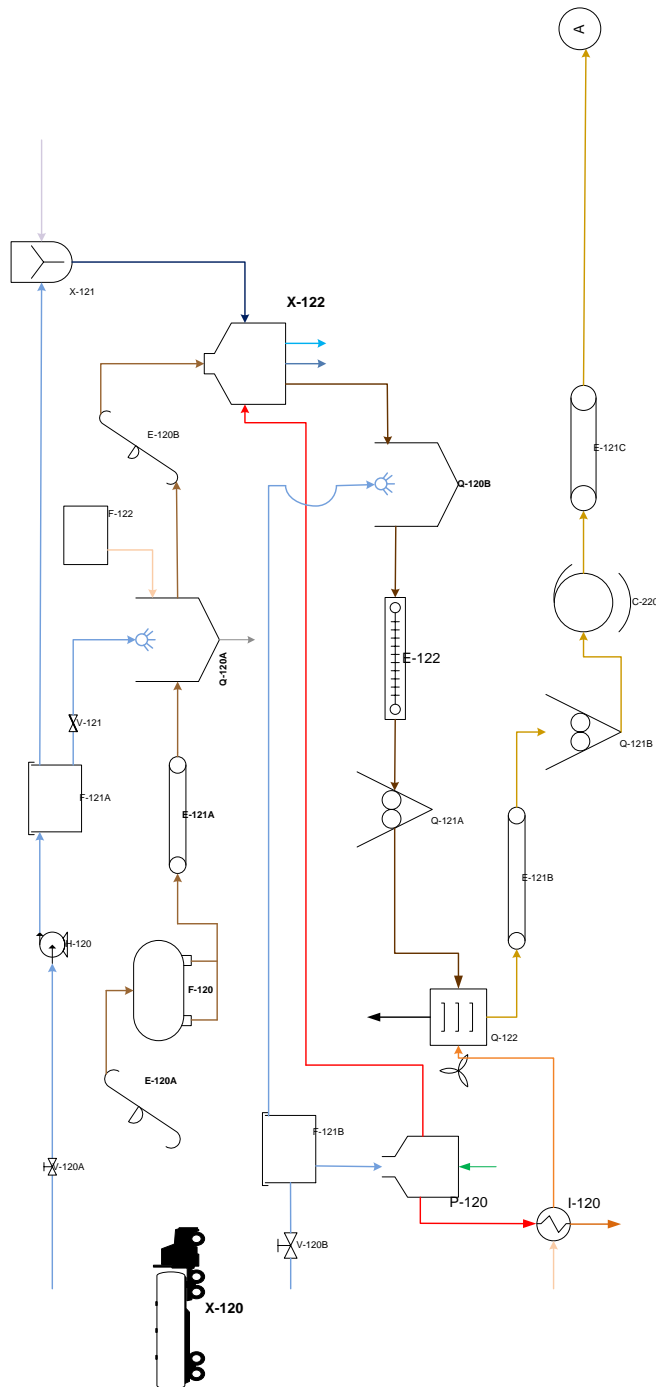


Continuación de la figura 13.



Fuente: elaboración propia.

Figura 14. Diagrama de equipo del proceso para la obtención del atol a partir de harina de maíz, enriquecido con harina de semilla de árbol de Ramón



Fecha	Nombre	Firma
	Kevin Martínez	
Dibujado	Revisado	Escala



## 5. INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

En el presente estudio se inició con la investigación sobre el valor nutricional de la semilla de árbol de Ramón, esto para evaluar el aporte de esta a una mezcla con la harina de maíz en distintas proporciones (100:0, 75:25, 50:50, 25:75, 0:100).

De acuerdo a los antecedentes el árbol de Ramón es un árbol poco explotado y de alto rendimiento a un costo bajo, ya que no necesita un alto grado de fertilización y tiene una gran adaptabilidad a los climas y suelos, lo que hace un árbol de una buena materia prima, para un producto de alto consumo con un costo de producción bajo. La utilización de la semilla de árbol de Ramón surge mediante los estudios realizados con anterioridad, ya que según Flor de María de León Lucero el contenido proteico de la harina de árbol de Ramón es de 12 por ciento, como también se menciona que por el proceso de molienda del *Brosimum alicastrum* se logra obtener una harina que cumple con las recomendaciones de ingesta diaria propuesta por el INCAP en una dieta de 2 000 kilocalorias, para los macronutrientes como los carbohidratos (70 por ciento) y las proteínas (15 por ciento).

A través de estas afirmaciones se plantearon las hipótesis de este proyecto, logrando así plantear la metodología de investigación, la que partió de la evaluación nutricional de la harina de semilla de árbol de Ramón, mediante un análisis químico nutricional a una serie de mezclas compuestas de harina de maíz y harina de semilla de árbol de Ramón en distintas proporciones.

La evaluación nutricional partió del análisis químico nutricional de la harina de maíz y posteriormente el análisis de cada una de las mezclas, como también el de la harina de semilla de árbol de Ramón (*Brosimum alicastrum*), obteniendo que la harina de maíz tiene un total de 9,47 por ciento de proteínas, 2,48 por ciento de fibra cruda, 0,22 por ciento de calcio, 83,30 por ciento de carbohidratos y 3,2 por ciento de lípidos; de la misma forma al realizar el análisis químico nutricional a la harina de semilla de árbol de Ramón (*Brosimum alicastrum*) se obtuvo que está compuesta por un 11,39 por ciento de proteínas, 3,76 por ciento de fibra alimentaria, 0,07 por ciento de calcio, 80 por ciento de carbohidratos y 0,48 por ciento de lípidos, lo que denota que la harina de semilla de árbol de Ramón (*Brosimum alicastrum*) tiene un alto contenido proteico en relación a la harina de maíz.

Con los resultados nutricionales, se procedió a realizar cinco muestras de atol, con distintas proporciones de estas harinas, y sometiendo cada atol a una evaluación sensorial descriptiva. Esto mediante una evaluación de una escala hedónica, la que consistió en encuestar a una muestra de la población objetivo a partir de la degustación de cinco muestras de atol, calificándolas en una escala de cinco puntos, la que consistía desde me disgusta extremadamente hasta me gusta extremadamente.

Al realizar la evaluación sensorial, se obtuvo una mayor aceptación con un promedio del 8,15 para la mezcla 4, con un me gusta mucho como respuesta, esta mezcla consta de un 75 por ciento de harina de semilla de árbol de Ramón (*Brosimum alicastrum*) y un 25 por ciento de harina de maíz.

Según la evaluación nutricional de esta mezcla, posee un 11,09 por ciento de proteína, la cual tiene 1,62 por ciento más el atol de harina de maíz al 100 por ciento, en cuanto al análisis de fibra cruda alimentaria esta mezcla presenta

un 4,84 por ciento, obteniendo así un 2,36 por ciento más que el atol de harina de maíz al 100 por ciento, caso contrario en el calcio, ya que se obtuvo una reducción en su porcentaje pues presenta 0,1 por ciento de este una reducción del 0,12 por ciento con relación al atol de harina de maíz al 100 por ciento, de igual forma con los carbohidratos se obtuvo una reducción del 4,05 por ciento de carbohidratos, ya que el atol de la mezcla 4 presenta un 79,25 por ciento de carbohidratos, sin embargo, es una cantidad alta para los requerimientos nutricionales debido a la importancia de los carbohidratos en una dieta nutritiva.

En cuanto a los lípidos esta mezcla presentó un porcentaje del 0,95, reduciendo un 2,25 por ciento en relación al atol de harina de maíz al 100 por ciento.

La cuantificación de proteínas fue realizada por el método de Kjeldahal, el cual consiste en someter las muestras a un tratamiento de digestión con ácido sulfúrico concentrado a ebullición, con la adición de un catalizador, el nitrógeno de la muestra se convirtió en amonio y por destilación fue recogido en una disolución acida con amoniaco.

El contenido de proteínas cuantificado en la muestra de harina es del 9,47 por ciento, la mezcla dos tuvo un 9,83 por ciento, la mezcla tres un 9,94 por ciento, la mezcla cuatro tuvo un 11,09 por ciento y la harina de semilla de árbol de Ramón (*Brosimum alicastrum*) un 11,39 por ciento.

Los porcentajes de proteínas obtenidos en las distintas muestras, denotan el alto contenido proteico de la semilla de árbol de Ramón (*Brosimum alicastrum*), como también el aporte de proteínas a la mezcla con harina de maíz.

Los aminoácidos son las unidades elementales que constituyen las proteínas y estos pueden ser aminoácidos esenciales y no esenciales, los esenciales son los que son obtenidos por los alimentos, y los no esenciales son los que pueden ser sintetizados por el organismo sin necesidad de una fuente externa.

La proteína obtenida de la semilla de árbol de Ramón compensa en cuanto a las cantidades bajas de algunos aminoácidos del maíz, de acuerdo a la tabla IV, la proteína de la semilla de árbol de Ramón (*Brosimum alicastrum*) tiene 114 miligramos de lisina y la harina de maíz 27 miligramos, la lisina es un aminoácido esencial y es necesaria para el desarrollo y crecimiento de los huesos, ya que su función es garantizar la absorción de calcio, como también es indispensable para la formación de colágeno, el cual constituye el cartílago y el tejido conectivo, de igual forma esta mantiene el correcto balance de nitrógeno en el cuerpo.

Otro aminoácido esencial es la histidina, la cual se presenta en mayor cantidad en la semilla del árbol de Ramón (*Brosimum alicastrum*) al comparar con la proteína del maíz (36 mg/g y 27 mg/g de proteína), este aminoácido es importante es debido a su participación con el crecimiento y reparación de los tejidos en el organismo y es necesario para la producción de glóbulos rojos y blancos en la sangre.

La trenonina según la tabla IV, se presenta 97 miligramos por gramo en la semilla del árbol de Ramón (*Brosimum alicastrum*) y 36 miligramos por gramo de proteína del maíz, este es un aminoácido que tiene como función regular la cantidad de proteínas en el cuerpo y de gran utilidad para la formación de colágeno, elastina y el esmalte de los dientes, la trenonina en conjunto con el ácido aspartico y la metionina ayudan a la función lipotrópica del hígado.



La isoleucina es necesaria para la formación de hemoglobina, de la misma forma es importante para regular y estabilizar los niveles de azúcar y energía, según la tabla IV este aminoácido constituye 73 miligramo por gramo de proteína de la semilla de árbol de Ramón (*Brosimum alicastrum*) y en el maíz de 37 miligramos por gramo de proteína.

La leucina es un aminoácido que interactúa con isoleucina y valina para promover la cicatrización del tejido muscular, la piel y los huesos, otra función de este aminoácido es regular los niveles de azúcar en la sangre y aumentar la producción de la hormona del crecimiento, el contenido de leucina por miligramo de proteína en la semilla de árbol de Ramón (*Brosimum alicastrum*) es de 211 miligramos por gramo y en el maíz de 125 miligramos por gramo.

El contenido de fenilalanina en la proteína de semilla de árbol de Ramón (*Brosimum alicastrum*) es de 161 miligramos por gramo de proteína y en el maíz es de 49 miligramos por gramo, este aminoácido es utilizado por el cerebro para producir noradrenalina la que transmite señales entre las células nerviosas en el cerebro, promoviendo el estado de alerta y la vitalidad, la fenilalanina es importante para el funcionamiento de la tiroides, ya que es sintetizada como tirosina a través de la hidroxilación de la fenilalanina.

El contenido de triptófano en la proteína de semilla de árbol de Ramón (*Brosimum alicastrum*) es de 83,7 miligramo por gramo de proteína y en el maíz es de 7 miligramo por gramo de proteína, este aminoácido tiene una función importante en el organismo para la síntesis de las proteínas, también para la segregación de la serotonina por parte de la glándula pineal, la que cumple una función como neurotransmisor en el cerebro. En dietas a base de maíz es importante la deficiencia de triptófano ya que la proteína del maíz tiene un bajo

contenido de triptófano, lo cual se complementa con el alto contenido de triptófano en la semilla de árbol de Ramón.

El contenido de valina en la semilla de árbol de Ramón (*Brosimum alicastrum*) es de 171 miligramo por gramo de proteína y en el maíz es de 49 miligramo de proteína, la valina es un aminoácido necesario para el crecimiento y mantenimiento de los tejidos, como también para mantener el equilibrio adecuado de nitrógeno en el cuerpo.

La determinación de la fibra cruda alimentaria por el método de Southgate Modificado consistió en someter las muestras a tratamientos que tienen el objetivo de obtener las fracciones de los carbohidratos.

La fibra cruda de la harina de maíz es del 2,48 por ciento, en cuanto a la mezcla dos se obtuvo 2,88 por ciento, la mezcla tres del 3,12 por ciento, la mezcla cuatro del 4,84 por ciento y la harina de semilla de árbol de Ramón (*Brosimum alicastrum*) del 3,76 por ciento.

La fibra cruda alimentaria es el componente insoluble en agua del alimento y la cual no es digerida en el tracto digestivo, este no da un aporte energético ni nutricional, pero es importante para dar volumen y textura a alimento y así facilitar la circulación del alimento en el sistema digestivo.

La determinación de calcio se realizó con el método de titulación con permanganato de potasio, este consistió en precipitar el calcio a un pH de 4 como oxalato y este disolviéndolo con ácido sulfúrico para obtener ácido oxálico, el cual es titulado para obtener así la valoración con el permanganato de potasio. El porcentaje de calcio en las distintas mezclas se redujo al aumentar la cantidad de harina de semilla de árbol de Ramón (*Brosimum*

*alicastrum*), esto se pudo apreciar en los resultados de obtenidos de las harinas, de los que en la harina de maíz se obtuvo un 0,22 por ciento de calcio y en la harina de semilla de árbol de Ramón un 0,07 por ciento.

La cuantificación de carbohidratos fue determinada por el método de Lane y Eynon, el que consistió en hacer reaccionar sulfato cúprico con azúcar reductor en medio alcalino, formándose óxido cuproso, este método se realizó en cuatro etapas las cuales son: estandarización de la solución de Fehling, preparación de la solución clarificada de azúcares, determinación de azúcares reductores, determinación de azúcares totales. Se observó una disminución en la cantidad de carbohidratos en la harina de semilla de árbol de Ramón (*Brosimum alicastrum*) en relación a la harina de maíz, ya que en el caso de la harina de maíz presenta un 83,34 por ciento y para la harina de semilla de árbol de Ramón (*Brosimum alicastrum*) un 80,05 por ciento.

En cuanto a la determinación de los lípidos presentes, esta cuantificación fue basada en el método de Soxhlet el que consistió en una extracción semicontinua con un disolvente orgánico, en el que el contenido de grasa se cuantifica por la diferencia de peso. La cantidad de lípidos presentes en la harina de semilla de árbol de Ramón (*Brosimum alicastrum*) es menor en relación a la cantidad de éstos presentes en la harina de maíz, ya que en la harina de maíz se obtuvo 3,2 por ciento de lípidos y en la harina de semilla de árbol de Ramón un 0,48 por ciento, de la misma forma para la mezcla dos un 2,87 por ciento, para la mezcla tres un 1,69 por ciento y para la mezcla cuatro un 0,95 por ciento.

El diseño de la línea de producción partió de los resultados anteriores, ya que se estableció cual era la mezcla con mayor aceptación popular y con valores nutricionales altos, el diseño partió con la realización del diagrama de

flujo del proceso este permite la identificación de las distintas fases y equipos del proceso, así como el orden adecuado de los equipos, para la elaboración del atol en el proceso.

Con el diagrama de flujo definido se procedió a la elaboración del diagrama de equipo del proceso, en el cual se puede apreciar la elaboración del atol a partir de la harina de maíz y la harina de semilla de árbol de Ramón (*Brosimum alicastrum*) para un proceso industrializado.

El proceso inicia con la recepción de semilla de árbol de Ramón (*Brosimum alicastrum*), para que posteriormente sea trasladada con un montacarga de cangilones a un tanque de almacenamiento en el cual se pretende aislar de agentes contaminantes. Luego es trasladada en una banda transportadora hasta una lavadora por aspersión donde se pretende la desinfección, lo que consiste en tratar las semillas por 20 minutos en una solución de hipoclorito de sodio a 60 partes por millón (ppm), para luego ser lavadas con abundante agua a temperatura ambiente, la cual es proporcionada por el servicio público.

Las semillas lavadas son trasladadas a una marmita, en donde se adiciona agua y cal en una proporción 2:1, llevando a ebullición y manteniendo la cocción durante 30 minutos. Posteriormente se lava con agua para eliminar la cal y se traslada en un transportador de paletas para eliminar el agua. La semilla se hace pasar sobre un molino de discos, con el cual se pretende reducir el tamaño de partícula a 3 milímetros, y así facilitar el secado de ésta, ya que después de esta fase, la semilla es trasladada a un secador de bandejas, en el cual se extraerá el agua del lavado como también el agua interna de la semilla para llevar a la deshidratación de la misma. El secador de bandejas funcionará a una temperatura menor a los 46 grados Celsius, esto con el

objetivo de preservar las propiedades nutricionales y la preservación de la termolabilidad. El vapor que necesita el secador será proporcionado por una caldera acuotubular, la cual puede ser dimensionada de acuerdo a los requerimientos de vapor los que tienen relación a la necesidad de producción diaria.

El vapor es transportado hacia un intercambiador de calor en donde se pretende que el calor latente del vapor sea transferido hacia el aire suministrado para que este sea transferido hacia el secador mediante un ventilador, el aire suministrado debe cumplir con una temperatura y saturación de 60 grados Celsius y 60 por ciento, para que sea trasladado a través de las bandejas desde la parte inferior hasta la parte superior, permitiendo que vaporice el agua contenida en la semilla y salga del secador con una saturación mayor.

Se realizaran pruebas en planta piloto con el objetivo de determinar las curvas de secado de este sistema y así obtener el tiempo de retención de la semilla en el secador.

La semilla deshidratada es trasladada con un transportador para llevarla hacia el molino de disco para obtener el polvo, el cual posteriormente es sometido a un tamiz con un número de *mesh* 35.

La harina de maíz al ser recibida es depositada en tanques de almacenamiento para luego ser trasladada a un mezclador donde de igual forma se le agrega la harina de semilla de árbol de Ramón (*Brosimum alicastrum*), en esta parte del proceso se realizan las mediciones respectivas para dosificar las harinas, ya que la mezcla a utilizar será de un 75 por ciento de harina de semilla de árbol de Ramón (*Brosimum alicastrum*) y 25 por ciento de harina de maíz.

La mezcla es trasladada hasta el área de empaque en donde se hace pasar por la empaquetadora, la cual dosifica de acuerdo a la presentación del empaque a utilizar, el empaque a utilizar puede ser una bolsa de polipropileno con doble pliegue con el exterior laminado, el cual proporciona aislamiento contra la luz, humedad, oxígeno, aromas, resistencia química, resistencia mecánica y térmica.

El dimensionamiento real del equipo depende de la demanda, por lo que para poder realizar un estudio completo y poder realizar dicho dimensionamiento habría que realizarse un estudio enfocado a la rentabilidad del proyecto así, como también establecer los equipos a utilizar considerando de la misma forma la rentabilidad de estos, es por ello que este estudio carece de un dimensionamiento del equipo, ya que el estudio de campo realizado no muestra una proyección real de la cantidad de producción de este producto y debido a que sería un producto nuevo, existen más consideraciones las que hay que tomar para la creación de este producto a nivel industrial.

## CONCLUSIONES

1. De acuerdo al análisis nutricional y a la evaluación de aceptación, se determinó que la mezcla con mayor aceptación y con un buen aporte proteico es la mezcla cuatro, la cual está compuesta de un 75 por ciento harina de semilla de árbol de Ramón y un 25 por ciento harina de maíz.
2. El porcentaje obtenido con mayor aceptación en la evaluación de aceptación es para la mezcla cuatro con un promedio del 8,15, en la categoría me gusta mucho de la escala hedónica.
3. La harina de semilla de árbol de Ramón tiene 1,29 por ciento más de proteína en comparación a la harina de maíz.
4. La harina de semilla de árbol de Ramón mejora la calidad de la proteína al mezclarla con harina de maíz.
5. La semilla de árbol de Ramón tiene un alto contenido de triptófano y lisina y complementa la deficiencia de estos en la calidad de la proteína del maíz.
6. La mezcla cuatro compuesta por 75 por ciento harina de semilla de árbol de Ramón y 25 por ciento harina de maíz, contiene 11,09 por ciento de proteínas, 4,87 por ciento de fibra cruda, 0,1 por ciento de calcio, 79,25 de carbohidratos y 0,95 por ciento de lípidos.

7. La harina de semilla de árbol de Ramón aumenta el porcentaje de fibra cruda en la mezcla con la harina de maíz.
8. La harina de semilla de árbol de Ramón presenta un menor porcentaje de calcio, carbohidratos y lípidos en relación a la harina de maíz.



## RECOMENDACIONES

1. Realizar un estudio para determinar las curvas de secado de la semilla de árbol de Ramón.
2. Realizar un análisis de proteínas, lípidos, carbohidratos y calcio al atol luego del proceso de fabricación. Esto con el objetivo de realizar una comparación con los valores nutricionales iniciales.
3. Variar el tipo de producto final, para las mezclas de harina de maíz y harina de semilla de árbol de Ramón.
4. Hacer un análisis de los componentes importantes e indispensables en una dieta nutricional, para obtener un estudio más completo del atol luego del proceso de fabricación.
5. Evaluar la factibilidad económica del proyecto para realización del atol a nivel industrial.
6. Realizar un estudio para evaluar el rendimiento de la harina de semilla de árbol de Ramón.
7. Estudiar los aportes nutricionales de otras partes del árbol de Ramón.
8. Estudiar la creación productos alimenticios, a base de otras partes del árbol de Ramón y evaluar las variaciones nutricionales y la aceptación de los productos en el mercado.

9. Realizar un estudio de campo, para determinar la demanda de este producto y así dimensionar los equipos de acuerdo a esta demanda.
10. Realizar un análisis de aminoácidos del producto terminado, así como las posibles variantes de las mezclas.

## BIBLIOGRAFÍA

1. AGUILAR, J. M; AGUILAR M. A. *Árboles de la Biosfera Maya Peten Guía para las especies del Parque Nacional Tikal Guatemala. Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia, Escuela de Biología, Centro de Estudios Conservacionistas (CECON). 1992. p. 161, 272.*
2. AGUILAR, G. José Ignacio. *Relación de unos aspectos de la flora útil de Guatemala. Guatemala. Hispania. 1958. p. 251,253.*
3. ANDINO MENDOZA, Aura Maritza *Procesamiento y consumo de semilla de Ojoche [en línea]. Catálogo nacional de innovaciones para el desarrollo humano de Nicaragua [en línea], Nicaragua, septiembre del 2007 [ref. 26 de noviembre de 2012].* Disponible en Web:<[http://www. ideassonline.org/innovations /brochYellow.php?id=6](http://www.ideassonline.org/innovations/brochYellow.php?id=6)>.
4. ARÉVALO SALGUERO, Aura Isabel. *Respuesta glicémica de la semilla del Ramón, Brosimum alicastrum en mujeres de 16 a 25 años de edad, residentes de la ciudad capital. Universidad Rafael Landívar, Facultad Ciencias de la Salud, Departamento de Tecnología para la Salud, 2010. p. 110.*

5. ARAGÓN U.R. *estudio de caracterización preliminar del ramón brosimum b. alicastrum swart), in situ en el bosque muy húmedo sub-tropical cálido de petén*. Trabajo de graduación de Ing. Agrónomo. Universidad de San Carlos de Guatemala. Facultad de Agronomía, p. 14-17. 1990.
6. ASENJO, María del Carmen. *caracterización y usos de la semilla del árbol "ramón" (brosimum alicastrum)*. Tesis: Centro de Estudios Superiores en Nutrición y Ciencias de Alimentos CESNA. Guatemala, p. 26-41. 1992.
7. BRESSANI, CASTIGNOLI, Ricardo. *Composición química, fraccionamiento celular y digestibilidad in Vitro de frutas de árboles tropicales y de leguminosas no convencional de Guatemala*. Guatemala: Congreso Nacional de la Carne y la Leche. AGSOGVA, 1990.
8. FLORES FARÍAS, Fidelino. Caracterización de harinas comerciales de maíz nixtamalizado. En Colegio de postgraduados en Ciencias Agrícolas de México, MARTÍNEZ BUSTOS, Fernando, SALINAS MORENO, Fernanda, RÍOS, Elvira, 23 Septiembre-octubre del 2002 [Ref. 26 de noviembre de 2012]. Disponible en Web <<http://www.colpos.mx/agrocien/Bimestral/2002/sep-oct/art-7.pdf>>.
9. FLORES, S. *Nombres usados por los mayas para designar a la vegetación*. México: Instituto Nacional de Investigación sobre recursos bióticos. 1983.

10. GUZMÁN, V. Conozcamos el Ramón (*Brosimum Alicastrum swartz*). Guatemala: Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación MAGA. Guatemala. 1986.
11. HARINA DE MAÍZ. En Sociedad Nacional de industrias de Perú [en línea], sociedad Nacional de Industrias de Perú, lima, Perú, 23 de julio del 2010 [ref. 26 de noviembre de 2012]. Disponible en Web < [http://www.sni.org.pe/downloads/fichas\\_tecnicas/](http://www.sni.org.pe/downloads/fichas_tecnicas/)>
12. LAMBERT, J; ARNASON J. *Ramón and Maya ruins: an ecological not an economic relation*. E.E.U.U. Editorial Manan. 1982.
13. LEÓN LUCERO, F. *Determinación de valores nutricionales de la harina de la planta de Brosimum alicastrum Swartz*. Guatemala. Universidad Rafael Landívar. 2008. p. 116 - 118.
14. LEPE, J; PÉREZ, L. (1986). Uso del ramón o ujuxte. Guatemala: Universidad San Carlos de Guatemala.
15. MARTÍNEZ, M. Las Plantas Medicinales de México. 6ª ed. Botas. p. 61. 1992.
16. MONZÓN SAMAYOA, Héctor Leonel. Utilización de Harina de Follaje del árbol ramón (*Brosimum alicastrum*) en dietas de engordes para conejos. Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Escuela de Zootecnia. 1994.

17. PARDO TEJEDA. *Brosimum Alicastrum (ramón, capono, ojite, ojoche); recurso silvestre tropical desaprovechado. México: Instituto Nacional de Investigaciones sobre recursos bióticos. 1980.*
18. PARDO TEJEDA, MUÑOZ C.S. Ramón, Capomo, Ojite, Ojoche, *Brosimum alicastrum Recurso Silvestre Tropical Desaprovechado. Instituto Nacional de Investigaciones sobre recursos Bióticos. Veracruz, México. p. 31. 1974.*
19. PULESTON, D. *El ramón como base de la dieta alimenticia de los antiguos mayas. Guatemala. 1979.*
20. ROQUEL CHÁVEZ, Mercedes Esther. *Diseño de una línea de producción para la elaboración de harina de camote (Ipomoea Batata). Universidad de San Carlos de Guatemala. Facultad de Ingeniería, 2000. p. 142.*
21. RUIZ FÚNEZ, Luis Ernesto. *Diseño de un proceso para la obtención de una galleta a partir de harina de trigo enriquecida con paraíso blanco (Moringa oleífera) y su respectiva evaluación nutricional. Trabajo de graduación de Ing. Químico Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería, 2011. p. 86.*
22. SOSA, J. *algunas generalidades, hábitat y usos del Ramón blanco, banco de semillas. nicaragua: instituto nacional forestal. 1980.*

23. TENÍ MILIÁN, Darwin Miguel, *Tamizaje fotoquímico, extracción fraccionada y evaluación biocidad del extracto diclorometánico y metanólico de Brosimum alicastrum Swartz (ramón) fruto, semilla y hojas*. Trabajo de graduación de Ing. Químico Universidad de San Carlos de Guatemala. Guatemala. Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia. 2008. p. 113.
  
24. WITTING E. *Evaluación sensorial: una metodología actual para tecnología de alimentos*. México: D.F. 1995. p. 84.

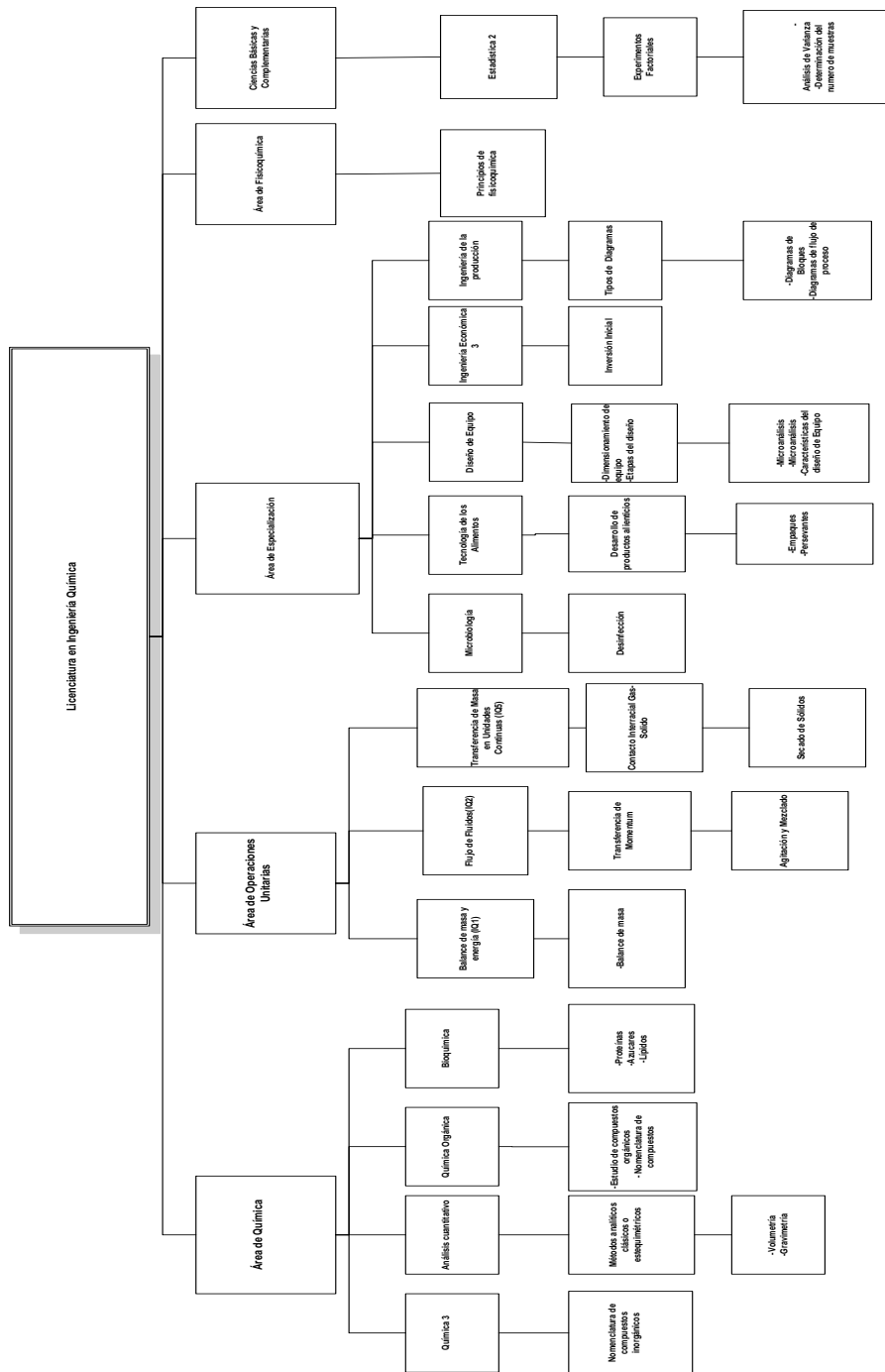




## **ANEXOS**

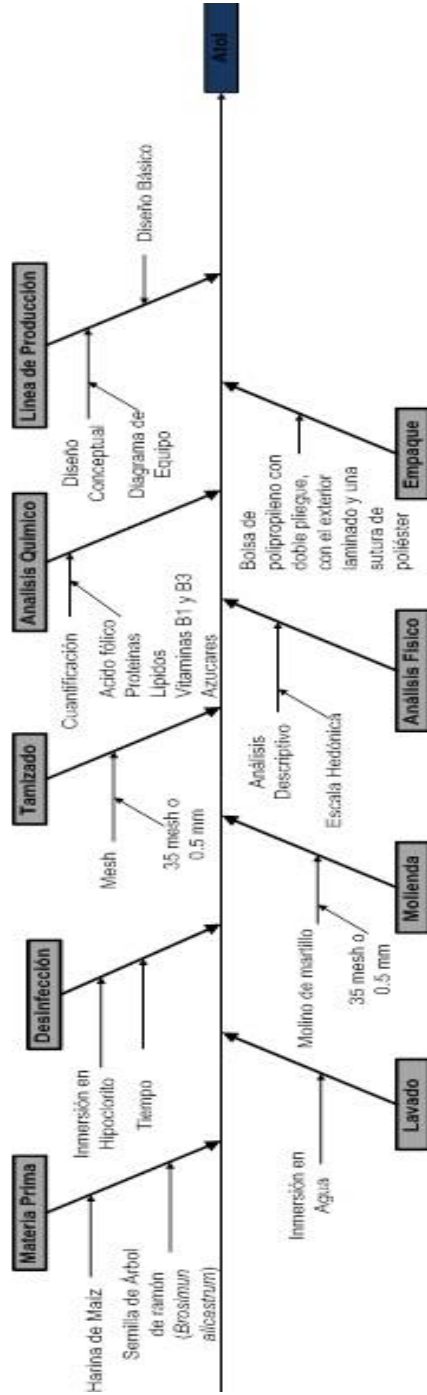


## REQUISITOS ACADÉMICOS QUE SUSTENTAN EL ESTUDIO



Fuente: elaboración propia.

## DIAGRAMA DE ISHIKAWA



Fuente: elaboración propia.

## APÉNDICE



## 1. Análisis estadístico

### 1.1 Muestra de cálculo del análisis de varianza.

#### 1.1.1 Factor de corrección

$$FCC = \frac{T^2}{N} \quad \text{Ecuación no. 1}$$

Donde:

- FCC: Factor de corrección
- T: Número total de tratamientos
- N: Número total de respuestas

#### 1.1.2 Suma total de cuadrados

$$SCT = \sum Ri^2 - FCC \quad \text{Ecuación no. 2}$$

Donde:

- SCT: Suma total de cuadrados
- Ri: Respuestas individuales
- FCC: Factor de corrección

#### 1.1.3 Suma de cuadrados tratamientos

$$SCTr = \frac{\sum Tt^2}{Ntr} - FCC \quad \text{Ecuación no. 3}$$

Donde:

SCTr: Suma total de cuadrados de los tratamientos

TT: Total de cada tratamiento

Ntr: Número de respuestas por cada tratamiento

FCC: Factor de corrección

#### **1.1.4 Suma de cuadrados panelistas**

$$SCP = \frac{\sum Tp^2}{Np} - FCC \quad \text{Ecuación no. 4}$$

Donde:

SCP: Suma total de cuadrados de los panelistas

Tp: Total de cada panelista

Np: Número de respuestas por panelista

FCC: Factor de corrección

#### **1.1.5 Suma de cuadrados error**

$$SCE = SCT - SCTr - SCP \quad \text{Ecuación no. 5}$$

Donde:

SCE: Suma total de cuadrados del error

SCT: Suma total de los cuadrados

SCTr: Suma de cuadrado de los tratamientos

SCPP: Suma de cuadrado de los panelistas



### **1.1.6 Grados de libertad**

$GI = N - 1$  Ecuación no. 6

Donde:

GI: Total grados de libertad

N: Número total de respuestas

### **1.1.7 Grados de libertad tratamientos**

$GI_{Tr} = N_{Tr} - 1$  Ecuación no. 7

Donde:

$GI_{Tr}$ : Grados de libertad de los tratamientos

$N_{Tr}$ : Número total de tratamientos

### **1.1.8 Grados de libertad panelistas**

$GIP = NP - 1$  Ecuación no. 8

Donde:

GIP: Grados de libertad de los panelistas

NP: Número total de panelistas

### 1.1.9 Grados de libertad errores

$$GIE = GI - GITr - GIP \quad \text{Ecuación no. 9}$$

Donde:

- GIE: Grados de libertad de los errores
- GI: Total grados de libertad
- GITr: Grados de libertad de los tratamientos
- GIP: Grados de libertad de los panelistas

### 1.1.10 Promedio de los cuadrados de los tratamientos

$$PMTr = \frac{SCTr}{GITr} \quad \text{Ecuación no. 10}$$

Donde:

- PMTr: Promedio de cuadrado de los tratamientos
- SCTr: Suma de cuadrado tratamientos
- GITr: Grados de libertad de los tratamientos

### 1.1.11 Promedio de los cuadrados de los panelistas

$$PMP = \frac{SCP}{GIP} \quad \text{Ecuación no. 11}$$

Donde:

- PMP: Promedio de cuadrado de los panelistas
- SCP: Suma de cuadrado panelistas
- GIP: Grados de libertad de los panelistas

### 1.1.12 Promedio de los cuadrados de los errores

$$PME = \frac{SCE}{GIE} \quad \text{Ecuación no. 12}$$

Donde:

- PME: Promedio de cuadrado de los errores
- SCE: Suma de cuadrado errores
- GIE: Grados de libertad de los errores

### 1.1.13 Distribución F calculada

$$F = \frac{PM}{PME} \quad \text{Ecuación no. 13}$$

Donde:

- F: Distribución F calculada
- PM: Promedio de los cuadrados
- PME: Promedio de los errores

### 1.1.14 Error estándar de las medias

$$EE = \sqrt{\frac{PME}{Ntr}} \quad \text{Ecuación no. 14}$$

Donde:

- EE: Error estándar de las medias
- Ntr: Número total de tratamientos
- PME: Promedio de los errores

### 1.1.15 Valores proporcionados

$$DMS=qd*EE \quad \text{Ecuación no. 15}$$

Donde:

DMS: Valores proporcionados

qd: Valor tabular de la tabla de Duncan

EE: Error estándar de las medias

Tabla XIX. **Puntajes asignados por los panelistas en la prueba hedónica**

Panelista	Mezcla 1	Mezcla 2	Mezcla 3	Mezcla 4	Mezcla 5	Total panelista	Media panelistas
1	9	4	4	7	5	29	5,8
2	8	9	5	8	5	35	7,0
3	7	3	2	9	5	26	5,2
4	6	2	9	8	5	30	6,0
5	7	9	4	9	5	34	6,8
6	7	5	1	8	8	29	5,8
7	7	9	8	8	1	33	6,6
8	7	7	2	8	9	33	6,6
9	6	6	8	8	8	36	7,2
10	7	6	8	9	8	38	7,6
11	7	8	4	8	8	35	7,0
12	7	8	8	9	3	35	7,0
13	7	8	8	8	2	33	6,6
14	5	7	4	8	8	32	6,4
15	7	5	8	8	8	36	7,2
16	5	7	4	8	8	32	6,4

Continuación de la tabla XIX.

17	5	7	8	8	8	36	7,2
18	7	7	4	8	6	32	6,4
19	7	6	8	8	3	32	6,4
20	7	8	9	8	2	34	6,8
Total	135	131	116	163	115	660	
Promedio	6,75	6,55	5,8	8,15	5,75		

Fuente: elaboración propia.

Tabla XX. **Análisis de varianza de la prueba hedónica**

<b>Origen de las variaciones</b>	<b>Suma de cuadrados</b>	<b>Grados de libertad</b>	<b>Promedio cuadrados</b>	<b>F</b>	<b>Probabilidad</b>	<b>Valor critico</b>
Entre grupos	75,8	4	18,95	5,20	0,000785	2,467
Dentro de los grupos	346,20	95	3,64	-	-	-
Total	422,00	99	-	-	-	-

Fuente: elaboración propia.

Tabla XXI. **Análisis comparación de promedios**

		<b>Mezcla 4</b>	<b>Mezcla 1</b>	<b>Mezcla 2</b>	<b>Mezcla 3</b>	<b>Mezcla 5</b>
		8,15	6,75	6,55	5,80	5,75
<b>Mezcla 5</b>	5,75	2,69	2,83	2,93	2,99	-
<b>Mezcla 3</b>	5,80	2,83	2,93	2,99	-	-
<b>Mezcla 2</b>	6,55	2,93	2,99	-	-	-
<b>Mezcla 1</b>	6,75	2,99	-	-	-	-
<b>Mezcla 4</b>	8,15	-	-	-	-	-

Fuente: elaboración propia.

Tabla XXII. **Grados de libertad**

<b>Tipo</b>	<b>GI</b>
Total	99
tratamiento	4
Panelista	19
Error	76

Fuente: elaboración propia.

Tabla XXIII. Prueba de Duncan

	Medias	Diferencia de medias	Amplitud	Conclusión
<b>Mezcla 4</b>	8,15	2,40	2,69	Existe diferencia significativa
<b>Mezcla 5</b>	5,75			
<b>Mezcla 4</b>	8,15	2,35	2,83	Existe diferencia significativa
<b>Mezcla 3</b>	5,80			
<b>Mezcla 4</b>	8,15	1,60	2,93	Existe diferencia significativa
<b>Mezcla 2</b>	6,55			
<b>Mezcla 4</b>	8,15	1,40	2,99	Existe diferencia significativa
<b>Mezcla 1</b>	6,75			
<b>Mezcla 1</b>	6,75	1,00	2,83	Existe diferencia significativa
<b>Mezcla 5</b>	5,75			
<b>Mezcla 1</b>	6,75	0,95	2,93	Existe diferencia significativa
<b>Mezcla 3</b>	5,80			
<b>Mezcla 1</b>	6,75	0,20	2,99	Existe diferencia significativa
<b>Mezcla 2</b>	6,55			
<b>Mezcla 2</b>	6,55	0,80	2,93	Existe diferencia significativa
<b>Mezcla 5</b>	5,75			
<b>Mezcla 2</b>	6,55	0,75	2,99	Existe diferencia significativa
<b>Mezcla 3</b>	5,80			
<b>Mezcla 3</b>	5,80	0,05	2,99	Existe diferencia significativa
<b>Mezcla 5</b>	5,75			

Fuente: elaboración propia.

Tabla XXIV. **Cronograma de actividades**

	<b>Semana 1</b>	<b>Semana 2</b>	<b>Semana 3</b>	<b>Semana 4</b>
<b>Mes 1</b>	Propuesta de tema		Selección de asesor	
<b>Mes 2</b>	Planteamiento del problema	Redacción de objetivos	Revisión de objetivos	Redacción de introducción
<b>Mes 3</b>	Redacción de antecedentes	Redacción de justificaciones	Planteamiento del problema	Planteamiento de hipótesis
<b>Mes 4</b>	Redacción de marco teórico	Redacción marco metodológico	Revisión de protocolo	Correcciones
<b>Mes 5</b>	Presentación del protocolo ante revisor	Compra de materia prima	Elaboración de harina de semilla de árbol de ramón	Realización de las mezclas de la harina enriquecida
<b>Mes 6</b>	Elaboración del atol		Elaboración de análisis nutricional	
<b>Mes 7</b>	Elaboración de análisis sensorial		Diseño de la línea de producción	
<b>Mes 8</b>	Realización de la propuesta metodológica		Realización de la presentación técnica	

Fuente: elaboración propia.

Tabla XXV. **Costos de materia prima**

<b>Descripción</b>	<b>Cantidad ( lb)</b>	<b>Costo unitario (Q)</b>	<b>Costo total (Q)</b>
Harina de maíz	3	Q6,90	Q20,70
Semilla de árbol de ramón	3	Q20,00	Q60,00
		<b>Subtotal</b>	<b>Q80,70</b>

Fuente: elaboración propia.



Tabla XXVI. Costos de material y cristalería

Descripción	Capacidad	Cantidad	Costo unitario (Q)	Costo total (Q)
Balón aforado	100 mL	2	Q270,00	Q540,00
Balón aforado	1000 mL	1	Q635,00	Q635,00
Balón aforado	200 mL	2	Q350,00	Q700,00
Bureta	25 mL	2	Q560,00	Q1 120,00
Crisol de porcelana	15 mm de Diámetro	2	Q180,00	Q360,00
Embudo	500 mL	2	Q350,00	Q700,00
Erlenmeyer	100 mL l	2	Q540,00	Q1080,00
Espátula	200 mL	1	Q160,00	Q160,00
Guantes		1	Q35,00	Q35,00
Mechero Bunsen		1	Q100,00	Q100,00
Mortero	275 mL	1	Q290,00	Q290,00
Papel filtro	12.5 cm	100	Q5,50	Q550,00
Pinzas largas		4	Q100,00	Q400,00
Pipeta serológica	10 mL	2	Q1,600,00	Q3,200,00
Pipeta volumétrica	5 mL	2	Q1,550,00	Q3,100,00
Probeta	50 mL	1	Q830,00	Q830,00
Probeta	100 mL	1	Q1 200,00	Q1,200,00
Termómetro	100 °C	2	Q500,00	Q1,000,00
Tubos de ensayo	25 mL	5	Q10,00	Q50,00
Vaso de precipitados	50 mL	2	Q75,00	Q150,00
Vaso de precipitados	100 mL	2	Q75,00	Q150,00
Vidrio reloj	8 cm de Diámetro	2	Q40,00	Q80,00
			<b>Subtotal</b>	<b>Q16 430,00</b>

Fuente: elaboración propia.

Tabla XXVII. **Costos por uso de equipo**

<b>Descripción</b>	<b>Precio (Q)</b>	<b>Depreciación/año</b>	<b>Costo / 1 mes</b>
Balanza Analítica	Q23 478,00	Q2 347,80	Q19565
Bomba centrífuga	Q15 965,25	Q1 596,53	Q133,04
Cromatógrafo de gases y espectro de masas en capa fina de alta resolución	Q735 000,00	Q73 500,00	Q6 125,00
Desecador	Q1 350,55	Q135,06	Q11,25
Equipo de Kjeldhal	Q22 183,15	Q2 218,32	Q184,86
Equipo de Soxhlet	Q6 567,75	Q656,78	Q54,73
Estufa de vacío	Q25 865,50	Q2 586,55	Q215,55
Molino de martillo	Q6 550,00	Q655,00	Q54,58
Mufla	Q8 000,00	Q800,00	Q66,67
Plancha de calentamiento	Q6 115,30	Q611,53	Q50,96
		<b>Subtotal</b>	<b>Q7 092,30</b>

Fuente: elaboración propia.

Tabla XXVIII. **Costos de reactivos**

<b>Descripción</b>	<b>Presentación</b>	<b>Costo</b>
Acetato básico de plomo	25 kg	Q720,00
Ácido Bórico	1kg	Q937,00
Ácido Clorhídrico	2,5L	Q737,10
Ácido sulfúrico	2,5 L	Q719,56
Agua Destilada	19 L	Q15,00
Azul de metileno	25 ml	Q428,00
Etanol	2,5 L	Q768,80
Éter Etílico	2,5 L	Q718,20
Fenol	1 kg	Q930,60
Fenoltaleína	500 g	Q694,00
Glucosa	1 g	Q1 006,95

Continuación de la tabla XXVIII.

Hexano	1L	Q687,75
Hidróxido de Amonio	50 ml	Q706,90
Hidróxido de Sodio	500 g	Q240,00
Naranja de metilo	25g	Q642,45
Oxalato de amonio	500 g	Q952,88
Oxalato de sodio	60 g	Q843,10
Permanganato de potasio	50g	530,00
Rojo de metilo	25 g	Q851,40
Solución Tapón Acetato	0,5L	Q223,65
Sulfato cúprico pentahidratado	250 g	572,25
Sulfato de cobre	250 g	Q425,25
Tartrato de sodio y potasio	25 g	Q325,40
	<b>Subtotal</b>	<b>Q14 676,24</b>

Fuente: elaboración propia.

Tabla XXIX. **Costos totales**

<b>Descripción</b>	<b>Subtotal</b>
Costos de materia prima	Q80,70
Costos de material y cristalería	Q16 430,00
Costos para uso de equipo	Q7 092,30
Costos de reactivos	Q14 676,24
<b>Total</b>	<b>Q38 050,09</b>

Fuente: elaboración propia.

