

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
CENTRO UNIVERSITARIO DE SUROCCIDENTE
INGENIERIA EN ALIMENTOS



TRABAJO DE GRADUACIÓN

**FORMULACIÓN Y EVALUACIÓN SENSORIAL DE UNA BEBIDA TIPO ATOL A BASE
DE MAÍZ BLANCO (ICTAB-15) Y HARINA DE FRIJOL CRUDO (ICTA CHORTI)
DIRIGIDA A ESTUDIANTES DE PRIMARIA Y MADRES DE FAMILIA EN EL
MUNICIPIO DE SAN SEBASTIÁN, RETALHULEU.**

por:

Ilse Grisell Barillas

Carné No. 201242150

Asesores:

Ph. D Marco Antonio Del Cid Flores

Inga. Dora Emilia Rodas Álvarez

MAZATENANGO, SUCHITEPÉQUEZ, MARZO 2,022.

**UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
CENTRO UNIVERSITARIO DE SUROCCIDENTE**

MSc. Pablo Ernesto Oliva Soto

Rector en Funciones

MSc. Gustavo Enrique Taracena Gil

Secretario General

**MIEMBROS DEL CONSEJO DIRECTIVO DEL CENTRO UNIVERSITARIO DE
SUROCCIDENTE**

M.A. Luis Carlos Muñoz López

Director en Funciones

REPRESENTANTE GRADUADO DEL CUNSUROC

Lic. Vilser Josvin Ramirez Robles

Vocal

REPRESENTANTES ESTUDIANTILES

TPA. Angélica Magaly Domínguez Curiel

Vocal

PEM y TAE. Rony Roderico Alonzo Solís

Vocal

COORDINACIÓN ACADÉMICA

MSc. Bernardino Alfonso Hernández Escobar
Coordinador Académico

Dr. Álvaro Estuardo Gutierrez Gamboa
Coordinador Carrera Licenciatura en Administración de Empresas

Lic. Edín Aníbal Ortiz Lara
Coordinador Carrera de Licenciatura en Trabajo Social

MSc. José Norberto Thomas Villatoro
Coordinador de las Carreras de Pedagogía

MSc. Víctor Manuel Nájera Toledo
Coordinador Carrera Ingeniería en Alimentos

Ing. Luis Alfredo Tobar Piril
Coordinador Carrera Ingeniería Agronomía Tropical

MSc. Karen Rebeca Pérez Cifuentes
Coordinadora Carrera Ingeniería en Gestión Ambiental Local

Lic. Sergio Román Espinoza Antón
Coordinador Carrera de Licenciatura en Ciencias Jurídicas y Sociales
Abogacía y Notariado

Lic. José Felipe Martínez Domínguez
Coordinador de Área

CARRERAS PLAN FIN DE SEMANA

Lic. Néstor Fridel Orozco Ramos
Coordinador de las carreras de Pedagogía

M.S. Juan Pablo Ángeles Lam
Coordinador Carrera Periodista Profesional y
Licenciatura en Ciencias de la Comunicación

ACTO QUE DEDICO

A DIOS:

Por darme la vida, salud y fuerza para poder llegar a este momento tan especial en mi vida, por ser mi fuerza en los momentos difíciles y por ser mi fuente de sabiduría. Gracias Padre Celestial por regalarme la oportunidad de vivir este momento a lado de las personas que amo: Mi familia y amigos.

A MI MADRE:

Eva Griselda Barillas Meléndez por ser una mujer ejemplar, valiosa y fiel a mi. Gracias mami por siempre corregirme con amor, gracias por sus oraciones, que a través de ellas miraba como Dios me respondía. Le doy infinitas gracias porque sin su apoyo este logro no fuera posible, usted es mi ejemplo de lucha y perseverancia. Mis éxitos, mis esfuerzos y dedicación son dedicados especialmente para usted.

A MI HIJA:

Emma Grisell Mazariegos Barillas, porque es la luz de mis ojos, la personita que vino a cambiar mi vida y me motiva e inspira cada día a dar lo mejor y me compromete a ejercer como profesional respetable.

A MI ESPOSO:

Carlos Vinicio Mazariegos Tello, gracias mi amor por ser un hombre maravilloso, un profesional admirable, quien con su ejemplo me ha enseñado a creer que los sueños se pueden alcanzar con perseverancia y dedicación, siempre de la mano de Dios. Gracias por su apoyo, amor y dedicación. Usted sin duda es mi ejemplo a seguir.

CON AMOR Y GRATITUD:

A Rony Aparicio Dardón Flores, por ser un papá ejemplar y gran apoyo durante mi carrera profesional, gracias por sus consejos, por estar siempre pendiente de mí, por sus oraciones y estar en las etapas mas importantes de mi vida. Los éxitos que hoy estoy cosechando se los comparto con toda mi gratitud.

A MIS ABUELITOS:

Mario Enrique Barillas Morales E Idea Ilse Meléndez De Barillas, gracias por su inmenso amor, por estar siempre pendientes de mi, por cuidarme y ser ejemplo de humildad, me abrazan con sus oraciones. Abuelitos ustedes son seres extraordinarios.

A MIS HERMANOS:

Marlen Eunice y Mario Ricardo, por ser parte fundamental en este logro profesional, que los motive a seguir adelante y poder culminar con éxito sus estudios universitarios, para lograr el anhelado sueño de ser Ingenieros.

A MIS TÍOS:

Luis Eduardo, Marlon Ivoni y Denis Ronoldy Barillas Meléndez, (QEPD), gracias por los consejos y amor sincero.

ESPECIALMENTE A:

Mario Enrique Barillas Meléndez, por su apoyo incondicional que me brindó desde niña y motivarme a seguir adelante, muchas gracias por ser especial en mi vida.

A MIS AMIGOS:

Por todo lo vivido en la Universidad, por esos días de desvelo y risas por su cariño y apoyo. Una mención especial para Diana Marizabel, Marvin García y Jorge Martínez, gracias amigos por luchar juntos para llegar a culminar esta carrera universitaria, gracias por ese empujoncito que siempre nos dabamos para seguir adelante y no rendirnos, por las aventuras y por todo lo compartido durante todos estos años, de corazón deseo que todos lo logren.

A MI CASA DE ESTUDIOS:

La tricentenaria Universidad de San Carlos de Guatemala, por abrirme las puertas, en particular a mi querido CUNSUROC, por regalarme la oportunidad de poder prepararme como profesional en la carrera de Ingeniería en Alimentos, a sus catedráticos, que inculcaron los conocimientos necesarios para culminar con satisfacción mi carrera profesional.

AGRADECIMIENTO

A: Dr. Marco Antonio Del Cid Flores, por la asesoría, apoyo, amistad, paciencia y cariño durante estos años de estudio.

A: Mis evaluadores, M.Sc. Victor Manuel Nájera Toledo, M.Sc. Sammy Alexis Ramirez Juárez y M.Sc. Carlos Alberto Hernández Ordóñez, por el apoyo y conocimientos brindados durante el proceso de la investigación.

A: Docentes de la carrera Ingeniería en Alimentos, por sus enseñanzas, consejos, apoyo y cariño durante los años de estudios.

Índice

RESUMEN.....	1
1 INTRODUCCIÓN.....	4
2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	6
3 JUSTIFICACION.....	8
3.1 Seguridad alimentaria	9
3.2 Seguridad alimentaria en Retalhuleu	9
3.3 Estado nutricional de San Sebastián Retalhuleu.....	10
3.4 El frijol.....	11
3.5 Usos alimentarios del frijol.....	11
3.6 Propiedades del frijol.....	12
3.7 El maíz	13
3.8 Usos alimentarios del maíz	13
3.9 Propiedades del maíz	13
3.9.1 Antioxidantes.....	14
3.9.2 Vitaminas.....	14
3.9.3 Minerales	14
3.9.4 Proteínas	14
3.9.5 Fibra.....	15
3.10 Composición nutricional del maíz.....	16
3.11 Importancia del maíz y frijol en la dieta de los guatemaltecos.....	16
3.12 Biofortificación.....	17
3.12.1 Los cultivos biofortificados en la seguridad alimentaria y nutricional.....	18
3.13 Función del hierro y zinc en el ser humano	18
3.14 Procesamiento y fortificación de los alimentos	19
3.14.1 Procesamiento.....	19
3.14.2 Fortificación de los alimentos.....	21
3.15 Biodisponibilidad de los nutrientes de alimentos biofortificados.....	23
3.16 Calidad de los alimentos biofortificados	23
3.17 Atoles.....	24
3.18 Preparación del atol	25
3.19 Requerimiento nutricional	25
3.20 Evaluación sensorial	26
3.21 La boleta de evaluación sensorial.....	26

3.22	Escala hedónica facial	26
3.23	Análisis químico proximal.....	27
3.24	Influencia del análisis químico proximal.....	27
3.25	Programa de Infostat.....	27
3.26	Escala de Ranking.....	28
3.27	Análisis de Kruskal Wallis	28
4	OBJETIVOS	29
4.1	General.....	29
4.2	Específicos	29
5	HIPÓTESIS	30
6	RECURSOS.....	31
6.1	Humanos	31
6.2	Físicos	31
6.3	Tecnológicos	32
6.4	Materias primas.....	32
7	METODOLOGÍA.....	33
7.1	ACTIVIDAD 1: Se desarrollaron tres formulaciones de una bebida tipo atol, utilizando harina de maíz biofortificada ICTAB-15 y harina de frijol biofortificado ICTA Chortí.....	33
7.1.1	Lugar y época.....	33
7.1.2	Parte experimental	33
7.1.3	Desarrollo de los tratamientos de harinas biofortificadas.....	33
7.1.4	Panel sensorial	35
7.1.5	Diseño experimental	36
7.1.6	Modelo estadístico	36
7.1.7	Variables de respuesta.....	36
7.1.8	Análisis de la información	36
7.1.9	Manejo del experimento	36
7.2	ACTIVIDAD 2: Evaluación sensorial para las dos mejores formulaciones de atol....	37
7.2.1	Lugar y época.....	37
7.2.2	Diseño experimental	37
7.2.3	Modelo estadístico	37
7.2.4	Panelistas.....	37
7.2.5	Incentivo para los panelistas	38
7.2.6	Adecuación del lugar de la evaluación	38
7.2.7	Evaluación sensorial de aceptación	39

7.2.8 Variables de respuesta	40
7.2.9 Análisis de los datos	40
7.2.10 Infostat	40
7.2.11 Análisis de la información	40
8 RESULTADOS Y DISCUSIÓN	41
8.1 Desarrollo de formulación tipo atol a base de maíz blanco (ICTA B-15) y harina de ... frijol (ICTA Chortí) biofortificados	41
8.2 Cuantificar la concentración de hierro y zinc en las harinas del atol final	50
8.3 Determinar el grado de aceptación de la formulación de atol a través de panel ... sensorial de estudiantes de una escuela pública en San Sebastián Retalhuleu	55
9 DISCUSIÓN DE RESULTADOS	60
10 CONCLUSIONES	63
11 RECOMENDACIONES	64
12 REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	65
13 Anexos	68
14 Apéndice	79
15 Glosario	80

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Diagrama de proceso de selección de mejor formulación de atol	35
Figura 2 Escala para prueba de aceptabilidad para niños de 4 a 12 años.	39
Figura 3 Escala para prueba de aceptabilidad para madres de familia.	39
Figura 4 Tratamientos Cocido, Tostado y crudo.....	42
Figura 5 Resumen de resultados de panel sensorial entrenado	43
Figura 6 Diagrama de flujo para elaboración de harina de tratamiento 1 Cocido	46
Figura 7 Diagrama de flujo para elaboración de atol Cocido	47
Figura 8 Diagrama de flujo para elaboración de harina de tratamiento 1 Cocido	48
Figura 9 Diagrama de flujo para elaboración de atol Crudo	49
Figura 10 Diagrama de flujo de elaboración de atol Licuado	50
Figura 11 Histograma de frecuencia general para la prueba de aceptabilidad por cada grupo evaluado.....	56
Figura 12. Distribución de resultados de aceptabilidad por tratamiento	57
Figura 13. Distribución de resultados de prueba de ranking por tratamiento.....	57

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Composición nutricional de los granos de maíz, trigo y arroz	16
Tabla 2 Procesamiento altera el contenido de nutrientes en los alimentos	20
Tabla 3 Descripción de tratamientos.	35
Tabla 4 Análisis de Kruskal Wallis para resultados de panel sensorial entrenado, por atributo.	43
Tabla 5 Separación de medias por rangos.....	44
Tabla 6 Principales mejoras del proceso de mesa de discusión de panel sensorial.....	45
Tabla 7 Tratamientos que pasaron a segunda etapa de evaluación sensorial.	45
Tabla 8 Formulación de tratamiento 1(Cocido) para elaboración de 4 tazas (1 litro) de atol...46	
Tabla 9 Formulación de tratamiento 2 (Crudo) para la elaboración de 4 tazas (1 litro) de atol.	48
Tabla 10 Resultados de análisis de contenido de hierro y zinc por tratamiento	51
Tabla 11 Análisis de varianza para los nutrientes Hierro y Zinc.	51
Tabla 12 Separación de medias por Scott Knock, con 95% de confianza.....	52
Tabla 13 Valores de referencia por nutrientes según FAO/OMS, utilizados para Guatemala, según resolución No. 2812012.	53
Tabla 14 Validación de criterios para considerar el Atol fortificado, según el RTC.	54
Tabla 15 Medidas de resumen de panel sensorial para la prueba de aceptabilidad.....	55
Tabla 16 Medidas de resumen de panel sensorial para la prueba de ranking.	56
Tabla 17 Análisis de Kruskal Wallis para aceptabilidad, con 95% de confiabilidad.....	58
Tabla 18 Separación de tratamientos para prueba de aceptabilidad.....	58
Tabla 19 Análisis de Kruskal Wallis para prueba de Ranking, con 95% de confiabilidad.....	59
Tabla 20 Separación de tratamientos para prueba de Ranking.....	59

ÍNDICE DE FOTOGRAFIAS

Fotografía 1 Hoja de evaluación sensorial a potenciales consumidores del - ICTA-.....	68
Fotografía 2 Formato de evaluación sensorial a estudiantes y madres de familia, escuela oficial Urbana mixta No. 2.....	69
Fotografía 3 Evaluación sensorial a expertos del -ICTA- para determinar la mejor formulación de bebida tipo atol.....	70
Fotografía 4 Muestras en el laboratorio de panel sensorial en el ICTA.....	71
Fotografía 5 . Reunión con expertos panelistas en el Instituto de Ciencia y Tecnología Agrícola ICTA- para conocer la opinión de cada experto, con respecto al panel sensorial.	72
Fotografía 6. Explicación a madres de familia y niños sobre los objetivos de la reunión y como desarrollar la evaluación	73
Fotografía 7 Realización panel sensorial por estudiantes de la escuela oficial urbana Mixta No.2	74
Fotografía 8. Evaluación sensorial a bebida tipo atol a base de maíz y frijol biofortificado.	75
Fotografía 9 Entrega de bolsita con útiles escolares y víveres.....	76
Fotografía 10 Informe análisis de tratamientos, para determinar cantidades de hierro (Fe) y Zinc(Zn).....	77

ABSTRACT

The principal feeding problem in Guatemala is the low quality of their diet and eating practices, taking this into account, Guatemala is an appropriate country for biofortification like a complementary alternative to reduce micronutrient deficiencies in the population.

Biofortification is the process of breeding crops to achieve high nutritional content, it increases the nutritional value of food crops by augmenting the density of vitamins and minerals. However, it is known, in the country chronic malnutrition is a problem that arises as a result of the action of many factors, nevertheless, by there is no adequate intake of minerals such as iron and zinc or a good amount of protein, malnutrition is manifested causing damage to human beings, especially children under five years of age.

Accordingly, it is necessary to include biofortification as a great opportunity to solve the complex problem of micronutrient malnutrition in the Guatemala. Because of the above aspects, interest arose in the investigation of an atol-type drinking based on biofortified corn and beans, being a drinking with high nutritional value and complying the conditions from to the Central American Technical Regulation of nutritional labeling, to be labeled like "Source, Added , Enriched or Fortified".

Goal of this research was to propose three formulations, focused on obtaining an atol-type drinking with good sensory acceptance and makes easier its preparation for the mother of a family from rural communities in Guatemala.

The first experimental section was developed in three stages, which detail the results according to the goals. Stage I includes the atol-type drinking development to improve the organoleptic features and increase the acceptance probability by the target group.

Three formulations were desing to be a repicable process in any electric energy and nixtamal mixture community owner in Guatemala. Three formulations samples of Atol-type drinking were evaluated through sensory panel, formed by food science experts from

Instituto de Ciencia y Tecnología Agrícola, according to identify the principal features acceptance

Kruskal Wallis analysis concluded about significant differences in the Smell, Color and Texture attributes, but not for the Flavor attribute, indicating the 3 atoles developed have the same taste acceptance.

The nutritional drinking (atol-type) was evaluated through a students and mothers panel from Escuela Oficial Rural Mixta No. 2, from San Sebastián Municipality, Retalhuleu, where 100 students in first, second and third primary, with ages between 5 to 12 years, called "Children" group. The second evaluation group was made up by 100 mothers, of indigenous and ladino descent, aged between 25 and 65 years, called "Family Mothers". The 3 samples called: Cocido, Crudo, Crudo licuado and an extra sample of Incaparina like comparer were presented, all of them codified, results with greater acceptance were obtained in the treatments identified with codes 34C and 12A.

The analysis determined that the Mothers families group, the first place in acceptability was obtained by Incaparina, Crudo and Cocido treatments (the 3 statistically equal), while in second place was Crudo licuado treatment.

For the Children group, the first place in acceptability was acquired by Incaparina and Crudo treatments (statistically equal), in second place, Cocido treatment and third place Crudo licuado treatment. In stage II, results obtained from quantification of iron and zinc in the 3 developed atol-type drinking are presented. Samples were analyzed by Laboratory of the Faculty of Agronomy "LABORATORIO DESUELO-PLANTA-AGUA SALVADOR CASTILLO ORELLANA".

In stage III, results from sensory evaluation are detailed and compared with the concentration of iron and zinc and the ease of processing, to select the best treatment.

RESUMEN

El principal problema de alimentación en Guatemala es la baja calidad de su dieta y de sus prácticas alimenticias, tomando esto en consideración, Guatemala resulta un país propicio para que la biofortificación sea una alternativa complementaria para combatir la deficiencia en micronutrientes de la población.

La biofortificación consiste en el proceso de fitomejoramiento de cultivos para lograr un alto contenido nutricional, es decir, aumenta el valor nutricional de los cultivos alimentarios al aumentar la densidad de vitaminas y minerales. No obstante, se sabe que en el país la desnutrición crónica es un problema que surge a consecuencia por la acción de diversos factores, sin embargo, al no haber una ingesta de minerales adecuados como el hierro y zinc o una buena cantidad de proteínas ésta se manifiesta causando daños al ser humano, especialmente a niños menores de cinco años. Por ello es necesario incluir la biofortificación como una gran oportunidad para resolver el complejo problema de la malnutrición de micronutrientes en el país. Por los aspectos antes mencionados surgió el interés por la investigación de una bebida tipo atol a base de maíz y frijol biofortificado, siendo una bebida con alto valor nutricional y cumpliendo con las condiciones según el Reglamento Técnico Centroamericano de etiquetado nutricional, para llamarse “Fuente, adicionado, enriquecido o fortificado”.

El objetivo de la presente investigación fue plantear tres formulaciones, enfocadas en obtener una bebida tipo atol de buena aceptación sensorial y facilitar su elaboración para la madre de familia en las comunidades rurales de Guatemala.

La parte experimental de la presente investigación se desarrolló en tres etapas, que detallan los resultados obtenidos según los objetivos propuestos. La etapa I, comprende el desarrollo de la bebida tipo atol para mejorar las características organolépticas e incrementar la probabilidad de la aceptación del grupo objetivo.

Las tres formulaciones se diseñaron bajo un proceso replicable en cualquier comunidad que tenga energía eléctrica y que cuente con un molino para nixtamal.

Las muestras de las tres formulaciones de la bebida tipo atol, fueron evaluadas mediante un panel de evaluación sensorial por expertos en ciencia de alimentos del Instituto de Ciencia y Tecnología Agrícola –ICTA- para identificar la aceptación de los principales atributos.

El análisis de Kruskal Wallis determinó diferencias significativas en los atributos Olor, Color y Textura, no así para el atributo Sabor, indicando que los 3 atoles desarrollados tienen la misma aceptación de sabor.

La bebida nutricional (tipo atol) fue evaluada por medio de un panel de estudiantes y madres de familia de la Escuela Oficial Urbana Mixta número dos en el Municipio de San Sebastián, Retalhuleu, donde se contó con la participación de 100 estudiantes de primero, segundo y tercero primaria, con edades comprendidas entre 5 a 12 años, denominado grupo “Niños”. El segundo grupo de la evaluación estuvo conformado por 100 madres de familia, de descendencia indígena y ladina, con edades comprendidas entre 25 y 65 años, denominado “Madres de familia”. Se presentaron las 3 muestras llamadas: Cocido, Crudo, Crudo licuado y una muestra extra de Incaparina como comparador, en donde se obtuvieron resultados con mayor aceptación en los tratamientos (identificados con los códigos 34C y 12A).

El análisis determinó que para el grupo Madres de familia, el primer lugar en aceptabilidad lo obtuvieron los tratamientos Incaparina, Crudo y Cocido (los 3 estadísticamente iguales), mientras que en segundo lugar el tratamiento Crudo licuado.

Para el grupo Niños, el primer lugar en aceptabilidad lo obtuvieron los tratamientos Incaparina y Crudo (estadísticamente iguales), en segundo lugar, el tratamiento Cocido y en tercer lugar el tratamiento Crudo licuado.

En la etapa II, se presentan los resultados obtenidos de la determinación de hierro, zinc en los 3 atoles desarrollados, por medio de la metodología para la determinación de hierro y zinc. Las muestras fueron analizadas por el Laboratorio de la facultad de Agronomía “LABORATORIO DE SUELO-PLANTA-AGUA SALVADOR CASTILLO ORELLANA”.

En la etapa III, se detallan los resultados de la evaluación sensorial y se compara con la concentración de hierro y zinc y la facilidad de elaboración, para seleccionar el mejor tratamiento.

1 INTRODUCCIÓN

La desnutrición crónica en Guatemala es severa, afecta a uno de cada dos niños menores de cinco años. Guatemala es el sexto país del mundo y el primero de latinoamérica con peores índices de malnutrición infantil, en algunas regiones rurales del país, donde la mayor parte de la población es de origen maya, los índices de malnutrición infantil alcanzan el 80%. Una dieta basada casi exclusivamente en tortillas de maíz causa daños con efectos permanentes en los niños. (UNICEF, 2022)

Según el Fondo de las Naciones Unidas para la Infancia (UNICEF, en inglés) (2019), las causas de la desnutrición se deben a varios factores entre los cuales destacan la pobreza y la falta de educación de los padres, que generan falta de alimentos y malos hábitos alimenticios, las madres piensan que los niños lloran porque les duele el estómago, no por hambre, lo que solucionan introduciendo aguas caseras, por lo que la alimentación complementaria es muy tardía y no es adecuada en cantidad ni calidad.

Dentro de las estrategias para hacer frente para los problemas de malnutrición en Guatemala, destacan: Fortificación, Legislación, Seguridad alimentaria y Lactancia materna. Dentro de la fortificación se tiene la sal con Yodo, el azúcar con vitamina A, las harinas con hierro, ácido fólico y vitaminas del complejo B (UNICEF, 2019)

Debido a la problemática mencionada, se plantea la validación de una formulación de atol biofortificado elaborado principalmente de maíz y frijol (la base de la dieta de los guatemaltecos), específicamente con las harinas biofortificadas de maíz blanco ICTAB-15 y harina de frijol crudo ICTA Chortí que son ricas en hierro, zinc, proteína y vitaminas y minerales. A través de estas harinas existe la posibilidad de introducir soluciones viables en el campo de la Ingeniería en Alimentos, que sean sencillas, aplicables, eficaces para contrarrestar la falta de alimentos para que los niños y las madres puedan tener nutrientes que favorezcan a la buena nutrición en cantidad y calidad.

La formulación pretende ser una opción para programas de meriendas escolares y seguridad alimentaria, tomando como base que se utilizan materias primas validadas biofortificadas, muy familiarizadas con los guatemaltecos.

2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Guatemala es un país de ingresos medios rico en recursos naturales. Sin embargo, las cifras macroeconómicas esconden una realidad que mina las posibilidades de desarrollo del país: las desigualdades sociales y económicas son extremas y condenan a gran parte de la infancia del país a una vida limitada por los efectos de la malnutrición (UNICEF, 2022)

El aumento de la desnutrición crónica en niños menores de 5 años es particularmente alarmante en Guatemala. En la población escolar se encuentran porcentajes más altos en niños de origen indígena y en aquellos que habitan en áreas rurales. Guatemala es actualmente el sexto país del mundo con peores índices de malnutrición infantil (UNICEF, 2020).

En el mercado nacional existen diversos tipos de atoles, que se caracterizan por ser nutritivos, estos atoles son consumidos por toda la población, ya sean niños, jóvenes y adultos, no importando la posición económica, ya que esta bebida se puede adquirir fácilmente por tener un bajo costo en el mercado. Por lo tanto, pueden ser elaborados a nivel industrial como artesanal.

En la actualidad existen cultivos biofortificados, son cultivos naturalmente más nutritivos con mayores cantidades de vitaminas y minerales desde su semilla. Como muestra importante de estas semillas biofortificadas, los minerales como el hierro y el zinc son esenciales para un sistema inmune fuerte y una buena salud en general. Una porción de frijol biofortificado, por ejemplo, puede aportar hasta el 29% de hierro y 14% de zinc de las necesidades diarias de estos nutrientes y una tortilla hecha con maíz biofortificado aporta hasta 5 veces más zinc que una elaborada con maíz comercial (SESAN S. d., 2020)

Actualmente las semillas biofortificadas como frijol y maíz no son aprovechadas en la elaboración de atoles, por falta de información y obtención de semillas biofortificadas, por esta razón, se ha motivado el estudio de alimentos como (frijol y maíz biofortificado), para formular una bebida tipo atol a base de maíz blanco (icta-hb18) y harina de frijol crudo (icta

chorti) dirigida a estudiantes de primaria en el municipio de San Sebastián, Retalhuleu y realizar un análisis sensorial para conocer la aceptabilidad por la región de estudio asignada. De esto surge la interrogante ¿Cuál será la fórmula de la bebida tipo atol a base de maíz y frijol biofortificado que reúne las cualidades de aporte de hierro y zinc en las harinas finales y cuál será la formulación con mayor grado de aceptabilidad respecto a los atributos (sabor, olor, color, textura) de la bebida final, realizada la prueba de análisis sensorial en una escuela pública ubicada en el municipio de San Sebastián, Retalhuleu?

3 JUSTIFICACION

La biofortificación es una técnica de fitomejoramiento que aprovecha la diversidad natural del contenido de nutrientes presentes en cultivos para aumentar su nivel alimenticio. La deficiencia de hierro es un problema global que afecta a más de 1.6 billones de personas y ocasiona graves trastornos en la salud como anemia, retraso en el crecimiento, retraso en el desarrollo cognitivo, problemas durante el embarazo y, en algunos casos, la muerte. Las mujeres, niños y los recién nacidos se encuentran especialmente vulnerables a este problema (ICTA).

La formulación de una bebida tipo atol a base de maíz y frijol biofortificado busca desarrollar una nueva propuesta con aporte nutricional para el mercado de los alimentos, con el fin de promover su consumo y sea una herramienta eficaz para enfrentar el problema de desnutrición que sufre el país.

La importancia del proceso de elaboración de la bebida tipo atol a base de maíz y frijol biofortificado en la presente investigación radica en la aplicación de los conocimientos de innovación de productos elaborados a partir de alimentos bases como lo es el maíz y el frijol biofortificado, constituyendo estos granos parte fundamental en la dieta de los guatemaltecos, incluyendo importantes aportes nutricionales que no son aprovechados de manera óptima para el beneficio de la población.

El problema radica en usar materiales biofortificados con más contenido de nutrientes lo que puede modificar las características organolépticas a las que generalmente están acostumbrados los niños, por eso se plantea el desarrollo de un atol nutritivo, con buena aceptación sensorial y con alto contenido de nutrientes, beneficiando el incremento de la ingesta de elementos esenciales como el hierro y el zinc en niños vulnerables a la desnutrición. Por lo antes mencionado se plantearon 3 formulaciones, enfocadas en obtener una bebida tipo atol de buena aceptación sensorial, aumentando la probabilidad de su consumo y facilitar su elaboración para la madre de familia en las comunidades rurales de Guatemala.

MARCO TEÓRICO

3.1 Seguridad alimentaria

La seguridad alimentaria existe cuando todas las personas tienen acceso físico, social y económico permanente a alimentos seguros, nutritivos y en cantidad suficiente para satisfacer sus requerimientos nutricionales y preferencias alimentarias, y así poder llevar una vida activa y saludable. (FAO, 2022)

3.2 Seguridad alimentaria en Retalhuleu

Retalhuleu se encuentra posicionado en el puesto 16 con Inseguridad Alimentaria Nutricional. El diagnóstico departamental de la SESAN identifica a la pobreza como la causa principal de la Desnutrición Crónica. La desnutrición crónica -DC- se caracteriza por la reducción del desarrollo físico e intelectual del niño. La desnutrición crónica tiene efectos negativos en la vida adulta de la persona, principalmente en su productividad intelectual y física, causando grandes costos al Estado. (SESAN, 2022)

Las carencias nutricionales han afectado a la niñez por varios años; diversos son los estudios que han documentado las deficiencias tanto de macronutrientes como las deficiencias específicas de micronutrientes (vitaminas y minerales), trascendiendo en el desempeño y desarrollo, repercutiendo sobre la repitencia escolar.

El análisis de San Sebastián en el departamento de Retalhuleu está directamente relacionado con todos los sectores, y debe ser puesto en el marco de un análisis intersectorial. Los recurrentes desastres naturales en el país, que han afectado a este departamento vía inundaciones y sequías, ha puesto de relieve la importancia que la Seguridad Alimentaria y Nutricional debe tener para fortalecer el desarrollo humano. Aunque ninguno de los municipios de Retalhuleu presenta niveles de DC alta o muy alta, es necesario redoblar esfuerzos, especialmente, en

garantizar la adecuada producción, comercialización y consumo de granos básicos en la población, con especial atención en los niños y en las niñas. (Nutricional, 2010).

3.3 Estado nutricional de San Sebastián Retalhuleu

La población del área rural del municipio se dedica a la agricultura de subsistencia (producción de granos básicos) en menor escala, producción pecuaria de traspatio (gallinas, cerdos, pavos, etc), así como a ganado vacuno, en áreas dispersas.

Dentro de las actividades económicas también se pueden citar el cultivo de chipilín y hierba mora. Estas plantaciones son utilizadas en gran cantidad para la región de occidente y otra parte para el departamento de Suchitepéquez y Retalhuleu.

Además, la fruticultura es otra de las actividades económicas con gran potencial. Entre los cultivos principales se pueden mencionar: piña, melón, sandía, pepino dulce, coco, mango, banano y naranja. Estos se cosechan en producciones medianas, una parte se comercializa y otra es para el consumo de las familias productoras.

De acuerdo a la tabla de priorización municipal según la calidad de vida para el departamento de Retalhuleu, el municipio de San Sebastián refleja “un nivel alto de calidad de vida” entendiéndose como la satisfacción, el bienestar y la felicidad del ser humano.

La vulnerabilidad alimentaria, la pobreza general, pobreza extrema, la asistencia escolar, los servicios sanitarios, abastecimiento de agua y calidad de vivienda son algunos de los factores para medir el índice de calidad de vida a que están expuestos los pobladores de San Sebastián. Se han intensificado los esfuerzos para disminuir la inseguridad alimentaria mediante acciones que permitan fortalecer la capacidad productiva de los pequeños agricultores, a través de asistencia técnica, provisión de fertilizantes y semillas mejoradas, así como la diversificación de cultivos. (Sebastián, 2009).

3.4 El frijol

Es la especie más conocida del género *Phaseolus* en la familia Fabaceae. Por sus semillas, y por extensión de la propia planta, reciben diversos nombres según la región; entre los más comunes están frejol y frijol.

Es uno de los alimentos más antiguos conocidos del hombre y ha formado parte importante de la dieta humana desde tiempos remotos.

Los frijoles poseen un alto contenido en proteínas y en fibra, siendo así mismo una fuente excelente de minerales. También cabe destacar la elevada cantidad de folatos que aporta y el contenido equilibrado en demás vitaminas del grupo B exceptuando la B₁₂.

El cultivo de frijol en Guatemala es principalmente para autoconsumo, constituye la principal fuente de proteínas para las personas, después del maíz, en especial las que viven en el área rural. El consumo anual por persona se calcula en 35 libras, con una ingesta diaria promedio para adultos de 58 gramos por día. (Instituto de Ciencia y Tecnología Agrícolas, 2021)

3.5 Usos alimentarios del frijol

Los frijoles son un gran alimento en la mesa de los guatemaltecos, ayudan al sistema digestivo y previenen enfermedades cardiovasculares, entre otras de sus bondades.

Por su cantidad de fibra, los frijoles son recomendados para el consumo de aquellas personas que son más propensas a sufrir enfermedades cardiovasculares o alto colesterol y protegen del sistema inmune.

Dada su energía, que le debe a los mencionados carbohidratos de lenta absorción, los frijoles otorgan al cuerpo humano la fuerza necesaria para afrontar jornadas de trabajo o ejercicio.

Su versatilidad es otro valor indiscutible, ya que se aconseja tanto a diabéticos, por su bajo índice glucémico, como a veganos, que pueden servirse de sus proteínas para fortalecer los músculos.

Desde el punto de vista estético, estas semillas dan nueva identidad a la piel y al cabello, haciendo que luzcan radiantes, más vitales, y que ganen tanto en flexibilidad como en desarrollo futuro.

3.6 Propiedades del frijol

Uno de los platillos más comunes y famosos en Guatemala son los frijoles, en cualquiera de sus formas de preparación y color: negro, rojo o blanco. Este alimento tiene muchas propiedades de beneficio para la salud, ya que son fuente de proteína, hierro vegetal, fibra, ácido fólico, tiamina, magnesio, potasio y zinc. Son una comida clave en las dietas saludables, debido a que son un tipo de legumbre.

Las legumbres son similares a la carne en nutrientes, pero con menores niveles de hierro y sin grasas animales. Las altas proteínas y otros nutrientes las convierten en una excelente opción en lugar de la carne y los productos lácteos.

Este alimento es rico en proteína, esencial para el crecimiento de la persona gracias a su contenido de nitrógeno, el cual no está presente en otras moléculas como grasas o hidratos de carbono. (Fox, 2020)

El frijol contiene altos niveles de fibra, importante para la digestión ya que limita y/o disminuye la velocidad de absorción de algunos nutrientes y favorece el tránsito intestinal. Debido a estas características la fibra permite una absorción más lenta de la glucosa, lo cual condiciona índices glicémicos moderados y, por lo tanto, contribuye a controlar la hiperinsulinemia. Esto tiene efectos benéficos tanto en la prevención como en el tratamiento de la Diabetes Mellitus.

Además, los frijoles contienen componentes fitoquímicos, los cuales ayudan a combatir algunos factores que estimulan el crecimiento de los tumores.

3.7 El maíz

Maíz, palabra de origen indio caribeño, significa literalmente “Lo que sustenta la vida”. El maíz, que es junto con el trigo y el arroz uno de los cereales más importantes del mundo, suministra elementos nutritivos a los seres humanos y a los animales y es una materia prima básica de la industria de transformación, con la que se producen almidón, aceite y proteínas, bebidas alcohólicas, edulcorantes alimenticios y, desde hace poco, combustible.

3.8 Usos alimentarios del maíz

El maíz como alimento humano es usado en una gran variedad de formas. Estas son algunas de ellas:

- Nixtamalización
- Harinas compuestas
- Maíces especiales y su uso como alimento humano
- Maíces con proteínas de calidad
- Maíz para forraje
- Maíz como alimento para ganado y aves
- Procesamiento industrial del maíz

3.9 Propiedades del maíz

El maíz es un alimento muy completo que contiene principalmente vitaminas A, B y E, así como un sin número de minerales, que favorecen el metabolismo en el cuerpo. Por ello es beneficioso para combatir diversas enfermedades como la diabetes o los problemas de hipertensión.

3.9.1 Antioxidantes

Se conoce que el maíz es una fuente importante de antioxidantes que previenen la formación de radicales libres y, por tanto, de enfermedades cancerígenas. Algunos de sus compuestos fundamentales han sido usados con éxito para combatir tumores en cáncer de mama y de la próstata. La cocción del producto, por cierto, aumenta sus propiedades antioxidantes.

3.9.2 Vitaminas

Como es un alimento muy completo en vitaminas, su consumo es vital para un adecuado desarrollo del sistema nervioso en cualquier etapa de la vida. Es rico sobre todo en vitamina A, nutriente esencial para el buen funcionamiento de la vista y la lozanía de la piel. A las mujeres embarazadas se les recomienda incluirlo en su dieta, pues ayuda al crecimiento integral del feto.

3.9.3 Minerales

El maíz es rico en distintos minerales, tales como: cobre, hierro, magnesio, zinc y fósforo. El hierro previene la aparición de la anemia. El magnesio es excelente para mantener una buena salud cardiaca. El fósforo por su parte interviene en el crecimiento del tejido óseo.

3.9.4 Proteínas

Es bueno saber que con tan solo consumir una taza de maíz se está ingresando al cuerpo 9 % de la cantidad de proteínas recomendada diariamente. Sin embargo, al igual que ocurre con otros vegetales, el maíz no contiene todos los aminoácidos necesarios para el buen funcionamiento orgánico. Lo ideal es tomarlo en combinación con otros alimentos como los frijoles.

3.9.5 Fibra

Tan sabroso producto es también una fuente importante de fibra. Por ello su consumo ayuda a regular la digestión, los niveles de colesterol en el cuerpo y los de glucosa, disminuyendo con ello los riesgos de sufrir enfermedades cardiovasculares.

3.10 Composición nutricional del maíz

Tabla 1 Composición nutricional de los granos de maíz, trigo y arroz

Contenido	Maíz, harina molida	Trigo, harina	Arroz, grano pulido
	(por 100 g)		
Agua %	12,00	12,00	13,00
Calorías	362	359	360
Proteínas gr	9,00	12,00	6,80
Grasas gr	3,40	1,30	0,70
Carbohidratos gr	74,50	74,10	78,90
Almidón, fibra gr	1,00	0,50	0,20
Cenizas gr	1,10	0,65	0,60
Calcio mg	6,00	24,00	6,00
Hierro mg	1,80	1,30	0,80
Fósforo mg	178	191	140
Tiamina mg	0,30	0,26	0,12
Riboflavina mg	0,08	0,07	0,03
Niacina mg	1,90	2,00	1,50

Fuente: (INCAP/OPS., 2012)

3.11 Importancia del maíz y frijol en la dieta de los guatemaltecos

Los alimentos locales que forman parte de la alimentación de los guatemaltecos son el frijol y el maíz. Las guías alimentarias para Guatemala los recomiendan diariamente, porque son muy sustanciosos, dan energía y al mezclarlos en 70 partes de maíz y 30 de frijol, es decir 2 cucharadas de frijol por una tortilla, crean una complementación proteica beneficiosa para el cuerpo humano, ya que le proporciona una mejor calidad de proteína a la dieta, que debe ser complementada con frutas y verduras para llenar los requerimientos nutricionales. (SESAN, 2017).

Hay 14 diferentes zonas de cultivo y el maíz se adapta a todas ellas, dependiendo de su cultivo sobre el nivel del mar, produce diferentes tipos y calidad de maíz. Mientras tanto, el frijol se cultiva en todo el país, mayoritariamente en Petén y en la región sur oriente, las mayores abastecedoras del país (SESAN, 2017).

El Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación (MAGA) cuenta con estadísticas desde hace varios años, en las que se pueden ver las cantidades de producción de maíz y frijol que se producen cada año. Según proyecciones de SESAN con base en los datos del MAGA en el año 2017 se produjeron más de 41 millones de quintales de maíz y de más de 6 millones y medio de quintales de frijol.

3.12 Biofortificación

La deficiencia de hierro y de zinc en la dieta humana genera problemas de salud en la población, especialmente en los países de menor desarrollo económico. El contenido mineral de los cultivos se ha incrementado mediante el uso de técnicas para proporcionar una solución sostenible y rentable, en este sentido, la biofortificación representa una estrategia potencial para incrementar el contenido de microelementos esenciales. Las investigaciones realizadas acerca de la biofortificación se han enfocado principalmente en cultivos que son de consumo básico para la población humana, el resultado de la aplicación de esta técnica ha permitido incrementar el contenido de microelementos esenciales en la parte comestible y mejorar las características agronómicas (Quiroz, 2017)

La biofortificación es un proceso mediante el cual se incrementa la concentración de elementos esenciales en la parte comestible en los productos cosechados mediante la intervención agronómica, mejoramiento genético (fitomejoramiento) o ingeniería genética (White y Broadley, 2005; Hotz, 2013). Yin et al. (2012), indican que es una estrategia biológica, cuyo objetivo es el incremento de los micronutrientes contenidos en las partes comestibles de las plantas, animales o microorganismos a través del cultivo o el uso de la biotecnología, además se considera que es una manera segura y eficaz para aliviar la malnutrición en áreas deficientes incremento directo de la concentración de Fe y Zn en la parte comestible del vegetal (Guillen-Molina, 2015)

3.12.1 Los cultivos biofortificados en la seguridad alimentaria y nutricional

Los cultivos biofortificados pueden mejorar la seguridad alimentaria y nutricional de individuos, familias y comunidades, de dos maneras: 1) a través de sus mejores cualidades agronómicas, como mejor rendimiento, las familias aumentan su producción de alimentos y como consecuencia, su energía (kilocalorías) disponible para su consumo, y 2) debido a su mayor contenido de minerales carentes en la dieta latinoamericana, como el hierro y el zinc, en este sentido la gente consumiría una cantidad mayor de estos minerales esenciales. De esta manera, los cultivos biofortificados tienen varias ventajas y se convierten en una estrategia para abordar la inseguridad alimentaria y nutricional: a) mejoran simultáneamente la seguridad alimentaria (cantidad) y nutricional (calidad), b) la mejora se provee a través del consumo de cultivos básicos que forman parte integral de la dieta regional, y c) la integración de más cultivos biofortificados, aportará una mayor ingesta de elementos minerales esenciales (Pachón, s/f, pág. 34).

3.13 Función del hierro y zinc en el ser humano

Según (Forrellat, 2016), el hierro (Fe) es un elemento esencial para la vida humana, participa en los procesos de oxidación-reducción, interviene en el crecimiento, desarrollo y mantenimiento del organismo humano, transporta el oxígeno (en la hemoglobina y mioglobina), participa en reacciones enzimáticas como parte de grupos prostéticos de enzimas vinculadas a la respiración intracelular y al transporte de electrones (catalasas, peroxidasa, citocromo), participa en el proceso de intercambio y la respiración del cuerpo de nitrógeno, cataliza el β -caroteno en vitamina A, e induce la síntesis de anticuerpos y mejora la inmunidad (pág. 63).

La biodisponibilidad del Fe, en una dieta a base de vegetales y poca ingesta de carne, es baja, ya que la absorción de Fe es inhibida por la presencia de fitatos y polifenoles. Por lo tanto, en dietas a base de vegetales, la absorción de Fe es a menudo menor del 10 % (Hurrell, 2002; Zimmermann et al., 2005). Por consiguiente, la deficiencia de Fe es la deficiencia de microelementos más común en el mundo, está

presente en el 20 % de la población, y no sólo afecta a la salud y el desarrollo de la gente, sino que también obstaculiza el desarrollo social y económico de los países, debido a la decadencia física de los adultos. (González, 2015, pág. 32)

El Zinc es uno de los elementos esenciales, forma parte de unos de los principales subgrupos de los microelementos, y ha alcanzado gran importancia en la salud y nutrición del humano, ya que participa en el metabolismo celular y subcelular. Además, interviene en los procesos bioquímicos necesarios para el desarrollo de la vida, tales como la respiración celular, la utilización del oxígeno por parte de la célula, la reproducción del ADN y ARN, el mantenimiento de la membrana celular, la eliminación de radicales libres, en el sistema inmunológico, en el mantenimiento de las estructuras de las apoenzimas, en funciones bioquímicas y hormonales de varios sistemas endocrinos, está involucrado en la modulación de la secreción de prolactina, en la secreción y acción de la insulina (Torres y Bahr, 2004), en la síntesis y degradación de los hidratos de carbono, lípidos, proteínas y ácidos nucleicos, promueve el desarrollo intelectual de los niños, acelera el crecimiento de los adolescentes, afecta el paladar, el apetito, y la fertilidad masculina (Yin et al., 2012).

3.14 Procesamiento y fortificación de los alimentos

3.14.1 Procesamiento

El procesamiento de los alimentos incluye técnicas tradicionales y algunas más industrializadas y modernas. Casi todos los aspectos del procesamiento tienen cierta relevancia para la nutrición. El efecto de diversos métodos, incluyendo la cocción, sobre el contenido de nutrientes de los alimentos, se resume en el cuadro 1. Además, de estos efectos, la molienda y la cocción rompen la pared de las células, de tal manera que los nutrientes se digieren con más facilidad (FAO, Programa especial para la seguridad alimentaria (PESA) Centroamérica, 2022)

Tabla 2 Cómo el procesamiento altera el contenido de nutrientes en los alimentos

Nutriente	Proceso que disminuye la cantidad	Proceso que aumenta la cantidad	Otros efectos del procesamiento
Vitamina A	Secado, especialmente al sol; Cocción por largo tiempo, en contacto con el aire (recipiente sin tapa). Freír por largo tiempo o con altas temperaturas	Fortificación	
Tiamina	Lavar el arroz		
Riboflavina	Dejar la leche a la luz del día		
Folato	Cocción (por ej. se pierde en hojas verdes un 35 por ciento y en patatas un 25 por ciento del folato); Almacenamiento		
Vitamina C	Almacenamiento (excepto para frutas cítricas o baobab), secado, enlatado y embotellado, cocción y recalentado de raíces frescas, hortalizas y frutas (por ej. un 40 por ciento de vitamina C se pierde con las hojas verdes durante la cocción, pues una parte queda en el agua y otra se destruye por el calor). Picar los alimentos en trozos pequeños. prepararlos mucho antes de la cocción y cocinarlos por un tiempo prolongado antes de consumirlos	Germinación de semillas (por ej. de legumbres)	
Minerales	Molienda	Fortificación (por ej. la sal se puede fortificar con yodo)	Fermentación y germinación aumentan la absorción de hierro noheme y otros minerales. La molienda puede retirar algunos minerales pero aumenta su absorción.
Carbohidratos, grasa y proteína	La molienda puede reducir la cantidad de grasa, proteína y fibra	La molienda puede aumentar la proporción de	La fermentación y el malteado alteran las proporciones de almidón y

Nutriente	Proceso que disminuye la cantidad	Proceso que aumenta la cantidad	Otros efectos del procesamiento
		almidón. El embotellado y enlatado puede agregar azúcar. El freír aumenta el contenido de grasa	azúcar. Fermentar puede agregar alcohol
Agua	Secado de los alimentos		Disminuye el contenido de agua. Secar los alimentos aumenta la concentración de otros nutrientes

Fuente: Nutrición humana en el mundo en desarrollo, FAO 2002.

3.14.2 Fortificación de los alimentos

La fortificación es una forma de procesamiento de alimentos, cuando se utiliza adecuadamente puede ser una estrategia para controlar la carencia de nutrientes. Los términos fortificación y enriquecimiento se utilizan casi siempre en forma intercambiable. La fortificación se ha definido como la adición de uno o más nutrientes a un alimento a fin de mejorar su calidad para las personas que lo consumen, en general con el objeto de reducir o controlar una carencia de nutrientes. Esta estrategia se puede aplicar en naciones o comunidades donde hay un problema o riesgos de carencia de nutrientes (FAO, Programa especial para la seguridad alimentaria (PESA) Centroamérica, 2022)

Por otro lado la biofortificación de alimentos se define como “*el enriquecimiento de los alimentos logrado mediante la mejora genética o la ingeniería genética de las especies vegetales con el objetivo de conseguir un contenido de nutrientes más elevado*” (Diccionario de los Bander de nutrición y tecnología de los alimentos) (FAO, 2014). Se diferencian principalmente en que los alimentos biofortificados no necesitan

enriquecimiento porque ya pasaron una mejora genética que aumenta los niveles de nutrientes.

En algunos casos, la fortificación puede ser el procedimiento más fácil, económico y útil para reducir un problema de deficiencia, pero se necesita cuidado y también evitar su excesiva promoción como panacea general en el control de las carencias de nutrientes. Hay que evaluar los pros y los contras de la fortificación en cada circunstancia. Aun así, muchas veces se ha subutilizado en los países en desarrollo como estrategia para controlar las carencias de nutrientes, mientras que en muchos países industrializados generalmente se usa en exceso. Se pueden agregar nutrientes que generalmente no faltan en la dieta de consumidores que no tienen mucho riesgo de carencia de ellos (FAO, 2002).

La fortificación de los alimentos ofrece una estrategia importante para ayudar al control de tres carencias principales de micronutrientes, en particular la carencia de yodo, vitamina A y hierro. En los países en desarrollo, la prioridad debe ser la fortificación con estos nutrientes. Con yodo, la fortificación en forma de sal yodada es casi siempre la única estrategia que se sigue. Con la vitamina A y el hierro, la fortificación se debe emplear en combinación, no con exclusión, de otras intervenciones. Se debe tener un cuidado especial de posibles problemas tóxicos con la vitamina A, sobre todo en mujeres embarazadas o que planean concebir. Las ventajas de la fortificación, sobre algunas otras estrategias para el control de las carencias de vitamina A y yodo, son a menudo ignoradas y merecen una mayor atención (INCAP, 2015)

Otras carencias de micronutrientes son de una cierta importancia en algunos países y la fortificación puede ser una buena estrategia para reducir la prevalencia de algunas carencias, como por ejemplo, de niacina, tiamina, riboflavina, folato, vitamina C, zinc y calcio (FAO, 2002).

3.15 Biodisponibilidad de los nutrientes de alimentos biofortificados

La biodisponibilidad se define como la cantidad de un nutriente ingerido que se absorbe y está disponible para las funciones fisiológicas, depende de la digestión, la liberación de la matriz alimentaria, la absorción por las células intestinales y el transporte a las células del cuerpo. Se ha demostrado la biodisponibilidad para poblaciones humanas de algunos cultivos de alimentos básicos biofortificados con hierro, zinc y carotenoides provitamina A tras cocinarse con los métodos tradicionales. Entre estos alimentos están los frijoles, el arroz, la mandioca, el trigo, el boniato, el maíz y el mijo perla (FAO, 2014).

Se han llevado a cabo varios estudios para determinar y medir la biodisponibilidad, la eficacia y la eficiencia de la biofortificación en los cultivos de alimentos básicos y existe una creciente evidencia que demuestra que los nutrientes de estos cultivos pueden estar biodisponibles y ser absorbidos en cantidades suficientes para mejorar los niveles de micronutrientes en el organismo. Se demostró que, en poblaciones rurales de la India, el mijo perla biofortificado con hierro había mejorado el estado nutricional de los niños (Bouis et ál., 2013). Haas *et al.*, (2005) también llegaron a la conclusión de que el arroz biofortificado con hierro puede mejorar los niveles de hierro en mujeres, mientras que Van Jaarsveld *et al.*, (2005) concluyeron que el consumo de boniato de pulpa naranja había aumentado los niveles de vitamina A en los niños de Mozambique: gracias a unas concentraciones de β caroteno de 100 $\mu\text{g/g}$ y a un 80% de retención cuando se consume hervido, basta con consumir 50 gramos de este alimento para cubrir el 75% de la ingesta diaria recomendada (RDA, del inglés Recommended Daily Allowance) de vitamina A para los niños (FAO, 2014).

3.16 Calidad de los alimentos biofortificados

Existe un consenso generalizado en torno a la importancia de proteger unos parámetros de calidad deseables en los alimentos biofortificados. Por ejemplo, el color del maíz puede cambiar a medida que se aumentan los niveles de los carotenoides provitamina.

A. Pillary *et al.*, (2011) llegaron a la conclusión de que resultaba difícil comercializar maíz biofortificado con vitamina A, cuyo color cambia a amarillo y naranja que también altera su aroma y sabor. El boniato de pulpa naranja también fue objeto de rechazo en un primer momento debido a su color naranja, que los consumidores no reconocían (FAO, 2014). Sin embargo, Van Jaarsveld *et al.*, (2005) descubrieron que este color resultaba muy atractivo para los niños. Un estudio llevado a cabo por Chowdry y colaboradores en Uganda mostró que la adopción de cultivos biofortificados por parte de las madres aumentaba considerablemente cuando recibían información sobre ellos.

3.17 Atoles

Es una de las bebidas más populares en todo el país. En cada región se prepara con diferentes ingredientes, de modo que es casi infinita la variedad de sabores de atoles. En algunos casos se endulza con azúcar, piloncillo o miel y la base puede ser agua y/o leche; en la mayoría de los casos la fruta que le aporta el sabor y nombre va molida. Aunque se concibe como una bebida espesa caliente y dulce, existen algunas excepciones que no contienen endulzante o azúcar; pueden ser de sabor agrio, salado y picante, pero en todos los casos espesos.

El origen de esta bebida es eminentemente prehispánico, e innumerables testimonios demuestran su consumo desde esa época. Entre los datos históricos disponibles del periodo prehispánico y de los primeros años de la Conquista, encontramos los de fray Bernardino de Sahagún, quien en 1565 registró cómo los indígenas vendían los atoles calientes y fríos, preparados con masa de maíz molido o tostado, a los que llamaban atol o atolli. La mayoría de los atoles que refieren los cronistas se siguen elaborando, aunque en algunos casos han perdido sus nombres originales. Se sabe que los antiguos mexicanos también denominaban los diferentes tipos de atoles de acuerdo con los ingredientes que contenían. (Larousse Cocina)

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 (INCAP, 1961)

3.18 Preparación del atol

En su forma original, es una cocción dulce de maíz en agua, en proporciones tales que al final de la cocción tiene una moderada viscosidad y se sirve lo más caliente posible. Es particularmente delicioso tomarlo en las mañanas, por el frío y porque tiene cierta espesura, que con el hambre cae de maravillas al estómago. A la bebida a veces se le agregan especias aromáticas (cacao, vainilla, canela, anís, azahar, hojas de naranjo) y otros saborizantes (chocolate, jugo o pulpa de frutas dulces), para que sea más rico. En tiempos prehispánicos se elaboraba sólo a base de la masa del maíz, pero hoy en día se prepara con su harina o fórmulas que ya vienen listas para prepararlo y que están hechas con arroz o fécula de maíz (Díaz, 2013, párr 2-3)

3.19 Requerimiento nutricional

De acuerdo con el INCAP, las Recomendaciones Dietéticas Diarias –RDD– son las cantidades de energía y nutrientes que los alimentos deben aportar para satisfacer las necesidades nutricionales de todos los individuos sanos de una población. (INCAP/OPS., 2012)

El INCAP (2012) define INCAP los requerimientos de proteínas como:

- Los requerimientos de proteína están determinados por las necesidades de nitrógeno total y de aminoácidos esenciales, necesarios para mantener la integridad de los tejidos y compensar las pérdidas de nitrógeno corporal. En los niños las necesidades son mayores para la formación de tejido y mantener velocidades de crecimiento compatibles con una adecuada salud y nutrición.

Por otro lado, el comité de experto en conjunto de la FAO/OMS/UNU define las necesidades de proteína de la forma siguiente:

- Proteínas: El nivel más bajo de ingesta de proteínas en la dieta que equilibrará las pérdidas de nitrógeno del cuerpo y, de este modo, mantendrá la masa proteica del cuerpo en personas con equilibrio energético con niveles modestos de actividad física, además, en niños o mujeres embarazadas o lactantes, las necesidades

asociadas con la deposición de tejidos o la secreción de leche a tasas consistentes con buena salud (FAO/OMS/UNU, 2007)

3.20 Evaluación sensorial

Se encarga de percibir, por medio de las características organolépticas de los alimentos (color, olor, sabor y textura) y los sentidos del organismo. Es una herramienta útil para conocer la aceptación de un producto, o para crear nuevos a partir de una formulación. De esta manera, la calidad sensorial de un alimento es el resultado de la interacción entre el alimento y el individuo, provocando determinados estímulos modulados por el alimento. Los atributos de un alimento se perciben en el siguiente orden: apariencia, aroma u olor, textura y sabor. (Espinosa, 2012)

3.21 La boleta de evaluación sensorial

Esta boleta es una herramienta que se utiliza para capturar resultados de un panel de evaluación sensorial de uno o varios alimentos, permitiendo controlar los resultados observados y manejar la información de manera ordenada.

La boleta de evaluación sensorial es aplicable en los siguientes casos:

- Desarrollo de nuevos productos
- Medir el tiempo de vida útil de los productos
- Mejorar o igualar productos de la competencia
- Preferencia del consumidor

3.22 Escala hedónica facial

Esta escala consiste en una lista ordenada de posibles respuestas correspondientes a distintos grados de satisfacción equilibradas alrededor de un punto neutro. El consumidor marca la respuesta que mejor refleja su opinión sobre el producto.

3.23 Análisis químico proximal

El análisis proximal comprende la determinación de los porcentajes de humedad, grasa, fibra, cenizas, carbohidratos solubles y proteína en los alimentos. Al realizar el análisis químico de matrices alimentarias, la toma y tratamiento de la muestra y el método analítico seleccionado deben ser los apropiados. Los resultados deben ser analizados con un criterio estadístico y comparados con la normativa vigente. Solo realizando estos pasos, se puede proporcionar un resultado que sea válido para el consumidor.

3.24 Influencia del análisis químico proximal

El objetivo del análisis proximal es alcanzar a tener un conocimiento general de valor alimenticio de un alimento sometido a este análisis, el mismo que puede seguir siendo analizado en sus nutrientes de forma más minuciosa y de forma individual y muchas veces a partir de las fracciones obtenidas en el análisis.

3.25 Programa de Infostat

Infostat es un software para análisis estadístico de aplicación general desarrollado bajo la plataforma Windows. Cubre tanto las necesidades elementales para la obtención de estadísticas descriptivas y gráficos para el análisis exploratorio, como métodos avanzados de modelación estadística y análisis multivariado. Una de sus fortalezas es la sencillez de su interfaz combinada con capacidades profesionales para el análisis estadístico y el manejo de datos. Debido al origen universitario, el programa tiene muchas facilidades para la enseñanza de la estadística que no son fáciles de encontrar en otros programas similares.

La versión en español es muy valorada por los usuarios, especialmente por los estudiantes. Una propiedad casi única entre el software estadístico es la habilidad de InfoStat de conectarse con R, una plataforma de desarrollo de algoritmos estadísticos de dominio público de gran crecimiento. Infostat se conecta con R de dos maneras: mediante un intérprete integrado que permite ejecutar script de R sin salir del ambiente de trabajo de

InfoStat y mediante el desarrollo de aplicaciones utilizando el motor de cálculo de R pero con la interfaz amigable que los usuarios esperan. Ese es el caso de la inclusión de modelos lineales mixtos y generalizados mixtos en Infostat. Estos han sido siempre modelos difíciles de especificar por su complejidad, pero la interfaz lograda en Infostat ha permitido incorporar sus contenidos en cursos de postgrado y capacitaciones a técnicos de empresas que de otra manera hubieran sido imposibles de abordar.

3.26 Escala de Ranking

Es una escala comúnmente utilizada para medir el grado de incapacidad o dependencia en las actividades. La aprobación de esta escala va en manera ascendente.

3.27 Análisis de Kruskal Wallis

En estadística, la prueba de Kruskal-Wallis (de William Kruskal y W. Allen Wallis) es un método no paramétrico para probar si un grupo de datos proviene de la misma población. Intuitivamente, es idéntico al ANOVA con los datos reemplazados por categorías. Es una extensión de la prueba de la U de Mann-Whitney para 3 o más grupos. Ya que es una prueba no paramétrica, la prueba de Kruskal-Wallis no asume normalidad en los datos, en oposición al tradicional ANOVA. Sí asume, bajo la hipótesis nula, que los datos vienen de la misma distribución (Pruebas No Paramétricas).

4 OBJETIVOS

4.1 General

Formular y evaluar una bebida tipo atol a base de maíz blanco (ictab-15) y harina de frijol crudo (ICTA CHORTÍ) dirigida a estudiantes de primaria y madres de familia en el municipio de San Sebastián, Retalhuleu.

4.2 Específicos

- Desarrollar formulaciones de una bebida tipo atol base de maíz blanco (ictab-15) y harina de frijol (ICTA CHORTÍ) biofortificado.
- Cuantificar la concentración de hierro y zinc en las formulaciones de harinas finales.
- Determinar el grado de aceptación de las formulaciones de atol final a través de un panel sensorial a estudiantes y madres de familia de una escuela pública, ubicada en San Sebastián Retalhuleu.

5 HIPÓTESIS

1. Las formulaciones finales de las harinas biofortificadas a base de maíz blanco (ICTAB-15) y harina de frijol crudo (ICTA CHORTÍ), para la elaboración de la bebida tipo atol reúnen las cualidades de aporte de hierro y zinc y presentan alta aceptación sensorial por estudiantes y madres de familia de la Escuela Oficial Urbana Mixta número dos de San Sebastián, Retalhuleu.

6 RECURSOS

6.1 Humanos

- Ingeniero y técnicos encargados de la planta de procesamiento de alimentos – ICTA-
- Estudiantes de Escuela pública, San Sebastián, Retalhuleu.
- Madres de familia
- Laboratoristas

6.2 Físicos

- Escuela oficial Urbana Mixta No. 2 San Sebastián.
- Laboratorio UVIGER
- Laboratorio de pruebas sensoriales móvil
- Laboratorio de análisis sensorial ICTA
- Mesas
- Sillas
- Boletas de evaluación prueba hedónica
- Lápiz
- Borrador
- Vasos transparentes de 6 Oz
- Servilletas de papel
- Marcadores
- Estufa industrial
- Licuadora
- Pesa digital en gramos
- Molino de nixtamal
- Ollas de acero inoxidable
- Horno de convección
- Bandejas de acero inoxidable
- Olla de presión
- Termómetro digital

- Miserables
- Paletas

6.3 Tecnológicos

- Equipo multimedia
- Computadora
- Impresora
- Calculadora científica
- Internet

6.4 Materias primas

- Cocoa Alcalina
- Agua pura
- Azúcar blanco
- Canela
- Maíz ICTAB-15
- Frijol biofortificado ICTA Chortí.

7 METODOLOGÍA

7.1 ACTIVIDAD 1: Se desarrollaron tres formulaciones de una bebida tipo atol, utilizando harina de maíz biofortificada ICTAB-15 y harina de frijol biofortificado ICTA Chortí.

7.1.1 Lugar y época

El proyecto se ejecutó en los meses comprendidos entre septiembre y octubre 2,021 en la Planta Piloto de Ciencia y Tecnología de Alimentos del ICTA, en el Sector “B”, La Alameda, Chimaltenango, Guatemala, C.A.

7.1.2 Parte experimental

Se desarrolló en tres etapas, que detallan los resultados obtenidos según los objetivos propuestos. La etapa I, comprende el desarrollo de la bebida tipo atol para mejorar las características organolépticas e incrementar la probabilidad de la aceptación del grupo objetivo.

En la etapa II, se presentan los resultados obtenidos de la determinación de hierro, zinc y el análisis bromatológico en los 3 atoles desarrollados, por medio de la metodología para la determinación de hierro y zinc.

En la etapa III, se detallan los resultados de la evaluación sensorial y se compara con la concentración de hierro y zinc y la facilidad de elaboración, para seleccionar el mejor tratamiento.

7.1.3 Desarrollo de los tratamientos de harinas biofortificadas

Se empleó harina de maíz biofortificada ICTAB-15 y harina de frijol biofortificado ICTA Chortí. Se trabajaron tres formulaciones, tratando de combinar las 2 harinas y otros aditivos alimenticios para obtener un atol de sabor, textura y color agradable y funcional.

A priori se plantean 3 combinaciones, el tratamiento 1 (T1) denominado cocido, el tratamiento 2 (T2) denominado tostado y el tratamiento 3 (T3) denominado crudo, los tres en proporción 1:1 de ambas harinas (maíz y frijol biofortificado, respectivamente).

A continuación se describen los tres tratamientos que se utilizaron en la bebida tipo atol a base de maíz y frijol biofortificado:

- **Tratamiento Cocido**
Este es el primer tratamiento con una proporción del 70% de maíz ICTA HB-18 y 30% de frijol ICTA Chortí, ambos materiales biofortificados, se denominó “Cocido” porque consistió en cocer el frijol antes del proceso de molienda, seguidamente se realizó la mezcla del maíz y frijol molido, generando una mezcla fina, y de color oscuro.
- **Tratamiento Tostado**
En este segundo tratamiento también se utilizó una proporción de 70% de maíz y 30% de frijol biofortificado, se denominó así porque se tostó el frijol antes del proceso de molienda, seguidamente se realizó la mezcla de frijol y maíz ambos molidos.
- **Tratamiento Crudo**
Este tratamiento se denominó crudo porque solamente se secó el frijol antes del proceso de molienda, luego se realizó la mezcla de frijol y maíz respectivamente molidos con proporción 70% maíz y 30% frijol.
- **Testigo (Incaparina)**
Este tratamiento se utilizó como comparador, para demostrar el grado de aceptabilidad de los panelistas en conjunto con los tres tratamientos.

Tabla de componentes con porcentajes por cada tratamiento.

Tabla 3 Descripción de tratamientos.

Tratamiento	Descripción
Cocido (1)	Formulación 70% maíz-30% Frijol
Tostado (2)	Formulación 70% maíz-30% Frijol
Crudo (3)	Formulación 70% maíz-30% Frijol
Testigo (4)	Incaparina

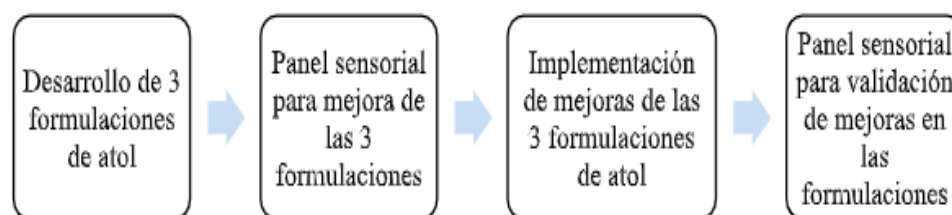
Fuente: Elaboración propia año 2,021.

7.1.4 Panel sensorial

Las tres formulaciones desarrolladas se sometieron a un panel sensorial, conformado por expertos en ciencias de alimentos, para obtener retroalimentación, mejoras de sabor, color y textura en las tres formulaciones. Después de realizar las mejoras, se realizó el segundo panel sensorial, en la Escuela Oficial Urbana Mixta No. 2, San Sebastián, Retalhuleu, donde participaron estudiantes de primero, segundo y tercero primaria, con edades entre 5 y 12 años. El segundo grupo de la evaluación estuvo conformado por las madres de familia.

Se explicó a las madres de familia y niños sobre los objetivos de la reunión y como desarrollar la evaluación para seleccionar la mejor formulación de atol final, en función a evaluar el sabor, olor, color y textura (ver figura 1).

Figura 1 Diagrama de proceso de selección de mejor formulación de atol



7.1.5 Diseño experimental

Se utilizó un diseño completamente al azar con 4 repeticiones.

7.1.6 Modelo estadístico

$$y_{ij} = \mu + \tau_i + \varepsilon_{ij}$$

donde: y_{ijk} : variable de respuesta de la ijk -ésima unidad experimental μ : Es la media general de la variable de respuesta τ_i : Es el efecto del i -ésimo tratamientos (nivel del factor) en la variable dependiente ε_{ij} = Error experimental asociado a la ij - ésima unidad experimental.

7.1.7 Variables de respuesta

Concentración de Hierro después de cocción: en mg Fe/porción de atol **Concentración de Zinc después de cocción:** en mg Zn/porción de atol.

7.1.8 Análisis de la información

Se realizó por medio de análisis de varianza ($P < 0.05$) y prueba de separación de medias Scott Knott ($P < 0.05$), por medio de tablas de Excel y el paquete estadístico Infostat. (Tablas descritas en resultados).

7.1.9 Manejo del experimento

Cada tratamiento se elaboró en la planta de procesamiento de alimentos del ICTA, controlando tiempos de cocción y temperatura, cada tratamiento se elaboró 4 veces (repeticiones), al obtener el atol cocido, se recolectaran las muestras y se colocaron en refrigeración a 9° grados Celsius, sin romper la cadena de frío se enviaron al laboratorio, para su análisis.

7.2 ACTIVIDAD 2: Evaluación sensorial para las dos mejores formulaciones de atol

7.2.1 Lugar y época

El proyecto se ejecutó en el municipio de San Sebastián, Retalhuleu, en Octubre de 2021.

7.2.2 Diseño experimental

Se utilizó el diseño de Bloques Incompletos Balanceado con un mínimo de 20 bloques (panelistas consumidores de atol), se realizaron 3 réplicas, una por cantón dentro del municipio de interés.

7.2.3 Modelo estadístico

$$y_{ij} = \mu + \tau_i + \beta_j + \varepsilon_{ij}$$

donde: y_{ij} : Es la i -ésima observación del j -ésimo bloque.

μ : Es la media general. τ_i : Es el efecto del i -ésimo tratamiento.

β_j : Es el efecto del j -ésimo bloque. ε_{ij} :

Es la componente del error aleatorio.

7.2.4 Panelistas

Se contó con la colaboración de la directora de la Escuela Oficial Urbana Mixta No. 2, ubicada en el municipio de San Sebastián, Retalhuleu, para elegir a niños entre 5-12 años, se solicitó también la colaboración de las madres de familia de los niños seleccionados para realizar el panel sensorial y acceder ellas también a participar en la evaluación sensorial del atol final. Se explicó en que consiste la evaluación, se definió lugar, fecha y hora.

Se usó el formato descrito en el Apéndice A1, para registrar los datos de las madres y los niños.

7.2.5 Incentivo para los panelistas

A los 100 niños panelistas, se entregó un incentivo al final de la evaluación, que consistió en una bolsita con 5 cuadernos, 1 caja de crayones de 12 colores, 1 lápiz y 1 borrador, todo valorado en Q50.00.

A las 100 madres panelistas, se entregó un incentivo al final de la evaluación, que consistió en una bolsa de víveres, que incluyó libras tanto de frijol como libras de azúcar, avena molida, libras de Incaparina, 2 latas de sardinas grandes, libras de arroz y de maíz, todo valorado en Q70.00

7.2.6 Adecuación del lugar de la evaluación

Se realizó la evaluación sensorial de estudiantes y madres de familia en las instalaciones de la escuela Oficial Urbana Mixta No.2 con ayuda de la directora y maestros del establecimiento, en San Sebastián Retalhuleu. Los panelistas se adecuaron tratando de que ingresaran simultáneamente y realizaron la evaluación. Para ayudar a disminuir las variaciones de errores y mejorar la sensibilidad en las pruebas, las instalaciones cumplieron con los siguientes criterios:

- El color de las paredes y del ambiente debe ser de color claro, en la iluminación de preferencia usar luz natural.
- Buena ventilación y libre de olores.
- Silencio, libre de ruidos molestos.

Se colocaron cabinas provisionales, para que el panelista pudiera estar separado y aislado, tratando de que ocho panelistas puedan realizar la evaluación.

7.2.7 Evaluación sensorial de aceptación

Se dieron las mismas instrucciones a cada panelista antes de iniciar la prueba, para lo cual se usó la guía que se describe en el anexo 2.

Al momento de servir la muestra se controló el recipiente, igual para todos los panelistas, que consistió en un vaso transparente de seis onzas.

Cada panelista recibió cuatro muestras, incluyéndose la muestra llamada “Testigo”, las cuales fueron de una taza de atol tibia de 250 ml, las muestras fueron codificadas por número de tres dígitos o por figuras geométricas, para limpiar el paladar de los panelistas, se utilizó agua.

Los consumidores potenciales se dividieron en dos grupos, niños en edad escolar de 4 a 12 años del área rural. Para este grupo se usó una escala hedónica de aceptabilidad de 5 categorías (ver Figura 2).

Figura 2 Escala para prueba de aceptabilidad para niños de 4 a 12 años.



El otro grupo consistió en madres de familia del área rural, para este grupo se usó una escala hedónica de aceptabilidad de 5 categorías (ver Figura 3).

Figura 3 Escala para prueba de aceptabilidad para madres de familia.



7.2.8 Variables de respuesta

Se evaluó cuatro atributos con la misma escala:

- Sabor
- Color
- Aroma
- Espesor

7.2.9 Análisis de los datos

Se asignó un valor numérico a cada escala para el análisis. El análisis estadístico se realizó con medidas de tendencia central y T-test para definir diferencias y análisis multivariado, por medio de tablas de Excel y el paquete estadístico Infostat.

7.2.10 Infostat

Es un paquete estadístico de licencia abierta, de uso libre para realizar análisis estadísticos de cualquier tipo de datos.

7.2.11 Análisis de la información

Se tabuló la información por medio de estadística descriptiva y multivariada, en tablas de Excel y el paquete estadístico Infostat.

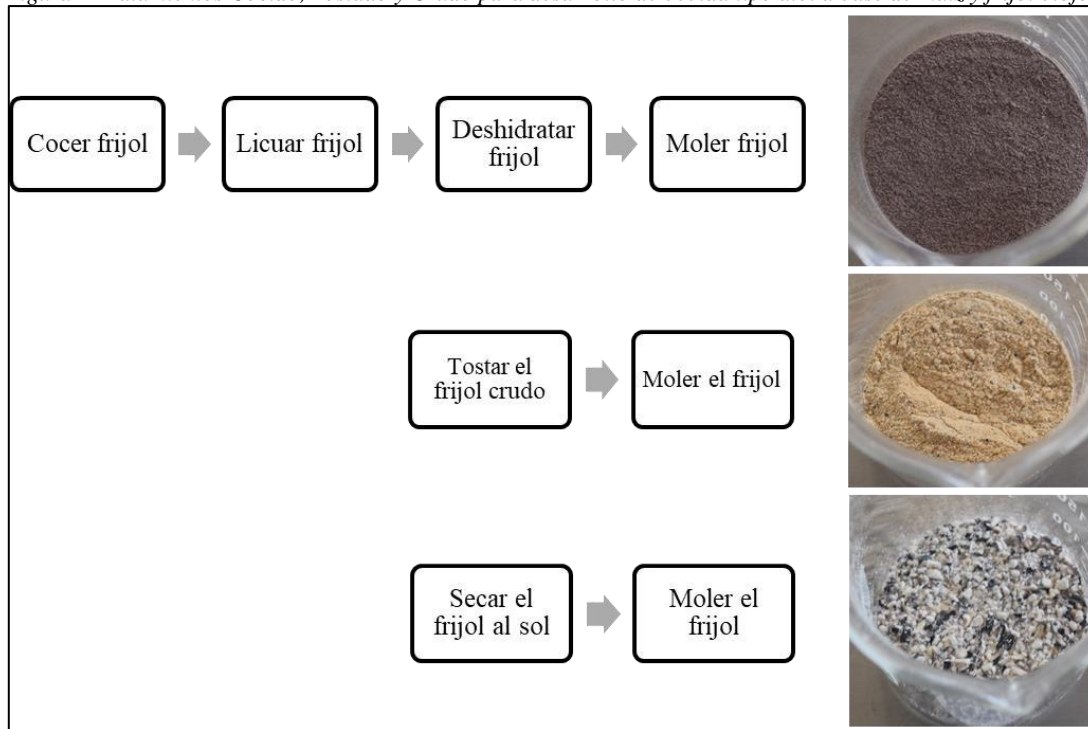
8 RESULTADOS Y DISCUSIÓN

8.1 Desarrollo de formulación tipo atol a base de maíz blanco (ICTA B-15) y harina de frijol (ICTA Chortí) biofortificados

Se plantearon 3 formulaciones, enfocadas en obtener una bebida tipo atol de buena aceptación sensorial y facilitar la elaboración del atol para la madre de familia en las comunidades rurales de Guatemala. Los tres atoles se elaboraron bajo un proceso replicable en cualquier comunidad que tenga energía eléctrica y que cuente con un molino para nixtamal.

Los tres tratamientos se realizaron con una proporción de 70% de maíz ICTA HB-18 y 30% de frijol ICTA Chortí, ambos materiales biofortificados. El tratamiento 1, se denominó Cocido, porque consistió en cocer el frijol antes del proceso de molienda, el tratamiento 2 se denominó Tostado, porque consistió en tostar el frijol antes del proceso de molienda y el tratamiento 3 se denominó Crudo, porque solamente se secó el frijol antes del proceso de molienda. En la siguiente figura se describe el proceso de preparación del frijol para la molienda:

Figura 4 Tratamientos Cocido, Tostado y Crudo para desarrollo de bebida tipo atol a base de maíz y frijol biofortificado.

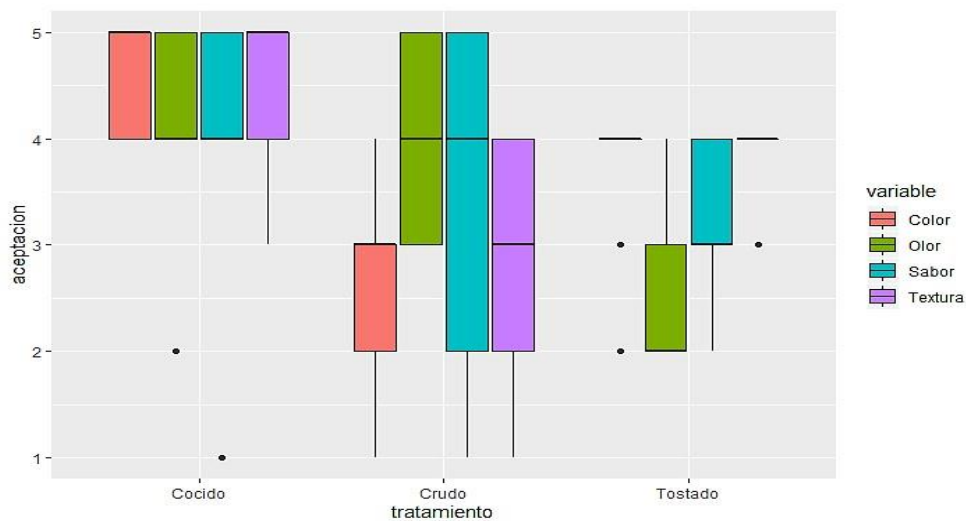


Fuente: elaboración propia año 2,021.

El procesamiento previo del frijol impactó significativamente los atributos sensoriales del atol final, como se observa en la figura anterior, el tratamiento Cocido, generó una harina más fina, homogénea y de color más oscuro, mientras que el Tostado, generó una harina menos fina de color más claro, mientras que el tratamiento Crudo, presentó harina más gruesa, de color heterogéneo negro y blanco.

El panel sensorial conformado por expertos de ciencia de alimentos realizó la evaluación de los 3 atoles desarrollados para identificar la aceptación de los principales atributos.

Figura 5 Resumen de resultados de panel sensorial entrenado



Fuente: elaboración propia año 2,021.

Por medio de un análisis de varianza se determinaron las diferencias significativas entre tratamientos por cada atributo evaluado, como se observa en la siguiente tabla.

Variable	Tratamiento	n	Medias	Desv est	Mediana	H	P	T
Olor	Cocido	9	4.22	0.97	4	10.88	0.003	l
	Crudo	9	4.11	0.93	4			
	Tostado	9	2.56	0.73	2			
Color	Cocido	9	4.56	0.53	5	13.37	0.0005	a
	Crudo	9	2.67	1.00	3			
	Tostado	9	3.67	0.71	4			
Sabor	Cocido	9	4.00	1.22	4	2.83	0.2065	b
	Crudo	9	3.44	1.67	4			
	Tostado	9	3.33	0.71	3			
Textura	Cocido	9	4.44	0.73	5	10.14	0.0025	a
	Crudo	9	2.78	1.20	3			
	Tostado	9	3.89	0.33	4			

Fuente: elaboración propia año 2,021.

El análisis de Kruskal Wallis determinó diferencias significativas en los atributos Olor, Color y Textura, no así para el atributo Sabor, indicando que los 3 atoles desarrollados tienen la misma aceptación de sabor.

Por medio de la prueba de separación de medias se determinó la diferencia entre cada tratamiento:

Tabla 5 Separación de medias por rango (letras iguales indican tratamientos estadísticamente iguales).

<u>Variable</u>	<u>Tratamiento</u>	<u>Ranks</u>	<u>Categoría</u>
Olor	Tostado	6.89	A
	Crudo	17.17	B
	Cocido	17.94	B
Color	Crudo Tostado	7.33	A
		13.67	AB
	Cocido	21	B
Textura	Crudo Tostado	7.83	A
		14.44	AB
	Cocido	19.72	B

Fuente: elaboración propia año 2,021.

Para el atributo Olor, la mejor aceptación la logró el tratamiento Cocido y Crudo (estadísticamente con la misma aceptación), en segundo lugar, el tratamiento Tostado. Para el color, la mejor aceptación la obtuvo el tratamiento Cocido, en segundo lugar Tostado y en tercer lugar Crudo. Para el atributo sabor no existió diferencia significativa, indicando que los tres tratamientos lograron la misma aceptación sensorial, entre 3.33-4.00. Mientras que, para la textura, la mejor aceptación la lograron los tratamientos Cocido y Tostado (estadísticamente iguales), en segundo lugar, el tratamiento Crudo.

En términos generales, la mejor aceptación en los 4 atributos, la obtuvo el tratamiento Cocido; mientras que Crudo y Tostado variaron la aceptación en Olor, Color y Textura.

Posterior al análisis sensorial, se realizó la mesa de discusión con los expertos, para definir los mejores tratamientos, se explicó el proceso de cada tratamiento y los objetivos de estos.

Tabla 6 Principales mejoras del proceso de mesa de discusión de panel sensorial.

No.	Principales observaciones de mesa de discusión de panel de expertos
1	Los tratamientos Cocido y Tostado presentaron la mejor textura
2	El tratamiento tostado presentó mucho olor a frijol
3	Mejorar el color del tratamiento Crudo
4	El tratamiento cocido presentó el mejor color y olor
5	Aumentar el tiempo de cocción del tratamiento Crudo
6	El tratamiento crudo se podría licuar para mejorar la textura

Fuente: elaboración propia año 2,021.

Se tomó en cuenta las mejoras realizadas por el panel sensorial, para incrementar la aceptación de los tratamientos. Según recomendación de panelistas, se eliminó el tratamiento tostado, debido al olor no deseado y se realizó un proceso de mejora de color y textura para el tratamiento Crudo. Tomando en cuenta los resultados y observaciones del panel sensorial, se definieron los tres mejores tratamientos que pasaron a la siguiente fase, para medir su aceptación:

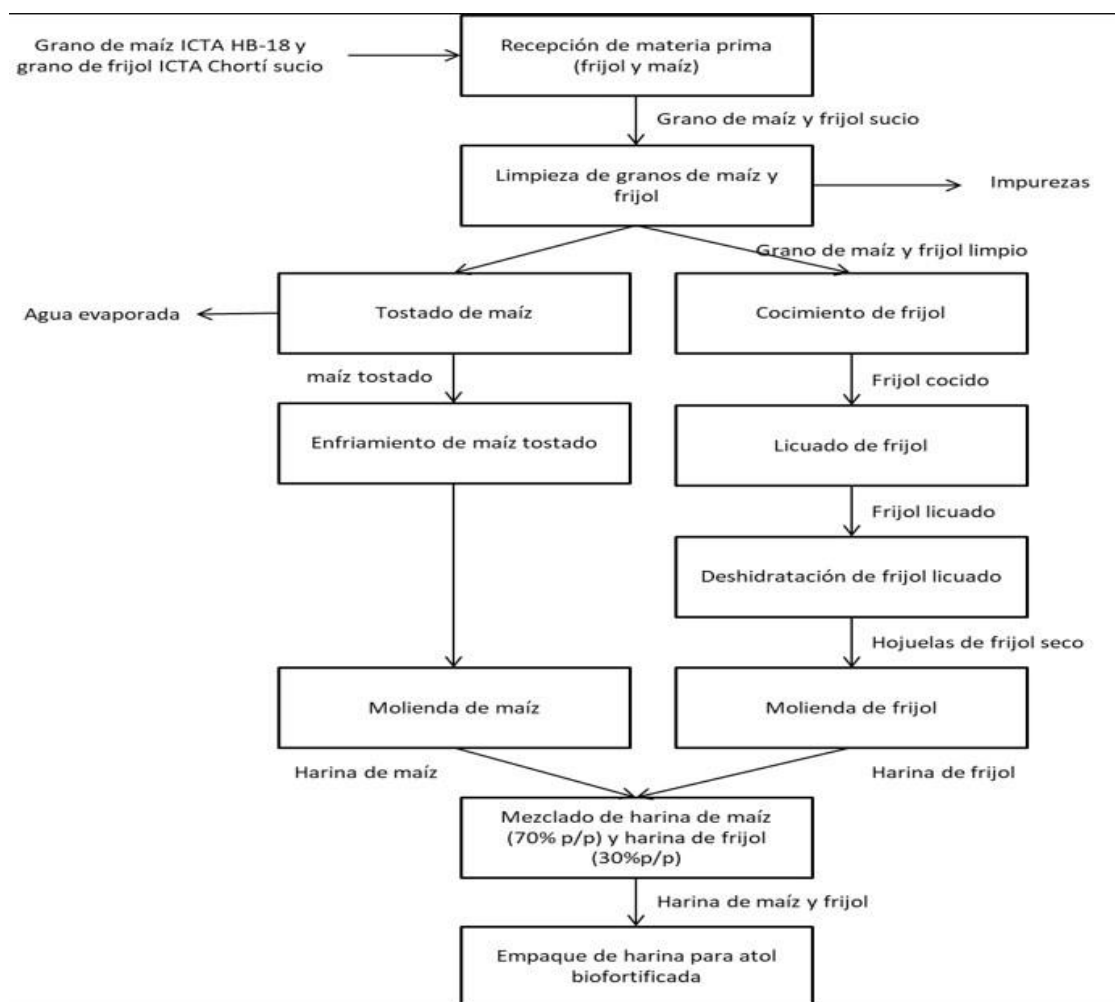
Tabla 7 Tratamientos que pasaron a segunda etapa de evaluación sensorial.

No.	Descripción	Tratamiento
1	Con un proceso de cocimiento del frijol antes del proceso de molienda que mejora las características de color y textura	Cocido
2	El proceso más sencillo de elaboración de harina, con mejora del color	Crudo
3	El proceso más sencillo de elaboración de harina, con mejora del color y textura	Crudo licuado
4	Testigo utilizado como comparador de los tres tratamientos en evaluación	Incaparina

Fuente: elaboración propia año 2,021.

A continuación, se presenta el diagrama de flujo para el tratamiento Cocido

Figura 6 Diagrama de flujo para elaboración de harina de tratamiento 1 Cocido



Fuente: elaboración propia año 2,021.

Después de obtener la harina de atol biofortificado del tratamiento Cocido, se describe la formulación para la elaboración del atol de dicho tratamiento:

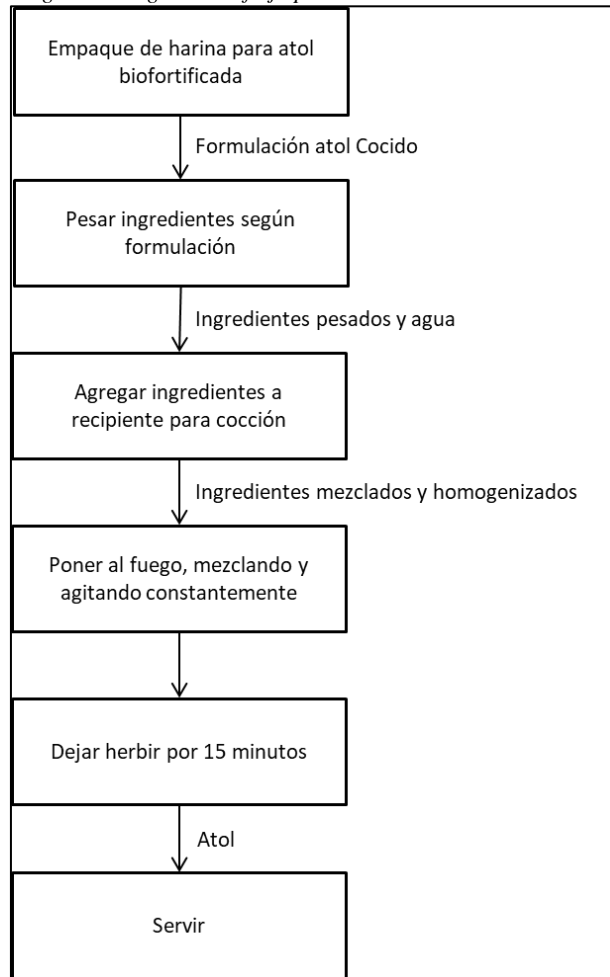
Tabla 8 Formulación de tratamiento 1 (Cocido), para elaboración de 4 tazas (1 litro) de atol.

Materiales	Peso	Unidad	Porcentaje
Harina de atol biofortificado	100	gramos	6.7
Azúcar blanca	100	gramos	6.7
Canela	0.5	gramos	0.0
Agua potable	1300	gramos	86.6
Total	1501	gramos	100.0

Fuente: elaboración propia año 2,021.

A continuación, se presenta el diagrama de flujo para la elaboración del atol Cocido.

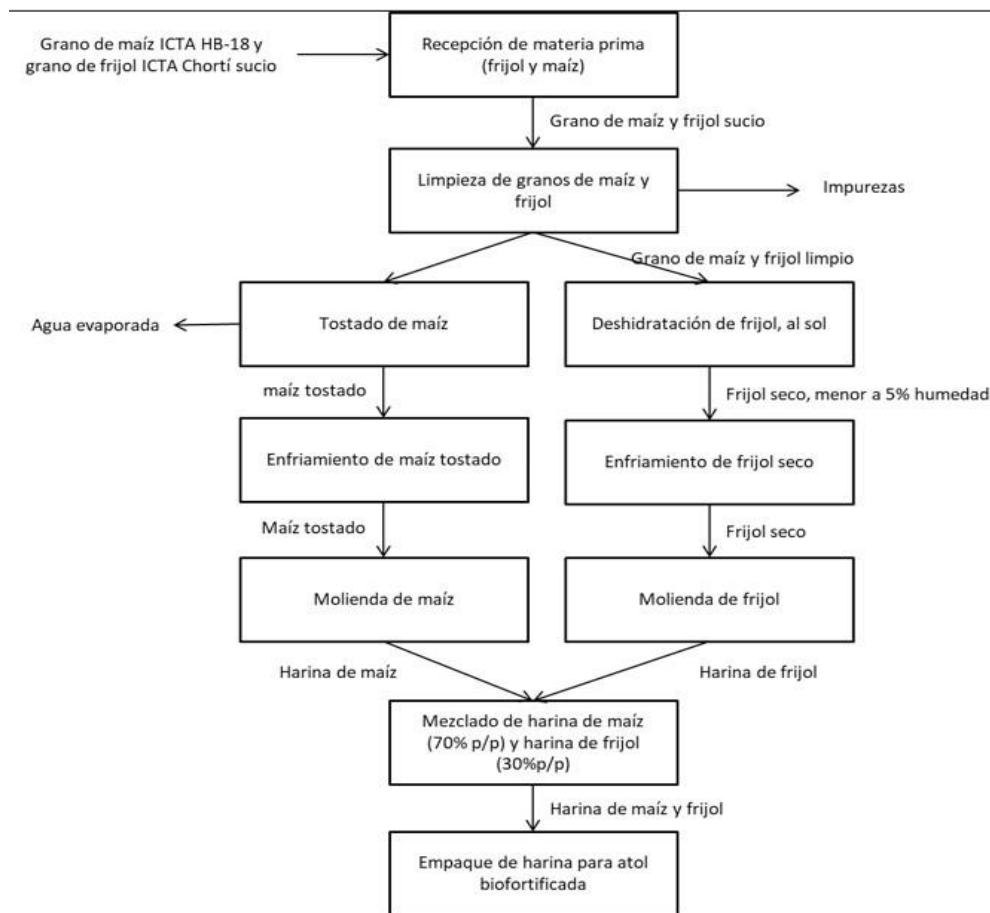
Figura 7 Diagrama de flujo para elaboración de atol Cocido



Fuente: elaboración propia año 2,021.

Posteriormente se presenta la elaboración de harina y atol de tratamiento 2 y 3. Para el tratamiento 2 (Crudo), se presenta el siguiente diagrama de flujo

Figura 8 Diagrama de flujo para elaboración de harina de tratamiento 1 Cocido



Fuente: elaboración propia año 2,021.

Posterior a la elaboración de la harina, se presenta la formulación del tratamiento 2 (Crudo).

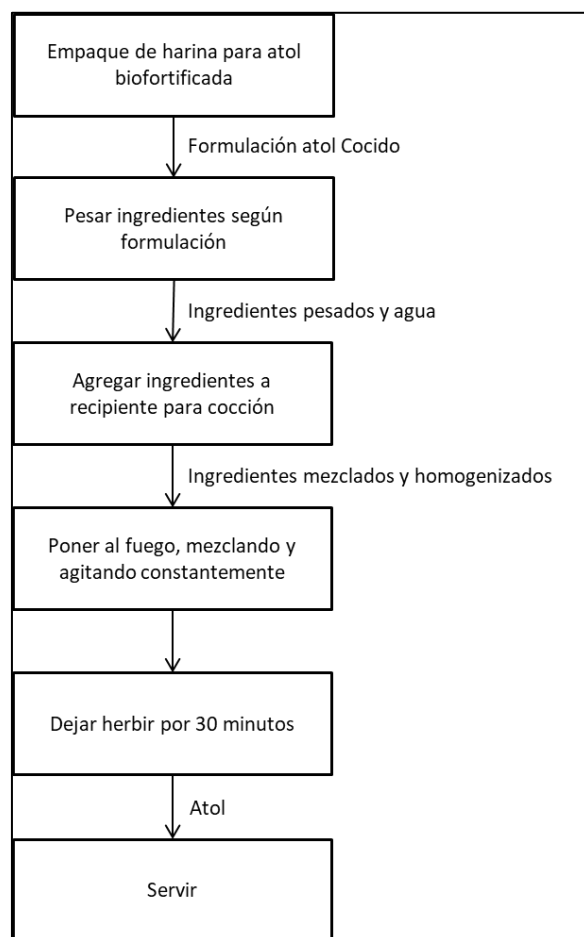
Tabla 9 Formulación de tratamiento 2 (Crudo) para la elaboración de 4 tazas (1 litro) de atol.

<u>Materiales</u>	<u>Peso Unidad</u>	<u>Porcentaje</u>
Harina de atol biofortificado	100 gramos	6.6
Azúcar blanca	100 gramos	6.6
Canela	0.5 gramos	0.0
Cocoa alcalina	5 gramos	0.3
Agua potable	1300 gramos	86.4
Total	1506 gramos	100.0

Fuente: elaboración propia año 2021.

Se observa que se agregaron 5 gramos de cocoa, con el objetivo de mejorar el color sin generar cambios significativos de sabor. A continuación, se presenta el diagrama de flujo para la elaboración de atol tratamiento 2 (Crudo).

Figura 9 Diagrama de flujo para elaboración de atol Crudo



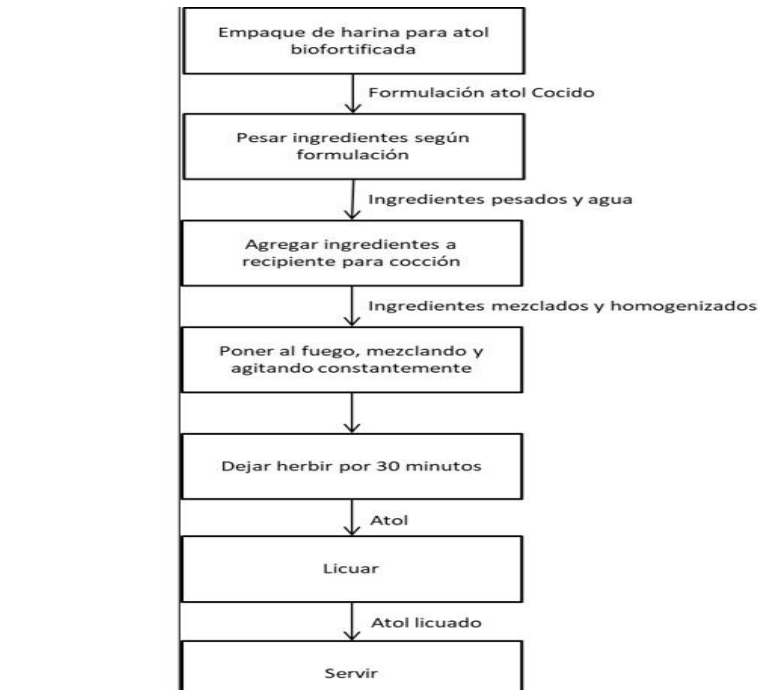
Fuente: elaboración propia año 2,021.

A diferencia del tratamiento 1 (Cocido), el tratamiento 2, se incrementó a 30 minutos de cocción porque se utiliza frijol totalmente crudo.

El tratamiento 3 (Licuado), consistió en la evaluación del atol crudo, pero realizando una mejora en la textura, por lo tanto, el diagrama de flujo de elaboración de harina y

formulación es igual al tratamiento crudo, a continuación, se presenta el diagrama de flujo para la elaboración de atol del tratamiento 3 Licuado:

Figura 10 Diagrama de flujo de elaboración de atol Licuado



Fuente: elaboración propia año 2,021.

Para mejorar la textura, posterior a la elaboración del atol, se licuó para generar una textura totalmente fina.

8.2 Cuantificar la concentración de hierro y zinc en las harinas del atol final

Los análisis de hierro y zinc se realizaron en el laboratorio de la Unidad de Vinculación y Gestión de Recursos (UVIGER) de la Facultad de Agronomía de la Universidad de San Carlos De Guatemala y se obtuvo los resultados siguientes:

Tabla 10 Resultados de análisis de contenido de hierro y zinc por tratamiento

No	Tratamiento	Repetición	Zn ppm	Fe ppm
1	Cocido	1	30	95
1	Cocido	2	30	60
1	Cocido	3	30	60
2	Crudo	1	30	60
2	Crudo	2	35	65
2	Crudo	3	35	60
4	Incaparina	1	125	60
4	Incaparina	2	130	70
4	Incaparina	3	120	65

Fuente: elaboración propia

Se realizó el análisis de varianza para determinar significancia estadística entre tratamientos:

Tabla 11 Análisis de varianza para los nutrientes Hierro y Zinc.

Variable	Fuente de variación	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrado medio	F	pvalor
Hierro mg/kg	Modelo	311.11	4	77.78	0.43	0.7847
	Tratamiento	155.56	3	77.78	0.43	0.6788
	Repetición	155.56	3	77.78	0.43	0.6788
	Error	727.78	4	181.94		
	Total			8		
		1038.89	4	4365.28	392.88	0.0001
Zinc mg/kg	Modelo	17461.11	3	8719.44	784.75	0.0001
	Tratamiento	17438.89	3	11.11	1	0.444
	Repetición	22.22	4	11.11		
	Error	44.44				
	Total	17505.56	8			

Fuente: elaboración propia

El análisis de varianza detectó diferencias significativas para el nutriente zinc, indicando que hay tratamientos diferentes, no así para el nutriente hierro, indicando que todos los tratamientos contienen la misma cantidad de hierro.

Se realizó la prueba de separación de medias para el nutriente zinc:

Tabla 12 Separación de medias por Scott Knock, con 95% de confianza.

Variable	No		n	Medias	Categoría
	Tratamiento	Tratamiento			
Hierro	1	Cocido	3	61.67 ± 7.79	A
	2	Crudo	3	65.00 ± 7.79	A
	4	Incaparina	3	71.67 ± 7.79	A
Zinc	1	Cocido	3	30.0 ± 1.92	A
	2	Crudo	3	33.3 ± 1.92	A
	4	Incaparina	3	125.0 ± 1.92	B

Fuente: elaboración propia año 2,021.

Las harinas para la elaboración de atol biofortificado presentaron el mismo contenido de hierro que la Incaparina, no así con el zinc, donde la Incaparina presentó valores mayores (125 mg Zn/kg), comparado con el atol biofortificado (30 mg Zn/kg).

Después de obtener los resultados de hierro y zinc se validó si el atol cumple con las condiciones para ser descrito como Fortificado con Hierro y Zinc, basado en el Reglamento Técnico Centroamericano de Etiquetado Nutricional (RTCA), que es el ente que rige el etiquetado nutricional de productos alimenticios preenvasados para consumo humano para la población a partir de los 3 años de edad, para Guatemala.

El RTCA (2002), indica que *“la información sobre vitaminas y minerales deberá expresarse en unidades del Sistema Internacional (SI) o en porcentaje del valor de referencia del nutriente (VRN). De referencia o en ambas, por 100 g o 100 mL o por porción, si se indica el número de porciones contenidas en el envase”*.

El RTC (2002), también indica que *“los VRN a utilizar serán de preferencia los establecidos por FAO/OMS o cualquier otra referencia, en todos los casos, se debe indicar al pie de la información nutricional, la referencia utilizada, citando el nombre de la misma”*.

Los valores de referencia se describen a continuación:

Tabla 13 Valores de referencia por nutrientes según FAO/OMS, utilizados para Guatemala, según Resolución No. 2812012.

Vitaminas y minerales	Unidad de medida	Valor de referencia del nutriente (VRN)
Vitamina A	µg	800
Vitamina D	µg	5
Vitamina C	Mg	60
Tiamina	Mg	1.4
Riboflavina	Mg	1.6
Niacina	Mg	18
Vitamina B6	Mg	2
Ácido fólico	µg	200
Vitamina B12	µg	1
Calcio	Mg	800
Magnesio	Mg	300
Hierro	Mg	14
Zinc	Mg	15
Yodo	µg	150

Fuente: Reglamento Técnico Centroamericano, 2011.

El RTC (2011), indica que para que un producto alimenticio pueda llamarse “Fuente, adicionado, enriquecido o fortificado” con Vitaminas y minerales (que sería el caso de Hierro y Zinc), debe cumplir con la siguiente condición: “El alimento contiene no menos de 15% de VRN (Valor de referencia de nutriente) por 100 g (sólidos), 7.5% de VRN por 100 mL (líquidos) ó 5% de VRN por 100 Kcal (12% de VRN por 1 MJ) ó 10% de VRN por porción de alimento”.

Basado en lo anterior se realizaron los cálculos para determinar si las harinas para elaborar el atol biofortificado cumplen con las condiciones para llamarse biofortificado con Hierro y/o Zinc.

Tabla 14 Validación de criterios para considerar el Atol fortificado, según el RTC.

Tratamiento	Cálculo según criterio de RTC	Criterio RTC	Decisión
Cocido	$\frac{617mgFe}{100g\ Atol} * 100g\ atol = 6.17mg\ Fe$	2.1 mg Fe	Sí cumple
Crudo	$\frac{650mgFe}{100g\ Atol} * 100g\ atol = 6.5mg\ Fe$	2.1 mg Fe	Sí cumple
Crudo licuado	$\frac{650mgFe}{100g\ Atol} * 100g\ atol = 6.5mg\ Fe$	2.1 mg Fe	Sí cumple
Incaparina	$\frac{717mgFe}{100g\ Atol} * 100g\ atol = 7.17mg\ Fe$	2.1 mg Fe	Sí cumple
Cocido	$\frac{300mg\ Zn}{100g\ Atol} * 100g\ atol = 3.0mg\ Zn$	2.25 mgZn	Sí cumple
Crudo	$\frac{330mg\ Zn}{100g\ Atol} * 100g\ atol = 3.3mg\ Zn$	2.25 mgZn	Sí cumple
Crudo licuado	$\frac{330mg\ Zn}{100g\ Atol} * 100g\ atol = 3.3mg\ Zn$	2.25 mgZn	Sí cumple
Incaparina	$\frac{717mg\ Zn}{100g\ Atol} * 100g\ atol = 7.17mg\ Zn$	2.25mgZn	Sí cumple

Fuente: elaboración propia año 2,021.

Efectivamente, el atol cumple con todos los requisitos, según el Reglamento Técnico Centroamericano de etiquetado nutricional, para llamarse Atol Fortificado con Hierro y Zinc.

8.3 Determinar el grado de aceptación de la formulación de atol a través de panel sensorial de estudiantes de una escuela pública en San Sebastián Retalhuleu

El panel sensorial se realizó en la Escuela Oficial Urbana Mixta No. 2, San Sebastián, Retalhuleu, donde participaron estudiantes de primero, segundo y tercero primaria, con edades entre 5 y 12 años, denominado grupo “Niños”. El segundo grupo de la evaluación estuvo conformado por las madres de familia, de descendencia indígena y ladina, con edades entre 25 y 65 años, denominado “Madres de familia”.

Se explicó a las madres de familia y niños sobre los objetivos de la reunión y como desarrollar la evaluación (Ver anexo No. 6). Cada panelista desarrolló 2 pruebas, la primera fue una prueba de aceptabilidad de los 4 tratamientos, la segunda fue una prueba de ranking.

Tabla 15 Medidas de resumen de panel sensorial para la prueba de aceptabilidad.

Tipo	Tratamiento	N	Media	Desv est	Var	Error estandar	Coef de var	Min	Max	Mediana
Madres de familia	Cocido	80	3.79	1.35	1.79	0.15	35.57	1	5	4
	Crudo	80	3.94	1.09	1.18	0.12	27.80	1	5	4
	Crudo licuado	80	3.38	1.34	1.78	0.15	39.83	1	5	4
	Incaparina	80	3.96	1.30	1.66	0.15	32.73	1	5	4
Niños	Cocido	111	3.80	1.20	1.42	0.11	31.49	1	5	4
	Crudo	110	4.05	1.23	1.49	0.12	30.22	1	5	4.5
	Crudo licuado	110	3.27	1.48	2.16	0.14	45.13	1	5	4
	Incaparina	111	4.14	1.27	1.60	0.12	30.67	1	5	5

Fuente: elaboración propia año 2,021.

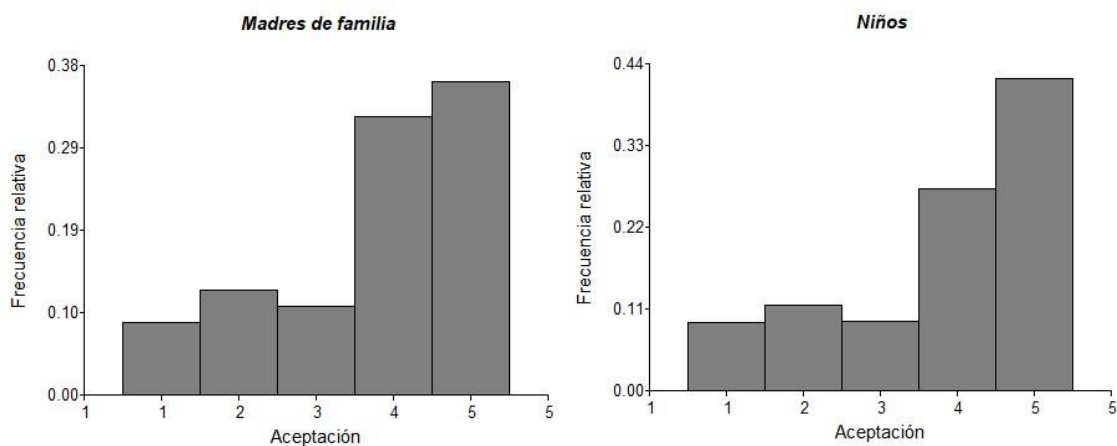
Las medidas de resumen permiten obtener una idea general de los resultados, la media indica que la aceptación de madres de familia en general estuvo entre 3.79-3.96, indicando una buena aceptación sensorial. La aceptación de los niños estuvo entre 3.27-4.14, indicando una buena aceptación sensorial.

Tabla 16 Medidas de resumen de panel sensorial para la prueba de ranking.

Tipo	Tratamiento	N	Media	Desv est	Var	Error estandar	Coef de var	Mín	Max	Mediana
Madres de familia	Cocido	80	2.43	1.17	1.34	0.13	48.11	1	4	2
	Crudo	81	2.41	1.03	1.06	0.11	42.96	1	4	2
	Crudo licuado	80	2.99	1.06	1.11	0.12	35.53	1	4	3
	Incaparina	79	2.18	1.07	1.13	0.12	49.20	1	4	2
Niños	Cocido	112	2.59	0.99	0.97	0.09	38.29	1	4	3
	Crudo	112	2.29	1.00	0.99	0.09	43.63	1	4	2
	Crudo licuado	112	3.22	0.97	0.92	0.09	29.95	1	4	4
	Incaparina	112	1.89	1.09	1.17	0.10	57.33	1	4	1

Fuente: elaboración propia año 2,021.

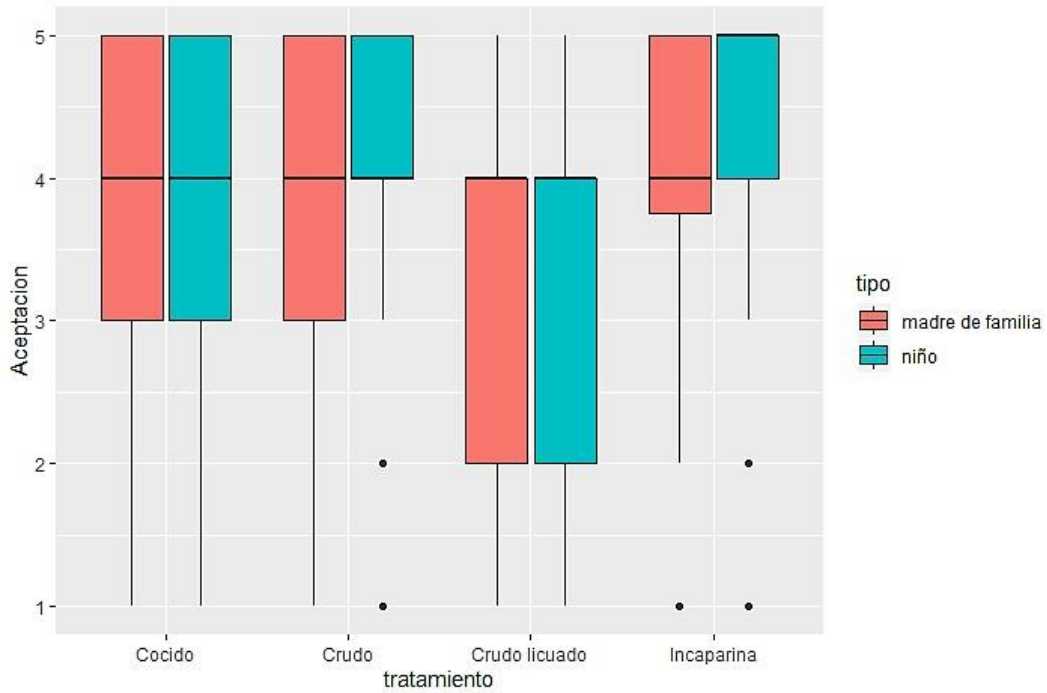
Figura 11 Histograma de frecuencia general para la prueba de aceptabilidad por cada grupo evaluado



Fuente: elaboración propia año 2,021.

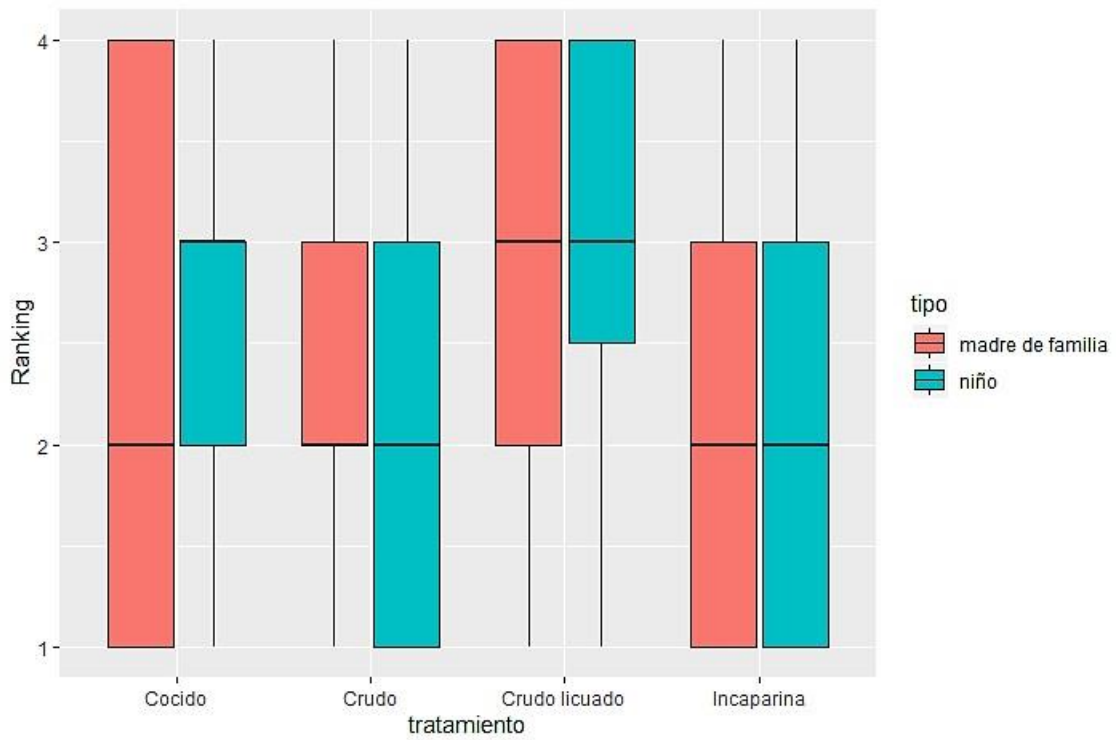
En términos generales el 60% de la muestra mostró alta aceptación indistintamente de los tratamientos, tanto para el grupo Madres de familia y Niños. Esto quiere decir que la fase previa de desarrollo por medio del panel sensorial de expertos, ayudó a que la aceptación de los grupos objetivos fuera buena.

Figura 12. Distribución de resultados de aceptabilidad por tratamiento



Fuente: elaboración propia año 2,021.

Figura 13. Distribución de resultados de prueba de ranking por tratamiento



Fuente: elaboración propia año 2,021.

Para determinar si existió diferencia significativa entre tratamientos para la aceptabilidad, se realizó el análisis de Kruskal Wallis.

Tabla 17 Análisis de Kruskal Wallis para Aceptabilidad, con 95% de confiabilidad.

Tipo	Tratamiento	n	Media	Desv est	Mediana	H	P
Madre de familia	Cocido	80	3.79	1.35	4	10.79	0.008
	Crudo	80	3.94	1.09	4		
	Crudo licuado	80	3.38	1.34	4		
	Incaparina	80	3.96	1.3	4		
Niño	Cocido	110	3.8	1.2	4	28.73	0.0001
	Crudo	110	4.05	1.23	4.5		
	Crudo licuado	110	3.27	1.48	4		
	Incaparina	110	4.14	1.27	5		

Fuente: elaboración propia año 2,021.

El análisis determinó diferencia significativa entre los tratamientos, por lo que a continuación se presenta la separación de tratamientos, según la prueba de rangos.

Tabla 18 Separación de tratamientos para prueba de aceptabilidad, tratamientos con letras en común son estadísticamente iguales.

Tipo	Tratamiento	Ranks	Categoría
Madre de familia	Crudo licuado	132.33	A
	Cocido	164.2	B
	Crudo	167.84	B
	Incaparina	177.64	B
Niños	Crudo licuado	172.08	A
	Cocido	213.19	B
	Crudo	243.67	BC
	Incaparina	256.81	C

Fuente: elaboración propia año 2,021.

El análisis determinó que para el grupo madres de familia, el primer lugar en aceptabilidad lo obtuvieron los tratamientos Incaparina, Crudo y Cocido (los 3 estadísticamente iguales), mientras que en segundo lugar el tratamiento Crudo licuado.

Para el grupo niños, el primer lugar en aceptabilidad lo obtuvieron los tratamientos Incaparina y crudo (estadísticamente iguales), en segundo lugar, el tratamiento cocido y en tercer lugar el tratamiento crudo licuado.

Tabla 19 Análisis de Kruskal Wallis para prueba de Ranking, con 95% de confiabilidad.

Tipo	Tratamiento	n	Media	Desv est	Mediana	H	P
Madres de familia	Cocido	80	2.43	1.17	2	21.22	0.0001
	Crudo	80	2.41	1.03	2		
	Crudo licuado	80	2.99	1.06	3		
	Incaparina	80	2.18	1.07	2		
Niños	Cocido	112	2.59	0.99	3	78.94	0.0001
	Crudo	112	2.29	1	2		
	Crudo licuado	112	3.22	0.97	4		
	Incaparina	112	1.89	1.09	1		

Fuente: elaboración propia año 2,021.

El análisis determinó diferencias significativas entre los tratamientos, por lo que a continuación se presenta la separación de tratamientos, según la prueba de rangos.

Tabla 20 Separación de tratamientos para prueba de Ranking, (letras distintas indican diferencia significativa).

Tipo	Tratamiento	Ranks	Categoría
Madres de familia	Incaparina	134.68	A
	Crudo	153.09	A
	Cocido	154.5	A
	Crudo licuado	199.5	B
Niños	Incaparina	156.5	A
	Crudo	201.5	B
	Cocido	234.5	B
	Crudo	305.5	C

Fuente: elaboración propia año 2,021.

9 DISCUSIÓN DE RESULTADOS

La dieta de los guatemaltecos se compone principalmente de maíz y frijol, donde su consumo incrementa en áreas rurales y en estratos de bajo nivel económico. El frijol ICTA Chortí se desarrolló con el objetivo principal de reducir los índices de desnutrición, anemia ferropática e incrementar la absorción de otros minerales como zinc, por medio del incremento del contenido de hierro y zinc en el grano de frijol (Martínez, C. 2018).

Según Martínez (2018), el maíz ICTA B-15 tiene un mayor contenido alimenticio en aminoácidos esenciales (Lisina y Triptófano) y zinc, aportando el equivalente al 90% de proteínas comparado con la leche de vaca, mientras que el maíz de consumo cotidiano aporta solamente el 40%.

Generalmente el incremento de nutrientes esenciales como hierro y zinc, en los materiales biofortificados puede generar sabores no agradables en niños.

En el presente estudio se utilizaron estos los materiales maíz ICTA B-15 y frijol ICTA Chortí biofortificados, para desarrollar un atol biofortificado con buena aceptación sensorial de niños y madres de familia vulnerables a la desnutrición y así este atol se pueda utilizar como vehículo, incrementar la ingesta de nutrientes esenciales para el crecimiento y reducir la anemia ferropénica en grupos vulnerables.

El panel sensorial conformado por expertos permitió caracterizar la aceptación de los principales atributos (olor, color, textura y sabor) de las 3 primeras propuestas desarrolladas. Según la prueba de Kruskal Wallis, el tratamiento Cocido mejoró la aceptación de olor, color y textura; el tratamiento Tostado obtuvo la puntuación más baja en olor, indicando que el proceso de tostado del frijol generó un olor no deseado en los panelistas. Mientras que el tratamiento crudo, mostró desventaja en color y textura.

Debido a que Crudo es el tratamiento de menor procesamiento para obtener la harina se decidió realizar mejoras de color y textura y continuar a la siguiente fase con dicho

tratamiento. Por otro lado, el tratamiento Tostado obtuvo la menor puntuación en olor, por lo tanto, se eliminó debido a que el atributo olor es crucial para lograr una buena aceptación, porque podría generar que la persona ni siquiera quiera probar el atol. Por las razones anteriores, los 3 tratamientos que continuaron a la segunda fase fueron los descritos en la tabla 4 (Cocido, Crudo, Crudo licuado e Incaparina como comparador).

Se obtuvieron los resultados de laboratorio de cantidades de hierro y zinc en la harina final de cada tratamiento de atol; por medio de la comparación de los resultados de hierro y zinc, con el Reglamento Técnico Centroamericano de etiquetado nutricional, se determinó que los atoles desarrollados, cumplen con todas las condiciones para llamarse Atol Fortificado con Hierro y Zinc, porque el contenido de hierro y zinc superaron el 15% del Valor de referencia neto diario en 100 gramos de harina de atol.

Según (Morales, R., 2004) uno de los problemas que enfrenta la población guatemalteca vulnerable a la desnutrición es la falta de recursos para optar a un tratamiento para reducir o prevenir la anemia ferropática en niños por los bajos recursos económicos (22.57% de la población vive en pobreza extrema). El atol fortificado con hierro y zinc presentado en este estudio es un producto que obtuvo una buena aceptación sensorial entre los niños y madres de familia, alcanzando valores promedios de 4 (me gusta), en una escala hedónica de 1 a 5 (1 me disgusta mucho, 5 me gusta mucho).

Varios estudios han demostrado que utilizar meriendas como atoles para aportar estos nutrientes esenciales han tenido éxito en mejorar el estatus nutricional de poblaciones de niños en regiones vulnerables. En Guatemala el referente es la Incaparina (Riviera, J., Habicht, J., 2002; Behar, M., 1963).

El Atol biofortificado a base de maíz ICTA B-15 y frijol ICTA Chortí, presentó la misma aceptabilidad que la Incaparina, un atol ampliamente conocido y desarrollado (Según prueba de Kruskal Wallis y separación de medias por rangos, con 95% de confiabilidad). Es decir, los tratamientos Crudo y Cocido, obtuvieron la misma

aceptabilidad que la Incaparina a pesar de su alto contenido de hierro y zinc (alrededor de 4/5 en la escala hedónica).

Por esta razón el atol biofortificado a base de maíz ICTA B-15 y frijol ICTA Chortí, tratamiento Crudo, puede ser un recurso muy práctico para el aporte de concentraciones de hierro y zinc, comparado con el consumo de maíz y frijol comercial, para aquellas poblaciones que presentan alta prevalencia de retraso de crecimiento y/o anemia, en las cuales la dieta se basa en maíz, frijol y vegetales (poco acceso a proteína de carne).

El atol biofortificado a base de maíz ICTA B-15 y frijol ICTA Chortí, se desarrolló tomando en cuenta las condiciones de la población vulnerable a desnutrición, por lo que el tratamiento Crudo, se puede elaborar en cualquier comunidad que cuente con un molino de Nixtamal que pueda procesar el grano de maíz y frijol para generar las harinas, y después mezclarse con los demás ingredientes, según lo descrito en su formulación (ver tabla 6), el tiempo de cocción está dentro del rango normal de elaboración de un atol, que es de 10 a 20 minutos de hervor, por lo que no genera gastos extras por uso de leña o gas.

10 CONCLUSIONES

1. La bebida nutritiva tipo atol a base de maíz blanco (ICTAB-15) y harina de frijol crudo (ICTA CHORTÍ) biofortificado presenta alta aceptación sensorial por estudiantes y madres de familia de la Escuela Oficial Urbana Mixta número dos de San Sebastián, Retalhuleu.
2. El desarrollo de los atoles se realizó tomando en cuenta las condiciones de las poblaciones vulnerables a desnutrición, para que sea replicable en cualquier comunidad que tenga acceso a molino de nixtamal para la elaboración de las harinas de maíz y frijol. Con el apoyo de un panel sensorial de expertos, se desarrollaron 3 formulaciones de atol biofortificado a base de maíz ICTA B-15 y frijol ICTA Chortí, nombrados Cocido, Crudo y Crudo licuado.
3. Por medio del análisis de laboratorio se determinó la concentración de hierro y zinc por tratamiento, los cuales presentaron los siguientes niveles: cocido 61.67 mg/kg Fe, 30.0 mg/kg Zn; crudo 65 mg/kg Fe, 33.33 mg/kg Zn, crudo licuado 65 mg/kg Fe, 33.33 mg/kg Zn e Incaparina 71.67 mg Fe, 125 mg/kg Zn. La concentración de hierro fue estadísticamente igual a lo que contiene la Incaparina, no así en la concentración de Zinc, donde la Incaparina fue superior al Atol biofortificado.
4. Según el Reglamento Técnico Centroamericano de etiquetado nutricional, todos los tratamientos cumplen con las condiciones para llamarse “fuente, adicionado, enriquecido o fortificado”.
5. El atol biofortificado a base de maíz ICTA B-15 y frijol ICTA Chortí, presentó la misma aceptabilidad que la Incaparina, un atol ampliamente conocido y desarrollado (Según prueba de Kruskal Wallis y separación de medias por rangos, con 95% de confiabilidad). Es decir, los tratamientos crudo y cocido, obtuvieron la misma aceptabilidad que la Incaparina a pesar de su alto contenido de hierro y zinc (alrededor de 5 en la escala hedónica).

11 RECOMENDACIONES

1. Evaluar otros métodos de molienda del grano para mejorar las características sensoriales del atol de maíz y frijol.
2. Realizar pruebas de aceptación sensorial en poblaciones del altiplano, donde la preferencia del atol podría variar por factores culturales.
3. Elaborar los análisis bromatológicos, a todos los ingredientes que se deseen utilizar para la elaboración de una bebida nutricional tipo atole.
4. Desarrollar investigaciones sobre alimentos en los cuales se use la harina de maíz y frijol biofortificado, las cuales mostraron porcentajes altos de contenido de hierro y zinc considerable en análisis realizados en laboratorio.

12 REFERENCIAS

- Díaz, A. (26 de 07 de 2013). Nueva mujer. *Revista Lifestyle* 3, (8), 22. Recuperado de <https://www.nuevamujer.com/lifestyle/2013/07/26/que-es-y-como-se-prepara-el-atole.html>
- Espinosa, M. J. (2012). *Evaluación sensorial de los alimentos*. Cuba: Universitaria.
- FAO. (2022). *Programa especial para la seguridad alimentaria (PESA) Centroamérica*. Obtenido de <https://www.fao.org/in-action/pesa-centroamerica/temas/conceptos-basicos/es/#:~:text=Se%20refiere%20a%20que%20las,con%20equidad%20dentro%20del%20hogar.>
- Forrellat, M. (2016). Regulación del metabolismo del hierro. *Revista Cubana de Hematología*, 4-(14) 23. Recuperado de <http://www.revhematologia.sld.cu/index.php/hih>
- Fox, B. C. (2020). *Ciencia de los alimentos, Nutrición y salud*. Obtenido de https://www.scielo.sa.cr/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0001-60022003000300007
- González, R. (2015). Biodisponibilidad del hierro. *Revista Costarricense de Salud Pública*, 14, (26) 18. Recuperado de https://www.scielo.sa.cr/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1409-14292005000100003#:~:text=Se%20conoce%20como%20biodisponibilidad%20del,hem%C3%ADnico%20y%20hierro%20no%20hem%C3%ADnico.
- Guillen-Molina, M. (2015). *Tópicos selectos de sustentabilidad*. México: Ujed.
- INCAP. (2015). *CADENA: Alimentos Nutricionalmente fortificados*. Obtenido de <http://www.incap.int/index.php/es/alimentos-fortificados4>

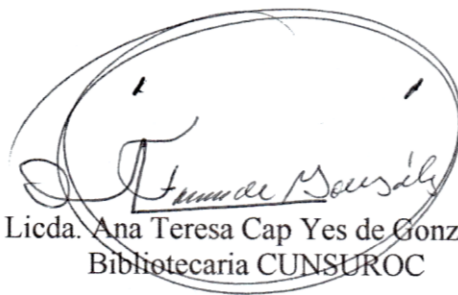
- ICTA. Instituto de Ciencia y Tecnología Agrícolas, I. (2021). *Investigación para el desarrollo agrícola*. Obtenido de <https://www.icta.gob.gt/frijol#:~:text=El%20cultivo%20de%20frijol%20en,de%2058%20gramos%20por%20d%C3%ADa>.
- Morales, R. (2004). La definición de la pobreza extrema de Guatemala. Consultado el 06 de octubre de 2021, en: <https://www.grin.com/document/208115>
- Pachón, E. (s/f). *Qué son los cultivos biofortificados*. Colombia: Cgiar.
- Quiroz, C. M. (2017). *La biofortificación de cultivos: una alternativa que contribuye a la seguridad alimentaria y nutricional*. Durango, México: Ujed.
- Reglamento Técnico Centroamericano de etiquetado nutricional, RTCA. (2011). *Normas vigentes para etiquetado nutricional en Guatemala, Resolución 2812012*. en: <https://www.mspas.gob.gt/images/files/drca/normativasvigentes/RTCAEtiquetadoNutricionalFinal.pdf>
- Rubio, C., González, WD., Martín-Izquierdo, R., Revert, C., Rodríguez, I., y Hardisson, A. (2007). El zinc: oligoelemento esencial. *Revista Medline Plus*. 22, (18) 101-7. recuperado el 22 del 02 de 2022 de, <https://medlineplus.gov/spanish/ency/article/002416.htm#:~:text=El%20zinc%20es%20un%20oligoelemento,su%20concentraci%C3%B3n%20en%20el%20organismo>.
- Sebastián, O.M. (2009). *Calidad de vida de los municipios de Guatemala*. Guatemala:Epasa.
- SESAN. (2017). *Importancia del maíz y frijol en la dieta de los guatemaltecos*. Obtenido de <http://www.sesan.gob.gt/wordpress/2017/09/19/importancia-del-maiz-y-frijol-en-la-dieta-de-los-guatemaltecos/>

SESAN, (2022). *Pronóstico de seguridad alimentaria y nutricional*. Obtenido de <http://www.sesan.gob.gt/wordpress/wp-content/uploads/2019/08/PRONOSTICO-SAN-JULIO-SEPT-2019.pdf>

SESAN, (2020). *La biofortificación como alternativa complementaria en el mejoramiento de la SAN*. Obtenido de <http://www.sesan.gob.gt/wordpress/2020/01/22/la-biofortificacion-como-alternativa-complementaria-en-el-mejoramiento-de-la-san/>

Torres, AR. y Bahr, VP. (2004). El zinc: la chispa de la vida. *Rev Cubana Pediatr.* 3 (6),76. Recuperado el 18 de 01 del 2022 de, http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0034-75312004000400008&lng=es&nrm=iso&tlng=es

UNICEF. (2022). *En Guatemala el 49.8% de los niños sufre desnutrición crónica*. Obtenido de <https://www.unicef.es/noticia/en-guatemala-el-498-de-los-ninos-sufre-desnutricion-cronica-maria-claudia-santizo-oficial#:~:text=de%20la%20escuela.-,En%20Guatemala%20el%2049%2C8%25%20de%20los%20ni%C3%B1os%20sufre%20desnutrici%C3%B3n,el%20problema%20de%20la>



Licda. Ana Teresa Cap Yes de González
Bibliotecaria CUNSUROC



13 Fotografías

Fotografía 1 Hoja de evaluación sensorial a potenciales consumidores del -ICTA-.



USAC
TRICENTENARIA
Universidad de San Carlos de Guatemala



Universidad San Carlos de Guatemala

Ingeniería en alimentos

Estudiante: Ilse Grisell Barillas

EVALUACIÓN SENSORIAL DE UNA BEBIDA TIPO ATOL A BASE DE MAÍZ BLANCO (ICTA-HB18) Y HARINA DE FRIJOL CRUDO (ICTA CHORTI) DIRIGIDA COMO MERIENDA ESCOLAR DE PRIMARIA EN EL MUNICIPIO DE SAN SEBASTIÁN, RETALHULEU.

INSTRUCCIONES

Frente a usted se presentan 4 muestras de atol. Por favor, observe y pruebe cada una de ellas, yendo de izquierda a derecha. Indique el grado que le gusta o le disgusta cada atributo de cada muestra, de acuerdo con el puntaje/categoría, escribiendo el número correspondiente en la línea del código de la muestra.

NOTA: Recuerde tomar agua y comer una porción de manzana verde entre muestras.

Puntaje	Categoría	Puntaje	Categoría
1	Me disgusta extremadamente	4	Me gusta moderadamente
2	Me disgusta moderadamente	5	Me gusta extremadamente
3	No me gusta ni me disgusta		

Fuente: elaboración propia año 2,021.

Código	Calificación para cada atributo			
	Olor	Color	Sabor	Textura

OBSERVACIONES: _____

Fotografía 2. Formato de evaluación sensorial a estudiantes y madres de familia, escuela Oficial Urbana mixta No.2



USAC
TRICENTENARIA
Universidad de San Carlos de Guatemala



Universidad San Carlos de Guatemala
Ingeniería en alimentos
Estudiante: Ilse Grisell Barillas

FORMATO DE REGISTRO DE EVALUACIÓN SENSORIAL

INSTRUCCIONES: Frente a usted hay 4 muestras de atol, por cada muestra debe colocar el código y por favor, marque con una X la carita que mejor describa su opinión sobre el atol que acaba de probar.

FECHA: _____

CÓDIGO:	 Me disgusta mucho	 Me disgusta un poco	 Ni me gusta ni me disgusta	 Me gusta poco	 Me gusta mucho
---------	--	--	---	--	---

CÓDIGO:	 Me disgusta mucho	 Me disgusta un poco	 Ni me gusta ni me disgusta	 Me gusta poco	 Me gusta mucho
---------	--	--	---	--	---

Fuente: elaboración propia año 2,021.

CÓDIGO:	    
	Me disgusta mucho Me disgusta un poco Ni me gusta ni me disgusta Me gusta poco Me gusta mucho

CÓDIGO:	    
	Me disgusta mucho Me disgusta un poco Ni me gusta ni me disgusta Me gusta poco Me gusta mucho

INSTRUCCIONES: realice una categorización de los 4 atoles que probó indicando, según su opinión cual fue el que más le gustó

CÓDIGO	PUESTO
	PRIMER LUGAR
	SEGUNDO LUGAR
	TERCER LUGAR
	CUARTO LUGAR

¡MUCHAS GRACIAS!

Fuente: elaboración propia año 2,021.

Fotografía 3. Evaluación sensorial a expertos del -ICTA- para determinar la mejor formulación de bebida tipo atol.



Fotografía 4. Muestras en el laboratorio de panel sensorial en Instituto de Ciencia y Tecnología Agrícola -ICTA-



Fotografía 5. Reunión con expertos panelistas en el Instituto de Ciencia y Tecnología Agrícola -ICTA- para conocer la opinión de cada experto, con respecto al panel sensorial.



Fotografía 6. Explicación a madres de familia y niños sobre los objetivos de la reunión y como desarrollar la evaluación.



Fotografía 7 Realización panel sensorial por estudiantes de la escuela oficial urbana mixta No.2



Fotografía 8. Evaluación sensorial a bebida tipo atol a base de maíz y frijol biofortificado.



Fotografía 9. Entrega de bolsita con útiles escolares y víveres.



Fotografía 10 Informe análisis de tratamientos, para determinar cantidades de hierro (Fe) y Zinc (Zn).



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
 FACULTAD DE AGRONOMÍA
 LABORATORIO DE SUELO-PLANTA-AGUA "SALVADOR CASTILLO ORELLANA"



INTERESADO: CARLOS MAZARIEGOS
PROCEDENCIA: RETALHULEU
FECHA DE INGRESO: 21/10/21

ANALISIS QUIMICO DE ATOLES

IDENTIFICACION		ppm	
		Zn	Fe
M-1	ICTA T1R1 Cocido	30	95
M-2	ICTA T1R2 Cocido	30	60
M-3	ICTA T1R3 Cocido	30	60
M-4	ICTA T2R1 Crudo	30	60
M-5	ICTA T2R2 Crudo	35	65
M-6	ICTA T2R3 Crudo	35	60
M-7	ICTA T3R1 Incaparina	125	60
M-8	ICTA T3R2 Incaparina	130	70
M-9	ICTA T3R3 Incaparina	120	65



CAMPUS CENTRAL, UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
 EDIFICIO VIVIER, TERCER NIVEL, CIUDAD UNIVERSITARIA, ZONA 12 GUATEMALA
 CÓDIGO POSTAL 01012. APARTADO POSTAL 1545. TEL.: (502) 24188000, EXTENSIÓN 1759

14 Apéndice

Figura A1

Hoja de Registro de panel sensorial para estudiantes y madres de familia

Universidad San Carlos de Guatemala	
CUNSUROC	
Ingeniería en Alimentos	
Hoja de Registro para panel sensorial, Escuela pública San Sebastián, Retalhuleu	
Nombre de la madre:	
Nombre del hijo(a)	
Grado Académico	
Dirección de casa	
Comentario y/u Observaciones	

Fuente: elaboración propia año 2,021.

15 Glosario

1. Biofortificación

Es el proceso de aumentar el valor nutricional de los cultivos alimentarios al aumentar la densidad de vitaminas y minerales en un cultivo a través del cultivo convencional de plantas, prácticas agronómicas o biotecnología. Los ejemplos de estas vitaminas y minerales que se pueden aumentar a través de la biofortificación incluyen provitamina A carotenoides, zinc y hierro.

2. Biodisponibilidad

El concepto de biodisponibilidad para cualquier nutriente, incluidos los aminoácidos y otros componentes alimentarios, expresa la proporción de la cantidad total, en este caso de aminoácidos presentes en la dieta, que pueden ser absorbidos y utilizados metabólicamente.

3. Infostat

Es un software para análisis estadístico de aplicación general desarrollado bajo la plataforma Windows. Cubre tanto las necesidades elementales para la obtención de estadísticas descriptivas y gráficos para el análisis exploratorio, como métodos avanzados de modelación estadística y análisis multivariado.

4. Fortificación

Adición de uno o más nutrientes a un alimento a fin de mejorar su calidad para las personas que lo consumen, en general con el objeto de reducir o controlar una carencia de nutrientes.

5. Análisis de Kruskal Wallis

El test de Kruskal-Wallis, también conocido como test H, es la alternativa no paramétrica al test ANOVA de una vía para datos no pareados. Se trata de una extensión del test de Mann-Whitney para más de dos grupos. Es por lo tanto de un test

que emplea rangos para contrastar la hipótesis de que k muestras han sido obtenidas de una misma población.

6. Molienda

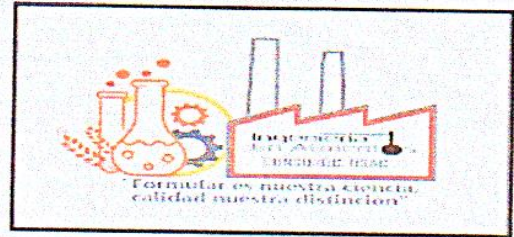
El término molienda es de uso común, se refiere a la pulverización y a la dispersión del material sólido. Pueden ser granos de cereal, uva, aceitunas, etc. en productos de alimentación. Aunque también pueden ser piedras o cualquier otro material sólido.

7. Nixtamalización

Es el proceso milenario de origen mesoamericano por el cual se prepara la harina de maíz. La palabra proviene de nixtamal, a su vez del náhuatl nextli ("cenizas de 92 cal") y tamalli (masa de maíz cocido). Para esto se hierve el grano del maíz en una olla de barro con dos litros de agua y dos cucharadas de cal por kilo de maíz. Se calienta lentamente mientras se revuelve con un cucharón de madera para, luego de hervirse, dejarlo reposar durante la noche hasta el día siguiente, tiempo en el que revienta y se separa el grano de la cáscara (llamada hollejo).



USAC
TRICENTENARIA
Universidad de San Carlos de Guatemala



Mazatenango, Suchitepéquez febrero 2, 2022.

Comisión de Trabajo de Graduación
Carrera de Ingeniería en alimentos
Centro Universitario del Sur Occidente, USAC

Estimados Señores:

Atentamente, me dirijo a ustedes deseándoles toda clase de éxitos en sus actividades cotidianas.

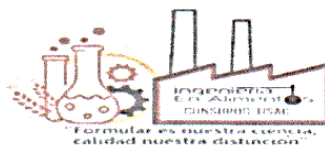
El objeto de la presente es para manifestarles que hemos realizado la revisión de las correcciones correspondientes a Seminario II y estamos de acuerdo con las mismas para el trabajo de graduación titulado **"FORMULACIÓN Y EVALUACIÓN SENSORIAL DE UNA BEBIDA TIPO ATOL A BASE DE MAÍZ BLANCO (ICTAB-15) Y HARINA DE FRIJOL CRUDO (ICTA CHORTI) DIRIGIDA A ESTUDIANTES DE PRIMARIA Y MADRES DE FAMILIA EN EL MUNICIPIO DE SAN SEBASTIÁN, RETALHULEU"** el cual fue elaborado por la estudiante T. U Ilse Grisell Barillas con carné 201242150 y el CUI 2464387541102.

Agradeciendo la atención prestada y sin otro particular, me suscribo de ustedes,
"Id y Enseñad a todos"

M.Sc. Sammy Ramírez Juárez

M.Sc. Víctor Manuel Nájera Toledo

Ing. En Alimentos. Carlos Hernández



Mazatenango, Suchitepéquez Marzo 2, 2022.

Comisión de Trabajo de Graduación
Ingeniería en Alimentos
Universidad de San Carlos de Guatemala
Centro Universitario de Sur Occidente

Distinguidos señores:

Reciban un cordial saludo, esperando que les vaya bien en sus actividades diarias.

El motivo de la presente es para solicitarles el trámite correspondiente para el "Imprimase", del trabajo de graduación titulado: "FORMULACIÓN Y EVALUACIÓN SENSORIAL DE UNA BEBIDA TIPO ATOL A BASE DE MAÍZ BLANCO (ICTAB-15) Y HARINA DE FRIJOL CRUDO (ICTA CHORTI) DIRIGIDA A ESTUDIANTES DE PRIMARIA Y MADRES DE FAMILIA EN EL MUNICIPIO DE SAN SEBASTIÁN, RETALHULEU", el cual ya posee el aval de los evaluadores de Seminario II, por lo que adjunto a la presente la carta respectiva y el documento de Seminario II, aprobado.

Sin otro particular, me suscribo de ustedes.

"ID Y ENSEÑAD A TODOS"

Ilse Grisell Barillas
Carné: 201242150
CUI: 2464387541102
Cel: 58647709



Mazatenango, 02 de marzo de 2022.

M.Sc. Ing. Víctor Manuel Nájera Toledo
Coordinador Carrera de Ingeniería en Alimentos.
CUNSUROC –USAC–.
Presente.

Le escribo cordialmente, deseándole éxitos en sus labores diarias.

El motivo de la presente, es para informarle que la Comisión de Trabajo de Graduación ha recibido el informe revisado de los asesores nombrados y las correcciones correspondientes de la terna evaluadora de la evaluación de seminario II, del Trabajo de Graduación titulado: **“Formulación y evaluación sensorial de una bebida tipo atol a base de maíz blanco (ICTAB-15) y harina de frijol crudo (ICTA Chortí) dirigida a estudiantes de primaria y madres de familia en el municipio de San Sebastián, Retalhuleu.”** del (la) estudiante: **Ilse Grisell Barillas**, identificado (a) con número de carné: **201242150**.

El documento antes mencionado presenta los requisitos establecidos de redacción y corrección, para que proceda con los trámites correspondientes, para obtener el **Imprímase**.

Deferentemente.

A handwritten signature in blue ink, which appears to read "Marvin Manolo Sánchez López", is written over a horizontal line.

M.Sc. Ing. Marvin Manolo Sánchez López.
Secretario de Comisión de Trabajo de Graduación
Carrera de Ingeniería en Alimentos



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
CENTRO UNIVERSITARIO DEL SUR OCCIDENTE
MAZATENANGO, SUCHITEPEQUEZ
DIRECCIÓN DEL CENTRO UNIVERSITARIO

CUNSUROC/USAC-I-11-2022

DIRECCION DEL CENTRO UNIVERSITARIO DEL SUROCCIDENTE,
Mazatenango, Suchitepéquez, treinta de marzo de dos mil veintidós-----

Encontrándose agregados al expediente los dictámenes del asesor y revisor, SE AUTORIZA LA IMPRESIÓN DEL TRABAJO DE GRADUACIÓN TITULADO: **“FORMULACIÓN Y EVALUACIÓN SENSORIAL DE UNA BEBIDA TIPO ATOL A BASE DE MAÍZ BLANCO (ICTAB-15) Y HARINA DE FRIJOL CRUDO (ICTA CHORTI) DIRIGIDA A ESTUDIANTES DE PRIMARIA Y MADRES DE FAMILIA EN EL MUNICIPIO DE SAN SEBASTIÁN, RETALHULEU”**, de la estudiante: **TPA. Ilse Grisell Barillas**, carné **201242150**. CUI: **2464 38754 1102** de la carrera Ingeniería en Alimentos.

“ID Y ENSEÑAD A TODOS”

A handwritten signature in blue ink over a circular official stamp. The stamp contains the text "UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA", "CENTRO UNIVERSITARIO DEL SUR OCCIDENTE", "DIRECCIÓN", and "C.A. Mazatenango".

M.A. Luis Carlos Muñoz López
Director

/gris