



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

**FORMULACIÓN Y DESARROLLO DE UN ATOL NUTRICIONAL EN POLVO A
BASE DE HARINA DE QUINUA (*Chenopodium quinoa*) Y MEZCLA LÁCTEA
EN LA EMPRESA MAESA INTERNACIONAL S. A.**

Jocelin Alexandra Leal Cordero

Asesorado por la Inga. Lorena Victoria Pineda Cabrera

Guatemala, octubre de 2015

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**FORMULACIÓN Y DESARROLLO DE UN ATOL NUTRICIONAL EN POLVO A
BASE DE HARINA DE QUINUA (*Chenopodium quinoa*) Y MEZCLA LÁCTEA
EN LA EMPRESA MAESA INTERNACIONAL S. A.**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA
POR

JOCELIN ALEXANDRA LEAL CORDERO
ASESORADO POR LA INGA. LORENA VICTORIA PINEDA CABRERA

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

INGENIERA QUÍMICA

GUATEMALA, OCTUBRE DE 2015

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA



NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA

DECANO	Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco
VOCAL I	Ing. Angel Roberto Sic García
VOCAL II	Ing. Pablo Christian de León Rodríguez
VOCAL III	Inga. Elvia Miriam Ruballos Samayoa
VOCAL IV	Br. Raúl Eduardo Ticún Córdova
VOCAL V	Br. Henry Fernando Duarte García
SECRETARIA	Inga. Lesbia Magalí Herrera López

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

DECANO	Ing. Angel Roberto Sic García
EXAMINADORA	Inga. Hilda Piedad Palma Ramos
EXAMINADOR	Ing. Gerardo Ordoñez
EXAMINADORA	Inga. Lorena Victoria Pineda Cabrera
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:

**FORMULACIÓN Y DESARROLLO DE UN ATOL NUTRICIONAL EN POLVO A
BASE DE HARINA DE QUINUA (*Chenopodium quinoa*) Y MEZCLA LÁCTEA
EN LA EMPRESA MAESA INTERNACIONAL S. A.**

Tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Química, con fecha 12 de marzo de 2015.



Jocelin Alexandra Leal Cordero

Guatemala 15 de julio del 2015.

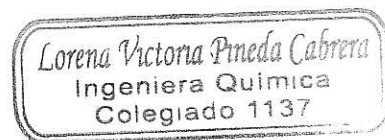
Ing. Víctor Monzón Valdez
Director Escuela de Ingeniería Química
USAC
Presente

Por medio de la presente hago de su conocimiento que la estudiante Jocelin Alexandra Leal Cordero, que se identifica con carné No. 2009-15314, de la Facultad de Ingeniería USAC, carrera de Ingeniería Química; se le ha aprobado el Informe Final de EPS "FORMULACIÓN Y DESARROLLO DE UN ATOL NUTRICIONAL EN POLVO A BASE DE HARINA DE QUINUA (CHENOPODIUM QUINOA) Y MEZCLA LÁCTEA EN LA EMPRESA MAESA INTERNACIONAL S. A."

Por lo anterior, quedo suscrita.

(f) _____

Ing. Qco. Lorena Victoria Pineda Cabrera
Colegiado No. 1137
Asesor





Guatemala, 06 de julio de 2015.
Ref.EPS.DOC.427.07.15.

Ing. Silvio José Rodríguez Serrano
Director Unidad de EPS
Facultad de Ingeniería
Usac.

Ing. Rodríguez Serrano:

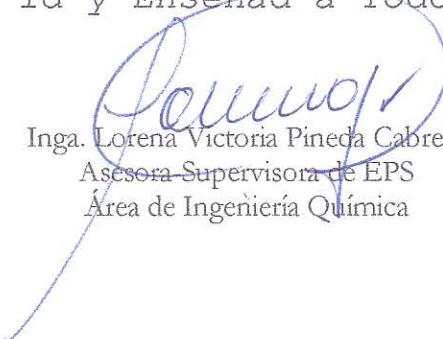
Por este medio atentamente le informo que como Asesora-Supervisora de la Práctica del Ejercicio Profesional Supervisado (E.P.S.), de la estudiante universitaria **Jocelin Alexandra Leal Cordero** de la Carrera de Ingeniería Química, con carné No. **200915314**, procedí a revisar el informe final, cuyo título es **"FORMULACIÓN Y DESARROLLO DE UN ATOL NUTRICIONAL EN POLVO A BASE DE HARINA QUINUA (CHENOPODIUM QUINOA) Y MEZCLA LÁCTEA EN LA EMPRESA MAESA INTERNACIONAL S.A."**.

En tal virtud, **LO DOY POR APROBADO**, solicitándole darle el trámite respectivo.

Sin otro particular, me es grato suscribirme.

Atentamente,

"Id y Enseñad a Todos"


Inga. Lorena Victoria Pineda Cabrera
Asesora-Supervisora de EPS
Área de Ingeniería Química



c.c. Archivo
LVPC/ra



Guatemala, 06 de julio de 2015.
Ref.EPS.D.303.07.15.

Ing. Victor Manuel Monzón Valdéz
Director Escuela de Ingeniería Química
Facultad de Ingeniería
Presente

Estimado Ingeniero Monzón Valdéz.

Por este medio atentamente le envío el informe final correspondiente a la práctica del Ejercicio Profesional Supervisado, (E.P.S) titulado **"FORMULACIÓN Y DESARROLLO DE UN ATOL NUTRICIONAL EN POLVO A BASE DE HARINA QUINUA (CHENOPODIUM QUINOA) Y MEZCLA LÁCTEA EN LA EMPRESA MAESA INTERNACIONAL S.A."** que fue desarrollado por la estudiante universitaria Jocelin Alexandra Leal Cordero, quien fue debidamente asesorada y supervisada por la Ingeniera Lorena Victoria Pineda Cabrera.

Por lo que habiendo cumplido con los objetivos y requisitos de ley del referido trabajo y existiendo la aprobación del mismo por parte de la Asesora-Supervisora de EPS, en mi calidad de Director apruebo su contenido solicitándole darle el trámite respectivo.

Sin otro particular, me es grato suscribirme.

Atentamente,
"Id y Enseñad a Todos"

Ing. Silvio José Rodríguez Serrano
Director Unidad de EPS



SJRS/ra

Guatemala, 08 de septiembre de 2015.
Ref. EIQ.TG-IF.061.2015.

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

Estimado Ingeniero Monzón:

Como consta en el registro de evaluación del informe final EIQ-PRO-REG-007 correlativo **071-2014** le informo que reunidos los Miembros de la Terna nombrada por la Escuela de Ingeniería Química, se practicó la revisión del:

INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADUACIÓN
-Modalidad Ejercicio Profesional Supervisado-

Solicitado por la estudiante universitaria: **Jocelin Alexandra Leal Cordero**.
Identificada con número de carné: **2009-15314**.
Previo a optar al título de **INGENIERA QUÍMICA**.

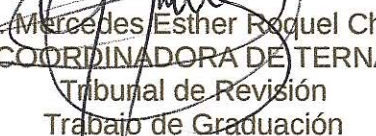
Siguiendo los procedimientos de revisión interna de la Escuela de Ingeniería Química, los Miembros de la Terna han procedido a **APROBARLO** con el siguiente título:

FORMULACIÓN Y DESARROLLO DE UN ATOL NUTRICIONAL EN POLVO A BASE DE HARINA DE QUINUA (*Chenopodium quinoa*) Y MEZCLA LÁCTEA EN LA EMPRESA MAESA INTERNACIONAL S.A.

El Trabajo de Graduación ha sido asesorado por el Ingeniera Química: **Lorena Victoria Pineda Cabrera**.

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 ENSEÑADA A TODOS"


Inga Mercedes Esther Roquel Chávez
COORDINADORA DE TERNA
Tribunal de Revisión
Trabajo de Graduación



C.c.: archivo



Ref.EIQ.TG.148.2015

El Director de la Escuela de Ingeniería Química de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer el dictamen del Asesor y de los Miembros del Tribunal nombrado por la Escuela de Ingeniería Química para revisar el Informe del Ejercicio Profesional Supervisado (**EPS final**) de la estudiante **JOCELIN ALEXANDRA LEAL CORDERO** titulado: **"FORMULACIÓN Y DESARROLLO DE UN ATOL NUTRICIONAL EN POLVO A BASE DE HARINA DE QUINUA (*CHENOPODIUM QUINOA*) Y MEZCLA LÁCTEA EN LA EMPRESA MAESA INTERNACIONAL S.A."** Procede a la autorización del mismo, ya que reúne el rigor, la secuencia, la pertinencia y la coherencia metodológica requerida.

"Id y Enseñad a Todos"



Ing. Víctor Manuel Monzón Valdez
DIRECTOR
Escuela de Ingeniería Química



Guatemala, octubre de 2015

Cc: Archivo
VMMV/ale





El Decano de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer la aprobación por parte del Director de la Escuela de Ingeniería Química, al trabajo de graduación titulado: **FORMULACIÓN Y DESARROLLO DE UN ATOL NUTRICIONAL EN POLVO A BASE DE HARINA DE QUINUA (*Chenopodium quinoa*) Y MEZCLA LÁCTEA EN LA EMPRESA MAESA INTERNACIONAL S.A.**, presentado por la estudiante universitaria: **Jocelin Alexandra Leal Cordero**, y después de haber culminado las revisiones previas bajo la responsabilidad de las instancias correspondientes, se autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE

Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco
Decano



Guatemala, octubre de 2015

/cc

ACTO QUE DEDICO A:

Dios	Por ser la niña de sus ojos.
Mi madre	Kareen Alicia Cordero Fong, por ser mi maestra de vida, mi amiga.
Mi padre	Bayron Osvaldo Leal Aldana.
Mis hermanos	Bayron Roberto y Oliver Osvaldo Leal Cordero.

AGRADECIMIENTOS A:

Dios	Por ser mi padre, la luz que me guía, mi fuente de vida e inspiración.
Mi madre	Por tu incomparable amor, paciencia, sabiduría, comprensión y sobre todo, por tu invaluable esfuerzo; porque gracias a ti he llegado a ser lo que ahora soy.
Mi padre	Bayron Osvaldo Leal Aldana, por su apoyo y ayuda.
Mis hermanos	Byron Roberto y Oliver Osvaldo Leal Cordero, por su cariño y apoyo incondicional.
Mis amigos	Por las experiencias, cariño y aventuras compartidas.
Universidad de San Carlos de Guatemala, en especial a la Facultad de Ingeniería	Por ser mi segunda casa de formación.

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES.....	V
LISTA DE SÍMBOLOS	IX
GLOSARIO	XI
RESUMEN.....	XV
OBJETIVOS.....	XVII
Hipótesis.....	XVIII
INTRODUCCIÓN	XXI
1. ANTECEDENTES	1
2. MARCO TEÓRICO.....	3
2.1. La quinua.....	3
2.2. ¿Qué es la quinua?	3
2.2.1. Descripción botánica	4
2.2.2. Requerimientos del cultivo.....	6
2.2.3. Sinónimos: quinoa	7
2.2.4. Orígenes e historia	8
2.2.5. Distribución y producción.....	9
2.2.6. Usos de la quinua	10
2.2.7. Rituales.....	15
2.2.8. Composición química	15
2.2.9. Valor nutricional	17
2.2.9.1. Proteínas	17
2.2.9.2. Fibra dietética	19
2.2.9.3. Grasas	19

	2.2.9.4.	Minerales.....	20
	2.2.9.5.	Vitaminas.....	21
2.3.		El año internacional de la quinua	22
2.4.		Un aporte a la seguridad alimentaria mundial	22
2.5.		La leche y sus derivados.....	23
	2.5.1.	Leche.....	23
	2.5.2.	Propiedades físicas	23
	2.5.3.	Propiedades químicas.....	24
	2.5.4.	Propiedades nutricionales	24
2.6.		Clases de leche.....	25
2.7.		Leche entera	25
	2.7.1.	Leches modificadas.....	26
	2.7.2.	Suero dulce lácteo.....	27
2.8.		Análisis bromatológico	28
2.9.		Análisis sensorial	31
2.10.		Métodos sensoriales	32
2.11.		Placas petrifilm	34
3.		DISEÑO METODOLÓGICO.....	37
3.1.		Variables a medir en función al atol en polvo a base de harina de quinua (<i>Chenopodium quinua</i>) y mezcla láctea.....	37
	3.1.1.	Variables de control independientes	40
	3.1.2.	Variables de control dependientes	40
3.2.		Delimitación del campo de estudio.....	41
3.3.		Recursos humanos disponibles	42
3.4.		Recursos materiales disponibles (equipo, cristalería, reactivos).....	42
	3.4.1.	Reactivos para el análisis bromatológicos.....	42

3.4.2.	Materiales y cristalería para los análisis bromatológicos	44
3.4.3.	Equipo para los análisis bromatológicos.....	46
3.4.4.	Materia prima, materiales y equipo para la formulación del atol nutricional	48
3.5.	Técnica cualitativa o cuantitativa	49
3.6.	Recolección y ordenamiento de la información	53
3.7.	Tabulación y ordenamiento de la información	53
3.8.	Análisis estadístico	54
3.8.1.	Análisis de varianza Andeva.....	54
3.8.2.	Prueba de Tukey	55
4.	RESULTADOS	59
5.	INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS.....	65
	CONCLUSIONES	73
	RECOMENDACIONES	75
	BIBLIOGRAFÍA.....	77
	APÉNDICE.....	81
	ANEXOS	85

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

1.	Planta quinua	3
2.	Partes de la planta quinua.....	5
3.	Cultivo y fenología de la quinua	6
4.	Semilla de quinua.....	8
5.	Usos de la quinua	11
6.	Industrialización de la quinua	13
7.	Análisis químico	30
8.	Esquema del concepto actual de la calidad sensorial	32
9.	Grupos de pruebas para los ensayos hedónicos	34
10.	Diseño de placas petrifilm 3M	35
11.	Diseño general del proceso completo	50
12.	Porcentajes de aceptabilidad para las cinco formulaciones desarrolladas.....	62
13.	Comparación nutricional entre la Incaparina y la formulación en polvo a base de quinua y mezcla láctea.....	63
14.	Comparación nutricional entre la formulación a base de quinua y mezcla láctea y otros atoles.....	64

TABLAS

I.	Contenido de micronutrientes en la quinua y en alimentos seleccionados	17
----	--	----

II.	Comparación de los perfiles de los aminoácidos esenciales de la quinua y otros cultivos seleccionados con el patrón de puntuación recomendado por la Fao para edades comprendidas entre los 3 y los 10 años (g/100 g de proteína).....	18
III.	Contenido mineral en la quinua y en alimentos seleccionados, en miligramos por cada 100 g de peso en seco	21
IV.	Contenido en vitaminas de la quinua frente a otros alimentos, mg/100 g peso en seco.....	21
V.	Propiedades de la leche.....	26
VI.	Propiedades del suero dulce lácteo	27
VII.	Evaluación hedónica.....	33
VIII.	Definición operacional de las variables, para el análisis químico de las propiedades nutricionales del atol en polvo a base de harina quinua (<i>Chenopodium quinua</i>) y mezcla láctea	37
IX.	Definición operacional de las variables, para la evaluación descriptiva del atol en polvo a base de harina de quinua (<i>Chenopodium quinua</i>) y mezcla láctea.....	39
X.	Definición operacional de las variables para los análisis microbiológicos en cada etapa de la elaboración del atol a base de quinua y mezcla láctea	39
XI.	Variables independientes y su descripción	40
XII.	Variables dependientes y su descripción	40
XIII.	Formulaciones a desarrollar en el atol a base de quinua y mezcla láctea	51
XIV.	Resumen de los punteos totales de los grupos, promedios y varianza ..	55
XV.	Análisis de varianza (Anova).....	56
XVI.	Prueba de Tukey.....	56

XVII.	Composición química de la formulación del atol en polvo seleccionada, a base de harina de quinua (<i>Chenopodium quinoa</i>) y mezcla láctea, base 75 gramos de bebida.....	59
XVIII.	Análisis fisicoquímicos del atol seleccionado en polvo a base de harina de quinua (<i>Chenopodium quinoa</i>) y mezcla láctea	59
XIX.	Análisis microbiológico del atol seleccionado en polvo a base de harina de quinua (<i>Chenopodium quinoa</i>) y mezcla láctea	60
XX.	Costos de materia prima para un litro de atol en polvo base de harina de quinua (<i>Chenopodium quinoa</i>) y mezcla láctea	60
XXI.	Punteos, promedios y porcentajes de aceptabilidad para cada mezcla de atol en polvo a base harina de quinua y mezcla láctea.....	61
XXII.	Comparación nutricional entre la Incaparina y el atol en polvo a base harina de quinua y mezcla láctea.....	62
XXIII.	Comparación nutricional entre el atol en polvo a base de quinua y mezcla láctea y otros atoles.....	63

LISTA DE SÍMBOLOS

Símbolo	Significado
°C	Grados centígrados
F	Distribución de Fisher
G	Gramo
H_a	Hipótesis alterna
H_o	Hipótesis Nula
Kcal	Kilocalorías
Kg	Kilogramo
>	Mayor que
<	Menor que
Mg	Miligramo
ML	Mililitros
N	Normalidad
%	Porcentaje
pH	Potencial de Hidrógeno
NMP	Número más probable
VRN	Valores de referencia de nutrientes
VD	Valor diario

GLOSARIO

Aminoácido	Sustancia química orgánica que constituye el componente básico de las proteínas.
Análisis sensorial	Una función que la persona realiza desde la infancia y que le lleva, consciente o inconscientemente, a aceptar o rechazar los alimentos de acuerdo con las sensaciones experimentadas al observarlos o ingerirlos.
ANDEVA	Prueba que permite medir la variación de las respuestas numéricas como valores de evaluación de diferentes variables nominales.
Alimento nutritivo	Sustancias que deben ser transformadas químicamente para satisfacer la necesidad del hombre.
AOAC	Asociación de Químicos Analíticos Oficiales.
Bromatología	Ciencia que estudia a los alimentos en cuanto a su producción, manipulación, conservación, elaboración y distribución.

Escala hedónica	También conocida como pruebas de aceptación, se utiliza para evaluar la aceptación o rechazo de un producto determinado.
Extracción Soxhlet	Método utilizado para la extracción de muestras sólidas con disolventes afines a compuestos específicos, generalmente conocida como extracción sólido-líquido o lixiviación.
Fibra alimentaria	Componentes de la dieta de origen vegetal, resistentes a las enzimas digestivas del hombre, y químicamente estaría representado por la suma de los polisacáridos, que no son almidones ni la lignina.
Granulometría	Medición de los granos de una formación sedimentaria y el cálculo de la abundancia de los correspondientes a cada uno de los tamaños.
Harina	Término proveniente del latín <i>farina</i> , que a su vez proviene de <i>far</i> y de <i>farris</i> , nombre antiguo del farro es el polvo fino que se obtiene del cereal molido y de otros alimentos ricos en almidón.
Ingesta diaria (IDR)	Promedio que cumple con los requerimientos nutricionales de casi todas las personas saludables, en una categoría específica de edad y género.

Leche modificada	Es aquella a la que se le ha cambiado el contenido de grasas, proteína o azúcares.
Método Kjeldahl	Análisis químicos, universalmente empleados para la determinación de nitrógeno en muestras sólidas, se adapta con facilidad a gran número de muestras, y constituye un método de referencia para determinar el nitrógeno total en cereales, carnes y otros materiales biológicos.
NTP	Normas técnicas de prevención.
Organoléptica	Conjunto de descripciones de las características físicas que tiene la materia en general, por ejemplo: su sabor, textura, olor, color. Todas estas sensaciones producen al comer una sensación agradable o desagradable.
Proteínas	Principales compuestos nitrogenados que existen en los alimentos. Son moléculas complejas constituidas por carbono, hidrógeno, oxígeno y nitrógeno y, a veces, también otros elementos como azufre, hierro, cobre, fósforo y cinc.
Quinua	Pseudocereal perteneciente a la subfamilia <i>Chenopodioideae</i> de las amarantáceas.
RTCA	Reglamento Técnico Centroamericano.

Saponificación	Proceso químico por el cual un cuerpo graso, unido a un álcali y agua, da como resultado jabón, un producto usado para limpiar.
Tabla nutricional	Tabla que indica el contenido porcentual de nutrientes (grasas, calorías, carbohidratos, sales, vitaminas, fibra, entre otros) dentro de una porción de un alimento, y su aportación porcentual sobre la dosis diaria recomendada.
UFC	Unidades Formadoras de Colonias.

RESUMEN

El presente informe describe el proceso detallado para la obtención de una formulación y desarrollo de un atol nutricional en polvo a base de harina de quinua y mezcla láctea

Se realizaron cinco formulaciones en porcentajes distintos de materia prima, seleccionando la formulación núm. 3, con un 40 % de aceptabilidad; la cual está conformada por 35 % de quinua, 46 % de leche modificada, 10 % de suero dulce lácteo y 9 % de fécula de maíz.

Para la escogencia de la formulación núm. 3 se conformó un panel de 20 personas y se trabajó la metodología de la escala hedónica de 9 puntos.

Esta formulación fue sometida a distintos análisis bromatológicos: Análisis químicos proximales, los cuales se realizaron mediante el método de Van Soest, en donde se utilizó materia seca para determinar el valor nutricional del atol; análisis fisicoquímicos tales como pH y acidez titulable, para determinar la concentración de ácido láctico y por último análisis microbiológicos en donde se utilizó como base la guía de interpretación 3M para placas de petrifilm.

Se obtuvo como resultado respecto a estos análisis químicos proximales de 13,49 % de humedad, 19,51 % de proteína cruda, 3,71 % de lípidos, 4,80 % de fibra cruda, 4,82 % de cenizas, 67,16 % de extracto libre de nitrógeno, 53,67 % de carbohidratos, 420,72 mg de calcio y un valor energético de 3216,1 kcal. Respecto a los análisis fisicoquímicos se obtuvo un pH de 6,8, una densidad de 1,35 g/mL y 19°D de acidez titulable.

En lo que respecta a los análisis microbiológicos tales como e-coli, mohos y levaduras, *staphylococcus aureus* y salmonella, se obtuvo ausencia en todos.

Por último se realizó una proyección del costo total de la formulación, siendo esta de Q 2,84 para una bolsa de 75 gramos, que rinde un litro de atol.

OBJETIVOS

General

Formular y desarrollar un atol nutricional en polvo a base de quinua (*Chenopodium quinoa*) y mezcla láctea.

Específicos

1. Realizar cinco formulaciones a base de harina de quinua (*Chenopodium quinoa*) y mezcla láctea (leche entera, leche modificada y suero), para obtener un atol en polvo.
2. Realizar una evaluación sensorial descriptiva a un panel de veinte personas, tomando en cuenta a las cinco formulaciones de atol en polvo a base harina de quinua (*Chenopodium quinoa*) y mezcla láctea realizadas; esto se hará en función a una escala hedónica de nueve puntos.
3. Determinar el valor nutricional del atol en polvo a base de harina de quinua (*Chenopodium quinoa*) y mezcla láctea seleccionado por el panel sensorial, mediante análisis químicos proximales, tales como contenido proteínico, grasas, fibra, carbohidratos, humedad, cenizas, calcio y valor energético.

4. Determinar las características fisicoquímicas de: pH, densidad y acidez de la fórmula del atol en polvo a base de harina de quinua (*Chenopodium quinoa*) y mezcla láctea que fue escogida por el panel sensorial.
5. Realizar análisis microbiológicos a la fórmula seleccionada del atol en polvo a base de harina de quinua (*Chenopodium quinoa*) y mezcla láctea, los análisis a realizar serán: e-coli, *staphylococcus aureus* y salmonella.
6. Realizar pruebas en empaque al atol en polvo a base de harina de quinua (*Chenopodium quinoa*) y mezcla láctea que fue seleccionado, utilizando el equipo disponible en la empresa (mezcladores y empacadores).
7. Determinar el costo que tendrá el atol en polvo a base de harina de quinua (*Chenopodium quinoa*) y mezcla láctea como producto final para la empresa MAESA.

Hipótesis

Hipótesis científica

La formulación y desarrollo del atol en polvo a base de quinua (*Chenopodium quinoa*) y mezcla láctea, cubrirá con los requerimientos nutricionales (enfocado en las Normas AOAC), organolépticos y económicos de la población guatemalteca.

Hipótesis estadística

- Hipótesis nula (H₀)

No existe diferencia significativa entre las cinco formulaciones evaluadas del atol en polvo a base de harina de quinua (*Chenopodium quinoa*) y mezcla láctea, evaluadas por el panel sensorial.

$$X_1=X_2=X_3=X_4=X_5$$

- Hipótesis alterna (H_a):

Existe diferencia significativa entre las cinco formulaciones evaluadas del atol en polvo a base de harina de quinua (*Chenopodium quinoa*) y mezcla láctea, evaluadas por el panel sensorial.

$$X_1 \neq X_2 \neq X_3 \neq X_4 \neq X_5$$

Donde:

X₁₋₅= Son cada una de las formulaciones desarrolladas, en porcentajes diferentes de materia prima.

INTRODUCCIÓN

La formulación de mezclas de cereales y productos lácteos permite obtener un mejoramiento del balance aminoacídico, lo que se traduce en un valor superior en la calidad de la proteína comparado con la de cada uno por separado.

Como un producto alimenticio, la quinua tiene grandes beneficios, estos podrían ser aprovechados en las comunidades donde actualmente se están viviendo los reveses del bienestar y del desarrollo, producto de causas naturales o económicas y que se palpan en el hambre y la desnutrición, sufridas por la población más vulnerable, los niños y los ancianos.

El proyecto trabajado consiste en la formulación y desarrollo de un atol, altamente nutritivo, a base de quinua y una mezcla láctea de bajo costo, que sirva de apoyo y beneficio para la población de más escasos recursos del país.

En el presente informe se detallan las actividades de trabajo que se realizarán en la planta MAESA Internacional, durante seis meses, por parte del Ejercicio Profesional Supervisado de graduación (EPS). Entre las actividades de trabajo, se detallan la realización de distintos tipos de análisis, tales como: químicos, fisicoquímicos, de tipo sensorial, así como estudios de costos y aceptación por parte de la población a la que se dirigirá el producto

1. ANTECEDENTES

Actualmente, los atoles se han convertido en una bebida de consumo masivo, ya sean niños, jóvenes o adultos, no importando la posición económica; tanto en Guatemala, como en los demás países de Centroamérica y México.

En Guatemala se consume gran variedad de atoles, especialmente en las áreas rurales del país, la mayoría son mezclas de origen vegetal. La primera bebida tipo atole, que aportó nutrientes fue desarrollada por el Instituto de Nutrición de Centro América (Incap), en los años sesenta, denominada Incaparina.

Acerca de la quinua (pseudocereal de origen vegetal), en 1996 fue catalogada por la Fao como uno de los cultivos promisorios de la humanidad no solo por sus grandes propiedades benéficas y por sus múltiples usos, sino también, por considerarla como una alternativa para solucionar los graves problemas de nutrición humana.

Existen varios productos derivados de la quinua como los insuflados, harinas, fideos, hojuelas, granolas, barras energéticas, entre otros; a pesar de ello en los últimos años se han ido incrementando las investigaciones para el desarrollo de productos combinados de manera de hacer atractivo el consumo de quinua.

Por su parte, la leche es una amplia fuente de calcio, por lo tanto debe ingerirse diariamente desde el nacimiento a través de la leche materna y a lo

largo de la vida a través de la leche vacuna y derivados, para formar y mantener la masa ósea y prevenir la aparición de osteoporosis.

La empresa MAESA Internacional desde hace varios años ha desarrollado formulaciones de tipo lácteo, que se transforman en bebidas lácteas, las cuales han contribuido a mejorar el crecimiento, desarrollo y nutrición de la población guatemalteca.

Al finalizar las prácticas finales en la empresa MAESA, se informó sobre la necesidad de contar con un nuevo atol en polvo. Por lo que, se propuso la idea de crear un atol nutritivo, pero diferente, de tipo vegetal con el complemento de una mezcla láctea, de bajo costo, pensando en las familias de escasos recursos económicos, idealizando en un futuro su incorporación en la Bolsa Segura; que imparte el Gobierno de Guatemala, ya que actualmente en la empresa MAESA se empaca leche entera destinada para dicha bolsa.

2. MARCO TEÓRICO

2.1. La quinua

Es un pseudocereal perteneciente a la subfamilia *Chenopodioideae* de las amarantáceas. Se cultiva, principalmente, en la cordillera de Los Andes.

Figura 1. **Planta quinua**



Fuente: investigación sobre el cultivo de la quinua, Gobierno de Guatemala.

2.2. ¿Qué es la quinua?

La quinua, del quechua *kinúwa* o *kínua* (*Chenopodium quinoa*) es un pseudocereal perteneciente a la subfamilia *Chenopodioideae* de las amarantáceas. Es un cultivo que se produce en Los Andes de Bolivia, Perú, Argentina, Chile, Colombia y Ecuador, así como en Estados Unidos. Bolivia es

el primer productor mundial, seguido de Perú y Estados Unidos. Se denomina pseudocereal, porque no pertenece a la familia de las gramíneas que engloba los cereales tradicionales, pero debido a su alto contenido de almidón su uso es el de un cereal.

La quinua se cultiva en Los Andes bolivianos, peruanos, ecuatorianos, chilenos y colombianos desde hace unos cinco mil años. Al igual que la papa, fue uno de los principales alimentos de los pueblos andinos preincaicos e incaicos. Se piensa que en el pasado también se empleó para usos cosméticos en la zona del altiplano peruano-boliviano-argentino.

2.2.1. Descripción botánica

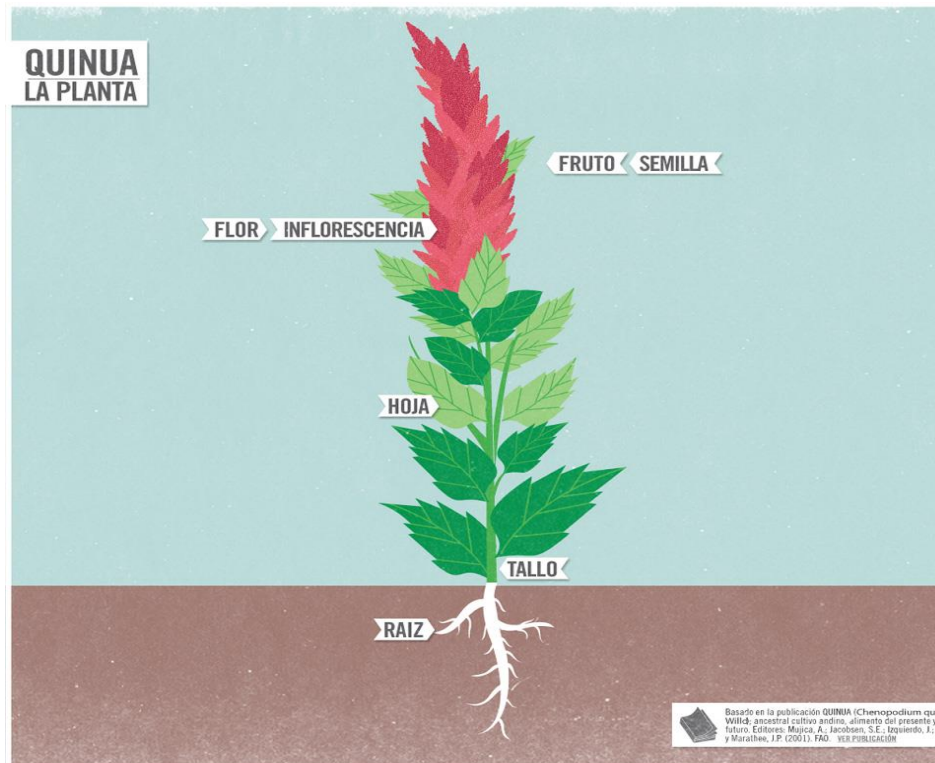
La quinua es una planta herbácea, conocida como un supuesto cereal, por su alto contenido de almidón. Mientras que botánicamente no pertenece a los cereales como el trigo, maíz o arroz. La quinua es un grano de color blanco, rojo o negro, con alto contenido de proteína.

La quinua es una planta alimenticia de desarrollo anual, dicotiledónea que usualmente alcanza una altura de 1 a 3 m. Las hojas son anchas y polimorfas (diferentes formas en la misma planta). El tallo central comprende hojas lobuladas y quebradizas. El tallo puede tener o no ramas, dependiendo de la variedad o densidad del sembrado. Las flores son pequeñas y carecen de pétalos. Son hermafroditas y generalmente se autofertilizan. El fruto es seco y mide aproximadamente 2 mm de diámetro (de 250 a 500 semillas/g), circundando al cáliz, el cual es del mismo color que el de la planta.

Las de valle tienen mayor altura que las que crecen por encima de los 4,000 metros sobre el nivel del mar y de zonas frías; en zonas abrigadas y

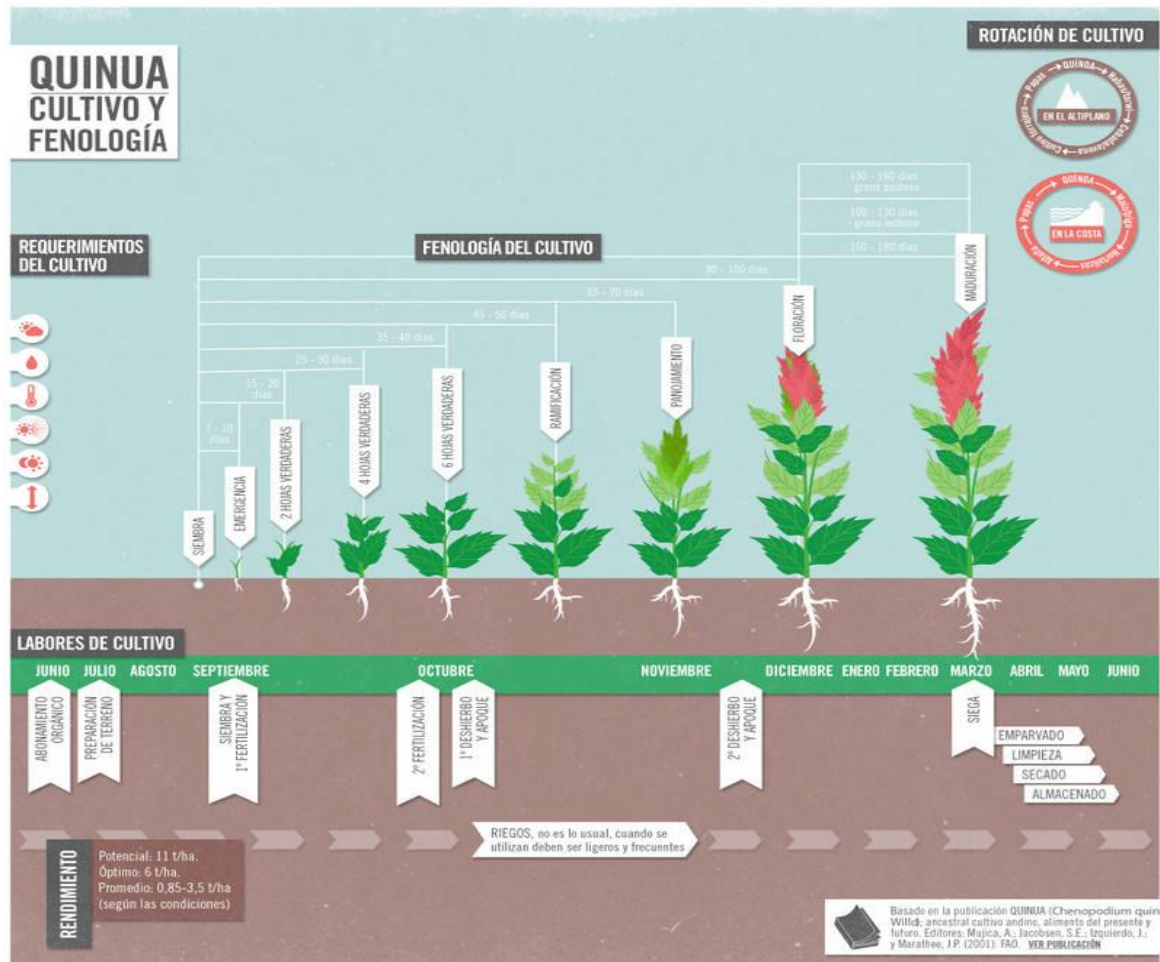
fértiles las plantas alcanzan las mayores alturas; su coloración varía con los genotipos y fases fenológicas.

Figura 2. Partes de la planta quinua



Fuente: FAO. <http://www.fao.org/quinoa-2013/what-is-quinoa/planta/es/>. Consulta: 15 de febrero de 2015.

Figura 3. Cultivo y fenología de la quinua



Fuente: *Fao*. <http://www.fao.org/quinoa-2013/what-is-quinoa/cultivation/es/>. Consulta: 15 de febrero de 2015.

2.2.2. Requerimientos del cultivo

- Suelo: suelo franco con buen drenaje y alto contenido de materia orgánica, con pendientes moderadas y un contenido medio de nutrientes. Prefiere suelos neutros, aunque se le suele cultivar en suelos alcalinos (hasta pH 9) y ácidos (hasta pH 4.5).

- Clima: desérticos, calurosos y secos, fríos y secos, templados y lluviosos, calurosos con mayor humedad relativa y la puna y zonas cordilleranas de grandes altitudes. Para cada clima existen variedades o ecotipos adecuados.
- Agua: es eficiente en el uso de agua, a pesar de ser una planta C3, puesto que posee mecanismos fisiológicos que le permiten escapar a los déficit de humedad, tolerar y resistir la falta de humedad del suelo.
- Temperatura: la temperatura media óptima está alrededor de 15- 20 °C, sin embargo, soporta temperaturas extremas desde 38 °C a -8 °C.
- Radiación: soporta radiaciones extremas que le permite compensar las horas calor necesarias para cumplir con su período vegetativo y productivo.
- Fotoperiodo: existen variedades o ecotipos de días cortos, de días largos e indiferentes al fotoperiodo.
- Altitud: crece desde el nivel del mar hasta cerca de los 4 000 metros.

2.2.3. Sinónimos: quinoa

- Nombre común: quinua o quinoa.

Figura 4. **Semilla de quinua**



Fuente: Investigación sobre el cultivo de la quinua, Gobierno de Guatemala.

2.2.4. Orígenes e historia

La quinua es una planta andina que se originó en los alrededores del lago Titicaca de Perú y Bolivia. Fue cultivada y utilizada por las civilizaciones prehispánicas y reemplazada por los cereales a la llegada de los españoles, a pesar de constituir un alimento básico de la población de ese entonces.

La evidencia histórica disponible señala que su domesticación por los pueblos de América puede haber ocurrido entre los años 3 000 y 5 000 antes de Cristo. Existen hallazgos arqueológicos de quinua en tumbas de Tarapacá, Calama y Arica, en Chile, y en diferentes regiones del Perú. A la llegada de los españoles, la quinua tenía un desarrollo tecnológico apropiado y una amplia distribución en el territorio Inca y fuera de él. El primer español que reporta el cultivo de quinua fue Pedro de Valdivia, quien al observar los cultivos alrededor de Concepción menciona que, entre otras plantas, los indios siembran también la quinua para su alimentación.

Garcilaso de la Vega describe en sus comentarios reales que la planta de quinua es uno de los segundos granos que se cultivan sobre la faz de la tierra denominada quinua y que se asemeja algo al mijo o arroz pequeño y hace referencia al primer envío de semillas hacia Europa, que desafortunadamente llegaron muertas y sin poder germinar, posiblemente debido a la alta humedad reinante durante la travesía por mar.

Posteriormente, Cieza de León (1560) indica que la quinua se cultivaba en las tierras altas de Pasto (Colombia) y Quito (El Ecuador), mencionando que en esas tierras frías se siembra poco maíz y abundante quinua. También Patiño (1964) menciona que en sus revisiones sobre La Paz se habla de la quinua como una planta que servía de alimento a los indígenas (Jiménez de la Espada, 1885, II, 68) y finalmente Humboldt, al visitar Colombia, indica que la quinua siempre ha acompañado a los habitantes de Cundinamarca.

2.2.5. Distribución y producción

La quinua se encuentra de forma nativa en todos los países de la región andina, encontrándose desde Colombia (Pasto) hasta el norte de Argentina (Jujuy y Salta) y el sur de Chile.

Según FAOSTAT, en el periodo 1992-2010 el área cosechada y la producción total de quinua en los principales países productores - Bolivia, Perú y Ecuador - casi ha duplicado y triplicado sus cifras respectivamente.

Sin embargo, el cultivo de la quinua está en expansión, encontrándose en la actualidad en más de 70 países. En 2002 fueron registradas 80 000 hectáreas de quinua en el mundo, las cuales se producen principalmente en la

región andina. Los principales productores del mundo son Bolivia, Perú y los Estados Unidos.

El cultivo de la quinua ha trascendido las fronteras continentales. Es cultivada en Francia, Inglaterra, Suecia, Dinamarca, Holanda e Italia. En los Estados Unidos se produce en Colorado y Nevada y en Canadá en las praderas de Ontario. Por ejemplo, en Kenia la semilla mostró altos rendimientos (4 ton/ha) y en el Himalaya y las planicies del norte de la India, el cultivo puede desarrollarse con éxito con un buen rendimiento.

2.2.6. Usos de la quinua

Los principales usos conocidos de la quinua son:

- Alimentación humana

Se usan el grano, las hojas tiernas hasta el inicio de la formación de la panoja, el contenido de proteínas de estas últimas alcanza hasta 33,3 % en materia seca, y con menor frecuencia las panojas tiernas. El valor nutritivo es relevante. Destacan el contenido y la calidad de proteínas por su composición en aminoácidos esenciales y es especialmente apta para mezclas alimenticias con leguminosas y cereales.

Entre los granos andinos es el de mayor versatilidad para el consumo: el grano entero, la harina cruda o tostada, hojuelas, sémola y polvo instantáneo pueden ser preparados en múltiples formas, lo cual se traduce en una enorme cantidad de recetas tanto tradicionales como innovadoras.

- Usos nuevos o innovaciones en la industria alimentaria

Figura 5. Usos de la quinua



Fuente: FAO. <http://www.fao.org/quinoa-2013/what-is-quinoa/use/es/>. Consulta: 15 de febrero de 2015.

La quinua se puede combinar con leguminosas como las habas secas, el frijol y el tarwi para mejorar la calidad de la dieta especialmente de los niños preescolares y escolares a través del desayuno. En la actualidad se encuentran disponibles varios subproductos elaborados o semielaborados, aunque generalmente a precios más elevados, por lo que en muchos casos se vuelven inalcanzables para la mayoría de la población.

Entre los productos elaborados o semielaborados están los llamados cereales; que son productos listos para consumirse y que generalmente se toman como desayuno entre estos están los cereales inflados, extruídos, en copos, rallados y cereales calientes, a los que se les agrega un líquido caliente para consumiros, y las papillas reconstituida.

De los granos enteros y de harina de quinua se preparan casi todos los productos de la industria harinera. Diferentes pruebas en la región andina, y fuera de ella, han mostrado la factibilidad de adicionar 10, 15, 20 y hasta 40 % de harina de quinua en pan, hasta 40 % en pasta, hasta 60 % en bizcochos y hasta 70 % en galletas. La principal ventaja de la quinua como suplemento en la industria harinera, está en la satisfacción de una demanda creciente en el ámbito internacional de productos libres de gluten.

Actualmente hay una necesidad de obtención de alimentos concentrados proteicos de alta calidad. La proteína está concentrada, especialmente en el embrión de la semilla de quinua que contiene hasta un 45 % de proteína. El embrión puede separarse del resto de la semilla y el embrión concentrado luego puede utilizarse directamente sobre el alimento para niños, por ejemplo, para obtener una recuperación rápida del nivel nutritivo de los niños que sufren de malnutrición, y adultos, como las mujeres embarazadas en una diversidad de platos.

- Alimentación animal

La planta entera se usa como forraje verde. También se aprovechan los residuos de la cosecha para alimentar vacunos, ovinos, cerdos, caballos y aves.

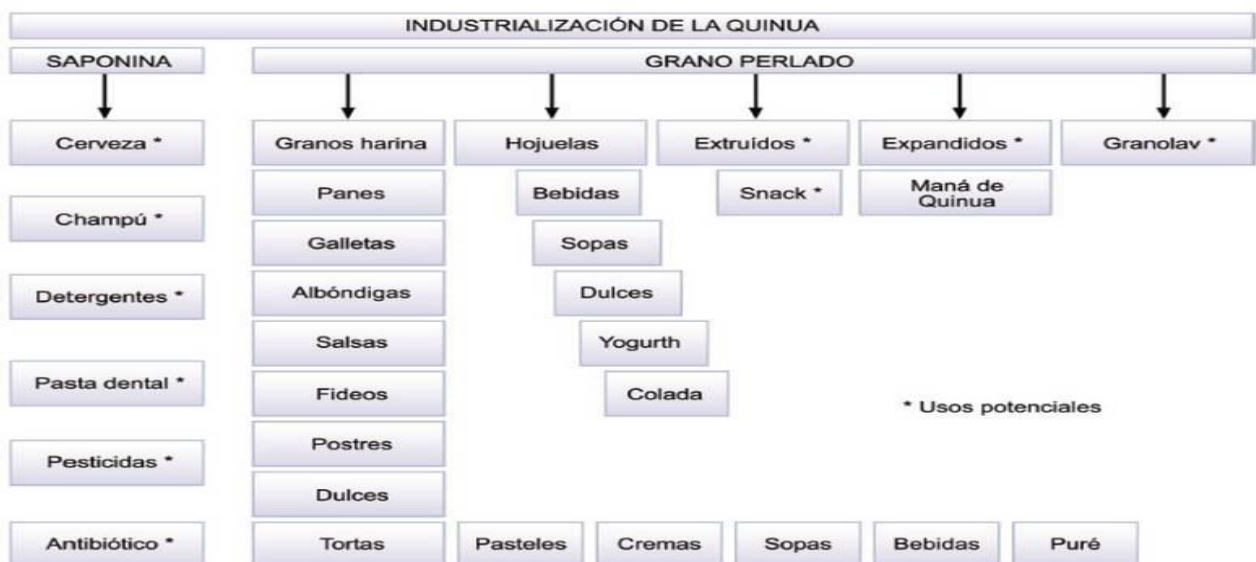
- Uso medicinal

Tienen uso medicinal las hojas, tallos y granos, a los que se atribuyen propiedades cicatrizantes, desinflamantes, analgésicas contra el dolor de muelas, desinfectantes de las vías urinarias; se utilizan también en caso de fracturas, en hemorragias internas y como repelente de insectos.

- Otros usos industriales

La quinua es un producto del cual se puede obtener una serie de subproductos de uso alimenticio, cosmético, farmacéutico y otros como se muestra en la figura 6.

Figura 6. Industrialización de la quinua



Fuente: FAO. <http://www.fao.org/quinoa-2013/what-is-quinoa/use/es/>. Consulta: 15 de febrero de 2015.

El almidón de quinua tiene una excelente estabilidad frente al congelamiento y la retrogradación. Estos almidones podrían ofrecer una alternativa interesante para sustituir almidones modificados químicamente.

El almidón tiene posibilidades especiales de uso en la industria debido al pequeño tamaño del gránulo de almidón, por ejemplo, en la producción de

aerosoles, pastas, producción de papel autocopiante, postres alimenticios, excipientes en la industria plástica, talcos y polvos antioffset.

Las saponinas que se extraen de la quinua amarga se pueden utilizar en la industria farmacéutica, cuyo interés en las saponinas se basa en el efecto de inducir cambios en la permeabilidad intestinal, lo que puede colaborar en la absorción de medicinas particulares y en los efectos hipocolesterolémicos. Adicionalmente se mencionan las propiedades de la saponina como antibiótico y para el control de hongos entre otros atributos farmacológicos.

Por la toxicidad diferencial de la saponina en varios organismos, se ha investigado sobre su utilización como potente insecticida natural que no genera efectos adversos en el hombre o en animales grandes, destacando su potencial para el uso en programas integrados de control de plagas. El uso de la saponina de la quinua como bioinsecticida fue probado con éxito en Bolivia.

Sus hojas tiernas se comen guisadas como las acelgas y espinacas; su tallo y hojas verdes se aprovechan como ensalada; se hacen además, sopas o mazamorras; con su harina se elaboran panecillos y galletas. Se puede preparar chicha con el mishque o líquido dulce del penco.

La leche corporal a base de quinua es nutritiva e hidratante, facilita la regeneración celular y forma una película protectora sobre la piel. Presenta excelentes propiedades emolientes y restablece la hidratación cutánea debido a la presencia de ácidos como la treonina, carbohidratos, vitaminas y ácidos grasos.

El champú es recomendado para cabellos normales y secos, ya que enriquece el cuero cabelludo, gracias a la aportación de proteínas y minerales del extracto de quinua.

Del grano de quinua se aprovecha para la industrialización, la grasa, proteína, almidón y fibra.

Tras sacar el grano de las panojas, la cascarilla que envuelve a cada quinua se la quema y, con ella, se elabora la pasa o lejía, utilizada en la masticación de coca.

2.2.7. Rituales

Como grano madre, la quinua forma parte de diversas ceremonias y rituales andinos, que fueron prohibidos por los europeos durante la conquista española. Este fue un motivo por el que el cultivo de quinua y de la kiwicha fueron prohibidos, al considerarlos asociados a rituales paganos.

2.2.8. Composición química

Contiene saponinas, antocianinas, flavonoides, aceites esenciales, ácido fítico, taninos. Las semillas de la quinua son fuente rica de proteínas y almidones.

Las saponinas de la quinua son de estructura triterpenoide y se ha demostrado que la principal sapogenina es el ácido oleanólico.

Otras son: sapogenoles, hederagenina, y ácido fitolacagénico (Ridout et al. 1991; Ruales and Nair 1993; Ng et al. 1994). p. 75.

En quinua se encontraron dos tipos de saponinas: saponina A: (b-D-glupiranosil-[b-D-glucopiranosil-(1->3)-a-L-arabino-piranosil-(1->3)]-3-b-23 dihidroxil-12-en-28-oate-metilester), en aproximadamente 0,7 % y saponina B: (b-D-glupiranosil [b-D-glucopiranosil-(1->3)-a-L-arabinopiranosil -(1->3)]-3-b-23-dihidroxil-olean- 12-en-38-oate), en aproximadamente 0,2 %; ambas en base seca (Romero, 1981; Ruales, 1992). Sin embargo Mizui et al., en 1988, citados por Ruales y Nair, 1992 p. 88., describieron hasta seis tipos de saponinas en la quinua.

Bacigalupo y Tapia (1990) indican que existen varios compuestos orgánicos e inorgánicos que podrían contribuir a conferir o modificar el sabor amargo de la quinua. En algunos casos los alimentos preparados en base a quinua, podrían presentar sabores, astringentes, jabonosos, picantes o rancios, que podrían aparecer al momento de la preparación o minutos después. Entre los compuestos orgánicos detectados en la quinua se encuentran los siguientes: saponinas, sapogeninas, fracción de escualeno, terpenoides, ácidos grasos oxidados, oxalatos, y sales de magnesio.

Estos mismos autores indican que durante el proceso de eliminación de saponinas de la quinua, se corre el riesgo de eliminar otros compuestos orgánicos, los que podrían ser responsables del sabor y olor característicos, los que le dan la identidad a la quinua, respecto a otros alimentos. De esta forma, estos autores se preguntan si será conveniente perfeccionar las tecnologías del desaponificado, para llegar a producir quinua exenta de sabor.

Sin embargo, también hay criterios que indican que una de las ventajas comparativas de la quinua es, justamente, su carácter de insaboro e inodoro, características que le permiten ser un alimento acompañante; es decir, que se

puede combinar con casi todos los alimentos conocidos y dar el sabor que el usuario crea conveniente.

2.2.9. Valor nutricional

A continuación se describe el contenido de micronutrientes en la quinua y en alimentos seleccionados, por cada 100 gramos en seco.

Tabla I. **Contenido de micronutrientes en la quinua y en alimentos seleccionados**

	Quinua	Frijol	Maíz	Arroz	Trigo
Energía	399	367	408	372	392
Proteína	16,5	28,0	10,2	7,6	14,3
Grasa	6,3	1,1	4,7	2,2	2,3
Total de Carbohidratos	69,0	61,2	81,1	80,4	78,4

Fuente: elaboración propia.

2.2.9.1. Proteínas

La cantidad de proteínas en la quinua depende de la variedad, con un rango comprendido entre un 10,4 % y un 17,0 % de su parte comestible.¹

¹ Abugoch James, L.E. Quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.). *Advances in Food and Nutrition Research*. p. 58.

Aunque generalmente tenga una mayor cantidad de proteínas en relación con la mayoría de granos, la quinua se conoce más por la calidad de las mismas.²

La proteína está compuesta por aminoácidos, ocho de los cuales están considerados esenciales tanto para niños como para adultos. Tal y como se muestra en el tabla II, si se compara con el patrón de puntuación de aminoácidos esenciales recomendado por la Fao para niños con edades comprendidas entre los 3 y los 10 años, la quinua supera las recomendaciones para los ocho aminoácidos esenciales. Al contrario de la quinua, la mayoría de los granos tienen un bajo contenido del aminoácido esencial lisina, mientras que la mayoría de las legumbres tienen un bajo contenido en los aminoácidos sulfúricos metionina y cisteína.³

Tabla II. Comparación de los perfiles de los aminoácidos esenciales de la quinua y otros cultivos seleccionados con el patrón de puntuación recomendado por la Fao para edades comprendidas entre los 3 y los 10 años (g/100 g de proteína)

	Fao ¹	Quinua ²	Maíz ²	Arroz ²	Trigo ²
Isoleucina	3,0	4,9	4,0	4,1	4,2
Leucina	6,1	6,6	12,5	8,2	6,8
Lisina	4,8	6,0	2,9	3,8	2,6
Metionina ^a	2,3	5,3	4,0	3,6	3,7
Fenilalanina ^b	4,1	6,9	8,6	10,5	8,2
Treonina	2,5	3,7	3,8	3,8	2,8
Triptófano	0,66	0,9	0,7	1,1	1,2
Valina	4,0	4,5	5,0	6,1	4,4

² National Research Council. Lost Crops of the Incas: little known plants of the Andes with promise for world-wide cultivation. Washington, DC: National Academy Press.

³ Reyes Montaña, E.A., Ávila Torres, D.P. and Guevara Pulido, J.O. *Componente nutricional de diferentes variedades de quinua de la región Andina*. AVANCES Investigación en Ingeniería. 5, 86-97.

Continuación de la tabla II.

<p>¹Patrones de puntuación de los aminoácidos para niños de edades comprendidas entre los 3 y los 10 años, adaptados por la Fao (2013). Dietary protein quality evaluation in human nutrition. Report of an Fao Expert Consultation. Roma.</p> <p>² Koziol (1992)</p> <p>^a Metionina + cisteína</p> <p>^b Fenilalanina + tirosina</p>
--

Fuente: elaboración propia.

2.2.9.2. Fibra dietética

En un estudio reciente de cuatro variedades de quinua mostró que la fibra dietética en la quinua cruda varía entre los 13,6 g y los 16,0 g por cada 100 g de peso en seco⁴. La mayoría de la fibra dietética era insoluble, con un intervalo de 12,0 g a 14,4 g en comparación con el contenido comprendido entre 1,4 g y 1,6 g de la fibra soluble por cada 100 g de peso en seco. De modo similar al valor proteico total de la quinua, el valor de la fibra dietética es, por lo general, mayor al de la mayoría de granos e inferior al de las legumbres.

La fibra dietética constituye la parte de los alimentos vegetales que no se puede digerir y es importante para facilitar la digestión y prevenir el atasco fecal del intestino.

2.2.9.3. Grasas

Tal y como se muestra en la tabla III, la quinua contiene más grasas (6,3 g) por cada 100 g de peso en seco en comparación con los frijoles (1,1 g), el

⁴ Repo-Carrasco, R., Espinoza, C. and Jacobsen, S.E. *Nutritional value and use of the Andean crops quinoa (Chenopodium quinoa Willd.) and kañiwa (Chenopodium pallidicaule)*. *Food Reviews International*. Vol. 19, Nos. 1 & 2, 179-189.

maíz (4,7 g), el arroz (2,2 g) y el trigo (2,3 g). Las grasas son una importante fuente de calorías y facilitan la absorción de vitaminas liposolubles. Del contenido total de materias grasas de la quinua, más del 50 % viene de los ácidos grasos poliinsaturados esenciales linoleico (omega 6) y linolénico (omega 3).⁵

Los ácidos linoleico y linolénico se consideran ácidos grasos esenciales, ya que no los puede producir el cuerpo. Se ha demostrado que los ácidos grasos de la quinua mantienen la calidad debido al alto valor natural de la vitamina E, que actúa como antioxidante natural.⁶

2.2.9.4. Minerales

En promedio, la quinua una es mejor fuente de minerales en relación con la mayoría de los granos presentados en la tabla IV. En especial, la quinua es una buena fuente de hierro, magnesio y zinc si se compara con las recomendaciones relativas al consumo diario de minerales. La falta de hierro suele ser una de las deficiencias nutricionales más comunes.

La quinua también tiene un alto contenido en el compuesto de oxalato, que se puede unir a minerales como el calcio y el magnesio y reducir su absorción en el cuerpo.⁷

⁵ Koziol, M. *Chemical composition and nutritional evaluation of quinoa (Chenopodium quinoa Willd.)*. Journal of Food Composition and Analysis. 5, 35-68.

⁶ Repo-Carrasco-Valencia, R. and Serna L.A. *Quinoa (Chenopodium quinua, Willd.) as a source of dietary fiber and other functional components.* Ciencia e Tecnología de Alimentos. 19 (1), 225-230.

⁶ Ng, S., Anderson, A., Cokera, J. and Ondrusa, M. *Characterization of lipid oxidation products in quinoa (Chenopodium quinoa)*. Food Chem. 101(1), 185-192.

⁷ Siener, R., Honow, R., Seidler, A., Voss, S. and Hesse, A. *Oxalate contents of species of the Polygonaceae, Amaranthaceae and Chenopodiaceae families*. Food Chem. 98, 220-224.

Tabla III. **Contenido mineral en la quinua y en alimentos seleccionados, en miligramos por cada 100 g de peso en seco**

	Quinua	Maíz	Arroz	Trigo
Calcio	148,7	17,1	6,9	50,3
Hierro	13,2	2,1	0,7	3,8
Magnesio	249,6	137,1	73,5	169,4
Fósforo	383,7	292,6	137,8	467,7
Potasio	926,7	377,1	118,3	578,3
Zinc	4,4	2,9	0,6	4,7

Fuente: elaboración propia.

2.2.9.5. Vitaminas

La quinua, también es una buena fuente de las vitaminas B2 (riboflavina) y ácido fólico en comparación con otros granos, mientras que su contenido en tiamina es similar al de otros granos y el de niacina es en promedio inferior, como se muestra en la tabla IV. También contiene cantidades significativas de vitamina E, aunque esta cantidad parece disminuir después de procesarse y cocinarse (Koziol, 1992) p. 155. En general, el contenido en vitaminas de la quinua no se ve afectado por la eliminación de sus saponinas, ya que las vitaminas no se encuentran en el pericarpio de la semilla (Koziol, 1992). p. 155.

Tabla IV. **Contenido en vitaminas de la quinua frente a otros alimentos, mg/100 g peso en seco**

	Quinua	Maíz	Arroz	Trigo
Tiamina	0,2-0,4	0,42	0,06	0,45-0,49
Riboflavina	0,2-0,3	0,1	0,06	0,17
Ácido fólico	0,0781	0,026	0,020	0,078
Niacina	0,5-0,7	1,8	1,9	5,5

Fuente: elaboración propia.

2.3. El año internacional de la quinua

La quinua puede desempeñar un papel importante en la erradicación del hambre, la desnutrición y la pobreza, aseguró el director general de la Fao, José Graziano da Silva, en el lanzamiento oficial del Año Internacional de la Quinua en la sede de las Naciones Unidas.

2.4. Un aporte a la seguridad alimentaria mundial

Ante el desafío de elevar la producción de alimentos de calidad para alimentar a la población del planeta en un contexto de cambio climático, la quinua aparece como una alternativa para aquellos países que sufren inseguridad alimentaria.

Por ello, la Asamblea General de las Naciones Unidas ha declarado al año 2013 como el "Año Internacional de la Quinua", en reconocimiento a las prácticas ancestrales de los pueblos andinos, quienes han sabido preservar a la quinua en su estado natural como alimento para las generaciones presentes y futuras, a través de prácticas ancestrales de vida en armonía con la naturaleza.

La Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (Fao), desde su Oficina Regional para América Latina y el Caribe, llevará adelante la Secretaría del Año Internacional de la Quinua acompañando al Comité Internacional que coordinará las celebraciones. Bolivia encabeza la presidencia del Comité, mientras que Ecuador, Perú y Chile ostentan las vicepresidencias, y las relatorías están a cargo de Argentina y Francia.

2.5. La leche y sus derivados

A continuación se describe las propiedades de la leche y algunos de sus derivados.

2.5.1. Leche

Se entiende como leche al producto integral del ordeño total e ininterrumpido, en condiciones de higiene que da la vaca lechera en buen estado de salud y alimentación. Esto además, sin aditivos de ninguna especie. El porcentaje de grasa varía según las estaciones del año, entre un 4,8 % durante el invierno y un 2,8 % en verano, pero la industria láctea estandariza este tenor graso a través de la homogenización, la que dispersa en forma pareja la grasa de la leche.

2.5.2. Propiedades físicas

La leche de vaca tiene una densidad media de 1,032 g/ml. Es una mezcla muy compleja y de tipo heterogénea, como un sistema coloidal de tres fases:

- Solución: los minerales así como los carbohidratos se encuentran disueltos en el agua.
- Suspensión: las sustancias proteicas se encuentran con el agua en suspensión.
- Emulsión: la grasa en agua se presenta como emulsión.

2.5.3. Propiedades químicas

El pH de la leche es ligeramente ácido (pH comprendido entre 6,6 y 6,8) otra propiedad química importante es la acidez, o cantidad de ácido láctico, que suele ser de 0,15-0,16 % de la leche.

Las sustancias proteicas de la leche son las que más importancia tienen en el aspecto técnico, estas se clasifican en dos: proteínas (la caseína se presenta en 80 % del total proteínica, mientras que las proteínas del suero lo hacen con un 20 %), y las enzimas.

La actividad enzimática depende de dos factores: temperatura y pH, y está presente en todo el sistema de diversas formas. La fosfatasa es un inhibidor a temperaturas de pasteurización, e indica que se realizó bien la pasteurización. La reductasa es producida por microorganismos ajenos a la leche. Si hay en la leche indica que está contaminada. La xantoxidasa en combinación con nitrato de potasio (KNO₃) inhibe el crecimiento de bacterias butíricas. La lipasa oxida las grasas y da olor ranzio a los productos y se inhibe con pasteurización. La catalasa se incrementa con la mastitis, y si bien no deteriora el alimento, se usa como indicador microbiológico.

2.5.4. Propiedades nutricionales

Su diversificada composición, en la que entran grasas (donde los triglicéridos son la fracción mayoritaria con el 98 % del total lipídico y cuyos ácidos grasos que los forman son mayormente saturados), proteínas, (caseína, albúminay proteínas del suero) y glúcidos (lactosa, azúcar específica de la leche) , la convierten en un alimento completo. Además, la leche entera de vaca es una importante fuente de vitaminas (vitaminas A, B, D₃, E). La vitamina D es

la que fija el fosfato de calcio a dientes y huesos, por lo que se hace especialmente recomendable a los niños.

Algunos de los ácidos grasos presentes, tienen efecto beneficioso, tales como el butírico, vacénico o el ácido linoleico conjugado (CLA), del cual se ha demostrado que inhibe varios tipos de cáncer en pruebas con ratones, y también ha eliminado cánceres de piel humana en estudios in vitro. Un vaso de 250 ml de leche bovina aporta la cantidad diaria recomendada de:

- Calcio 44 %
- Vitamina A 20 %
- Vitamina D 50 %

El calostro es un líquido de color amarillento, rico en proteínas y anticuerpos, indispensables para la inmunización del recién nacido, pero a pesar de ello, industrialmente no tiene aplicación.

2.6. Clases de leche

A continuación se describen algunas clases de leche que existen y sus características.

2.7. Leche entera

Se entiende con este nombre a la leche a granel higienizada, enfriada y mantenida a 5 °C, sometida opcionalmente a terminación, pasteurización o estandarización de materia grasa, transportada en volúmenes de una industria láctea a otra para ser procesada y envasada bajo normas de higiene. En cuanto a las vitaminas, la leche contiene tanto del tipo hidrosolubles como liposolubles,

aunque en cantidades que no representan un gran aporte. Dentro las vitaminas que más se destacan están presentes la riboflavina y la vitamina A.

2.7.1. Leches modificadas

Es aquella a la que se le ha cambiado el contenido de grasas, proteína o azúcares. Otra forma de leche modificada es aquella a la que se le ha adicionado vitaminas y minerales. El resultado es usualmente en forma de polvo o pasta. Tradicionalmente son producidas en Australia, Nueva Zelanda y Europa. Comúnmente tiene un contenido mínimo de 75 % de sólidos de leche y el otro 25 % de componentes distintos a leche.

Tabla V. **Propiedades de la leche**

1 porción 200 ml (1 vaso)		
Cantidad por porción		96 VD*
Valor energético	89 Kcal	4
Carbohidratos	9,4 g	3
Proteínas	6,2	8
Grasas totales	3 g	5
Grasas saturadas	1,8 g	8
Grasas trans	0 g	
Sodio	100 mg	4
Vitaminas		
A	144 mcg	24
D	0,8 mcg	15
E	5 mg	50
Minerales		
Calcio	300 mg	30

Fuente: elaboración propia.

2.7.2. Suero dulce lácteo

El suero de leche es un líquido obtenido en el proceso de fabricación del queso y de la caseína, después de la separación de la cuajada o fase micelar. Sus características corresponden a un líquido fluido, de color verdoso amarillento, turbio, de sabor fresco, débilmente dulce, de carácter ácido, con un contenido de nutrientes o extracto seco del 5,5 al 7 % proveniente de la leche. El suero de leche contiene valiosos nutrientes como lactosa, proteínas, vitaminas y minerales.

La precipitación de las proteínas se produce por hidrólisis específica de la caseína. Por lo tanto, el pH es próximo al de la leche inicial y no hay variación de la composición mineral. El suero dulce es el más empleado por la industria y tiene una composición química más estable, lo que permite estimar los valores medios de composición.

Tabla VI. **Propiedades del suero dulce lácteo**

Propiedad	Lactosuero dulce
pH	6,4 - 6,6
Materia seca	70
Lactosa	51
Proteínas	6 – 7
Materia grasa	0,2
Materias minerales	4 – 5
Calcio	0,45
Fósforo	0,4
Ácido láctico	0

Fuente: *Melkweg*. <http://es.melkweg.info/productos/suero-de-leche-en-polvo-y-derivados-del-suero-de-leche/>. Consulta: 30 de mayo de 2015.

2.8. Análisis bromatológico

Del griego *brom-atos*: alimento y *logía*: estudio.

La bromatología es una disciplina científica que estudia de íntegramente los alimentos. Con esta se pretende hacer el análisis químico, físico, higiénico (microorganismos y toxinas), hacer el cálculo de las dietas en las diferentes especies y ayudar a la conservación y el tratamiento de los alimentos.

- ¿Para qué sirve?
Un alimento → principios nutritivos → crecimiento
producción
reproducción
- Donde los propósitos del análisis bromatológico son:
 - Conocer la composición cualitativa y cuantitativa tanto del alimento como de las materias primas.
 - Ver su estado higiénico y toxicológico (bromatología sanitaria)
 - Analizar si el alimento o materias primas cumplen con lo establecido por el productor, además de ver si tiene alteraciones o contaminantes.
 - Sirve para legislar y fiscalizar los alimentos
- ¿Qué incluye el análisis bromatológico?
 - Análisis microbiológico
 - Análisis toxicológico
 - Análisis químico
 - Evaluación organoléptica

- Análisis microbiológico

Presencia de microorganismos patógenos (ppal/ bacterias y hongos) mediante pruebas microbiológicas (cultivos). Los ppales patógenos que encontramos son: E. coli, salmonela, estafilococos, mohos y levaduras.

- La muestra debe especificar el tipo de alimento y el análisis solicitado:
 - Cultivo bacteriano, de hongos y su clasificación.
- Comparar los valores de referencia con los el laboratorio

- Análisis toxicológico

- Evaluación la inocuidad de los alimentos. Se realiza en:
 - Caso una intoxicación alimentaria.
 - Análisis del alimento sin intoxicación alimentaria.
 - Alimento se mandan de 100 a 200 gr del alimento y 100 ml de agua.
 - Solicitando un análisis químico especificando el toxico sospechoso.

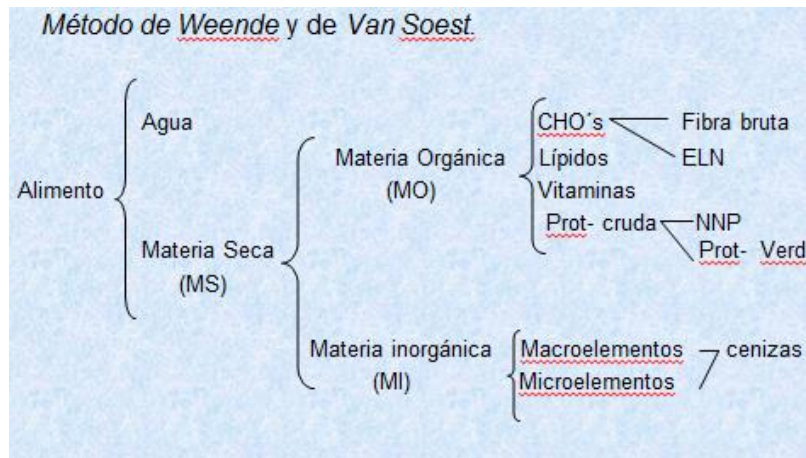
- Evaluación organoléptica

Evaluación de las características que se pueden percibir de los alimentos, a través de la visión, el olfato, el gusto, el tacto y la audición.

La medición se realiza con un análisis estadístico poblacional para conocer las preferencias del consumo de la población.

- Análisis químico

Figura 7. Análisis químico



Fuente: *Corpoica*. <http://www.corpoica.org.co/sitioweb/documento/jatrophacontrataciones/analisisbromatologico.pdf>. Consulta: 30 de mayo de 2015.

El análisis bromatológico se realiza a un ingrediente o alimento dado. Sirve para la formulación específica de un alimento. Para que los resultados sean confiables, la muestra a la cual se le va a realizar el análisis debe ser representativa y homogénea respecto al lote del que fue tomada.

Para la selección de muestras a realizar tener en cuenta lo siguiente:

- Representatividad del total del alimento o del lote en particular
- Conocer la materia prima
- Muestras representativas y homogéneas
- Enviar al laboratorio, no menos de 500 g para el análisis bromatológico

El análisis bromatológico consta de 6 fracciones:

- Humedad
- Proteína cruda
- Grasa (extracto etéreo)
- Fibra cruda
- Cenizas
- Extracto libre de nitrógeno

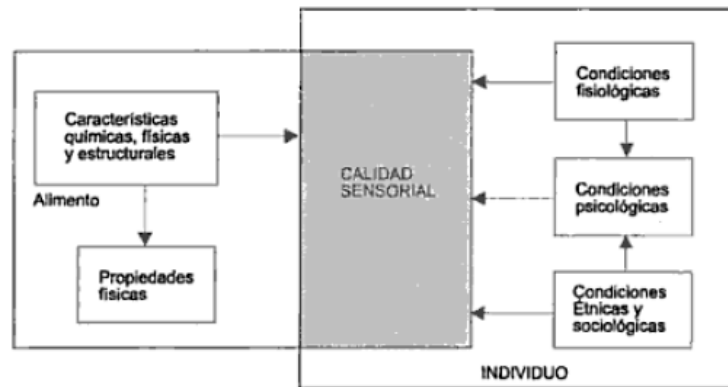
2.9. Análisis sensorial

Disciplina que utiliza métodos científicos para obtener, medir, analizar e interpretar respuestas humanas a propiedades de alimentos y materiales, tal como son percibidas a través de los cinco sentidos: olfato, gusto, tacto, vista y oído.

Cuando la calidad de un producto alimenticio es evaluada mediante los órganos sensoriales humanos, se dice que la evaluación es sensorial o subjetiva.

La evaluación sensorial es una técnica que permite usar los cinco sentidos para poder evaluar, opinar y cuestionar un producto determinado, estableciendo niveles de aceptación o rechazo, en características como dulzor, acidez, color, brillo, astringencia, entre otros, de modo que sea en forma primordial lo que el consumidor quiere.

Figura 8. **Esquema del concepto actual de la calidad sensorial**



Fuente: SANCHO, J. y otros. *Introducción al análisis sensorial de los alimentos*. p. 26.

2.10. Métodos sensoriales

- Preferencia (selección entre dos o más opciones): llamada también de preferencia pareada y ordenamiento, se utiliza para establecer la preferencia de un producto sobre otro(s), sin considerar la intensidad de la preferencia.
- Aceptabilidad (aceptación o rechazo): este tipo de prueba permite conocer cómo es apreciada una muestra para los consumidores. El deseo de adquirir un producto es lo que se denomina aceptación, y no solo depende de la impresión agradable o desagradable.
- Hedónica: disminuye la subjetividad en las apreciaciones de los jueces logrando objetivar sus respuestas acerca de las sensaciones provocadas por un producto alimentación.

La evaluación hedónica se logra analizando los datos, las categorías se convierten en puntajes numéricos de 1 al 9, donde 1 representa disgusta muchísimo y 9 gusta muchísimo. Los puntajes numérico para cada muestra, se tabulan y analizan utilizando análisis de varianza, para determinar si existen diferencias significativas en el promedio de los puntajes asignados a las muestras.

En la prueba hedónica de 9 puntos, los panelistas marcan una categoría en la escala que va desde:

Tabla VII. **Evaluación hedónica**

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

Fuente: elaboración propia.

Figura 9. Grupos de pruebas para los ensayos hedónicos

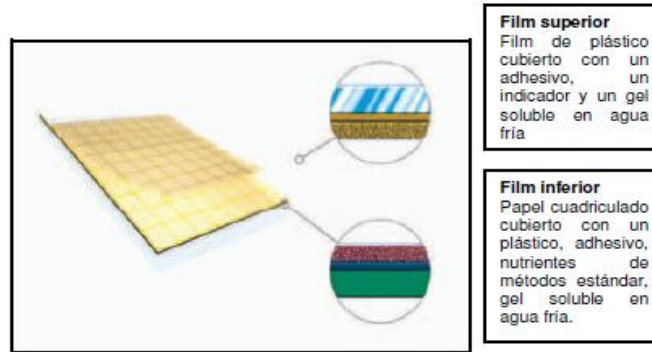
<i>Planteo o problemática</i>	<i>Prueba de Laboratorio</i>	<i>Prueba en situación natural</i>
Preferencia momentánea o inmediata	<i>Consumidores no experimentados</i> Prueba pareada Prueba de ordenación Evaluación hedónica	<i>Consumidores (en calle o sala)</i> Prueba pareada Prueba de ordenación Evaluación hedónica
Preferencia a largo plazo	<i>Consumidores seleccionados</i> Prueba de cansancio Prueba de aversión Prueba de consumo	<i>Consumidores (en domicilio)</i> Prueba de comparación Prueba monomuestral "agenda y consumo"
Imagen del producto	<i>Consumidores seleccionados</i> Prueba de autenticación	<i>Consumidores seleccionados</i> Prueba de autenticación
Aceptación	<i>Consumidores seleccionados</i> Prueba pareada Evaluación de la aceptación	<i>Consumidores seleccionados</i> Prueba pareada Evaluación de la aceptación

Fuente: SANCHO, J. y otros. *Introducción al análisis sensorial de los alimentos*. p. 144.

2.11. Placas petrifilm

Método microbiológico que consiste en una familia de placas listas para usarse diseñadas para ofrecer ahorro de tiempo, incremento de productividad, fiabilidad y eficiencia. Su diseño tiene una película rehidratable cubierta con nutrientes y agentes gelificantes. Proporciona resultados en tres pasos: inoculación, incubación y recuento.

Figura 10. **Diseño de placas petrifilm 3M**



Fuente: Diseño placa petrifilm 3M.

3. DISEÑO METODOLÓGICO

3.1. Variables a medir en función al atol en polvo a base de harina de quinua (*Chenopodium quinua*) y mezcla láctea

Se determinaron las variables de entrada a modificar para medir el efecto sobre los resultados, así como los factores que se mantienen constantes.

Tabla VIII. Definición operacional de las variables, para el análisis químico de las propiedades nutricionales del atol en polvo a base de harina quinua (*Chenopodium quinua*) y mezcla láctea

Núm.	Variable	Fórmula química	Factor potencial del diseño		Factores perturbadores	
			Constante	Variable	Controlables	No controlables
Determinación de proteína cruda por el método kjeldahl						
1	Sulfato de potasio	K ₂ SO ₄	X		X	
2	Sulfato de cobre	CuSO ₄	X		X	
3	Ácido sulfúrico	H ₂ SO ₄	X		X	
4	Agua	H ₂ O	X		X	
5	Zinc	Zn		X		X
6	Fenoltaleína	C ₂₀ H ₁₄ O ₄	X		X	
7	Hidróxido de sodio	NaOH		X		X
8	Ácido sulfúrico (0.1N)	H ₂ SO ₄		X		X
9	Proteínas	-		X		X
Análisis de fibra alimentaria por el método de southgate modificado						
10	Etanol (70%V/V)	C ₂ H ₆ O	X		X	
11	Éter etílico	C ₄ H ₁₀ O		X		X
12	Agua destilada	H ₂ O	X		X	
13	Etanol absoluto	C ₂ H ₆ O		X		X
14	Solución tampón acetato (2 M)	C ₂ H ₃ O ₂ -	X		X	
15	Tolueno	C ₆ H ₅ CH ₃		X		X

Continuación de la tabla VIII.

16	Ácido sulfúrico(5% P/V)	H ₂ SO ₄	X		X	
17	Etanol (80%V/V)	C ₂ H ₆ O	X		X	
18	Etano(50%V/V)	C ₂ H ₆ O		X		X
19	Ácido sulfúrico (72% P/V)	H ₂ SO ₄	X		X	
20	Fibra Alimentaria	-		X		X
Análisis de grasa cruda o extracto etéreo por el método de soxhlet						
21	Éter etílico anhidro	C ₄ H ₁₀ O	X		X	
22	Sílica gel	Si O ₂		X		X
23	Grasa cruda			X		X
Determinación de humedad						
24	Sílica gel	Si O ₂		X		X
Análisis de cenizas						
25	Sílica gel	Si O ₂		X		X
Determinación de calcio						
26	Ácido clorhídrico concentrado	HCl		X		X
27	Solución indicadora de rojo de metilo	C ₁₅ H ₁₅ N ₃ O ₂	X		X	
28	Oxalato de amonio al 4,2 % en masa	(NH ₄) ₂ C ₂ O ₄ . H ₂ O	X		X	
29	Amoniaco al 50 %	NH ₄ OH		X		X
30	Ácido sulfúrico concentrado	H ₂ SO ₄	X		X	
31	Permanganato de potasio 0.1 N titrisol Merck	KMnO ₄		X		X
32	Agua desmineralizada	H ₂ O	X		X	
Determinación del pH						
33	pH (adimensional)	-	X		X	
Determinación de la densidad						
34	Densidad (Kg/m ³)	-	X		X	
Determinación de la acidez						
35	Hidróxido de sodio	NaOH		X		X
36	Fenoltaleína	C ₂₀ H ₁₄ O ₄	X		X	

Fuente: elaboración propia.

Tabla IX. Definición operacional de las variables, para la evaluación descriptiva del atol en polvo a base de harina de quinua (*Chenopodium quinua*) y mezcla láctea

Núm.	Variable	Fórmula química	Factor potencial del diseño		Factores perturbadores	
			Constante	Variable	Controlables	Núm. controlables
Realización de una evaluación sensorial con base a la escala hedónica						
1	Escala hedónica	-		X	X	

Fuente: elaboración propia.

Tabla X. Definición operacional de las variables para los análisis microbiológicos en cada etapa de la elaboración del atol a base de quinua y mezcla láctea

Núm.	Variable	Fórmula química	Factor potencial del diseño		Factores perturbadores	
			Constante	Variable	Controlables	Núm controlables
Análisis microbiológico en cada etapa de la formulación						
1	Placas petrifilm con agente gelificante	-		X	X	

Fuente: elaboración propia.

3.1.1. Variables de control independientes

Se describe las variables independientes a medir directamente en el sistema, sin intervenir en su variación.

Tabla XI. Variables independientes y su descripción

Núm.	Variable	Unidades de medida	Descripción
1	pH	Adimensional	pH que tendrá la formulación.
2	Color	Adimensional	Color que tendrá la formulación.
3	Olor	Adimensional	Olor que tendrá la formulación.
4	Textura	Adimensional	Textura que tendrá la formulación.
5	Conteo de colonias en placas petrifilm	UFC (Unidades formadoras de colonias)	Análisis microbiológicos a la muestra
6	Tiempo	Minutos	Tiempo que requerirá la cocción del atol.
7	Costo de materia prima	Q	Costo de materia prima, reactivos y material a utilizar para la formulación.

Fuente: elaboración propia.

3.1.2. Variables de control dependientes

Se describe las variables dependientes, obtenidas por medio de cálculos matemáticos a partir de las variables independientes.

Tabla XII. Variables dependientes y su descripción

No.	Variable (prueba)	Método de referencia	Unidades de medida
1	Determinación de proteína cruda por el método kjeldahl.	AOAC: 976.05	gramos
2	Análisis de fibra alimentaria por el método de southgate modificado	AOAC: 962.09	gramos

Continuación de la tabla XII.

3	Análisis de grasa cruda o extracto etéreo por el método de soxhlet	BATEMAN 9.110	Gramos
4	Determinación de humedad	AOAC: 934.01	%
5	Análisis de cenizas	AOAC: 942.05	gramos
6	Determinación de calcio	AOAC: 944.03	gramos
7	Determinación de la acidez	NTP 205.039.1975	%
8	Escala hedónica	Sanho, J. y otros. "Introducción al análisis sensorial de los alimentos".	Punteo del 1 al 9
9	Conteo de colonias en placas petrifilm	RTCA 67.04.50:08	Ufc (unidades formadoras de colonias)
10	Densidad	-----	Kg/ m ³
11	Costo total de fabricación	-----	Q

Fuente: elaboración propia.

3.2. Delimitación del campo de estudio

- Área: alimenticia
- Industria: alimentos
- Proceso: "Formulación y desarrollo de un atol nutricional en polvo a base de harina de quinua y mezcla láctea"
- Etapa del proceso: formulación y desarrollo de un atol nutricional a base de quinua y mezcla láctea, cumpliendo los estándares nutricionales, de calidad y económicos.
- Ubicación: el proceso de formulación y desarrollo se llevó a cabo en la empresa Manufactura Internacional de Alimentos Empacados, S. A. (MAESA, S. A.).

Los análisis químicos nutricionales se realizan en el Laboratorio de Bromatología de la Facultad de Medicina, Veterinaria y Zootecnia de la Universidad de San Carlos de Guatemala; con el asesoramiento del jefe de laboratorio de bromatología a cargo.

- Clima: tanto de la planta como del laboratorio estuvo a una temperatura ambiente de entre 22 °C a 25 °C.

3.3. Recursos humanos disponibles

- Investigador: Jocelin Alexandra Leal Cordero.
- Asesor: Ing. Qco. Lorena Pineda Cabrera
- Co-asesor: Ing. Qco. David Fiorini Mora.

3.4. Recursos materiales disponibles (equipo, cristalería, reactivos)

Se utilizará los siguientes reactivos, cristalería y equipos para los análisis bromatológicos que se le realizará a la fórmula del atol en polvo seleccionado a base de harina de quinua (*Chenopodium quinoa*) y mezcla láctea.

3.4.1. Reactivos para el análisis bromatológicos

A continuación se presentan los reactivos para el análisis bromatológico.

- Proteína cruda
 - Óxido de mercurio, grado reactivo.
 - Sulfato de potasio o sulfato de sodio anhidro, grado reactivo.
 - Ácido sulfúrico (98 %), libre de nitrógeno.
 - Parafina.

- Solución de hidróxido de sodio al 40 %; disolver 400 g de hidróxido de sodio en agua y diluir a 1 000 ml.
- Solución de sulfato de sodio al 4 %.
- Solución indicadora de ácido bórico; agregar 5 ml de una solución con 0,1% de rojo de metilo y 0,2% de verde de bromocresol a un litro de solución saturada de ácido bórico.
- Solución estándar de ácido clorhídrico 0,1N.

- Fibra cruda
 - Solución de ácido sulfúrico 0,255 N.
 - Solución de hidróxido de sodio 0,313 N, libre de carbonato de sodio.
 - Antiespumante (ejemplo: alcohol octil o silicona).
 - Alcohol etílico al 95 % (V/V).
 - Solución de ácido clorhídrico al 1 % (V/V).

- Grasa cruda
 - Éter etílico anhidro
 - Sílica gel

- Humedad y cenizas
 - Sílica gel

- Calcio
 - Ácido clorhídrico concentrado
 - Solución indicadora de rojo de metilo
 - Oxalato de amonio al 4,2 % en masa por volumen (disolver 4 g de oxalato de amonio en agua desmineralizada y aforar en balón de 100 ml)

- Amoniaco al 50 % (diluir 25 ml de amoniaco puro y aforar a 50 ml con agua desmineralizada)
 - Ácido sulfúrico concentrado
 - Permanganato de potasio KMnO_4 0,1 N titrisol Merck (disolver la ampolla en un poco de agua desmineralizada y llevar al aforo en un balón de 1 000 ml)
 - Agua desmineralizada
- Acidez
 - Hidróxido de sodio NaOH
 - Fenolftaleína
- Análisis microbiológicos
 - Agente gelificante

3.4.2. Materiales y cristalería para los análisis bromatológicos

A continuación se presentan los materiales y la cristalería para los análisis bromatológicos.

- Grasa cruda
 - Pañuelos faciales
 - Espátula
 - *Beakers*
 - Dedales de allundum
 - Tubos de vidrio recolectores de éter
 - Pinzas

- Fibra cruda
 - Crisoles
 - Pinzas
 - Espátulas
 - Embudo
 - Erlenmeyer
 - *Beaker* de 600 mL

- Humedad
 - Crisoles con tapadera, pesafiltros o platos de aluminio
 - Espátula
 - Pinzas

- Cenizas
 - Crisoles
 - Pinzas
 - Espátulas

- Calcio
 - *Beaker* de 400 ml
 - Papel filtro Whatman No. 1 y 2
 - Embudos
 - Bureta de 50 ml
 - Pipetas volumétricas de 25 ml
 - Agitador magnético

- Densidad
 - Picnómetro

- Acidez titulable
 - Matraz Erlenmeyer de 250ml
 - Bureta de 50 ml

3.4.3. Equipo para los análisis bromatológicos

A continuación se presenta el equipo que se utilizará para los análisis bromatológicos.

- Proteína cruda
 - Digestor: tubos Kjeldahl con capacidad de 500-800 mL
 - Destilador: Kjeltex system, el tubo estará conectado a la trampa del destilador por medio de una unión de hule. El tubo donde saldrá el destilado tendrá que ser menor que 4 mm de diámetro.

- Grasa
 - Balanza analítica
 - Molino
 - Horno
 - Soxhlet
 - Desecadora

- Fibra cruda
 - Balanza analítica
 - Digestor de fibra cruda labconco

- Horno
 - Bomba de vacío
 - Desecadora
- Humedad
 - Balanza de humedad
- Determinación de cenizas
 - Balanza analítica
 - Mufla
 - Desecadora
- Determinación de calcio
 - Balanza analítica
 - Horno de mufla
 - Estufa de agitación magnética
 - Campana de extracción de gases
 - Molino Arthur Thomas (*mesh* núm. 20)
- Humedad
 - Balanza de humedad
- Densidad
 - Picnómetro
- Análisis microbiológico
 - Incubadora
 - Refrigeradora
 - Placas petrifilm

- Dispersor

3.4.4. Materia prima, materiales y equipo para la formulación del atol nutricional

A continuación se describe la materia prima, materiales y equipo para la formulación del atol nutricional

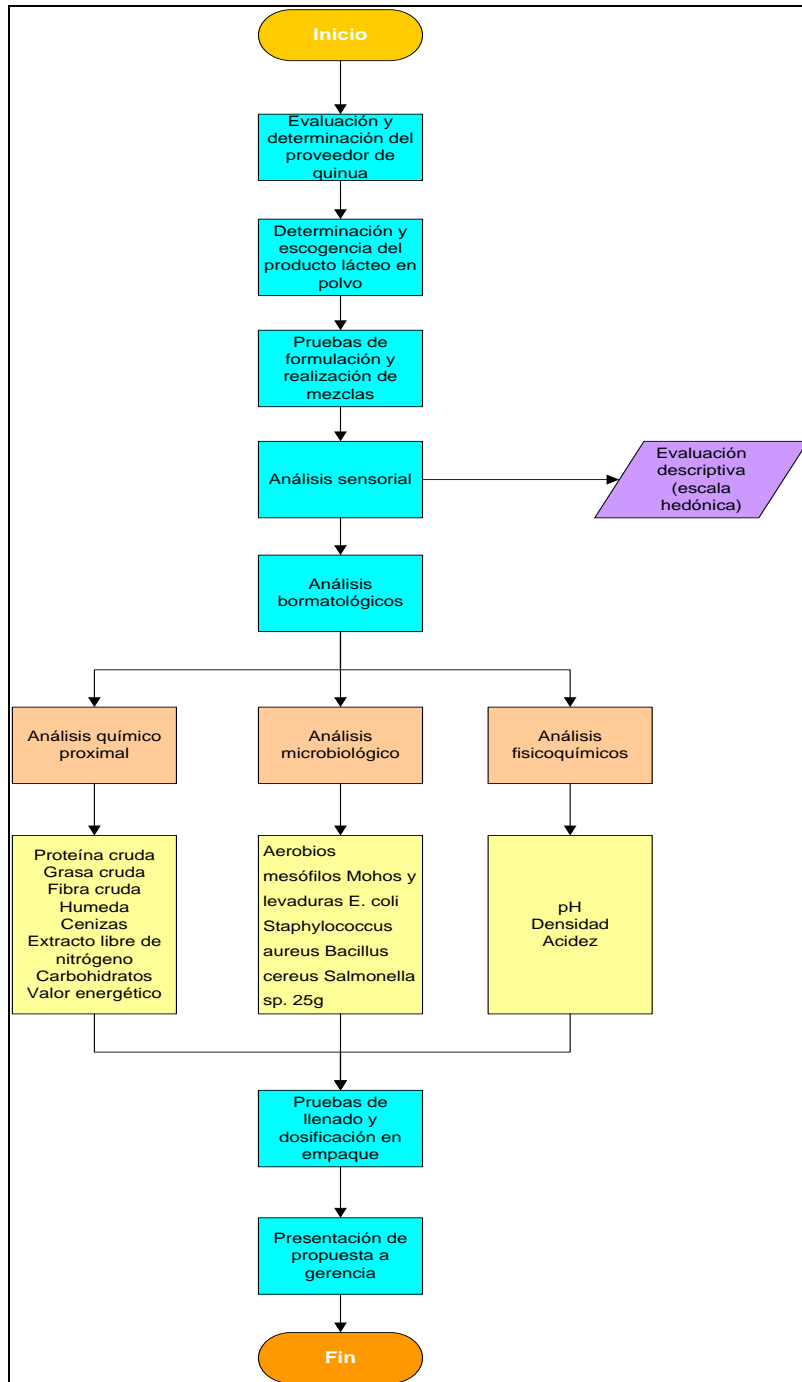
- Formulación del atol
 - Quinoa
 - Leche entera
 - Leche modificada
 - Suero lácteo
 - Agua purificada
 - Termómetro
 - Estufa
 - Refrigerador
 - Recipientes plásticos herméticos
 - Balanza
 - Ollas
 - Paletas (plástico)
- Análisis sensorial
 - Boletas
 - Panelistas
 - Calculadora
 - Galletas de soda
 - Agua purificada
 - Servilletas de papel

- Lápices
- Vasos plásticos
- Computadora

3.5. Técnica cualitativa y cuantitativa

A continuación se presenta en la figura 11 el diseño general del proceso completo. Utilizando técnicas cualitativas y cuantitativas en el mismo diseño general.

Figura 11. Diseño general del proceso completo



Fuente: elaboración propia.

- **Materia prima**
 - El mejor proveedor de quinua se escogió de acuerdo a la decisión que se tomó y a las múltiples cotizaciones realizadas quedando como proveedor “Villa Andina” de Perú, debido a que fue el mejor oferente de harina de quinua la cual es la materia prima primordial del producto.
 - Se escogió a conveniencia en cuanto a factores como precio y calidad, del producto lácteo en polvo existente en la empresa MAESA Internacional, tales como leche entera, leche modificada y suero dulce lácteo.

- **Formulación y producto terminado**
 - Se realizaron pruebas de formulación y mezcla en porcentajes determinados de cada materia prima seleccionada, mediante la tabla XIII:

Tabla XIII. Formulaciones a desarrollar en el atol a base de quinua y mezcla láctea

Materia Prima	Mezcla 1 (%)	Mezcla 2 (%)	Mezcla 3 (%)	Mezcla 4 (%)	Mezcla 5 (%)
Quinua	38	50	35	40	80
Leche entera	0	40	0	0	20
Leche modificada	48	0	46	40	0
Suero lácteo	8	0	10	20	0
Fécula de maíz (como espesante)	6	10	9	0	0

Fuente: Laboratorio de Calidad, MAESA Internacional, 2014.

- Se prepararon las mezclas en caliente, determinando el tiempo de cocción necesario.
- Evaluación sensorial individual.
- Se dejaron enfriar las mezclas, para posteriormente realizar las evaluaciones sensoriales correspondientes y escoger la mejor entre todas. La evaluación sensorial que se utilizó fue un test de Respuesta Objetiva de Preferencia de Escala Hedónica de nueve puntos y se pasó a un panel de 20 personas.
- Se realizaron análisis del contenido químico de la formulación tales como: proteínas, grasas, fibra, carbohidratos, humedad, cenizas y calcio, para determinar en sí el valor nutricional del atol. Esto se realizó en el Laboratorio de Bromatología de la Universidad de San Carlos de Guatemala.
- Se realizaron análisis para determinar las características fisicoquímicas de la formulación tales como: pH, densidad y acidez.
- Se realizaron análisis microbiológicos básicos en las etapas inicial y final del proceso, tales como: *Salmonella* sp., *Escherichiacoli*, y *Staphilococusaureus*.
- Se realizaron pruebas en empaque al atol en polvo a base harina de quinua (*Chenopodium quinoa*) y mezcla láctea que fue seleccionado, utilizando el equipo disponible en la empresa (mezcladores y empacadores), para lo cual fue necesario tamizar la harina de quinua.

- Se presentó la propuesta a la Gerencia y personal en general de la empresa MAESA Internacional, mediante una capacitación sobre los aspectos nutritivos de la nueva formulación, así como también el proceso de empaclado y sus puntos críticos de control.

3.6. Recolección y ordenamiento de la información

La recolección de la información se basó utilizando los recursos y la metodología aplicada para cada técnica cuantitativa y cualitativa, dicha metodología de trabajo se detalla en el inciso anterior.

El ordenamiento de la información se inició de la siguiente forma:

- Realizando cinco pruebas de formulación en porcentajes de terminados de cada materia prima seleccionada.
- Establecimiento del tiempo de cocción.
- Toma de datos de evaluación sensorial individual
- Información bromatológica del alimento formulado
- Información fisicoquímica de alimento formulado
- Evaluación sensorial, basada en escala hedónica de nueve puntos.
- Análisis microbiológicos

3.7. Tabulación y ordenamiento de la información

El software utilizado es Microsoft Office Excel, para la tabulación de datos y el proceso de información cualitativa y cuantitativa.

3.8. Análisis estadístico

A continuación se presenta el análisis estadístico mediante la varianza Andeva.

3.8.1. Análisis de varianza Andeva

Para evaluar estadísticamente el presente estudio, se utilizó el método de análisis de varianza (Andeva), dentro de esta metodología se establecieron dos hipótesis, una nula (H_0) y otra alternativa (H_a), seguido del método de Tukey con el objeto de identificar si existe diferencia significativa entre las cinco muestras con diferentes porcentajes de quinua, leche entera, leche modificada suero y espesante, determinando con ello la más aceptada por los panelistas. Para ello se tomó en cuenta el número de muestras que representaron los datos denominados “entre” y el número de resultados de cada característica (olor, color, sabor, textura) que representaron los datos denominados “dentro”.

Para el cálculo experimental se hizo uso de las siguientes formulaciones:

$$\text{Hipótesis nula } H_0: X_1=X_2=X_3=X_4=X_5$$

$$\text{Hipótesis alterna } H_a: X_1 \neq X_2 \neq X_3 \neq X_4 \neq X_5$$

Donde \bar{x}_i es el promedio de los resultados obtenidos de la fórmula de i .

Para demostrar cuál es la hipótesis aceptada a partir de los datos obtenidos por el panel piloto, se procedió a realizar cálculos estadísticos, luego se realizó la tabla de valores de F de la distribución de Fisher con un error de alfa (α) de 5 %, esta tabla se utilizó para encontrar el valor de F calculada, para encontrar dicho valor se utilizaron los grados de libertad dentro y entre, para luego poder determinar la hipótesis donde se hace referencia a:

$F_{cal} < F_{tab}$: se acepta la H_0 .

Si $F_{cal} > F_{tab}$: se rechaza H_0 , se acepta H_a y se procederá a utilizar la prueba de Tukey

3.8.2. Prueba de Tukey

El método de Tukey se llevó a cabo por la existencia de diferencia significativa entre las muestras evaluadas, en esta metodología se logró determinar cuál de las cinco muestras fue la más aceptable por los panelistas. Para ello se calcularon los promedios de las cinco muestras, posteriormente se realizó una diferencia de medias haciendo uso de la siguiente ecuación:

$$DSM = q_{\alpha, K, gl_{error}} \sqrt{\frac{2CM_{error}}{n}}$$

Donde:

HSD = diferencia de medias

q_{α} = valores de tabla de Tukey

CM dentro = media de cuadrados dentro

$N = 5$

Tabla XIV. **Resumen de los puntajes totales de los grupos, promedios y varianza**

Grupos	Cuenta	Suma	Promedio	Varianza
Columna 1	20	138	6,9	1,042105
Columna 2	20	64	3,2	1,852632
Columna 3	20	156	7,8	0,905263
Columna 4	20	35	1,75	0,618421

Fuente: panel sensorial, MAESA Internacional, 2014.

A continuación se muestra, si existe diferencia significativa o no entre las formulaciones desarrolladas.

Tabla XV. **Análisis de varianza (Anova)**

<i>Origen de las variaciones</i>	<i>Suma de cuadrados</i>	<i>Grados de libertad</i>	<i>Promedio de los cuadrados</i>	<i>F</i>	<i>Probabilidad</i>	<i>Valor crítico para F</i>
Entre grupos	504,4375	3	168,1458333	152,2226	4,78263E-32	2,72494392
Dentro de los grupos	83,95	76	1,104605263			
Total	588,3875	79				

Fuente: panel sensorial, MAESA Internacional S. A., 2014.

Como F calculada es mayor a F tabulada si existe diferencia significativa entre las muestras y se procede a utilizar la prueba de Tukey.

Tabla XVI. **Prueba de Tukey**

<i>HSD=</i>	0,8671913			
<i>Multiplicador=</i>	3,69			
<i>Mse=</i>	1,10460526			
<i>n=</i>	20			
	MEZCLA			
MEZCLA	1	2	3	4
1		3.7	-0.9	5.15
2			-4.6	1.45
3				6.05
4				

Fuente: panel sensorial, MAESA Internacional S. A., 2014.

Se observa que existe una diferencia significativa entre las 4 mezclas, ya que los promedios entre grupos son mayores al de la diferencia honestamente

significativa HSD, por lo tanto se acepta la hipótesis alterna y se rechaza la hipótesis nula.

4. RESULTADOS

Tabla XVII. **Composición química de la formulación del atol en polvo seleccionada, a base de harina de quinua (*Chenopodium quinoa*) y mezcla láctea, base 75 gramos de bebida**

Datos nutricionales	Base seca	Base fresca
Agua (%)	13,49	-----
Proteína Cruda (g)	19,51	16,88
Lípidos (g)	3,71	3,21
Fibra cruda (g)	4,80	4,15
Cenizas (g)	4,82	4,17
Extracto libre de nitrógeno (%)	67,16	-----
Carbohidratos (g)	53,67	-----
Valor energético (kcal)	326,11	-----
Contenido de calcio (mg)	420,72	-----

Fuentes: Formulario Bromato 7 Informe de resultados de análisis, Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia Universidad de San Carlos de Guatemala., marzo 2014.

Tabla XVIII. **Análisis fisicoquímicos del atol seleccionado en polvo a base de harina de quinua (*Chenopodium quinoa*) y mezcla láctea**

Análisis fisicoquímicos de la mezcla		
pH	Densidad (g/mL)	Acidez °D
6,8	1,35	19

Fuente: Laboratorio de Calidad, MAESA Internacional S. A.

Tabla XIX. **Análisis microbiológico del atol seleccionado en polvo a base de harina de quinua (*Chenopodium quinoa*) y mezcla láctea**

Pruebas microbiológicas	Límite máximo permitido	Resultados	Observaciones
E. coli	<3 NMP/g	Ausencia	
Mohos y levaduras*	10 ² UFC/g	Ausencia	
Staphylococcus aureus	10 ² UFC/g	Ausencia	
Salmonella sp. 25g	Ausencia	Ausencia	

*Mohos y levaduras no aparece entre los criterios microbiológicos tomados del reglamento Técnico centroamericano, sin embargo, se realizó el análisis como requisito para la empresa.

Fuente: Laboratorio de Calidad, MAESA Internacional S. A.

Tabla XX. **Costos de materia prima para un litro de atol en polvo base de harina de quinua (*Chenopodium quinoa*) y mezcla láctea**

Materia prima	Cantidad utilizada (kg)	Precio por presentación (Q/kg)	Costo total real (Q)
Quinua	0,02625	37,44	0,9828
Leche modificada	0,0345	38,40	1,3248
Suero dulce lácteo	0,0075	21	0,1575
Fécula de maíz	0,00675	8,72	0,05886
Costo aprox. del empaque trilaminado*			0,32
Total (Q)		75 gr	2,84

Fuente: elaboración propia.

El costo total para la empresa del atol en polvo a base de quinua y mezcla láctea será de Q 2,84, para una bolsa de 75 gramos, que rinde un litro de atol.

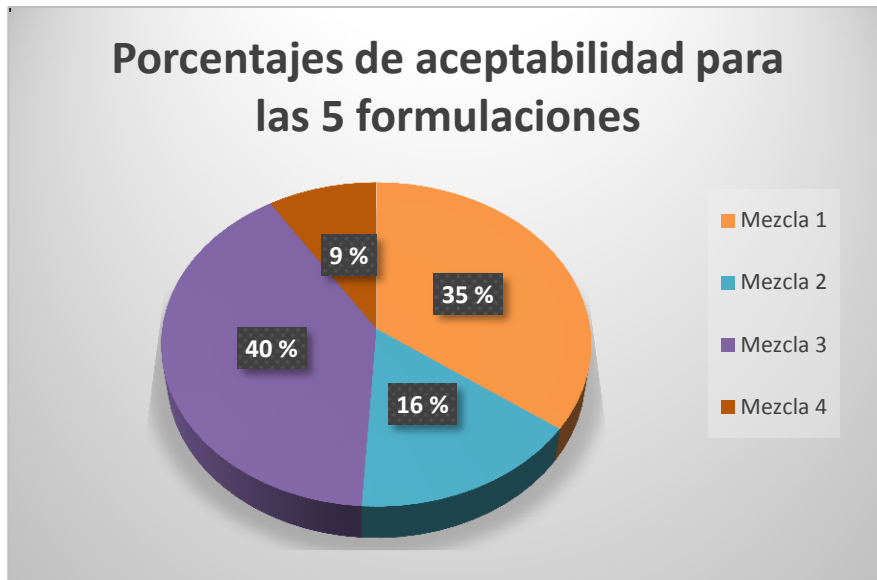
Empaque trilaminado: contiene poliéster, polietileno y aluminio, los cuales no permiten que el oxígeno, la luz y humedad hagan contacto directo con el aire, lo que permite una mejor conservación de la mezcla.

Tabla XXI. **Punteos, promedios y porcentajes de aceptabilidad para cada mezcla de atol en polvo a base harina de quinua y mezcla láctea**

Punteos con base a escala hedónica				
Panelistas	Mezcla			
	1	2	3	4
1	8	4	9	2
2	7	3	8	1
3	7	3	9	2
4	6	4	8	1
5	6	5	6	3
6	7	3	7	1
7	4	4	6	1
8	7	5	8	1
9	6	4	8	2
10	8	3	8	2
11	7	2	9	2
12	7	1	9	2
13	6	1	9	3
14	8	1	7	3
15	8	2	8	1
16	8	2	7	1
17	8	4	7	1
18	6	5	7	3
19	7	5	8	1
20	7	3	8	2
Promedio	6,9	3,2	7,8	1,75
Porcentajes de aceptabilidad (%)	35 %	16 %	40 %	9 %

Fuente: Panel sensorial, MAESA Internacional S. A., 2014.

Figura 12. **Porcentajes de aceptabilidad para las cinco formulaciones desarrolladas**



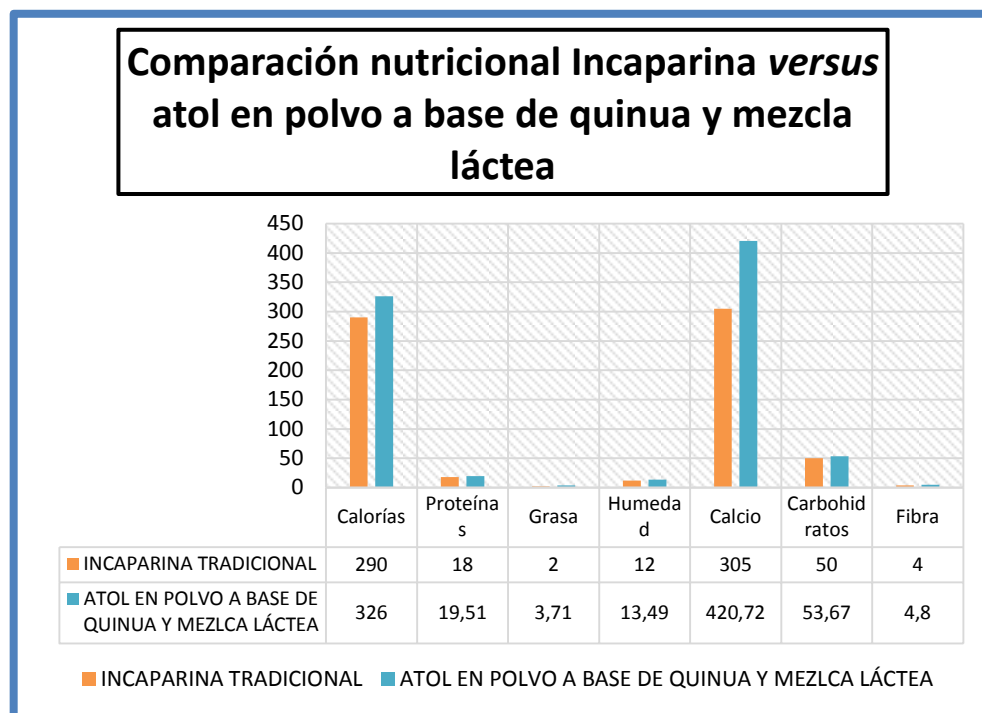
Fuente: elaboración propia.

Tabla XXII. **Comparación nutricional entre la Incaparina y el atol en polvo a base harina de quinua y mezcla láctea**

INCAPARINA TRADICIONAL		ATOL EN POLVO A BASE DE HARINA DE QUINUA Y MEZCLA LÁCTEA	
Calorías	290 kcal	Calorías	326,11 kcal
Proteínas	18 % mín	Proteína	19,51 %
Grasa	2,0 % mín	Grasa	3,71 %
Humedad	12 % máx	Humedad	13,49 %
Calcio	305 mg mín	Calcio	420,72
Carbohidratos	50 %	Carbohidratos	53,67 %
Fibra	4 %	Fibra	4,80 %

Fuente: elaboración propia.

Figura 13. **Comparación nutricional entre la Incaparina y la formulación en polvo a base de quinua y mezcla láctea**



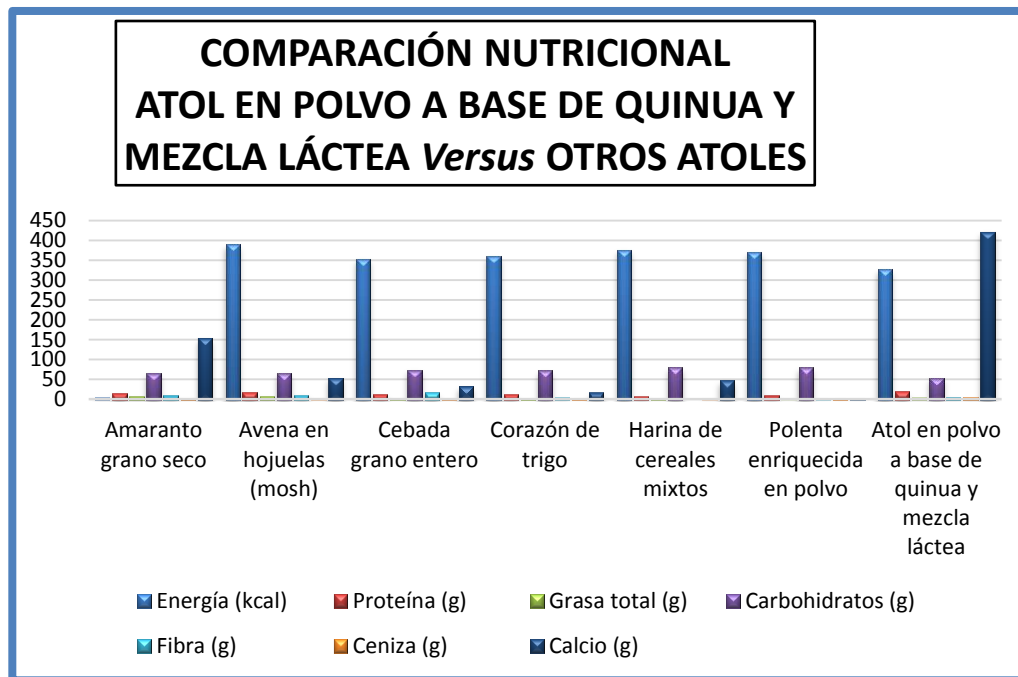
Fuente: elaboración propia.

Tabla XXIII. **Comparación nutricional entre el atol en polvo a base de quinua y mezcla láctea y otros atoles**

Código	Nombre	Energía (kcal)	Proteína (g)	Grasa total (g)	Carbohidratos (g)	Fibra (g)	Ceniza (g)	Calcio (g)
13001	Amaranto grano seco	3,74	14,45	6,51	66,17	9,30	3,04	153
13008	Avena en hojuelas (mosh)	389	16,89	6,90	66,27	10,60	1,72	54
13010	Cebada grano entero	354	12,48	2,30	73,48	17,30	2,29	33
13086	Corazón de trigo	360	12,68	1,05	72,83	3,90	0,77	17
13027	Harina de cereales mixtos	376	7,70	2,30	79,40		1,40	47
13085	Polenta enriquecida en polvo	371	8,80	1,20	79,60	1,60	0,40	2
-----	Atol en polvo a base de quinua y mezcla láctea	326,11	19,51	3,71	53,67	4,80	4,82	420,72

Fuente: MENCHÚ MENDEZ H. INCAP. 2007. p. 156.

Figura 14. Comparación nutricional entre la formulación a base de quinua y mezcla láctea y otros atoles



Fuente: elaboración propia.

5. INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

Para la elección del mejor proveedor de quinua se realizaron múltiples cotizaciones a diferentes países: Bolivia, Perú y Estados Unidos; mediante llamadas telefónicas y correos. Resultó costosa la selección debido a que la mayoría son proveedores de quinua en grano y no en harina (menos prelavada), lo que significaría realizar el proceso de molienda en la empresa MAESA S. A., -pero por la falta de recursos para la implementación de maquinaria nueva-no era factible dicho proceso.

Por tal motivo, únicamente se encontraron cuatro proveedores de harina de quinua prelavada: Alta Natura S.A., Mother Nature, Roland y Villa Andina, escogiendo a Villa Andina del país del Perú, ya que fue el mejor oferente encontrado en cuanto a calidad y costo. La harina de quinua cotizada es de grano blanco.

Luego de tener lista lo más importante, la quinua, se procedió a la selección de los productos lácteos, que servirían como el complemento vital en cuanto a las características organolépticas finales, así como también en el enriquecimiento nutricional de la formulación.

Para ello, se realizaron análisis organolépticos, de calidad y estudios económicos a distintos tipos de leche entera, leche modificada y suero dulce lácteo. En la tabla XV se visualiza los productos lácteos seleccionados y sus respectivos costos. Cabe resaltar que en esta tabla no aparece la leche entera, esto debido a que no fue necesaria la inclusión de este componente, este significa ahorro del costo final.

Se realizaron cinco formulaciones con distintos porcentajes de materia prima, como se puede observar en la tabla VIII. Luego se procedieron a cocinar evaluando el tiempo de cocción apropiado, el cual se determinó que era de 8 minutos para cada formulación. Para el desarrollo de las pruebas organolépticas y cocimiento se tomó como referencia la “Incaparina”.

Posterior a esto se realizó una evaluación sensorial tanto a las mezclas en polvo, como a las mezclas en caliente, para así tener una mejor apreciación de las características de cada formulación.

Se pudo observar en la preparación del atol, cierto sedimento que dejaba la quinua, las partículas más grandes y pesadas eran más difíciles de disolver, causando una calidad organoléptica y física no agradable; por lo que se tomó la decisión de tamizar la harina de quinua en un tamiz de malla 1 mm, no obstante, por su apariencia se asume que esta harina tiene un tamaño de partícula adecuado para su consumo y mezcla con los producto lácteos.

Para la realización del análisis sensorial, participaron 20 personas que laboran en la empresa MAESA S. A., quienes han sido capacitadas con anterioridad en la degustación de leche entera y mezclas lácteas.

El análisis sensorial se realizó mediante una escala hedónica de nueve puntos, los puntajes numéricos para cada muestra, se tabularon y analizaron utilizando un análisis de varianza, para determinar si existieron o no diferencias significativas en el promedio de los puntajes asignados a las muestras.

En la tabla X, mediante el análisis de varianza, se observa que F calculada es mayor a F tabulada ($152 > 2.72$), por lo que sí existe diferencia significativa entre las muestras y se procedió a utilizar la prueba de Tukey.

En la prueba de Tukey se constata que existe diferencia significativa entre todas las muestras y mediante los porcentajes de aceptabilidad, se comprueba que la formulación más aceptada es la núm. 3 (35 % quinua, 46 % leche modificada, 10 % suero dulce y 9 % fécula de maíz, ya que sobresale con un 40 % de aceptabilidad.

Al inicio no se tenía contemplada la utilización de fécula de maíz, pero al realizar pruebas con otras formulaciones se observó que no espesaban al hervir y el atol quedaba ralo, por lo que se procedió a agregar dicho complemento.

Se realizaron los siguientes análisis químicos proximales: proteína cruda, lípidos, fibra cruda, cenizas, humedad, extracto libre de nitrógeno y calcio.

Estos análisis se realizaron a la muestra núm. 3 (35 % quinua, 46 % leche modificada, 10 % suero dulce y 9 % fécula de maíz), la cual fue seleccionada por el panel de 20 personas. Dichos análisis se realizaron en el Laboratorio de Bromatología de la Facultad de Medicina, Veterinaria y Zootecnia de la Universidad de San Carlos de Guatemala, bajo la asesoría del Lic. José Morales.

En la tabla XII se observan los resultados de cada aspecto evaluado, se hace especial énfasis en el resultado de la proteína que es de 19,51grs esto debido a que la Fao establece que una bebida nutricional debe de contener mínimo 15 % de proteínas o sus hidrolizados de calidad proteica equivalentes al de la caseína; y de acuerdo al parámetro internacional dispuesto en el Codex Alimentarius (CAC/GL 08 1991), que habla acerca de las directrices sobre preparados alimenticios complementarios, se especifica que estos no deben contener menos de 15 % de proteína en su extracto seco. Esto refleja que la

formulación seleccionada cumple y sobrepasa los estándares internacionales establecidos por la Fao y el Codex Alimentarius.

En la figura 2 se hace una comparación entre la Incaparina y el atol en polvo a base de harina de quinua y mezcla láctea, donde se puede observar que en todos los aspectos nutricionales analizados (carbohidratos, calorías, proteínas, grasas, fibra, calcio), sobrepasa la formulación a base de quinua a la incaparina en un rango del 1 al 4 % aproximadamente, inclusive en el de la proteína, ya que la Incaparina (ver anexo VI) cuenta con un 18 % de valor proteínico y la quinua con un 19,51 % como antes se mencionó. Por tal motivo se comprueba que la quinua al mezclarse con productos de origen lácteo, supera la cantidad de valor nutricional que contiene originalmente y que esta mezcla supera el valor nutricional que contiene el atol más consumido en Guatemala: la Incaparina; por lo que la implementación de este nuevo atol en Guatemala sería de mucho beneficio para la población, en especial para la que sufre de desnutrición. Cabe resaltar que, la proteína que contiene la quinua está compuesta por aminoácidos, ocho de los cuales están considerados esenciales tanto para niños como para adultos, si se compara con el patrón de puntuación de aminoácidos esenciales recomendado por la Fao para niños con edades comprendidas entre los 3 y los 10 años, la quinua supera las recomendaciones para los ocho aminoácidos esenciales. Al contrario que la quinua, la mayoría de los granos tienen un bajo contenido del aminoácido esencial lisina, mientras que la mayoría de las legumbres tienen un bajo contenido en los aminoácidos sulfúricos metionina y cisteína.

En la figura 3 se hace una comparación entre el atol en polvo a base de harina de quinua y mezcla láctea *versus*. Otros atoles de consumo diario tales como: el mosh en hojuelas, la cebada, atol de cereales mixtos entre otros, en donde se observa que la nueva formulación sobresale en dos aspectos que son

muy importantes en el crecimiento humano, tales como el calcio y nuevamente la proteína. El calcio es un nutriente esencial para la formación de huesos, la nueva formulación contiene una cantidad de 420,72 mg, superando a la que contiene los otros atoles.

Se realizaron tres análisis fisicoquímicos esenciales: pH, densidad y acidez a la muestra seleccionada. Estos tres análisis se realizaron con el objetivo de determinar si existe o no acidez desarrollada debida al ácido láctico y a otros ácidos procedentes de la degradación microbiana de la lactosa, y eventualmente de los lípidos, en leches en vías de alteración. Cabe resaltar que estos análisis se realizan en la empresa MAESA, cada vez que ingresa un lote de materia prima, como parte de la garantía de calidad que conlleva al empacar sus productos, asimismo, se realiza también cada cierto tiempo y más en épocas calurosas al producto terminado que mantienen en bodega, debido a que los producto lácteos suelen ponerse rancios con el aumento de temperatura, luz u oxígeno.

Como la acidez desarrollada es consecuencia de la acción de bacterias fermentadoras de la lactosa (bacterias lácticas) que producen un aumento de la concentración de ácido láctico, puede utilizarse la medición conjunta de pH y acidez titulable para estimar la acidez desarrollada. Valores de acidez titulable por encima de 22° D y pH inferiores a 6,5 ponen en evidencia leche en vías de alteración por acción de microorganismos. Este resultado debería corroborarse con la determinación del recuento total de bacterias, que aunque no sea una medición directa del número de bacterias lácticas, tiene una correlación alta con ese grupo de bacterias.

Como se puede apreciar en la tabla XIII, el resultado del pH fue de 6,8, de la densidad 1,35 g/mL y el de la acidez fue de 19 °D, este último se expresa en

grados Dornic (°D) que corresponde al volumen de solución de hidróxido de sodio N/9 utilizada para titular 10 ml de leche en presencia de fenolftaleína. Este resultado expresa el contenido en ácido láctico. Un grado Dornic equivale a 0,1 g/l de ácido láctico o 0,01 %.

Los resultados apreciados muestran la calidad y autenticidad de los productos lácteos utilizados, además se observa que al mezclarse con la quinua prevalecen los aspectos fisicoquímicos de la leche y no surgió mayor variación con respecto a los resultados comunes de acidez de los lácteos.

Se realizaron los siguientes análisis microbiológicos durante el proceso de la formulación: e-coli, *staphylococcus aureus*, salmonella y mohos y levaduras, con interés especialmente en el producto final. Estos análisis se realizaron con el fin de garantizar la inocuidad del producto después de empacado, por tal razón los resultados mostrados en la tabla XIV son del producto obtenido después de las pruebas de dosificación y empacado en la maquinaria disponible en la planta.

Para la realización de estos análisis se utilizó el principio del ensayo del uso de láminas Petrifilm. Este método consiste en inocular un (1) mL de la muestra o diluciones de la misma en placas de Petrifilm de aproximadamente 20 cm² de superficie, las cuales contienen una película deshidratada de un medio de cultivo adecuado. Después del periodo de incubación, se determina el número de unidades formadoras de colonias (UFC) del microorganismo que se esté determinando (Norma COVENIN, 3338,1997).

En la tabla XIV se aprecia que en todos los análisis realizados hubo ausencia de los microorganismos estudiados, por lo que de esta forma se termina de garantizar la inocuidad de los procesos en la planta.

El costo para la elaboración del atol, se calculó basándose en los precios del mercado para la materia prima utilizada (tabla XV), tomando en cuenta la formulación con mayor aceptación. El costo total del atol en polvo a base de quinua y mezcla láctea será de Q 2,84, para una bolsa de 75 gramos, que rinde un litro de atol. Será decisión de la empresa el valor con el que saldrá al mercado.

Por último, cabe mencionar que en las pruebas de dosificación y empaque realizadas, se tomó la decisión por parte de la gerencia de hacer una premezcla de la quinua, esto quiere decir que con la colaboración de dos operarios se tamizaba la harina de quinua junto la fécula de maíz en una malla de 1 mm; esto debido a que la harina no traía la fineza adecuada y esto repercutiría no solo sensorialmente, sino que en la variación del peso del empaque. Asimismo, la fécula también se decidió tamizar debido a que se formaban piedras por el espesor que tiene el polvo.

CONCLUSIONES

1. La hipótesis aceptada fue la alterna, en donde se comprobó que si existe diferencia significativa entre las cinco formulaciones desarrolladas.
2. La formulación seleccionada por el panel sensorial de 20 personas fue la núm. 3, la cual contiene porcentajes de 35 % quinua, 46 % leche modificada, 10 % suero dulce y 9 % fécula de maíz.
3. Se incluyó fécula de maíz a la formulación, ya que tiene la propiedad de ser un espesante.
4. Mediante los análisis químicos proximales efectuados, se constató el insuperable valor proteínico de la quinua, que al mezclarse con lácteos aumenta, dando un resultado de 19,51 % a la mezcla; superando al de la incaparina que contiene un 18 % y cumpliendo con los estándares que determina la Fao y el Codex Alimentarius (15 %).
5. La formulación a base de harina de quinua y mezcla láctea supera en un rango del 1 al 4 % a la Incaparina (atol tradicional de Guatemala), en cuanto a valor nutricional se refiere.
6. Los resultados de pH=6,8 y acidez= 19 °D, son valores aceptables, ya que acidez titulable>22 °D y de pH<6,5, ponen en evidencia formulaciones en vías de alteración por acción de microorganismos.

7. Los análisis microbiológicos efectuados, los cuales tienen un límite máximo permitido de: e-coli<3 NMP/g, salmonella=ausencia, *staphylococcus aureus*=10² UFC/g y mohos y levaduras=10² UFC/g; presentaron ausencia de microorganismos en su totalidad.
8. El costo total de la formulación para una bolsa de 75 gramos. (Ref. Incaparina) fue de Q 2,84, quedando a disposición de la empresa el costo final con el que saldrá al mercado.
9. En las pruebas de la mezcla en polvo en el empaque, se necesitó hacer una premezcla: quinuafécula de maíz, que consistió en tamizar y mezclar la harina de quinua, debido a que no tenía la fineza adecuada y junto a la fécula de maíz, causaban demasiada variación de peso en cada empaque y formación de piedras o grumos que obstaculizaban el dosificador.

RECOMENDACIONES

1. Mejorar la fineza de la harina de quinua implementando equipo de molienda, para que se pueda comprar la quinua en grano, lo que ahorraría costos, y tamizar con un mesh de 0,5 mm a 1 mm, a fin de lograr mayor solubilidad.
2. Realizar análisis vitamínicos a la formulación, para incluirlos en la etiqueta nutricional, y tener un análisis más completo de la misma.
3. Realizar análisis químicos proximales a la formulación tamizada y sin tamizar, para comparar si existe alguna diferencia nutricional.
4. Realizar encuestas de preferencias organolépticas en áreas populares e interior del país, para ajustar la formulación a estas necesidades o preferencias; ya que como bien se mencionó, es un producto pensado como beneficio y apoyo a la población de más escasos recursos del país.

BIBLIOGRAFÍA

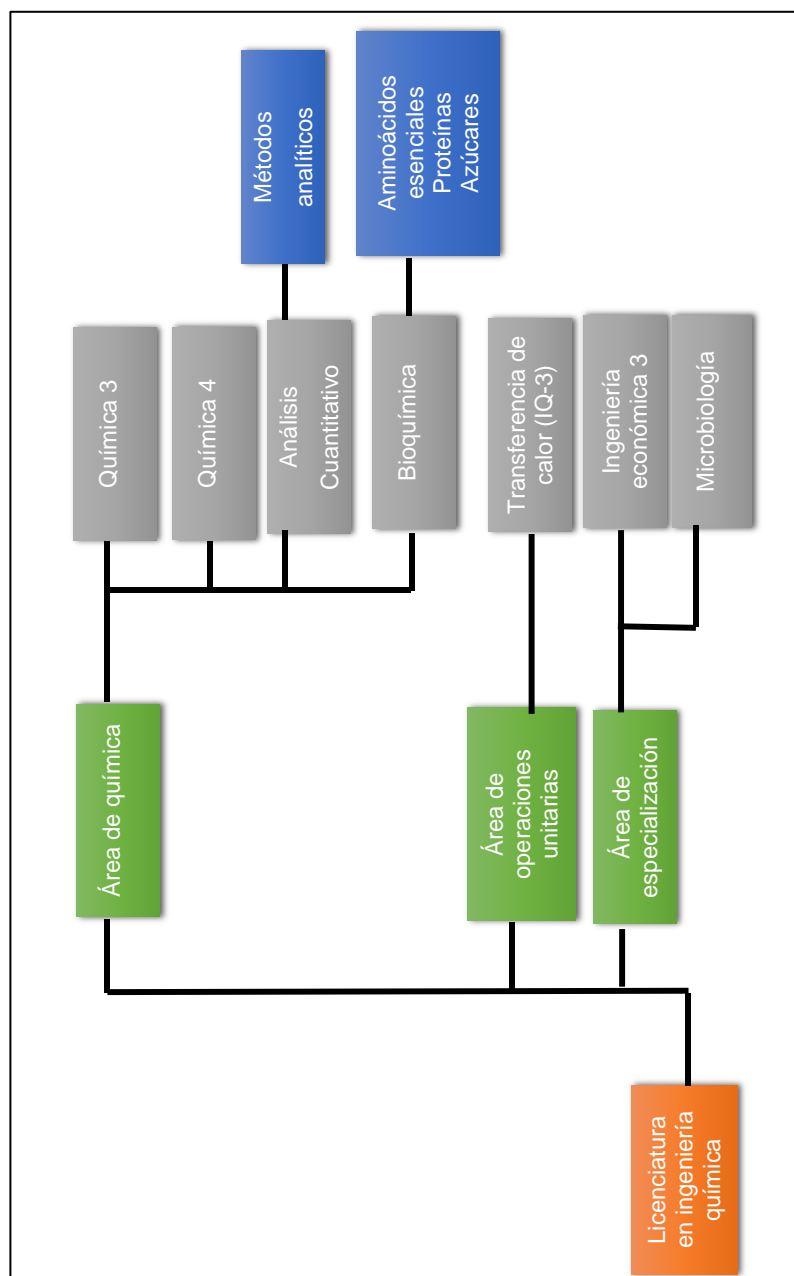
1. RUIZ FUNES, Luis Ernesto. *Diseño de un proceso para la obtención de una galleta a partir de harina de trigo enriquecida con paraíso blanco (moringa oleifera) y su respectiva evaluación nutricional*. Universidad de San Carlos de Guatemala, Fac. de Ingeniería 2011. 365 p.
2. *La leche y sus propiedades nutricionales*. [en línea]. <http://www.zonadiet.com/bebidas/leche.htm>. [Consulta 05 de junio de 2014].
3. *Leche modificada*. [en línea]. www.es.wikipedia.org/wiki/Leche_modificada. [Consulta: 5 de junio de 2014].
4. *Suero de leche en polvo y derivados del suero de leche*. [en línea] <http://es.melkweg.info/productos/suero-de-leche-en-polvo-y-derivados-del-suero-de-leche/>. [Consulta: 5 de junio de 2014].
5. MUJICA, A.; JACOBSEN, S. E.; Izquierdo, J.; Marathee, J. P. *Quinoa (Chenopodium quinoa Willd.); ancestral cultivo andino, alimento del presente y futuro*. Fao. Santiago de Chile, 2001. 156 p.
6. *La leche*. [en línea]. <http://www.monografias.com/trabajos47/leche/leche2.shtml#propied#ixzz37eMLJad1>[Consulta: 7 de junio de 2014].

7. *La leche y productos lácteos.* [en línea]. <http://www.monografias.com/trabajos64/leche-productos-lacteos/leche-productos-lacteos2.shtml#ixzz37eK5BBcm>. [Consulta: 7 de junio de 2014].
8. Ministerio de Agricultura. *Investigación sobre el cultivo de la quinua y quinoa (chenopodium quinoa)*. Guatemala: MAGA, 2013.
9. *Quinoa, orígenes e historia.* [en línea] <http://www.fao.org/quinoa-2013/what-is-quinoa/origin-and-history/es/>. [Consulta: 10 de junio de 2014].
10. *Quinoa.* [en línea] <http://www.fao.org/quinoa-2013/es/>. [Consulta: 10 de junio de 2014].
11. *Quinoa, valor nutricional.* [en línea] <http://www.fao.org/quinoa-2013/what-is-quinoa/nutritional-value/es/>. [Consulta: 10 de junio de 2014].
12. *Quinoa, distribución y producción.* [en línea]. <http://www.fao.org/quinoa-2013/what-is-quinoa/distribution-and-production/es/>. [Consulta: 10 de junio de 2014].
13. *Quinoa, grupos de variedades según las zonas de adaptación ecológica.* [en línea] <http://www.fao.org/quinoa-2013/what-is-quinoa/varieties/es/>. [Consulta: 10 de junio de 2014].
14. *Usos de la quinua.* [en línea]. <http://www.fao.org/quinoa-2013/what-is-quinoa/use/es/>. [Consulta: 10 de junio de 2014].

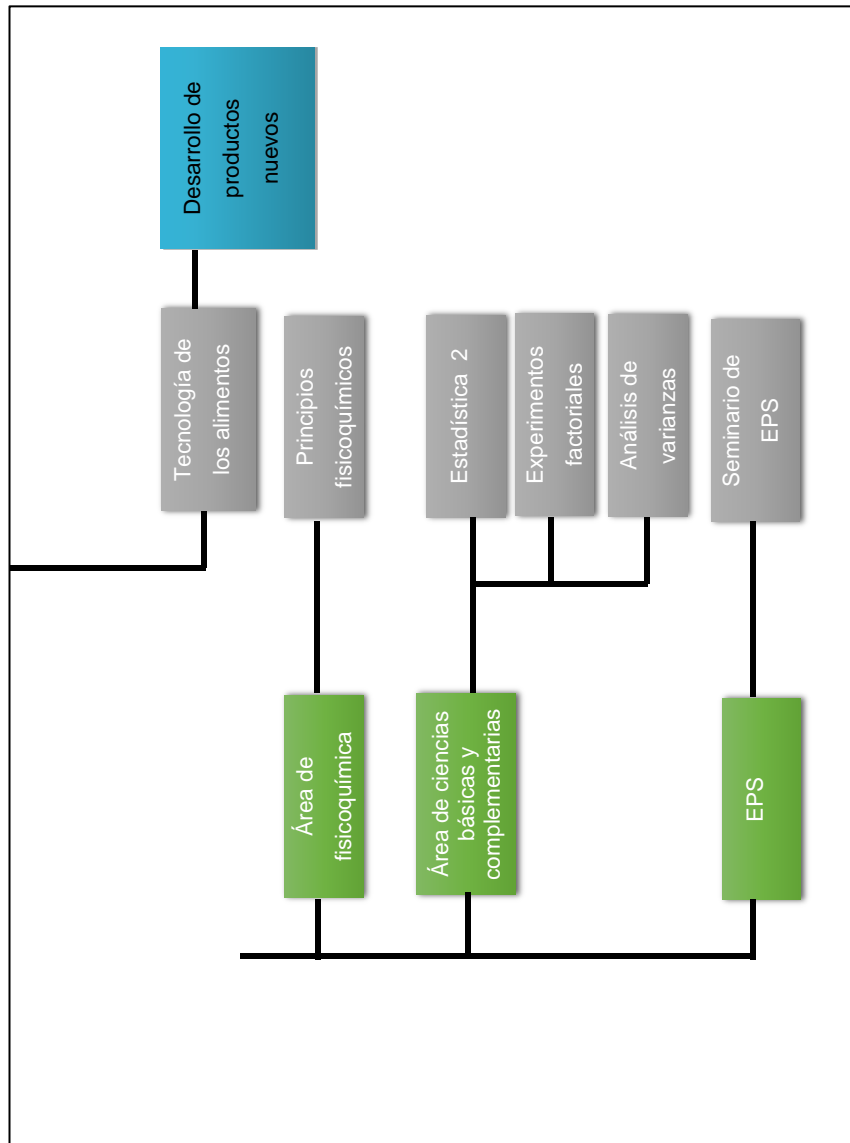
15. *Quinoa, cultivo y fenología*. [en línea] <http://www.fao.org/quinoa-2013/what-is-quinoa/cultivation/es/>. [Consulta: 10 de junio de 2014].
16. *Quinoa, la planta*. [en línea] <http://www.fao.org/quinoa-2013/what-is-quinoa/planta/es/>. [Consulta: 10 de junio de 2014].
17. Reglamento Técnico Centroamericano RTCA 67.04.50:08. Alimentos. criterios microbiológicos para la inocuidad de alimentos. [en línea] <http://www.ccit.hn/wp-content/uploads/2014/08/Anexo-Resolucion-No.243-2009-Criterios-Microbiologicos.pdf>. [Consulta: 24 de junio de 2014].
18. SANCHO, J. et al. *Introducción al análisis sensorial de los alimentos*. España: Editorial Universidad de Barcelona. 1999. 144 p.
19. SINGH H., McCarthy O.J. Lucey J.A. Physico-chemical properties of milk. En: *Advanced dairy chemistry*. 3. Lactose, water, salts and vitamins. Fox P.F., ed. Chapman & Hall, Londres 518 p.

APÉNDICE

Apéndice I. Tabla de requisitos académicos

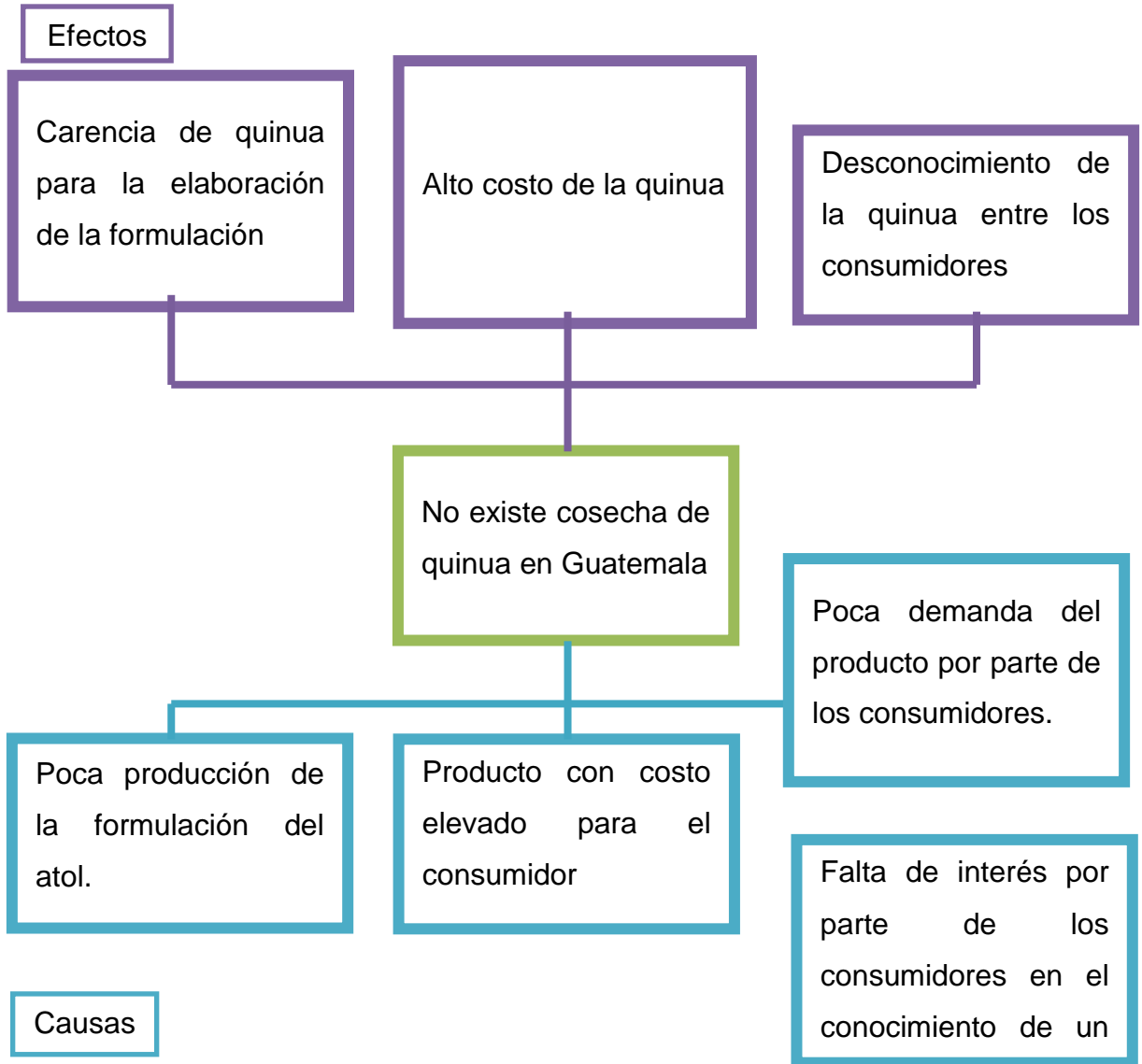


Continuación del apéndice I.



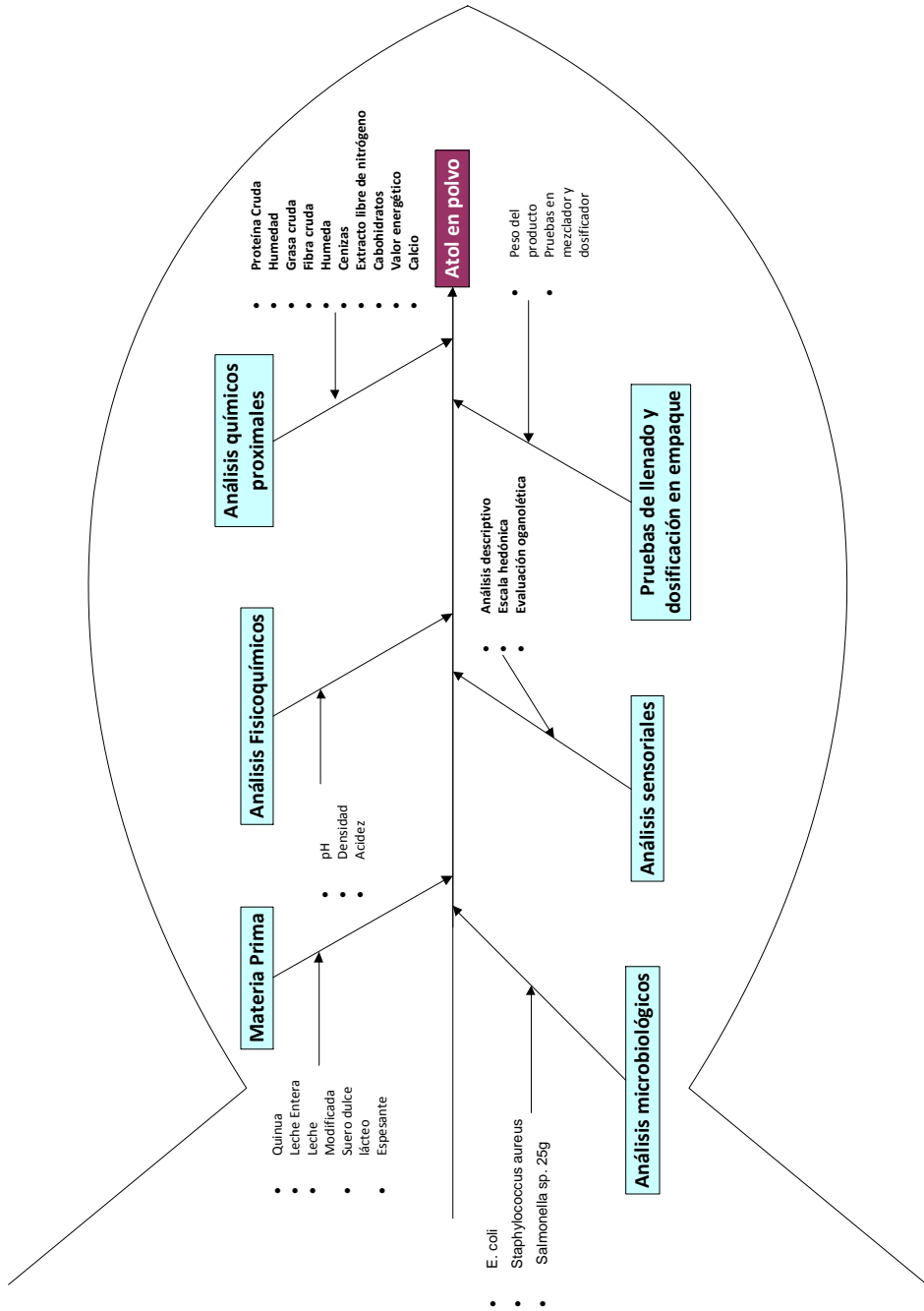
Fuente: elaboración propia.

Apéndice II. **Árbol de problemas**



Fuente: elaboración propia.

Apéndice III. Diagrama de Ishikawa



Fuente: elaboración propia.

ANEXOS

Anexo 1. **Metodología a utilizar para la Elaboración del atol en polvo a base de harina de quinua (*chenopodium quinoa*) y mezcla láctea.**

Proceso de la elaboración del atol en polvo

- (1) **Selección de materia prima:** utilizar solo los ingredientes que estén en condiciones aceptables para ser utilizados.
- (2) **Pesado:** pesar todos los ingredientes previamente según la fórmula a usar, antes de iniciar el proceso.
- (3) **Cocción:** hervir el agua durante 15 minutos a 100 °C.
- (4) **Premezcla:** premezclar Agua (previamente hervida) con mezcla de las harinas: Batir y diluir la mezcla de harinas con agua fría hasta tener una sustancia homogénea.
- (5) **Cocción y mezcla:** agregar el resto de los ingredientes a la mezcla y calentar a 90 °C durante el tiempo a definir.
- (6) **Dejar enfriar:** dejar enfriar las mezclas durante 5 minutos aproximadamente.

Anexo 2. **Metodología para el análisis sensorial**

- ✓ **Panelistas de laboratorio:** será personal capacitado de la planta MAESA.

- ✓ **Determinación del tipo de prueba efectuada.** Para la evaluación sensorial se utilizará:
 - 1) Un test de respuesta objetiva de Preferencia de Escala Hedónica para el estudio piloto (de nueve puntos y se pasará a un panel de 20 personas).

 - 2) Después de la evaluación por el panel piloto, se procederá a establecer las mejoras que se le realizaron a la muestra que tuvo las características nutritivas y sensoriales apropiadas.

- ✓ **Elaboración de las boletas.** En la boleta se evaluarán la preferencia por medio de un estudio piloto con panelistas de laboratorio y la aceptabilidad por medio de un panel de consumidores.

- ✓ **Preparación de las muestras:** Se identificarán las muestras con código de tres dígitos y se llenarán recipientes pequeños con tapadera para cada una de las muestras de la bebida tipo atole y posteriormente se procederá a entregar a los panelistas para ser degustado.

Fuente: MAESA internacional S.A.

Anexo 3. **Metodología para la determinación de análisis fisicoquímicos**

➤ **Determinación de pH**

Pesar aproximadamente 10 g. de muestra, añadir 100 ml. de agua destilada, licuar o moler en un mortero, decantar el sobrenadante y filtrar; en el filtrado medir el pH.

➤ **Cálculo de la densidad**

1. Pesar 1 g. de muestra
2. Llenar el picnómetro con agua destilada hasta la señal de enrase y pesar
3. Agregar la muestra al picnómetro y aforar con agua destilada.

➤ **Determinación de acidez titulable**

1. Pesar 10 g. de muestra y disolver en 90ml. de agua destilada libre de CO₂, agitar, completar a volumen de 100ml. con una pipeta y filtrar.
2. Tomar una fracción exacta del filtrado (15 - 20ml.) y titular con una solución de NaOH 0.1 N. usando fenolftaleína como indicador.

Fuente: Fuente: MAESA internacional S.A.

Anexo 4. Metodología para la determinación de Análisis Bromatológicos

1. Análisis Químicos proximales (nutricionales)

Para conocer el contenido nutricional de la formulación, se realizarán análisis químicos proximales a la muestra seleccionada, en donde se determinará el contenido de humedad, proteína cruda, grasas, fibra cruda, cenizas y extracto libre de nitrógeno, carbohidratos y valor energético. Estos análisis fueron realizados en el laboratorio de la facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia de la Universidad San Carlos de Guatemala, con el asesoramiento del jefe del laboratorio a cargo.

1.1 Procedimiento del análisis de proteína cruda

1. Pese una muestra de 0.3 gramos de muestra seca en la balanza analítica
2. Colocar la muestra en el tubo de Kjeldahl
3. Agregar 1 gramo de pastilla Kjeldahl previamente molida y pulverizada
4. Agregar 10 mL de ácido sulfúrico concentrado a los tubos Kjeldahl
5. Colocar en gradilla y en plancha de calentamiento en la extensión de laboratorio
6. Dejar durante 1 hora a 350 C hasta obtener una solución cristalina, tomar en cuenta que el tiempo corre a partir de que el digestor haya llegado a

los 350 C que es aproximadamente media hora después de haber encendido el digestor.

7. Dejar enfriar los tubos una vez cumplido el tiempo
8. Agregar 30 mL de agua destilada al tubo Kjeltex
9. Colocar en un erlenmeyer 250, 15 mL de indicador de Proteína
10. Para precalentar el equipo destilador colocar agua destilada en el tubo Kjeltex y ubicarlo en su posición en el aparato de destilación
11. Colocar agua destilada en un erlenmeyer de 250 mL y ubicarlo en su posición en el aparato de destilación Kjeltex para el previo calentamiento.
12. Encender el aparato y programarlo para 5 minutos de destilación
13. Apagar el aparato y retirar el tubo
14. Colocar en el aparato de destilación el tubo Kjeltex que contiene la solución cristalina con su respectivo erlenmeyer que recibirá el destilado
15. Dosificar álcali, halando la palanca y programarle 4 minutos de destilación
16. Retirar el tubo y desechar el residuo
17. Retirar el erlenmeyer que contiene el destilado y titular con HCl 0.1 N hasta que cambie a corinto

18. Anotar los mL de HCl 0.1 consumidos para la titulación

1.2 Procedimiento del análisis de grasa cruda

1. Pese el papel kleenex (Peso No. 1)
2. Pese 2.0 gramos de muestra homogenizada, seca y triturada sobre el papel kleenex y anote el peso (peso No. 2)
3. Con unas pinzas o tenazas, doble el papel con la muestra e introdúzcala en los dedales de alundum, use dedales que tengan la porosidad apropiada para que retengan bien la muestra y dejen fluir rápido el éter
4. Pese el beaker y anote el peso (Peso No. 3)
5. Coloque el dedal de alundum en la parte de arriba del soxhlet y el beaker con 50 mL de éter sobre la hornilla, el nivel del éter debe quedar tocando el fondo de los dedales.
6. Conecte el soxhlet y por reflujo, hirviendo el éter, extraiga la grasa, el tiempo de extracción puede variar considerablemente, 4 horas si la condensación es de 4 a 6 gotas por segundo y de 16 horas si la condensación del éter es de 2-3 gotas por segundo. Retire el beaker de la hornilla y los dedales del extractor.
7. Coloque en el lugar del dedal un tubo de vidrio para recolectar el éter y debajo el beaker que contiene el éter, quedando el éter en los recolectores y la grasa queda en el beaker.
8. Seque el extracto a 100 C por 30 minutos

9. Retire el beaker del horno, enfríelo en la desecadora y péselo (Peso No. 4)
10. Calcule el % de grasa usando la fórmula

1.3 Procedimiento del análisis de fibra cruda

1. Pese 2 gramos de muestra deshidratada y seca y trátela con éter etílico para quitarle la grasa. (Si el % en masa de grasa es menor al 1 % no se requiere hacer la extracción)
2. Transfiera la muestra desengrasada a un beaker de 600 mL evitando contaminarla con papel filtro.
3. Coloque la muestra en el beaker y agregue 200 mL de ácido sulfúrico H_2SO_4 0.255 N. Encienda el equipo asegurándose que las planchas de calentamiento hagan contacto con toda la superficie interior del beaker.
4. Deje calentar durante 1 hora, filtre con pañuelo y la bomba de vacío. El residuo regréselo al beaker y el lavado deséchelo.
5. Agregue 200 mL de Hidróxido de Sodio NaOH 0.312 N al beaker y colóquelo en el aparato nuevamente por 1 hora.
6. Filtre nuevamente como la primera filtración pero utilice un filtro Goch previamente pesado y secado. Sin quitar la succión lave con 25 mL de agua destilada hirviendo.

7. Elimine bien el exceso del agua del filtro. Lleve el filtro Goch al horno desecador y colóquelo por 130 °C durante 2 horas
8. Retire del horno y enfríe en la desecadora

1.4 Procedimiento de análisis de humedad

1. Coloque los pesafiltros o platos de aluminio en el horno a 135 °C +/- 2 °C por 30 minutos
2. Retire el pesafiltro o plato de aluminio del horno y colóquelo en la desecadora
3. Pese el pesafiltro ó plato de aluminio y anote el peso (Peso No. 1)
4. Homogenice perfectamente la muestra
5. Pese 2.0 gramos de muestra en el pesafiltro, agítela bien hasta que esté todo el contenido bien distribuido (Peso No. 2)
6. Cubra el pesafiltro y llévelo inmediatamente al horno.
7. Seque durante 2 horas +/- 15 minutos a 135 °C +/- 2 °C
8. Cubra el pesafiltro con la tapadera y retírelo del horno
9. Transfiera el pesafiltro a una desecadora para enfriarlo
10. Pese el pesafiltro más la muestra seca (Peso No. 3)

11. Calcule la pérdida de peso como el estimado de agua.

1.5 Procedimiento de análisis de cenizas

1. Coloque el crisol a templar en la mufla por 2 horas a 600° C y luego déjelo enfriar a 200° C
2. Saque el crisol de la mufla y colóquelo en la desecadora
3. Pese el crisol (peso 1) y anote el peso
4. Agregue 2 g de muestra según 4.1.1 y pese , anote el peso (peso 2)
5. Coloque el crisol en la mufla por 2 horas a 600° C
6. Retire el crisol de la mufla y por aproximadamente 1 minuto
7. Coloque el crisol en la desecadora hasta que este frío
8. Retire de la desecadora y pese el crisol frío (peso 3)
9. Calcule el porcentaje de cenizas con la fórmula

1.6 Procedimiento de análisis de calcio

1. Pese 2.0 g de muestra molida en la balanza analítica
2. Obtenga las cenizas de la muestra a través de un horno de mufla.

3. Coloque las cenizas en un balón de 250 mL
4. Agregue 10 ml de ácido clorhídrico concentrado hasta que se halla disuelto toda la muestra
5. Agregar 30 ml de agua destilada
6. Agregar 5 mL de ácido nítrico concentrado.
7. Calentar 5 minutos a fuego bajo en campana de extracción de gases disolver bien para eliminar el Dióxido de Carbono CO_2
8. Dejar enfriar y aforar el balón con agua destilada.
9. Filtrar aproximadamente 50 mL en Erlenmeyer, con papel filtro Whatman No. 1
10. Sacar alícuota de 25 mL
11. Colocar en beaker de 250 mL. Agregar 125 mL de agua destilada
12. Agregar 5 gotas de rojo de metilo
13. Neutralizar con Hidróxido de Amonio NH_4OH 1:1 gota a gota hasta que vire a amarillo
14. Acidificar con Ácido Clorhídrico gota a gota 1:3 hasta que vire a rojo y agregar 5 gotas más
15. Agregar 10 mL de Oxalato de Amonio.

16. Dejar reposar por 8 horas
17. Filtrar con Whatman No. 2 en Erlenmeyer y embudo
18. Agregar NH_4OH 1:500 hasta virar a amarillo, para neutralizar el papel filtro
19. Romper el papel filtro y colocarlo en beaker con residuo
20. Agregar 125 mL de agua destilada
21. Agregar 5 mL de ácido sulfúrico concentrado, para solubilizar el oxalato de calcio
22. Calentar en plancha de calentamiento posición No. 4 y llevar a 70 °C
23. Titular con Permanganato de Potasio 0.1 N hasta que vire a rosado.

1.7 Procedimiento para determinar la acidez total

1. Colocar 20 mL de la muestra en un matraz Erlenmeyer de 125 mL.
2. Añadir 2 gotas de indicador fenolftaleína.
3. Titular con solución de hidróxido de sodio 0.1 N hasta la aparición de un color rosado persistente, por lo menos un minuto.

1.8 Procedimiento para análisis microbiológicos

Para estos análisis se utilizará como base la “Guía de Interpretación 3M” para placas de petrifilm.

1.8.1 Procedimiento microbiológico con Placas petrifilm E-coli/Coliformes

1. Se preparó la muestra y las diluciones de los homogenizados.
2. Se colocó la Placa Petrifilm en una superficie plana y nivelada y se levantó la película superior.
3. Con la pipeta perpendicular a la placa, se colocó por triplicado 1 ml de cada una de las diluciones en el centro de la película.
4. Se dejó caer la película superior sobre la muestra, cuidando que no se formaran burbujas.
5. Se colocó suavemente el dispersor plástico por el lado liso sobre la lámina superior, cubriendo el inóculo.
6. Se levantó el dispersor y se esperó aproximadamente dos minutos para que se solidifique el gel.
7. Se incubaron las placas boca arriba en grupos de máximo 20 placas a $35^{\circ}\pm 2^{\circ}\text{C}$ durante 24 horas.

8. Posteriormente se realizó el recuento de unidades formadoras de colonia que presentaron color azul con presencia de gas.
9. Se realizó el reporte en unidades formadoras de colonias por gramo o mililitro, teniendo en cuenta el factor de dilución.

1.8.2 Procedimiento microbiológico con placas petrifilm Mohos y levaduras

1. Se preparó la muestra y las diluciones de los homogenizados.
2. Se colocó la Placa Petrifilm en una superficie plana y nivelada y se levantó la película superior.
3. Con la pipeta perpendicular a la placa, se colocó por triplicado 1 ml de cada una de las diluciones en el centro de la película.
4. Se dejó caer la película superior sobre la muestra, cuidando que no se formaran burbujas.
5. Se colocó suavemente el dispersor plástico correspondiente sobre la lámina superior, cubriendo el inóculo.
6. Se levantó el dispersor y se esperó aproximadamente dos minutos para que se solidifique el gel.
7. Se incubaron las placas boca arriba en grupos de máximo 20 placas a $22^{\circ}\pm 2^{\circ}\text{C}$ durante 3-5 días.

8. Posteriormente se realizó el recuento de hongos quienes se observan como colonias grandes, difusas y de color variable, mientras que las levaduras forman colonias pequeñas con borde definido y de color azulverdoso.
9. Se realizó el reporte en unidades formadoras de colonias por gramo o mililitro, teniendo en cuenta el factor de dilución.

1.8.3 Procedimiento microbiológico con placas petrifilm mohos y levaduras

1. Se preparó la muestra y las diluciones de los homogenizados.
2. Se colocó la Placa Petrifilm en una superficie plana y nivelada y se levantó la película superior.
3. Con la pipeta perpendicular a la placa, se colocó por triplicado 1 ml de cada una de las diluciones en el centro de la película.
4. Se dejó caer la película superior sobre la muestra, cuidando que no se formaran burbujas.
5. Se colocó suavemente el dispersor plástico correspondiente sobre la lámina superior, cubriendo el inóculo.
6. Se levantó el dispersor y se esperó aproximadamente dos minutos para que se solidifique el gel.

7. Se incubaron las placas boca arriba en grupos de máximo 20 placas a $22^{\circ}\pm 2^{\circ}\text{C}$ durante 3-5 días.
8. Posteriormente se realizó el recuento de hongos quienes se observan como colonias grandes, difusas y de color variable, mientras que las levaduras forman colonias pequeñas con borde definido y de color azulverdoso.
9. Se realizó el reporte en unidades formadoras de colonias por gramo o mililitro, teniendo en cuenta el factor de dilución.

1.8.4 Procedimiento microbiológico con placas petrifilm staphylococcus aureus (Sthap Express)

1. Se preparó la muestra y las diluciones de los homogenizados.
2. Se colocó la Placa Petrifilm en una superficie plana y nivelada y se levantó la película superior.
3. Con la pipeta perpendicular a la placa, se colocó por triplicado 1 ml de cada una de las diluciones en el centro de la película.
4. Se dejó caer la película superior sobre la muestra, cuidando que no se formaran burbujas.
5. Se colocó suavemente el dispersor plástico correspondiente sobre la lámina superior, cubriendo el inóculo.

6. Se levantó el dispersor y se esperó aproximadamente dos minutos para que se solidifique el gel.
7. Se incubaron las placas boca arriba en grupos de máximo 20 placas a 35°+/-2°C durante 24 horas.
8. Posteriormente se observó la aparición de colonias de color rojo-violeta, en caso de que se presentaran colonias de otra tonalidad, se insertó el disco de confirmación por DNAsa Staph Express.
9. Se incubaron nuevamente las placas a 35°C durante 1-3 horas
10. Se realizó el recuento de colonias que presentaran zonas rosadas como pertenecientes a *S. aureus*
11. Se realizó el reporte en unidades formadoras de colonias por gramo o mililitro. Teniendo en cuenta el factor de dilución.

Anexo 5. **Muestra cálculo**

- Cálculo de acidez titulable en la muestra

El resultado se expresa como porcentaje de ácido sulfúrico, correspondiendo cada ml de NaOH N/10 a 0,0049 g. de ácido sulfúrico.

$$\% \text{ Acidez} = \frac{\mathbf{Vb \times N \times Milieq \times 100}}{\mathbf{Va}}$$

Donde:

Vb: volumen en ml, gastado por la base.

N: normalidad de la base.

Milieq: mili equivalentes del ácido predominante en la muestra acida.

Va: volumen del acido

- Cálculo de la densidad

$$\text{Densidad} = \frac{M1}{M1+M2+M3}$$

Donde:

M1= peso de la muestra

M2= peso del picnómetro con agua destilada

M3= peso del picnómetro con agua destilada y la muestra

- Cálculo del porcentaje (%) de proteína cruda

$$\% \text{ Proteína Cruda} = \frac{(A - B)(NHCl)(1.4007)(6.25)}{\text{Peso Muestra}} \quad \text{HCl} \quad 0.1$$

(Titulante)

B = mL HCl 0.1 N (Blanco)

NHCl = Normalidad de HCl titulante

1.4007 = Factor

6.25 = Factor para convertir el nitrógeno a Proteína Cruda

NOTA

Factores de conversión para calcular proteínas en:

Producto	Factor
Maíz, sorgo	6,25
Avena, centeno, cebada	5,83
Arroz	5,95
Trigo en grano entero	5,83
Trigo harina refinada	5,70
Lácteos	6,38
Almendras	5,18
Nueces y semilla	5,30
Afrecho	6,31
Frijol de soya	5,71

Fuente: Composición en macronutrientes y etiquetado nutricional.

M^a Jesús Periago Castón.

- Cálculo del porcentaje (%) de grasa cruda

$$\%deGrasa = \frac{(Peso4) - (Peso3)}{(Peso2) - (Peso1)} \times 100\%$$

Peso 1: Peso del papel kleenex

Peso 2: Muestra a pesar homogenizada, seca y triturada + el papel kleenex.

Peso 3: Peso beacker vacío

Peso 4: Peso del beacker + el éter

- Cálculo del porcentaje (%) de fibra cruda

$$\%deFibra = \frac{Pf - Po}{Pm} \times 100\%$$

Donde:

Pf = Peso del filtro Goch con la fibra contenida de la muestra

Po = Peso del filtro Goch vacío

Pm = Peso de la muestra

- **Cálculo del porcentaje (%) de humedad**

$$\% \text{ Humedad} = \frac{[(\text{Peso2} - \text{Peso1})] - [(\text{Peso3} - \text{Peso1})]}{(\text{Peso2} - \text{Peso1})} \times 100\%$$

Donde:

Peso 1: peso del plato de aluminio o pesafiltro

Peso 2: Muestra a pesar

Peso 3: Pesafiltro + muestra seca.

- **Cálculo del porcentaje (%) de ceniza**

$$\% \text{ de Cenizas} = \frac{\text{Peso3} - \text{Peso1}}{\text{Peso2} - \text{Peso1}} \times 100\%$$

Donde:

Peso 1: Peso del crisol

Peso 2: Peso de muestra

Peso 3: Peso muestra + crisol.

- **Cálculo del porcentaje (%) de calcio en la muestra**

$$\% \text{ de Calcio} = \text{mL de KMnO}_4 \text{ utilizados en la titulación}$$

- Cálculo de los miligramos de calcio presente en la muestra

$$\text{Miligramos calcio} = (\% \text{ calcio}/100) * \text{VDR calcio}$$

Valor diario de referencia (VDR) para el calcio= 1000mg (ref. directrices sobre etiquetado nutricional, FAO)

- Determinación del porcentaje (%) de carbohidratos en la muestra

$$\text{Hidratos de carbono (\%)} = 100 - (G + C + PB + H + FD)$$

Donde:

G= Grasa

C= Cenizas

P= Proteína

H= humedad

FD= Fibra dietética

- Determinación del valor energético en la muestra

$$\text{Valor energético} = \sum P, C, G$$

Donde:

P= Proteína

G= Grasa

C= Cenizas

Factores de conversión:

Proteínas: 4 Kcal/g.

Hidratos de carbono: 4 Kcal/g.

Grasas: 9 Kcal/g

Anexo6. **Composición y valor nutritivo de la Incaparina**

INCAPARINA
REGISTRO SANITARIO B11103

DESCRIPCION DEL PRODUCTO

INCAPARINA: es un producto de alto valor nutritivo preparado a partir de una mezcla de harina de maíz, harina de soya, a la que se le adicionan las siguientes vitaminas y minerales: calcio, hierro reducido, óxido de zinc, nicotinamida, vitamina A como palmitato, antioxidante BHA, riboflavina, mononitrato de tiamina, Vitamina B12 y ácido fólico.

INCAPARINA es un producto en polvo, con la consistencia de una harina finamente molida, que necesita cocción para su preparación. Está elaborada bajo condiciones sanitarias que exige el procesamiento de cualquier producto alimenticio, por lo que está garantizado para el consumo humano.

INCAPARINA tiene un tiempo de vida de 6 meses, almacenado en condiciones normales de humedad y temperatura.

COMPOSICION Y VALOR NUTRITIVO:

100 gramos de INCAPARINA D.E. Natural, Fresa y Banano contienen:

Calorias	350 kcal mín.
Proteínas	18% mín.
Grasa	2.0% mín
Humedad	12% máx
Hierro	20 mg mín
Vitamina A	4500 UI mín
Tiamina	1.2 mg mín
Niacina	16 mg mín
Riboflavina	1.3 mg mín
Acido Fólico	187 mcg mín
Vitamina B12	1.01mcg mín
Calcio	305 mg mín
Zinc	15 mg mín.

Anexo 7. Tablas del rango estudentizado (q) de Tukey

6. Tablas del rango estudentizado (q) de Tukey

Grados de libertad Término del error		k = número de medias								
↓	p (α)	2	3	4	5	6	7	8	9	10
5	.05	3.64	4.60	5.22	5.67	6.03	6.33	6.58	6.80	6.99
	.01	5.70	6.98	7.80	8.42	8.91	9.32	9.67	9.97	10.24
6	.05	3.46	4.34	4.90	5.30	5.63	5.90	6.12	6.32	6.49
	.01	5.24	6.33	7.03	7.56	7.97	8.32	8.61	8.87	9.10
7	.05	3.34	4.16	4.68	5.06	5.36	5.61	5.82	6.00	6.16
	.01	4.95	5.92	6.54	7.01	7.37	7.68	7.94	8.17	8.37
8	.05	3.26	4.04	4.53	4.89	5.17	5.40	5.60	5.77	5.92
	.01	4.75	5.64	6.20	6.62	6.96	7.24	7.47	7.68	7.86
9	.05	3.20	3.95	4.41	4.76	5.02	5.24	5.43	5.59	5.74
	.01	4.60	5.43	5.96	6.35	6.66	6.91	7.13	7.33	7.49
10	.05	3.15	3.88	4.33	4.65	4.91	5.12	5.30	5.46	5.60
	.01	4.48	5.27	5.77	6.14	6.43	6.67	6.87	7.05	7.21
11	.05	3.11	3.82	4.26	4.57	4.82	5.03	5.20	5.35	5.49
	.01	4.39	5.15	5.62	5.97	6.25	6.48	6.67	6.84	6.99
12	.05	3.08	3.77	4.20	4.51	4.75	4.95	5.12	5.27	5.39
	.01	4.32	5.05	5.50	5.84	6.10	6.32	6.51	6.67	6.81
13	.05	3.06	3.73	4.15	4.45	4.69	4.88	5.05	5.19	5.32
	.01	4.26	4.96	5.40	5.73	5.98	6.19	6.37	6.53	6.67
14	.05	3.03	3.70	4.11	4.41	4.64	4.83	4.99	5.13	5.25
	.01	4.21	4.89	5.32	5.63	5.88	6.08	6.26	6.41	6.54
15	.05	3.01	3.67	4.08	4.37	4.59	4.78	4.94	5.08	5.20
	.01	4.17	4.84	5.25	5.56	5.80	5.99	6.16	6.31	6.44
16	.05	3.00	3.65	4.05	4.33	4.56	4.74	4.90	5.03	5.15
	.01	4.13	4.79	5.19	5.49	5.72	5.92	6.08	6.22	6.35
17	.05	2.98	3.63	4.02	4.30	4.52	4.70	4.86	4.99	5.11
	.01	4.10	4.74	5.14	5.43	5.66	5.85	6.01	6.15	6.27
18	.05	2.97	3.61	4.00	4.28	4.49	4.67	4.82	4.96	5.07
	.01	4.07	4.70	5.09	5.38	5.60	5.79	5.94	6.08	6.20
19	.05	2.96	3.59	3.98	4.25	4.47	4.65	4.79	4.92	5.04
	.01	4.05	4.67	5.05	5.33	5.55	5.73	5.89	6.02	6.14
20	.05	2.95	3.58	3.96	4.23	4.45	4.62	4.77	4.90	5.01
	.01	4.02	4.64	5.02	5.29	5.51	5.69	5.84	5.97	6.09
24	.05	2.92	3.53	3.90	4.17	4.37	4.54	4.68	4.81	4.92
	.01	3.96	4.55	4.91	5.17	5.37	5.54	5.69	5.81	5.92
30	.05	2.89	3.49	3.85	4.10	4.30	4.46	4.60	4.72	4.82
	.01	3.89	4.45	4.80	5.05	5.24	5.40	5.54	5.65	5.76
40	.05	2.86	3.44	3.79	4.04	4.23	4.39	4.52	4.63	4.73
	.01	3.82	4.37	4.70	4.93	5.11	5.26	5.39	5.50	5.60
60	.05	2.83	3.40	3.74	3.98	4.16	4.31	4.44	4.55	4.65
	.01	3.76	4.28	4.59	4.82	4.99	5.13	5.25	5.36	5.45
120	.05	2.80	3.36	3.68	3.92	4.10	4.24	4.36	4.47	4.56
	.01	3.70	4.20	4.50	4.71	4.87	5.01	5.12	5.21	5.30
∞	.05	3.31	3.63	3.86	4.03	4.17	4.29	4.39	4.47	2.77
	.01	4.12	4.40	4.60	4.76	4.88	4.99	5.08	5.16	3.64

Anexo 8. **Boleta de evaluación sensorial para la formulación de un atol a base de quinua y mezcla láctea**

Prueba de escala hedónica de nueve puntos

Nombre: _____

Fecha: __/__/____

Instrucciones: A continuación se le presentan cinco muestras de formulaciones a base de quinua y mezcla láctea. Por favor marque con una “X” el nivel de preferencia de la descripción. Cualquier observación anotarla en el espacio correspondiente.

Descripción	Valor	Mezcla				
		1	2	3	4	5
Me gusta muchísimo	9					
Me gusta mucho	8					
Me gusta moderadamente	7					
Me gusta un poco	6					
Me es indiferente	5					
Me disgusta un poco	4					
Me disgusta moderadamente	3					
Me disgusta mucho	2					
Me disgusta muchísimo	1					

Observaciones:

Anexo 9. **Aparato de Soxhlet para determinación de lípidos.**



Fuente: Laboratorio de bromatología y zootecnia , Usac.

Anexo 10. **Aparato de Kjeldahl para la determinación de proteína cruda**



Fuente: Laboratorio de bromatología y zootecnia , Usac.

Figura 13. **Horno para la determinación de humedad**



Fuente: Laboratorio de bromatología y zootecnia , Usac.

Anexo 11. **Mufla para la determinación de cenizas**



Fuente: Laboratorio de bromatología y zootecnia , Usac.

Panel sensorial



Fuente: MAESA Internacional, año 2014.