

UNIVERSIDAD DEL VALLE DE GUATEMALA

Facultad de Ingeniería



Formulación y evaluación nutricional de una harina a base de maíz  
nixtamalizado con frijol tepari (*P. acutifolius*) aplicable para la  
elaboración de tortillas, tamalitos y atol

Trabajo de graduación en modalidad de tesis presentado por

María Andrea Alvarez Porras

para optar al grado académico de Licenciada en Ingeniería en Ciencias de  
Alimentos

Guatemala

2019



Formulación y evaluación nutricional de una harina a base de maíz  
nixtamalizado con frijol tepari (*P. acutifolius*) aplicable para la  
elaboración de tortillas, tamalitos y atol

UNIVERSIDAD DEL VALLE DE GUATEMALA

Facultad de Ingeniería



Formulación y evaluación nutricional de una harina a base de maíz  
nixtamalizado con frijol tepari (*P. acutifolius*) aplicable para la  
elaboración de tortillas, tamalitos y atol

Trabajo de graduación en modalidad de tesis presentado por

María Andrea Alvarez Porras

para optar al grado académico de Licenciada en Ingeniería en Ciencias de  
Alimentos

Guatemala

2019

Vo. Bo. :

(f)   
Licda. Ana Lucía Kroker

Tribunal Examinador:

(f)   
Licda. Ana Lucía Kroker

(f)   
Licda. Ana Silvia Colmenares

(f)   
Licda. Patricia Palacios

Fecha de aprobación: Guatemala 04 de diciembre de 2019

## ÍNDICE

Listado de cuadros.....	vii
Listado de figuras.....	ix
Resumen.....	x
I. Introducción .....	1
II. Objetivos .....	2
A. General .....	2
B. Específicos.....	2
III. Justificación.....	3
IV. Marco teórico .....	5
A. Desnutrición y malnutrición en Guatemala.....	5
1. Definición de desnutrición y malnutrición .....	5
B. Desnutrición proteica Kwashiorkor.....	5
C. Anemia .....	8
1. Descripción .....	8
2. Requerimientos nutricionales .....	8
3. Situación en Guatemala .....	8
D. Maíz Nixtamalizado .....	9
E. Frijol tepari .....	11
F. Sequía en Guatemala .....	14
G. Productos populares de Guatemala .....	15
H. Análisis de hierro y calcio .....	16
I. Análisis Proteico.....	16
1. Cuantificación de proteínas por método de Kjeldahl .....	16
2. Cuantificación de aminoácidos.....	17
V. Antecedentes .....	18
VI. Metodología .....	20

A.	Localización .....	20
B.	Clasificación de variables.....	20
C.	Materiales y equipos.....	22
D.	Métodos .....	26
	1. Desarrollo de harina a base de maíz nixtamalizado y frijol tepari .	26
E.	Presupuesto.....	35
VII.	Resultados .....	37
VIII.	Análisis de resultados.....	55
IX.	Conclusiones .....	65
X.	Recomendaciones.....	66
XI.	Bibliografía.....	67
XII.	Anexos.....	72

## LISTADO DE CUADROS

Cuadro 1. Descripción de macronutrientes en el maíz blanco. ....	9
Cuadro 2. Cantidad de los componentes nutricionales contenidos en el frijol tepari.....	12
Cuadro 3. Aminoácidos de una proteína ideal para niños mayores a 1 año y adultos. ....	13
Cuadro 4. Diferencias principales en cuanto a contenido nutricional de frijol tepari y frijol común. .....	18
Cuadro 5. Clasificación de variables de metodología propuesta.....	20
Cuadro 6. Recursos necesarios para la formulación de harinas .....	22
Cuadro 7. Recursos necesarios para la elaboración de tortillas, tamalitos y atol. ....	22
Cuadro 8. Recursos necesarios para la prueba de consumidor con 60 panelistas. ....	23
Cuadro 9. Recursos necesarios para el análisis proximal de las harinas. ....	23
Cuadro 10. Recursos necesarios para el análisis de lisina.....	24
Cuadro 11. Recursos necesarios para el análisis de triptófano.....	25
Cuadro 12. Recursos necesarios para el análisis de hierro y calcio. ....	26
Cuadro 13. Matrices elaboradas para el desarrollo de la harina.....	26
Cuadro 14. Recursos financieros requeridos para llevar a cabo el proyecto. ....	35
Cuadro 15. Características finales de las harinas elaboradas a base de frijol tepari y de la harina de maíz nixtamalizado comercial.....	39
Cuadro 16. Características finales de las formulaciones elaboradas.....	40
Cuadro 17. Análisis de costos para cada formulación elaborada. ....	40
Cuadro 18. Grupo focal para desarrollo de tortillas, tamalitos y atol con las harinas elaboradas...	41
Cuadro 19. Formulación final de tortillas, tamalitos y atol con las harinas elaboradas. ....	41
Cuadro 20. Caracterización de tortillas elaboradas con cada formulación. ....	42
Cuadro 21. Caracterización de tamalitos elaborados con cada formulación.....	42
Cuadro 22. Caracterización de atol elaborado con cada formulación.....	42
Cuadro 23. Evaluación sensorial de tortillas elaboradas con todas las formulaciones.....	43
Cuadro 24. Evaluación de inclusión de tortillas elaboradas con todas las formulaciones. ....	44
Cuadro 25. Evaluación sensorial de tamalitos elaborados con todas las formulaciones.....	44

Cuadro 26. Evaluación de inclusión de tamalitos elaborados con todas las formulaciones.....	45
Cuadro 27. Evaluación sensorial de atol elaborado con todas las formulaciones. ....	46
Cuadro 28. Evaluación de inclusión de atol elaborado con todas las formulaciones.....	47
Cuadro 29. Análisis proximal de las harinas utilizadas.....	48
Cuadro 30. Análisis nutricional de las harinas utilizadas.....	49
Cuadro 31. Análisis proximal de las harinas elaboradas.....	49
Cuadro 32. Análisis nutricional de las harinas elaboradas.....	50
Cuadro 33. Comparación de harinas por costo, aceptación sensorial y valor nutricional.....	50

## LISTADO DE FIGURAS

Figura 1. Tasa de pobreza extrema por departamento en el área rural de Guatemala 2011.....	7
Figura 2. Mapa de Guatemala categorizado por nivel de amenaza de sequía.....	14
Figura 3. Diagrama de flujo para la elaboración de las harinas.....	27
Figura 4. Diagramas de flujo para la elaboración de las tortillas, tamalitos y atol.....	29
Figura 5. Escalas de 10 puntos utilizadas para la evaluación de formulaciones.....	35
Figura 6. Curva de secado del frijol tepari blanco y negro.....	37
Figura 7. Granulometría en primera y segunda molienda del frijol tepari blanco seco.....	38
Figura 8. Granulometría en primera y segunda molienda del frijol tepari negro seco.....	38
Figura 9. Evaluación sensorial de tortillas elaboradas con todas las formulaciones.....	43
Figura 10. Evaluación inclusión de tortillas elaboradas con todas las formulaciones.....	44
Figura 11. Evaluación sensorial de tamalitos elaborados con todas las formulaciones.....	45
Figura 12. Evaluación inclusión de tortillas elaboradas con todas las formulaciones.....	46
Figura 13. Evaluación sensorial del atol elaborado con todas las formulaciones.....	47
Figura 14. Evaluación inclusión de atol elaborado con todas las formulaciones.....	48
Figura 15. Guía de elaboración de tortillas, tamalitos y atol con las harinas elaboradas.....	51

## RESUMEN

El objetivo principal de este trabajo fue formular una harina a base de maíz (*Zea mays*) nixtamalizado y frijol tepari (*P. acutifolius*) aplicable para la elaboración de tortillas, tamalitos y atol. La importancia de este estudio radica en que en Guatemala hasta un 55% de los niños y niñas menores a 5 años presentan desnutrición crónica. Además, de la canasta básica alimentaria, los productos a base de maíz representan la mayor parte del consumo, causando deficiencias en la calidad proteica. En cuanto a los resultados obtenidos, se determinó que el desarrollo de las harinas de frijol tepari fue aceptable al obtener un tamaño de partícula homogénea y humedad y actividad de agua bajas que aumentan su vida útil. Además, se observó que las harinas de frijol tepari blanco tuvieron mejores resultados en cuanto a aceptación sensorial, pero las de frijol tepari negro fueron mejores en cuanto a costos. En cambio, en la evaluación nutricional, las formulaciones 82B (80% harina de maíz nixtamalizado y 20% harina de frijol blanco) y 82N (80% harina de maíz nixtamalizado y 20% harina de frijol negro) fueron las más adecuadas al incrementar la calidad proteica de la harina de maíz nixtamalizado con lisina de 43.22mg/g proteína y 43.73mg/g proteína, respectivamente y con triptófano de 6.33mg/g proteína y 6.71 mg/g proteína, respectivamente.

En conclusión, se determinó que es efectivo implementar la formulación con 80% de harina de maíz nixtamalizado y 20% de frijol tepari blanco al ser mejor en cuanto a la combinación de aceptación sensorial, costos y calidad nutricional. Asimismo, la elaboración de tortillas, tamalitos y atol a partir de una harina es adecuada para que el proceso de elaboración sea más rápido y haya mayor accesibilidad a esta mezcla con proporciones preestablecidas. No obstante, se recomienda evaluar diferentes estrategias para hacer que el precio sea más competitivo y accesible a la población guatemalteca.

# I. INTRODUCCIÓN

Este trabajo pretendió analizar la aceptación sensorial y el contenido nutricional de una harina elaborada a base de harina de maíz nixtamalizado y frijol Tepari, aplicable para la elaboración de tortillas, tamalitos y atol. Con los resultados obtenidos de este análisis se hizo una comparación de costos y se desarrolló un proceso para la elaboración de la harina, la cual facilita la preparación de los productos mencionados.

La metodología se dividió en seis fases: desarrollo de las harinas a base de maíz y frijol, elaboración de tortillas, tamalitos y atol, análisis de aceptación sensorial, análisis nutricional de la harina más aceptada, comparación de costos y elaboración de una guía para la preparación de los productos evaluados. Para el desarrollo de las harinas se necesitaron equipos para el proceso de secado, molienda y mezclado, principalmente. En el desarrollo de los productos y la comparación de costos fue necesario aprender sobre el proceso de elaboración de productos a base de maíz y llevar a cabo grupos focales para comprender el proceso tradicional. Para el análisis de aceptación sensorial se utilizó una prueba hedónica de 5 puntos con 60 panelistas delimitando el panel a trabajadores de la Universidad del Valle de Guatemala con consumo frecuente de tortillas de maíz. Por otro lado, en los análisis de contenido nutricional, se procedió a realizar un análisis proximal y cuantificación de lisina, triptófano, hierro y calcio de la harina más aceptada. Por último, la guía se diseñó para que pueda entenderse por personas del área rural con el fin de transmitir los beneficios de la harina y el proceso para elaborar tortillas, tamalitos y atol a base de esta.

En conclusión, se determinó que las formulaciones con harina de frijol blanco fueron las más adecuadas ya que presentaron mayor aceptación por parte de los consumidores. En contraste, se obtuvo que, en cuanto al proceso, es más adecuado aplicar frijol negro ya que los tiempos de secado son reducidos y el rendimiento es mayor implicando menores costos. Por otro lado, considerando la aceptación, los costos y el valor nutricional es recomendable emplear la formulación con 80% harina de maíz nixtamalizado y 20% de harina de frijol blanco al presentar mejores resultados. El desarrollo de la harina es recomendable ya que presenta facilidad en el desarrollo de productos y aumenta el valor nutricional de la harina de maíz nixtamalizado.

## II. OBJETIVOS

### A. GENERAL

Formular una harina a base de maíz nixtamalizado y frijol tepari (*P. acutifolius*).

### B. ESPECÍFICOS

1. Elaborar cuatro formulaciones de harina a base de maíz nixtamalizado con dos diferentes proporciones de frijol tepari para las variedades blanco y negro.
2. Determinar el costo implicado en la elaboración de las harinas.
3. Desarrollar tortillas, tamalitos y atol a base de las harinas elaboradas.
4. Evaluar la aceptabilidad de tortillas, tamalitos y atol elaborados a base de las harinas formuladas, respecto a la apariencia, sabor y textura.
5. Comparar el valor nutricional de las harinas elaboradas.
6. Elaborar una guía que incluya el proceso de elaboración de tortillas, tamalitos y atol utilizando la harina formulada, dirigido a guatemaltecos pertenecientes al área rural.

### III. JUSTIFICACIÓN

Guatemala es uno de los países con mayor población perteneciente al quintil inferior de riqueza, siendo un 59.3% la población que tiene un consumo por debajo de Q10,218 al año. Solo un 14% de las mujeres en esta área termina la primaria y un 22% nunca tiene algún nivel de educación, mientras que para los hombres solo un 14% y 16%, respectivamente. Esto se debe a la necesidad de trabajar, incluso cuando ganan en promedio Q1279 para labores en agricultura. (INE, 2011) Este nivel de pobreza se refleja en los problemas de desnutrición y salud que se viven en este país. En este hasta un 55% de los niños y niñas menores a 5 años presentan desnutrición crónica y un 15.7% de las mujeres entre 15 y 49 años presenta problemas de anemia. (ENSMI, 2017)

En Guatemala, dentro de los alimentos que se mencionan en la canasta básica alimentaria, las tortillas de maíz y los frijoles son de los mayores gastos para un hogar de 5 personas. Siendo estos la principal fuente de cereales y leguminosas ingeridos al día. Para las tortillas de maíz se estima un costo diario de Q14.35 por 460g y para el frijol de Q4.00 por 460g. (INE, 2018) Los productos de maíz nixtamalizado, como las tortillas, son de gran importancia para la dieta de los guatemaltecos ya que constituyen el 72% de la dieta de la población del área rural. Estos proveen hasta un 59% y 45% de ingesta diaria de calorías y proteínas, respectivamente. (González, 2005) Sin embargo, la desventaja del maíz como mayor fuente proteica es su deficiencia en lisina y triptófano, con un valor biológico de 32%. (Bressani y Godínez, 2003) Por lo tanto, este resulta conveniente combinarlo con una leguminosa como el frijol, ya que este contiene alto contenido de estos aminoácidos esenciales. (Timothy, *et. al*, 2016)

Por otro lado, la sequía es un problema para las secciones semiáridas de Guatemala ya que puede llegar a destruir hasta el 90% de los cultivos. (UNICEF, 2006) Esto es preocupante ya que en general, alrededor de un 40% de la población guatemalteca se dedica a actividades como la agricultura, ganadería, silvicultura y pesca. (INE, 2018) Por esta razón se han estudiado cultivos resistentes a sequía como lo es el caso del frijol tepari (*Phaseolus acutifolius Gray*). Esta especie es capaz de tolerar el estrés abiótico, lo que incluye altas temperaturas, sequía, frío, salinidad y suelos alcalinos. Además, tiene propiedades muy similares al frijol común (*Phaseolus vulgaris L.*) y solo se ha demostrado diferencia significativa en cuanto a contenido graso, fibra cruda, cenizas, sacarosa y prolina. (Timothy, *et. al*, 2016). A pesar de los grandes beneficios que este tipo de frijol posee, existe una investigación limitada en cuanto al valor nutricional y adopción del cultivo en distintos

productos alimenticios. Debido al alto índice de desnutrición, a la deficiencia de calidad proteica en productos a base de maíz nixtamalizado y a la escasez de investigación respecto al uso de frijol tepari en Guatemala, este trabajo pretende indagar más sobre la combinación de frijol tepari con maíz nixtamalizado para la elaboración de una harina. Esto con el fin de mejorar el valor nutricional de distintos productos típicos de la cultura guatemalteca, como las tortillas, tamalitos y el atol, preparándolos con la harina producida.

## IV. MARCO TEÓRICO

### A. DESNUTRICIÓN Y MALNUTRICIÓN EN GUATEMALA

#### 1. Definición de desnutrición y malnutrición

La malnutrición hace referencia a una condición fisiológica anormal debida a una alimentación inadecuada. Esta puede ser por causa de insuficiencia, desequilibrio o exceso de macro y micronutrientes necesarios para el desarrollo del ser humano. Cuando hay una carencia de nutrientes se le denomina “desnutrición”. (FAO, 2014)

La malnutrición es un estado con consecuencias negativas para quien la vive y sus efectos suelen ser peores cuando se trata de niños o mujeres embarazadas. Esto se debe a que el exceso, desequilibrio o carencia pueden causar vulnerabilidad en la persona llevándolo a trastornos físicos y cognitivos. Por ejemplo, al padecer de desnutrición crónica se pueden observar personas con retraso de crecimiento (que se refiere a una baja altura para la edad) y emaciación (que se refiere a un bajo peso para la altura). Es y ceguera en el caso de la desnutrición. (FAO, 2014)

Guatemala está comprometida con los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) para el 2030, por lo que es necesario buscar soluciones para erradicar y evitar la malnutrición, el cual es uno de los objetivos propuestos. Es importante proponer soluciones con efecto inmediato ya que existe una brecha grande ente el financiamiento requerido y el presupuesto actual para la nutrición, siendo esta casi de Q3000 millones. Es decir que, a pesar de que se tiene en mente un proyecto para Guatemala, aún no hay presupuesto suficiente para implementarlo por completo. (INCAP, 2016)

### B. DESNUTRICIÓN PROTEICA KWASHIORKOR

#### 1. Descripción

La desnutrición proteica Kwashiorkor es un estado patológico potencialmente reversible que afecta a una gran cantidad de personas en el mundo, especialmente a niños menores de 5 años y mujeres embarazadas que viven en países subdesarrollados. Esto se da porque estas no logran satisfacer sus necesidades básicas de proteína y energía debido a una alimentación inadecuada e insuficiente. La enfermedad Kwashiorkor es el resultado de una disminución de la albúmina sérica, de la reducción de la permeabilidad capilar y de la elevación de cortisol y la hormona vasopresina. En consecuencia, las reservas corporales disminuyen y los sistemas y órganos del cuerpo humano se alteran progresivamente como resultado de la incorporación deficiente de los nutrientes a las

células. Además, cuando hay carencia de proteínas aumenta el ingreso de carbohidratos traduciéndolo en un exceso de energía. A causa de este problema el organismo presenta una disminución en antioxidantes como el glutatión, selenio y zinc, vitaminas A, C y E, y ácidos grasos. (Villazante y Torrejón, 2011)

Algunos de los síntomas o criterios que describen la presencia de este tipo de desnutrición son: el retraso de crecimiento, cambios en pigmentación de la piel y cabello, edema, alteraciones hepáticas y mortalidad. (Blanco, 2014) Una de las consecuencias de la desnutrición Kwashiorkor es la acumulación de agua, aunque el físico aparenta ser de una persona con parámetros normales. En muchos casos, esta apariencia causa que las familias no se preocupen al no ver síntomas que los lleven a concluir que la persona tiene desnutrición. (UNICEF, 2006)

## 2. Requerimientos nutricionales

Según la FDA en el 2009, indica que el valor diario recomendado de proteína es de 50g. (FDA, 2009) De igual forma el INCAP recomienda entre 53-58g/día para mujeres, 57-74g/día para hombres y entre 17-27g/día para niños entre 3 y 6.9 años, y entre 36-47 g/día para niños entre 7 y 11.9 años.(INCAP, 1994) Sin embargo, el contenido proteico no debe preocupar a los consumidores únicamente en cuanto a cantidad sino también en calidad. Se puede decir que una proteína se denomina “completa”, “equilibrada” o de alta calidad cuando esta posee los 9 aminoácidos esenciales en concentraciones suficientes para poder satisfacer los requerimientos nutricionales de un ser humano. (Suárez, Kizlansky y López, 2006)

## 3. Situación en Guatemala

Estudios del 2011 revelaron algunos datos acerca de la pobreza en Guatemala por parte de la población rural de cada departamento. En la Figura 1 se evidencia que la tasa más alta de pobreza extrema reside en Alta Verapaz con un 46.7% y la más baja en Escuintla con 3.0%. (Instituto Nacional de Estadística, 2013) El alto índice de pobreza es un peligro y una de las causas para la desnutrición. Esto se debe, no solo a que no se logran satisfacer las necesidades alimenticias, sino también la ingesta es inadecuada o desbalanceada al únicamente consumir alimentos de bajo costo. (Realpe, 2012)



Esto se debe principalmente a que la dieta consiste en almidones vegetales o no hay suficiente alimentación como se menciona anteriormente. (Villazante y Torrejón, 2011)

En el 2004, el doctor Carlos Arriola mencionaba que la situación nutricional de los guatemaltecos era muy delicada. Esta afirmación la basó en el hecho que en el Dispensario Bethania ingresaron alrededor de cien pacientes con desnutrición proteico-calórica. En esta situación se indicaba que los niveles de nutrición especialmente en los niños eran demasiado limitados al consumir únicamente tortillas de maíz. (Prieto, 2005)

## C. ANEMIA

### 1. Descripción

Según la Organización Mundial de Salud en el 2019, la anemia hace referencia a la condición en donde la cantidad de células rojas o su capacidad de acarrear oxígeno no es suficiente para las necesidades fisiológicas de un ser humano. (WHO, 2019) En la mitad de los casos este problema se debe a una deficiencia de hierro (Mujica, *et. al*, 2015), pero también puede ser causado por deficiencias en folato, vitamina B12 y vitamina A o por inflamaciones crónicas, infecciones por parásitos y desordenes hereditarios. (WHO, 2019)

Los problemas de anemia suelen afectar especialmente a infantes, mujeres embarazadas, niños y adolescentes por falta de hierro en periodos de tiempo prolongados. Algunas de las consecuencias que logran observarse son: Desarrollo neurológico comprometido, aumento de mortalidad y reducción en la capacidad física. A nivel mundial, esta condición llega a afectar al 47.4% de los preescolares y 30.2 en mujeres. (Mujica, *et. al*, 2015)

### 2. Requerimientos nutricionales

Según la FDA, en el año 2009, indica que el valor diario recomendado de hierro es de 18mg. (FDA, 2009) De igual forma el INCAP recomienda 20mg/día para mujeres, hombres y niños entre 7 a 10 años. (INCAP, 2001)

### 3. Situación en Guatemala

Un niño, niña o mujer se considera con anemia si el nivel de hemoglobina es menor a 11.0g/dl, siendo esta severa cuando llega hasta menos de 7.0 g/dl. En Guatemala, la prevalencia de anemia en niños de seis meses a cinco años es de 32%, siendo los más vulnerables los niños de seis a ocho meses. En mujeres de 15 a 49 años la prevalencia es de 13% en promedio, siendo las más vulnerables

las mujeres de 40 a 44 años. (Instituto Nacional de Estadística, 2013) Según la ENSMI en el 2014, el 26.3% de los niños y el 18.4% de las mujeres embarazadas tenían deficiencia de hierro. (ENSMI, 2014) En la prevalencia influye el nivel de educación de la madre ya que cuando no tienen educación los casos de anemia se incrementan hasta en 14%. Los departamentos de Guatemala con mayor prevalencia de anemia son Zacapa, Retalhuleu, Chiquimula y Jalapa. (Instituto Nacional de Estadística, 2013)

## D. MAÍZ NIXTAMALIZADO

### 1. Generalidades del maíz

El maíz es un grano que pertenece a la familia *Gramineae*. Este se compone de 9% proteína, 4% grasa (mayoría insaturada), 75% carbohidratos y 1.5% fibra cruda. El resto se compone de vitaminas y minerales como el fósforo, potasio, magnesio, calcio, hierro, zinc, niacina, sodio, vitamina B6, tiamina y riboflavina. (González, 2005) La calidad de la proteína del maíz ha sido limitada debido al bajo contenido de aminoácidos esenciales tales como lisina y triptófano, y por el desequilibrio entre leucina e isoleucina. Esta baja calidad se refleja en el valor biológico de 32%. (Bressani y Godínez, 2003)

Cuadro 1. Descripción de macronutrientes en el maíz blanco.

Nutriente	Cantidad (%)
Proteínas	9.0
Grasa	4.0 – 5.0
Carbohidratos	75.0
Fibra cruda	1.5

(Fuente: Elaboración propia con información obtenida de Bressani y Godínez, 2003)

La clasificación del maíz por color se deriva en blanco, amarillo, negro, colorado y pinto. Esta variedad da lugar a elaboración de tortillas de maíz de distintos colores que son comunes y aceptados por los guatemaltecos. Las tortillas de maíz amarillo son las más populares, pero las tortillas de maíz negro son consumidas en ocasiones especiales. (García, 2017)

### 2. Maíz nixtamalizado

#### a. Cultivo y cosecha del maíz:

Primero, se realizan hoyos en el suelo y se colocan entre cinco y seis gramos de maíz. Luego, estos se cierran y se desyerba el campo. Cuando el grano comienza a madurar se doblan las cañas

para evitar la entrada de la lluvia y evitar que los pájaros se coman los granos. Por último, se inicia la cosecha desde diciembre y las mazorcas y granos se almacenan en un troje o silo. (González, 2005)

b. Proceso de nixtamalización:

La nixtamalización se trata de una cocción del maíz con cal (1.0% respecto al peso del maíz). En este paso se producen cambios nutricionales significativos como el aumento de calcio en la tortilla y de la biodisponibilidad de la niacina o ácido nicotínico y la reducción de ácido fólico, fibra dietética, vitaminas del Complejo B y carotenos. (Bressani y Godínez, 2003) Durante esta cocción el hidróxido de calcio o cal causa una elevación del pH hasta 9.5. El mezclado de los ingredientes tarda hasta 60 minutos en ebullición. (González, 2005) Además, es importante mencionar que este aumento de calcio complementa el valor nutricional de los guatemaltecos haciendo que estos cumplan el requerimiento diario de 1.6g según FDA, 2009.

Después de la cocción del maíz es necesario dejar reposar hasta 16 horas. La solución alcalina y el pericarpio del maíz deben desecharse por lo que se realizan de dos a 3 lavados con agua. (González, 2005)

El maíz contiene en promedio un 72% de almidón contenido principalmente en el endospermo. Este es de gran importancia ya que todos los componentes tales como fragmentos de germen, residuos de pericarpio y endospermo quedan unidos después de la nixtamalización debido a la gelatinización parcial del almidón. Además, las proteínas y lípidos emulsificados promueven este proceso. Por otro lado, un nixtamal sobrecocido causa mayor gelatinización de almidón, lo cual no se desea en la producción de tortillas debido a que estas adquieren pegajosidad y adhesividad y son menos flexibles. (Paredes, Guevara y Bello, 2009)

Es importante mencionar que durante la nixtamalización la mayoría del germen y la aleurona se queda en el grano por lo que la calidad de la proteína no se ve afectada y se conservan los nutrientes evitando su pérdida por lixiviación. En este proceso las prolaminas se vuelven menos susceptibles a la digestión, pero este efecto se relaciona con el tiempo de cocción y concentración de cal. Sin embargo, la nixtamalización incrementa la biodisponibilidad de la lisina y el triptófano. (Paredes, Guevara y Bello, 2009)

Algunas de las desventajas de la nixtamalización se deben a las pérdidas de micronutrientes. En el maíz amarillo generalmente se pierde hasta 28% de carotenos, hasta 60% de tiamina, hasta 70% de riboflavina y 40% de niacina. A pesar de que el contenido de niacina se reduce, la nixtamalización provoca que el porcentaje restante se libere como ácido nicotínico, el cual puede aprovecharse por el cuerpo humano. Los productos de maíz nixtamalizado proporcionan 39-56% de niacina, 32-62% de tiamina y 19-36% de riboflavina. Además, estos proveen aproximadamente 30 veces más calcio que un grano crudo de maíz y 32-62% del requerimiento mínimo de hierro. (Paredes, Guevara y Bello, 2009)

#### c. Molienda

Este proceso suele realizarse en molinos propios o comunales o con piedra para poder preparar una masa fina. Esta llega a tener hasta un 55% de humedad y las propiedades del maíz nixtamalizado. (Paredes, Guevara y Bello, 2009)

### E. FRIJOL TEPARI

#### 1. Generalidades

El frijol tepari (*Phaseolus acutifolius* Gray) ha sido cultivado desde Nuevo México y Arizona hasta Guanacaste, Costa Rica incluyendo las áreas subtropicales de Guatemala. (Small, 2014) Su expansión por la costa seca se debe a que se trata de una especie tolerante al estrés abiótico, lo que incluye las altas temperaturas, la sequía, el frío, la salinidad y suelos alcalinos. (Timothy, *et. al*, 2016) La planta suele medir 75cm y florece rápidamente dando semillas entre 60 y 90 días. Estas suelen ser más pequeñas comparadas con las del frijol común midiendo aproximadamente 8mm x 6mm. En promedio suele haber entre 5 y 6 semillas por vaina y existen en diversidad de colores incluyendo blanco, gris, amarillo, morado y café, siendo las más comunes las de color blanco y café. (Small, 2014)

Algunos análisis nutricionales de macronutrientes han demostrado similitudes con el contenido del frijol común (*Phaseolus vulgaris* L.) y otras leguminosas. El contenido proteico se evaluado con un rango de 21.5 a 25.3%, siendo este limitante en metionina y cisteína. Además, se ha encontrado que la concentración de almidón es de 41%, de carbohidratos es de 65-69%, de grasas entre 0.9 y 1.2% y de cenizas de 4.2g a 4.6g / 100g. Sin embargo, estudios han revelado que la composición grasa difiere significativamente del frijol común. (Timothy, *et. al*, 2016)

En cuanto a la composición de micronutrientes, se ha estudiado que el contenido de hierro es de 7.1-8.3mg/100g, siendo mayor al frijol común con 5.9-6.7mg/100g. Además, el contenido de zinc y cobre es de 31-56 ppm y 5-15 ppm, respectivamente. Por otro lado, también contiene algunos compuestos bioactivos como los oligosacáridos, inhibidores de tripsina y ácido fítico. (Timothy, *et. al*, 2016) El contenido de estos inhibidores de tripsina es una desventaja para el frijol tepari ya que incrementa el requerimiento de consumo de vitamina B12. (Small, 2014)

Cuadro 2. Cantidad de los componentes nutricionales contenidos en el frijol tepari.

Nutriente	Cantidad
Proteínas	21.5 – 25.3 %
Grasa	0.9 – 1.2 %
Carbohidratos	65.0 – 69.0 %
Almidón	41.0 %
Hierro	7.1 – 8.3 mg/100g
Zinc	31 – 56 ppm

(Fuente: Elaboración propia con información obtenida de Timothy, *et. al*, 2016 y Small, 2014)

En otros estudios se ha evaluado la aceptación organoléptica, en los cuales se encontró que tiene una aceptación de moderada a alta en comparación con otras leguminosas, en un estudio realizado con platos de Nigeria y de Arabia Saudita. (Tinsley, *et. al*, 1985) Además, se ha descrito que provee sabores más fuertes que los del frijol común, pero con tonos a nueces. (Small, 2014)

## 2. Preparación y cocimiento

En el 2014 se determinó que cuando hay sequía el frijol tepari tarda más en cocerse que el frijol común, mientras que cuando no hay sequía no hay diferencia significativa en los tiempos de cocción. (Timothy, *et. al*, 2016) Según Small, en el mismo año, el frijol tepari es preferible consumirlo como frijol seco. Para prepararlo se debe remojar 12 horas en agua y luego se hierven u hornean con tres tazas de agua por cada taza de frijol. A veces, se recomienda cocer a fuego lento por tres horas más por la dificultad que presentan en comparación con el frijol común. Normalmente las semillas de color blanco son más fáciles de cocinar que las semillas negras. (Small, 2014)

Es importante que el frijol no se consuma crudo debido a que contiene lectinas que causan toxicidad. Sin embargo, las altas temperaturas de la cocción son capaces de eliminar estas toxinas. Además, puede causar flatulencias por su contenido de oligosacáridos por lo que se recomienda

cambiar el agua después de una hora de cocción. Sin embargo, no se debe cambiar el agua más de una vez para evitar las pérdidas de nutrientes y sabor. (Small, 2014)

### 3. Proteínas complementarias

La calidad proteica hace referencia al contenido de aminoácidos en comparación con la composición de una proteína ideal, como se muestra en el Cuadro 3. Es decir, la calidad indica si se tienen las proporciones adecuadas de aminoácidos esenciales en una sola matriz alimenticia. Esto es de gran importancia ya que los aminoácidos esenciales, por definición, únicamente pueden obtenerse de fuentes externas al no ser producidas en el cuerpo humano. Además, es importante mencionar que las proteínas de origen vegetal carecen de algunos de estos aminoácidos por lo que es necesario complementarlos o combinar distintos tipos de alimentos como lo son los cereales y las leguminosas. (Suárez, Kizlansky y López, 2006)

Algunos cereales como el maíz tienen menos calidad proteica que los frijoles, pero ambos alimentos se complementan. Esto se debe a que el maíz tiene cantidades adecuadas de aminoácidos sulfurados, pero es deficiente en lisina a diferencia del frijol que es deficiente en los sulfurados, pero tiene cantidades adecuadas de lisina. Esto es importante, especialmente en lugares en donde no hay disponibilidad económica de consumir proteínas completas por medio de cárnicos y otros productos de origen animal ya que los aminoácidos deben conseguirse de fuentes vegetales complementarias. (Small, 2014)

Cuadro 3. Aminoácidos de una proteína ideal para niños mayores a 1 año y adultos.

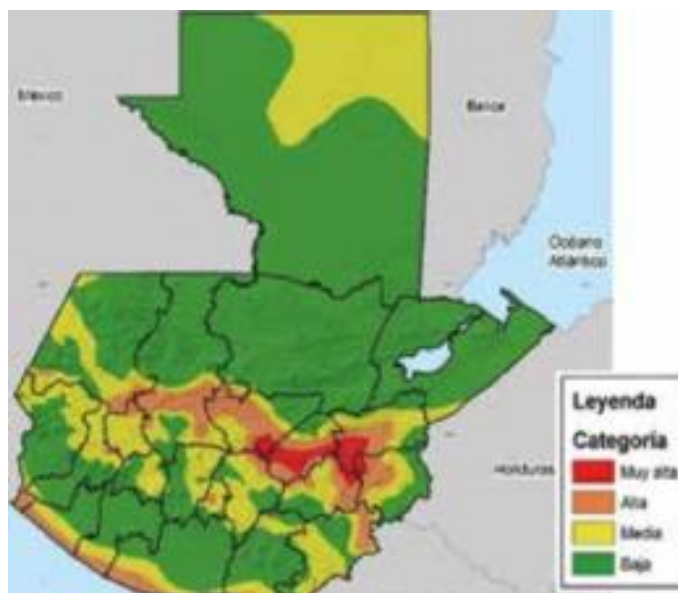
Aminoácido	Proporción (mg/g proteína)
Histidina	18
Isoleucina	25
Leucina	55
Lisina	51
Metionina + Cisteína	25
Fenilalanina + Tirosina	47
Treonina	27
Triptófano	7
Valina	32

(Fuente: Suárez, Kizlansky y López, 2006)

## F. SEQUÍA EN GUATEMALA

El Corredor Seco es una zona semiárida del país, el cual es afectado frecuentemente por sequías. Esta zona la comprenden 46 municipios de los departamentos de Quiché, Baja Verapaz, El Progreso, Guatemala, Zacapa, Chiquimula, Jalapa y Jutiapa. (MAGA, 2010) En la Figura 2, se muestra el corredor seco con colores rojo, indicando una amenaza alta (para el color rojo claro) y una amenaza muy alta (para el color rojo oscuro) en cuanto a sequías. (INSIVUMEH, 2015)

Figura 2. Mapa de Guatemala categorizado por nivel de amenaza de sequía.



(Fuente: INSIVUMEH, 2015)

La sequía es un problema para las secciones semiáridas de Guatemala, mencionadas con anterioridad, ya que llega a destruir hasta el 90% de los cultivos. (UNICEF, 2006) La mayoría de las personas del área rural dependen directamente de sus cultivos para su alimentación diaria o dependen de la agricultura como trabajo único. Por esta razón, la sequía suele afectar a muchos guatemaltecos y deben buscarse alternativas para sobrevivir este tipo de situaciones. En el 2018 hubo una sequía en Guatemala, que según mencionaban los agricultores “nunca había habido una sequía tan fuerte en tan corto tiempo”. (Morales, 2018) En esta, el Maga (Ministerio de Agricultura Ganadería y Alimentación) reportó que se perdieron hasta 3139 hectáreas de frijol y 37114 hectáreas de maíz en Chiquimula, lo que equivale a más de Q80 millones en cultivos. (Morales, 2018) En este departamento, se pasó una encuesta a 32 comunidades y en ocho de estas, el nivel de desnutrición infantil severa en menores de cinco años era entre el 3.5-11% durante la cosecha. Esto es

preocupante ya que la cosecha es el momento donde debería haber alimentos abundantes para nutrirse y casos similares ocurrieron para los departamentos pertenecientes al corredor seco. (Rivera, 2018)

En el 2010 el MAGA consideró seis líneas estratégicas para mejorar las condiciones de los guatemaltecos pertenecientes a los municipios del corredor seco. Algunas de estas fueron: programas de tratamientos forestales, fomentación de riego por gravedad, cultivo en ladera y mejorar la seguridad alimentaria. Sin embargo, se detectó que el problema principal de la región es que sus poblaciones son elevadamente rurales por la inseguridad alimentaria y la extrema pobreza. (MAGA, 2010)

## G. PRODUCTOS POPULARES DE GUATEMALA

El maíz es uno de los principales cultivos de Guatemala debido a que se adecua a diferentes climas tales como el cálido, el templado o el frío y requiere poco trabajo agrícola. Este ocupa la mayor superficie sembrada y el mayor volumen de producción en Guatemala. (Anacafé) Además, es un alimento comúnmente consumido en productos como tortillas, tamales y atoles, siendo las tortillas el producto de mayor consumo constituyendo el 72% de la dieta de la población del área rural. Esta ingesta provee hasta un 59% y 45% de ingesta diaria de calorías y proteínas, respectivamente. En diversos estudios se ha demostrado que la ingesta de maíz es de aproximadamente 64g/día para niños a temprana edad y de 318g/día para adultos mayores. (González, 2005)

Las tortillas de maíz son uno de los productos más populares en Guatemala. Para elaborarlas, al tener la masa ya procesada se moldean discos entre 30-60g de esta para formar un disco delgado. Estos se colocan en comales de arcilla o planchas de metal a 200°C aproximadamente. Las tortillas deben voltearse y cocinarse por 5 minutos. En este paso, la tortilla pierde agua y se convierte en un alimento blando y consistente. (González, 2005)

En cuanto a los tamalitos, estos suelen ser a base de harina de maíz y son populares los que incluyen chipilín para acompañar diferentes comidas. En muchos lugares de Guatemala, los tamalitos de maíz se consumen en vez de tortillas. (Deguate, 2005) Además, también pueden combinarse con diversos ingredientes como el elote y frijoles enteros. Los tamalitos de elote suelen ser dulces y se consumen solos o acompañados en una merienda, mientras que los tamalitos de frijol también se conocen como chepes y suelen consumirse con crema. (Guatemala.com, 2016)

Respecto al atol, existen diversos tipos dependiendo de la región de donde provenga o se consume. Algunos de estos son el atol de elote, atol de haba, atol de harina, atol de plátano, atol shuco, entre otros. Uno de los más populares en casi todas las regiones es el de elote debido a que el maíz se produce en estas. (Solorzano, 2015) Actualmente también se ha popularizado el consumo de incaparina, que suele consumirse aproximadamente 53g al día para un hogar de 5 personas. (INE. 2018) La incaparina es una bebida de atol desarrollada en Guatemala para mejorar la nutrición de los guatemaltecos. Esta consiste en una mezcla de maíz y soya en cantidades balanceadas para proveer una proteína de óptima calidad, además de proveer varios micronutrientes necesarios. (INCAPARINA, 2018)

## H. ANÁLISIS DE HIERRO Y CALCIO

### 1. Método de absorción atómica

El método de absorción atómica se basa en la respuesta óptica de la radiación absorbida por átomos libres después de incidir radiación en ellos. La cuantificación por absorbancia está fundamentada por la Ley de Beer-Lambert, que indica que la longitud del recorrido a través del medio y la concentración del analito se relacionan proporcionalmente. En esta técnica pueden utilizarse distintos tipos de atomizadores, pero el más común es el de llama al ser de menor costo y fácil de usar. Además, la fuente de radiación suelen ser lámparas de cátodo hueco. (Skoog, *et. al*, 2008)

Para determinar la concentración en mg/kg a partir de la concentración en partes por millón de la muestra se utiliza la siguiente ecuación. En la misma  $c$  se refiere a la concentración en g/ml,  $v$  es el volumen de la muestra analizada en mL y  $a$  se refiere a la masa de la muestra en g. (Skoog, *et. al*, 2008)

$$C(mg/kg) = \frac{c * v}{a} \quad (\text{ec. 1})$$

## I. ANÁLISIS PROTEICO

### 1. Cuantificación de proteínas por método de Kjeldahl

El análisis por Kjeldahl es un método oficial o de referencia que se caracteriza por la destrucción de materia orgánica y reducción del nitrógeno de una muestra alimenticia. El nitrógeno orgánico se convierte a amoníaco para luego retenerse en forma de bisulfato de amonio. Este puede cuantificarse por medio de una destilación alcalina seguida de una titulación con hidróxido de sodio 1N. Seguida

esta titulación se procede a calcular el contenido proteico mediante la siguiente fórmula, usando un factor de 5.7. En la siguiente “V” hace referencia al volumen en mL, “M” a la molaridad de la solución estándar y “m” a la masa de la muestra en gramos. (AOAC, 2005)

$$Proteína = \frac{[(V_{ácido} * M_{ácido}) - (V_{NaOH} * M_{NaOH})] * 1.4007}{m_{mx}} * 5.7 \quad (ec. 2)$$

## 2. Cuantificación de aminoácidos

Actualmente, el método utilizado y completo para evaluar la calidad proteica se denomina PDCAAS (“Protein digestibility corrected amino acid score” por sus siglas en inglés). En este, la puntuación más alta que puede recibir una proteína es de 1.0, indicando que contiene todos los aminoácidos esenciales en las proporciones requeridas. Este valor se calcula multiplicando el score obtenido con la digestibilidad, la cual indica el nitrógeno absorbido por un organismo. (Suárez, Kizlansky y López, 2006)

A pesar de que el PDCAAS es un método actualizado y preciso, requiere gran inversión de equipo por lo que todavía son utilizados métodos colorimétricos para aproximarse a la cuantificación de aminoácidos. Para el análisis de lisina y triptófano, el método se basa en tres pasos principales: desgrasado de la muestra, digestión y reacción colorimétrica. (Vivek, *et. al*, 2008)

El análisis de lisina se basa en dos mediciones espectrofotométricas en las cuales la primera determina reacción de histidina, arginina y lisina, y la segunda determina reacción de histidina y arginina. Por lo que al restar ambas mediciones se obtiene la reacción únicamente por parte de la lisina. (Villegas, Ortega y Bauer) Por otro lado, el análisis de triptófano se basa en la cuantificación colorimétrica debida al ácido glioxílico residual en ácido acético. La desventaja de este método es que depende de la estabilidad del ácido acético, requiriendo un valor constante de densidad óptica del mismo. (Vivek, *et. al*, 2008)

## V. ANTECEDENTES

En el estudio de Timothy, *et. al* “Nutritional composition and cooking characteristics of tepary bean (*Phaseolus acutifolius* Gray) in comparison with common bean (*Phaseolus vulgaris* L.)” publicado en el 2016 en Estados Unidos, se realizó un análisis proximal, de azúcares y de aminoácidos en diferentes variedades de frijol tepari en un laboratorio de la universidad de Missouri-Colombia. En cuanto al análisis proximal se analizó el contenido proteico, humedad, grasas, fibra y cenizas, mientras que en el de azúcares se analizaron la fructosa, glucosa, maltosa, sucrosa, rafinosa, estaquiosa y verbascosa. Además, se realizó un análisis estadístico con prueba de Levene para comparar los resultados nutricionales con el valor LSD utilizando el programa R Studio. Como resultados, se obtuvo que solo había diferencia significativa entre variedades de frijol tepari y frijol común en cuanto a contenido graso, fibra cruda, cenizas, sacarosa y prolina. (Timothy, *et. al*, 2016)

Cuadro 4. Diferencias principales en cuanto a contenido nutricional de frijol tepari y frijol común.

Parámetro	Frijol Tepari	Frijol Común
Grasa	0.71	1.4
Cenizas	3.66	3.9
Sacarosa	5.84	2.3

(Fuente: Elaboración propia con información obtenida de Timothy, *et. al*, 2016)

Por otro lado, en el estudio “Tepary beans (*Phaseolus acutifolius* var. *latifolius*): a potential food source for African and Middle Eastern cultures” realizado por Tinsley *et. al* en Estados Unidos en 1985, evaluaron la adición de frijol tepari en distintos alimentos de culturas africanas y del medio este. En la experimentación utilizaron tanto frijol blanco como negro y los evaluaron en cuanto a contenido de aminoácidos. Además, realizaron una evaluación sensorial en donde los panelistas indicaron que comerían los productos que les fueron presentados frecuentemente. (Tinsley *et. al*, 1985)

En cuanto a metodologías para el análisis de proteína, en el estudio “Caracterización Química y Nutricional de Nuevas Variedades de Maíces de Alto Valor Protéico” de Bressani y Joaquín publicado en Guatemala en el 2003, se realizó una caracterización química y nutricional de nuevas variedades de maíces de alto valor proteico. Para determinar este valor se utilizó la metodología de NPR (Razón proteica neta), que indica la ganancia de peso de la dieta experimental más la pérdida

de peso de los animales en dieta aprotéica por gramo de proteína consumido. Además, se evaluó la digestibilidad verdadera de la proteína, siendo la proporción de nitrógeno que es absorbida. Para estos estudios se utilizó la caseína como proteína de referencia y ratas Wistar de 22-24 días de edad, de peso inicial 45-50g y un total de 8 animales/ grupo. Además de la dieta de maíces, se preparó una dieta aprotéica y otra con 10% de caseína. Los datos de consumo de alimento y cambios en peso se llevaron cada 7 días por 14 días en total. (Bressani y Joaquín, 2003)

Como análisis estadístico se utilizó un análisis de varianza, regresión lineal (entre NPR y contenido de lisina), promedios y desviaciones estándar. (Bressani y Joaquín, 2003)

En cuanto a proyectos similares, en el estudio “Evaluación sensorial de tortillas de maíz fortificadas con harina de amaranto, frijol y nopal” de México llevado a cabo por Vázquez y Amaya en el 2010 realizaron una evaluación sensorial de tortillas de maíz fortificadas con harina de amaranto, frijol y nopal. En este elaboraron la harina por una molienda seca y tamizada con malla no. 40. Además, se utilizó harina comercial y las tortillas se elaboraron en una máquina tortillera convencional. Para el análisis sensorial se hizo una evaluación hedónica de aceptación y una de comparaciones múltiples en donde se analizó la textura y otras propiedades contra una referencia. Como resultado, obtuvieron que la formulación más aceptada fue la que tenía proporciones 90% maíz, 2% amaranto, 6% frijol y 2% nopal. (Vázquez y Amaya, 2010)

Por último, en México se llevó a cabo la prueba de elaborar tortillas con chaya, chipilín y hierba mora en comunidades de Aztlán y Monte Cristo con el proyecto “Reinventing the tortilla” de Semilla Nueva en el 2014. Sin embargo, en este comentan que después de dos años solo el 40% de las familias logró preparar la chaya y la consume frecuentemente. Esto debido a que es un cambio de hábito al agregar más ingredientes a una tortilla que suele consumirse a base de solo maíz. Además, otro factor influyente fue que los ingredientes utilizados no son muy conocidos por las comunidades, esto causa que las mismas tengan rechazo hacia estos productos. (Kirk, 2014)

## VI. METODOLOGÍA

### A. LOCALIZACIÓN

La elaboración de la harina, las pruebas de laboratorio y la prueba de consumidor se realizó en la Universidad del Valle de Guatemala ubicada en la ciudad de Guatemala. La elaboración de productos se hizo con una persona con experiencia, externa a la universidad, y la evaluación preliminar de los mismos se hizo con un grupo focal a 7 mujeres externas a la universidad.

### B. CLASIFICACIÓN DE VARIABLES

Cuadro 5. Clasificación de variables de metodología propuesta.

Variable	Definición conceptual	Definición operacional	Indicador
Formulación de harina	Etapa de investigación y diseño de distintas opciones en cuanto a cantidad de ingredientes y desarrollo de proceso.	Cuantificación de la formulación, con escala porcentual. Descripción cualitativa de proceso de elaboración.	Formulaciones utilizando relaciones 80:20 y 70:30 de maíz y frijol, respectivamente. A estas se les midió diámetro de partícula, actividad de agua y caracterización física. Diagrama de flujo del proceso.
Análisis de costos	Detalle de los insumos necesarios con su costo respectivo.	Detalle del costo de la materia prima y del proceso de elaboración de harinas	Costo (Q) de materia prima, de energía y total para la elaboración de la harina.
Desarrollo de tortillas, tamalitos y atol	Elaboración de prototipos para la adaptación de sus características a las conocidas o especificadas.	Cuantitativa para la formulación, con escala porcentual. Cualitativa para la descripción de proceso y la medición de características.	Porcentajes de ingredientes de cada formulación y diagrama del proceso. Evaluación sensorial con grupo focal (6-10 personas).

Variable	Definición conceptual	Definición operacional	Indicador
Aceptabilidad organoléptica	Nivel de agrado de un producto respecto a características relevantes que influyen la decisión de consumo de este.	Se usó una escala hedónica de tres puntos. Se evaluó la aceptabilidad de sabor, color y textura del producto en comparación de otros ya existentes. También se evaluó la frecuencia de consumo actual y opinión de los productos elaborados en cuanto a inclusión en la dieta.	Boletas de la prueba de 60 panelistas para los tres alimentos elaborados con las 4 formulaciones. Puntuación en sabor, color y textura con escala de tres puntos. Encuesta de frecuencia de consumo actual e inclusión de los productos en la dieta.
Valor nutricional	Análisis completo de un alimento para la cuantificación de sus componentes nutricionales más relevantes.	Elaboración de un análisis proximal, contenido calórico y contenido de lisina, triptófano, hierro y calcio para describir la harina respecto a las proporciones de sus componentes.	Porcentajes de proteína, humedad, cenizas, extracto etéreo, carbohidratos y fibra. Contenido calórico en Kcal. Contenido de lisina y triptófano en mg/g proteína. Contenido de hierro y calcio en ppm.
Guía de elaboración	Conjunto de fórmulas en las que se indica la preparación de cierto producto.	Conjunto de guías con detalle de ingredientes, materiales y procedimiento para la preparación de un producto.	Recetario con formulación, procedimiento de elaboración y beneficios para los tres productos evaluados, apto para la población rural de Guatemala.

### C. MATERIALES Y EQUIPOS

Cuadro 6. Recursos necesarios para la formulación de harinas

Recurso	Cantidad
Frijol tepari blanco	1000 g
Frijol tepari negro	1000 g
Frijol escogido (blanco o negro)	100 g
Harina de maíz	5000 g
Olla de presión	1 unidad
Horno de convección	1 unidad
Molino de discos	1 unidad
Molino de cuchillas	1 unidad
Medidor de actividad de agua Aqualab	1 unidad
Balanza de humedad	1 unidad
Tamices	1 set
Balanza	1 unidad

Cuadro 7. Recursos necesarios para la elaboración de tortillas, tamalitos y atol.

Recurso	Producto	Cantidad
Harina de frijol y maíz	Tortillas, tamalitos y atol	1400g (c/u)
Balanza	Tortillas, tamalitos y atol	1 unidad
Agua potable	Tortillas, tamalitos y atol	12150 g
Sal	Tortillas y tamalitos	30 g
Azúcar	Atol	340 g
Vainilla	Atol	70 g
Canela	Atol	10 rajás
Recipiente hondo	Tortillas y tamalitos	2 unidades
Hojas de tuza	Tamalitos	180 unidades
Olla grande	Tamalitos	2 unidades
Hornilla	Tamalitos	2 unidades
Plancha	Tortillas	1 unidad
Recurso humano	Tortillas y tamalitos	1 persona (4h)

Cuadro 8. Recursos necesarios para la prueba de consumidor con 60 panelistas.

Recurso	Cantidad
Tortillas	60 unidades de c/ tipo (240 total)
Tamalitos	60 unidades de c/ tipo (240 total)
Atol	60 unidades de c/ tipo (240 total)
Boletas de prueba	180 sets (6 páginas c/u)
Servilletas	200 unidades
Vasos plásticos (8oz)	180 unidades
Vasos plásticos (1oz)	240 unidades
Pichel plástico para agua pura	2 unidades
Agua pura	12L
Lápices	15 unidades
Galletas soda sin sal	180 paquetes de 4 unidades
Platos plásticos	480 unidades
Vasos para muestra	60 unidades

Cuadro 9. Recursos necesarios para el análisis proximal de las harinas.

Recurso	Análisis	Cantidad total
Harina de frijol y maíz	Todos	25 g
Crisoles de porcelana con tapadera	Cenizas, fibra cruda	3 unidades
Horno	Humedad, fibra cruda	1 unidad
Mufla	Cenizas, fibra cruda	1 unidad
Estufa	Cenizas, extracto etéreo	2 unidades
Desecadora	Humedad, cenizas, extracto etéreo, fibra cruda	1 unidad
Balanza analítica	Todos	1 unidad
Balón volumétrico Kjeldahl	Proteína	3 unidades
Cápsulas de aluminio	Humedad	3 unidades
Equipo de digestión Kjeldahl	Proteína	1 unidad
Bureta 50 ml	Proteína	1 unidad
Soporte universal	Proteína	1 unidad
Beakers Berzelius	Fibra cruda	3 unidades
Ácido sulfúrico	Fibra cruda	800 ml

Recurso	Análisis	Cantidad total
Varilla de vidrio	Fibra cruda	3 unidades
Embudo	Fibra cruda	3 unidades
Manta para filtrar	Fibra cruda	3 unidades
Hidróxido de sodio 1.25%	Fibra cruda	800 ml
Erlenmeyers Kjeldahl (500ml)	Proteína	3 unidades
Agua destilada	Proteína, fibra cruda	1000 ml
Ácido sulfúrico 95-97%	Proteína	18 ml
Catalizador en pastilla (Kjeldahl)	Proteína	3 tabletas
Ácido clorhídrico 0.1N	Proteína	30 ml
Ácido bórico 4%	Proteína	30 ml
Hidróxido de sodio 40%	Proteína	200 ml
Indicador fenolftaleína	Proteína	5 ml
Rojo metilo	Proteína	5 ml
Ácido nítrico	Cenizas	9 ml
Dedal de celulosa	Extracto etéreo	3 unidades
Tubo de extracción	Extracto etéreo	3 unidades
Éter	Extracto etéreo	200 ml
Matraz	Extracto etéreo	3 unidades
Ácido benzoico	Calorías	5 ml
Bomba calorimétrica	Calorías	1 unidad
Sensor de temperatura PASCO	Calorías	1 unidad

Cuadro 10. Recursos necesarios para el análisis de lisina.

Recurso	Cantidad
Harina de frijol y maíz	15g
Balanza analítica	1 unidad
Centrífuga	1 unidad
Espectrofotómetro UV-Vis	1 unidad
Tubos para centrífuga	6 unidades
Agitadores magnéticos	6 unidades
Fosfato de potasio dibásico	3.4g
Acetato de sodio trihidratado	16.4g

Recurso	Cantidad
Ácido acético glacial	60ml
Anhídrido propiónico	1.2ml
Reactivo Naranja G	1.759g
Agua destilada	1.1L
Vasos de precipitado (250ml)	2 unidades
Matraces (250ml)	2 unidades
Probeta (50ml, 10ml)	1, 1 unidades
Balones volumétricos (1L, 100ml, 25ml)	2, 1, 4 unidades

Cuadro 11. Recursos necesarios para el análisis de triptófano.

Recurso	Cantidad
Harina de frijol y maíz desgrasada (Soxhlet)	5g
Horno eléctrico	1 unidad
Tubos de ensayo con rosca pyrex	5 unidades
Baño de agua con regulador de temperatura y agitador	1 unidad
Balanza analítica	1 unidad
Centrífuga	1 unidad
Tubos para centrífuga	5 unidades
Viales de vidrio con tapadera de rosca	5 unidades
Tubos cónicos 15ml	5 unidades
Pipetas graduadas 1.0ml y 5.0ml	1, 1 unidades
Balón aforado (1L)	1 unidad
Acetato de sodio	13.6 g
Papaína	80 mg
Cloruro férrico hexahidratado	270 mg
Ácido acético glacial	1 L
Ácido sulfúrico (98%)	833.3 ml
Triptófano	100 mg
Agua destilada	1.2 L
Espectrofotómetro UV-Vis.	1 unidad

Cuadro 12. Recursos necesarios para el análisis de hierro y calcio.

Recurso	Análisis	Cantidad
Harina de frijol y maíz (cenizas)	Hierro y calcio	12g
Solución estándar de hierro 1000 mg/L	Hierro	10 ml
Solución estándar de calcio 1000 mg/L	Calcio	10 ml
Agua destilada	Hierro y calcio	300 ml

#### D. MÉTODOS

##### 1. Desarrollo de harina a base de maíz nixtamalizado y frijol tepari

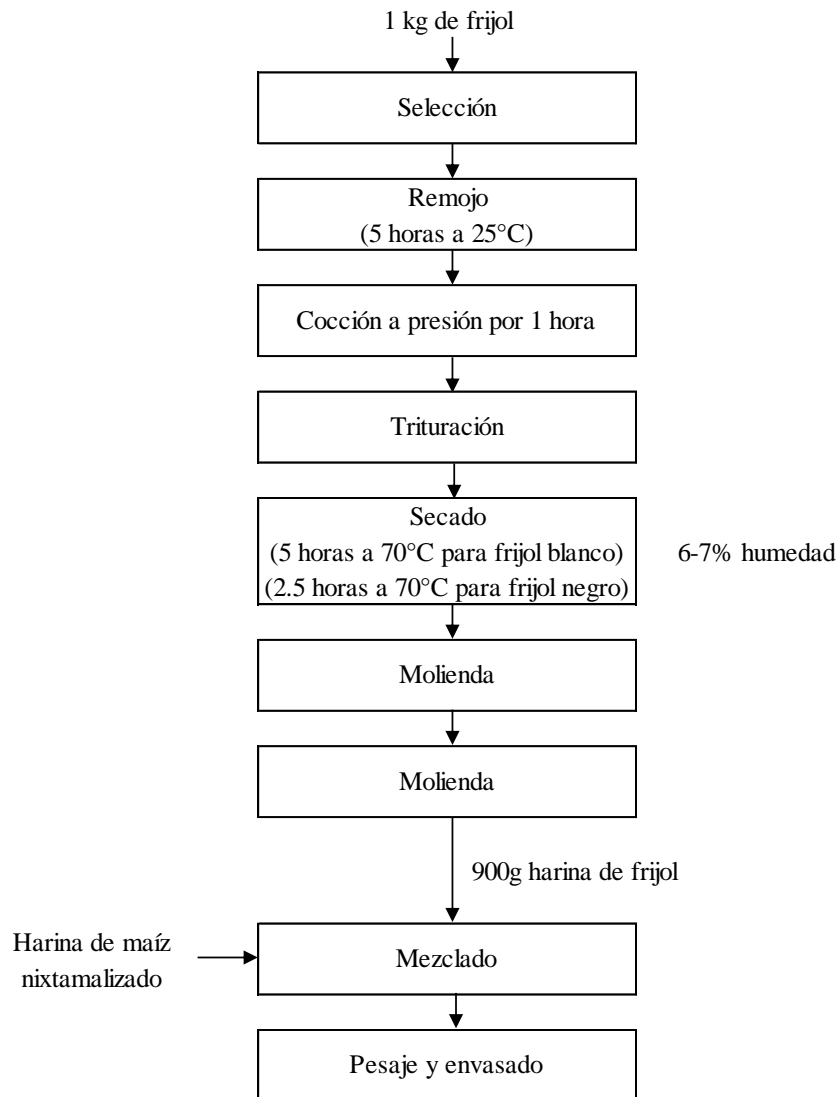
Se realizaron cuatro harinas en total utilizando dos variedades de frijol tepari (blanco y negro) y relaciones 70:30 y 80:20 para maíz blanco nixtamalizado y frijol tepari, respectivamente. En el siguiente Cuadro se muestra una matriz con las variables controladas.

Cuadro 13. Matrices elaboradas para el desarrollo de la harina.

Variable	70 (maíz) : 30 (frijol)	80 (maíz) : 20 (frijol)
Frijol tepari blanco	Muestra 73B	Muestra 82B
Frijol tepari negro	Muestra 73N	Muestra 82N

Para elaborarlas se utilizó un proceso de cocción, secado, molienda y mezclado. A las harinas elaboradas se les midió diámetro de partícula, actividad de agua, humedad y caracterización física como se muestra en la Figura 3.

Figura 3. Diagrama de flujo para la elaboración de las harinas.



## 2. Costo de elaboración de las harinas

Se obtuvo el detalle del costo de cada materia prima y energía utilizada para la elaboración de la harina.

## 3. Elaboración de productos a base de las harinas elaboradas

Para lograr las formulaciones se realizaron dos grupos focales de 7 - 10 personas con el fin de obtener productos similares a los tradicionales.

### a. Grupo focal de aceptación

Panelistas: 10 máximo. Consumidores frecuentes de los productos a evaluar.

Tiempo aproximado: 10 - 15 minutos

Información requerida: Se grabaron las preguntas que se muestran a continuación:

1. ¿Qué tan seguido consume tortillas?
2. ¿Por qué las consume frecuentemente?
3. ¿Cómo describiría usted una tortilla? ¿Cuánto paga por una?
4. ¿Qué le gusta y qué no le gusta de la tortilla que le estoy dando?

1. ¿Qué tan seguido consume tamalitos de viaje o blancos?
2. ¿Por qué los consume frecuentemente?
3. ¿Cómo describiría usted un tamalito de viaje o blanco? ¿Cuánto paga por uno?
4. ¿Qué le gusta y qué no le gusta del tamalito que le estoy dando?

1. ¿Qué tan seguido consume atol?
2. ¿Por qué lo consume frecuentemente?
3. ¿Cómo describiría usted un atol?
4. ¿Qué le gusta y qué no le gusta del atol que le estoy dando?

b. Preparación de tortillas

Se mezcló harina, agua y sal hasta obtener una masa similar a la masa de maíz utilizada comúnmente en las tortillerías guatemaltecas. Se pesaron los ingredientes utilizados, se midió el tiempo de cocción y la temperatura. Además, se tomaron fotografías durante todo el proceso para luego describirlo.

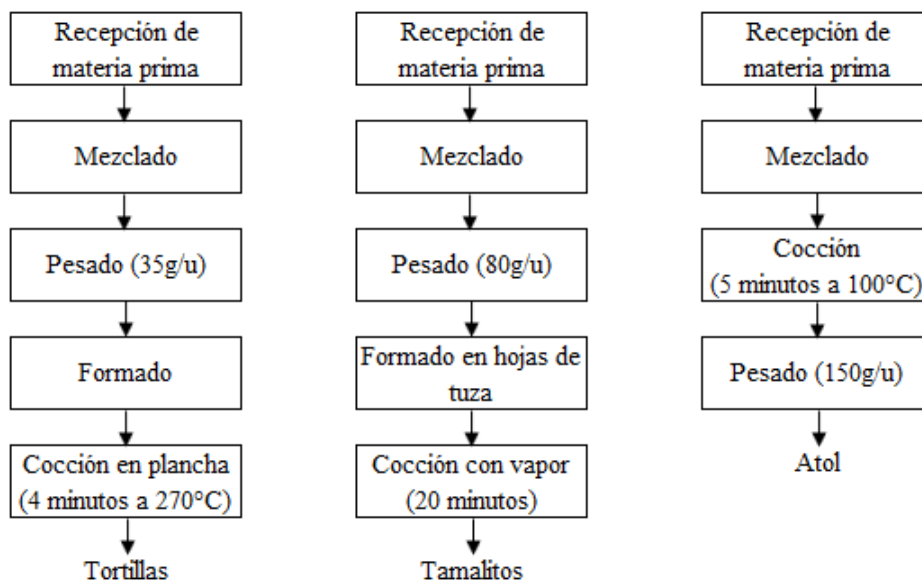
c. Preparación de tamalitos “blancos” o “de viaje”

Se mezcló harina, agua y sal hasta obtener una masa más densa que la de las tortillas. Por aparte se hidrataron hojas de tuza en agua por aproximadamente 10 minutos para envolver una porción de masa, de aproximadamente 20g. Durante la elaboración se pesaron los ingredientes utilizados, se midió el tiempo de cocción y la temperatura. Además, se tomaron fotografías durante todo el proceso para luego describirlo.

d. Preparación de atol

Se mezcló harina, agua, azúcar y vainilla hasta obtener una bebida con consistencia similar a un atol. Esta se puso a hervir y durante la elaboración se pesaron los ingredientes utilizados, se midió el tiempo de cocción y la temperatura. Además, se tomaron fotografías durante todo el proceso para luego describirlo.

Figura 4. Diagramas de flujo para la elaboración de las tortillas, tamalitos y atol.



#### 4. Prueba de consumidor

- **Muestras evaluadas:** Tortillas, tamalitos y atol a base de las harinas elaboradas.
- **Descripción de la prueba:** Prueba de aceptación con escala hedónica de cinco puntos representados con expresiones faciales, como se observa en la boleta de prueba. Además, se preguntó acerca del consumo habitual de los productos y comentarios acerca de los elaborados en este proyecto.
- **Panelistas:** 50 panelistas de la Universidad del Valle de Guatemala con consumo frecuente de tortillas, tamalitos y atol.
- Condiciones durante la evaluación: Entre 10:00 A.M. y 3:00 P.M.
- **Características evaluadas:** Apariencia, textura y sabor.
- **Análisis estadístico:** Porcentajes de cada atributo en representación gráfica para cada alimento. Análisis ANOVA para determinación de diferencias significativas entre harinas por cada producto y análisis Tukey para separación de medias.
- **Consentimiento informado:** Se indicó a los panelistas que los productos a probar estaban elaborados con harina de maíz y se les pidió que hicieran saber si tenían alguna alergia.
- **Hoja maestra:** Esta se encuentra en las 16 a 18 de la sección de anexos.
- **Boletas de prueba:** Estas se encuentran en las 19 a 21 de la sección de anexos.

## 5. Análisis proximal de harinas

Los siguientes análisis se realizaron en triplicado:

### a. Análisis de humedad: Método 925.10 del AOAC. (AOAC, 2005)

Se pesaron 2g de harina homogenizada en una cápsula de aluminio previamente tarada. Esta se colocó en el horno por 4 horas a 105°C. Se dejó enfriar por 2 horas en una desecadora y se pesó la cápsula. Para determinar el contenido de humedad se utilizó la siguiente ecuación:

$$\text{Humedad (\%)} = \frac{M_H - M_S}{M_H} * 100\% \quad (\text{ec. 3})$$

En esta  $M_H$  se refiere al peso de la muestra húmeda y  $M_S$  al peso de la muestra seca.

### b. Análisis de cenizas: Método 923.03 del AOAC. (AOAC, 2005)

Se pesaron 2g de harina homogenizada en un crisol de porcelana previamente tarado y seco. Esta se quemó en una estufa bajo una campana de extracción, evitando que se forme una llama. Luego, se colocó en una mufla a 550°C por 2 horas. Al terminar se blanqueó la muestra colocando el crisol en una estufa y agregando 3ml de ácido nítrico concentrado. El ácido se dejó evaporar y el crisol se volvió a colocar en la mufla por 1 hora a 550°C. El crisol se dejó enfriar por 2 horas en una desecadora y se pesaron las cenizas en el crisol. Para determinar el contenido de cenizas se utilizó la siguiente ecuación:

$$\text{Cenizas (\%)} = \frac{M_C - M_{CR}}{M_X - M_{CR}} * 100\% \quad (\text{ec. 4})$$

En esta  $M_C$  se refiere al peso de las cenizas en el crisol,  $M_{CR}$  al peso del crisol y  $M_X$  al peso de la muestra en el crisol.

### c. Cantidad de proteína: Método de Kjeldahl 920.87 del AOAC. (AOAC, 2005)

Se pesaron 0.25g de harina colocándolos en balón volumétrico. A este se agregó 1 tableta de Kjeldahl y 6ml de ácido sulfúrico al 95-97%. Este se colocó en el digestor con calentamiento por 20 minutos. Se agregó 250ml de agua destilada y 20ml de NaOH al 40%. Por aparte, se preparó un erlenmeyer con 10ml de ácido bórico al 4% y 3 gotas de rojo metilo para recibir el destilado. Se destiló hasta alcanzar un volumen de 100-150ml y se tituló con ácido clorhídrico 0.1N y fenoltaleína. Para determinar el porcentaje de proteína se utilizó la siguiente ecuación:

$$\text{Proteína (\%)} = \frac{(1.4 * N * V_{HCl})}{M_X} * 6.25 \quad (\text{ec. 5})$$

En esta  $N$  se refiere a la concentración normal de ácido clorhídrico,  $V_{HCl}$  el volumen de ácido clorhídrico usado en la titulación y  $M_X$  al peso de la muestra utilizada.

d. **Análisis de grasa:** Método Soxhlet 945.39 del AOAC. (AOAC, 2005)

Se pesaron 0.5g de muestra seca y se colocaron en un dedal de celulosa. Este se colocó en un tubo de extracción para Soxhlet y se adicionaron 150-175ml de solvente éter o hexano al matraz previamente tarado. Las hornillas se calentaron y se dejó extraer por 6 a 8 horas con condensación de 3-6 gotas por segundo. El solvente se eliminó por evaporación en una campana y el matraz se secó en estufa a 105°C por 30 minutos. Se dejó enfriar en desecador y se pesó. Para la obtención del porcentaje de grasa se utilizó la siguiente ecuación:

$$\text{Grasa (\%)} = \frac{(M_g - M)}{M_x} * 100\% \quad (\text{ec. 6})$$

En esta  $M_g$  es el peso del matraz con grasa,  $M$  el peso del matraz y  $M_x$  al peso de la muestra.

e. **Cuantificación de carbohidratos:** Estos se determinaron por diferencia utilizando la siguiente ecuación:

$$\text{Carbohidratos (\%)} = 100\% - (P + G + H + C) \quad (\text{ec. 7})$$

En donde  $P$  indica el porcentaje de proteína,  $G$  el porcentaje de grasa,  $H$  el porcentaje de humedad y  $C$  el porcentaje de cenizas.

f. **Análisis de fibra cruda:** Método 7.066 – 7.070 del AOAC. (AOAC, 2005)

Se pesó 1g de muestra desgrasada y se agregó a un beaker Berzelius con 200ml de solución de ácido sulfúrico 1.25% (p/v). Este se llevó a ebullición por 30 minutos. Luego, se instaló un embudo con manta y se realizaron lavados con agua destilada caliente hasta neutralizar. Se recuperó toda la muestra de la manta y se devolvió al beaker, añadiendo 200ml de NaOH 1.25% (p/v) y dejando ebullicir 30 minutos moviendo constantemente. Se volvió a filtrar en embudo con manta realizando lavados con agua destilada caliente hasta neutralizar. El residuo se recuperó de la manta y se agregó a un crisol de vidrio con fondo poroso previamente tarado. Se dejó secar en horno a 65-70°C por ocho horas y se colocó en una desecadora antes de pesar. La muestra seca se pesó (fibra cruda y minerales) y luego se colocó en una mufla a 550°C por 3 horas. Se dejó enfriar en desecadora y se pesó la muestra final. Para determinar el porcentaje de fibra cruda se utilizó la siguiente ecuación:

$$\text{Fibra cruda (\%)} = \frac{(M_{dg} - C)}{M_x} * 100\% \quad (\text{ec. 8})$$

En esta  $M_{dg}$  es la muestra desgrasada seca,  $C$  es el residuo de ceniza y  $M_x$  es la masa inicial.

## 6. Análisis de lisina y triptófano

a. Lisina: Procedimiento obtenido del documento de Villegas, Ortega y Bauer.

Solución Naranja G: Se colocaron 1.759g de Naranja G, 3.4g de fosfato dibásico y 60ml de ácido acético glacial en vaso de precipitados, disolviendo con 100ml de agua destilada. La solución se trasvasó a un balón de 1L y se aforó con agua destilada.

Solución acetato de sodio 16.4%: Se disolvieron 16.4g de acetato de sodio trihidratado en 400ml de agua en vaso de precipitados. La solución se aforó en un balón de 1L.

Primero se realizó la curva de calibración preparando una solución madre de 5mmol/L de la solución Naranja G. De esta se prepararon soluciones de 3, 2, 1 y 0.5 mmol/L. Las soluciones se leyeron a 475nm en un espectrofotómetro y se preparó la gráfica.

Medición A: Se colocó 1.59g de muestra en un matraz y se agregó 40ml de colorante Naranja G y 4ml de solución de acetato de sodio al 16.4% con probeta. Esta se agitó por 75 minutos. Luego, se colocaron 10ml de la mezcla en tubo para centrifuga y se centrifugó por 10 minutos a 5000 rpm. De esta se colocó 0.1ml en balón y se aforó a 10ml. Se midió la absorbancia a 475nm y de la curva de calibración se obtuvo la concentración.

Medición B: Se colocaron 2.77g de muestra en matraz con 0.4ml de anhídrido propiónico concentrado. A esta se agregó 4ml de solución de acetato de sodio al 16.4% y se agitó 15 minutos. Luego, se agregaron 40ml de colorante Naranja G y se agitó por 90 minutos. Se colocó 10ml de la mezcla en tubo para centrifuga y se centrifugó por 10 minutos a 5000 rpm. De esta se colocó 0.1ml en balón y se aforó a 10ml. Se midió la absorbancia a 475nm y de la curva de calibración se obtuvo la concentración.

Para obtener las concentraciones primero se restó la concentración inicial de colorante (3.89mmol/L) y se convirtió a mg lisina/g proteína con la ecuación 12 donde  $L$  es la concentración obtenida mediante la curva de calibración,  $V_o$  el volumen de colorante utilizado (0.040 L),  $Pm$  el peso molecular de la lisina (146.19g/mol),  $m$  la masa de la muestra y  $Prot$  el porcentaje de proteína en la muestra. Para determinar el contenido de lisina se utilizó la ecuación 13 donde  $M_A$  es la medición A y  $M_B$  es la medición B.

$$M_{A,B} \text{ (mg/g proteína)} = \frac{L * V_o * Pm}{m * Prot} \quad (ec. 12)$$

$$\text{Lisina Total (mg/g proteína)} = M_A - M_B \quad (\text{ec. 13})$$

b. Triptófano: Procedimiento obtenido del artículo de Vivek, *et. al*, 2008.

Solución de acetato 0.165M: Se disolvió 13.6g de acetato de sodio en 1L de agua destilada. Se ajustó a pH 7 con ácido clorhídrico.

Papaína: Se disolvió 0.4g de papaína en 100ml de solución de acetato 0.165M.

Reactivo A: Se disolvió 270mg de cloruro férrico hexahidratado en 1L de ácido acético puro.

Reactivo B: Se mezcló 833.33ml de ácido sulfúrico (98%) y 166.7ml de agua destilada en una botella sobre hielo.

Reactivo C: Se mezclaron volúmenes iguales de reactivos A y B.

Primero se realizó una digestión con 80mg de muestra desgrasada en un tubo cónico de 15 ml. A esta se agregó 3ml de solución de papaína y se agitó en un vortex. Luego, se colocaron en un baño maría a 65°C por 16 horas. Durante el calentamiento las muestras se agitaron una hora después de colocarlas y una hora antes que terminaran las 16 horas. Luego de la digestión, se hizo una reacción colorimétrica comenzando con la agitación de los tubos en un vortex y dejándolos enfriar a temperatura ambiente. Estos se centrifugaron a 2500 rpm por 5 minutos y se transfirió 1ml del hidrolizado a otro tubo. A este se agregó 4ml del reactivo C, haciéndolo resbalar por la pared interna del tubo. Se agitó en vortex y se colocó en baño maría a 63°C por 15 minutos para desarrollar color. Las muestras se secaron a temperatura ambiente y se leyó su absorbancia a 560nm usando la solución de papaína como blanco.

Para la curva de calibración se preparó una solución de 1000 µg/ml de triptófano en acetato de sodio 0.165M. Se hicieron diluciones de 50, 100, 200, 400, 600 y 800 µg/ml en acetato de sodio 0.165M en balones de 10ml y se agitaron en vortex. Estos se sometieron a la reacción colorimétrica antes descrita usando 1ml de cada estándar. Estas se leyeron a 560nm usando la solución de acetato de sodio como blanco y se graficaron. El porcentaje de triptófano en la muestra se calculó con la siguiente ecuación, en donde  $DO_{mx}$  es la concentración de la muestra obtenida de la curva (µg/ml),  $V_h$  volumen del hidrolizado (1.0ml),  $m$  la masa de la muestra (g) y  $P_{mx}$  el porcentaje de proteína.

$$\text{Triptófano (mg/g proteína)} = \frac{DO_{mx} * V_h}{10 * m * P_{mx}} \quad (\text{ec. 14})$$

## 7. Análisis de calcio y hierro

Se preparó una solución madre de 100ppm del estándar de referencia y 25ml de los estándares de 0.00, 0.25, 0.50, 0.75, 1.00 y 1.25 ppm para la curva de calibración. Para evitar interferencias en el análisis de calcio por la adición de los dos estándares juntos, se agregó 0.1% de cloruro de potasio a todas las soluciones de la curva.

Para este análisis se requirieron las cenizas obtenidas del análisis proximal. Estas se disolvieron en 10ml de ácido clorhídrico 1:1 calentando en estufa hasta disolver. Esta solución se filtró con papel filtro Whatman #1 y se aforó a 25ml con agua desmineralizada destilada. Por último, las diluciones de la curva de calibración y la muestra se leyeron en un espectrofotómetro de absorción atómica.

## 8. Análisis estadístico

Se realizó una separación de medias utilizando un análisis Anova y análisis Tukey mediante el programa IBM SPSS Statistics 21. Esto se hizo para el análisis proximal, análisis de lisina y triptófano, análisis de hierro y calcio y la prueba de consumidor.

## 9. Ponderación de atributos

### a. Grupo focal

Panelistas: 2 grupos de 10 personas. Consumidores frecuentes de los productos a evaluar.

Tiempo aproximado: 10 – 15 minutos

Información requerida: Se grabaron las preguntas que se muestran a continuación:

Respecto a una harina de maíz nixtamalizado,

1. ¿Qué prefieren una harina de menor costo o de mejor sabor?
2. ¿Qué prefieren una harina de menor costo o más nutritiva?
3. ¿Qué prefieren una harina de mejor sabor o más nutritiva?

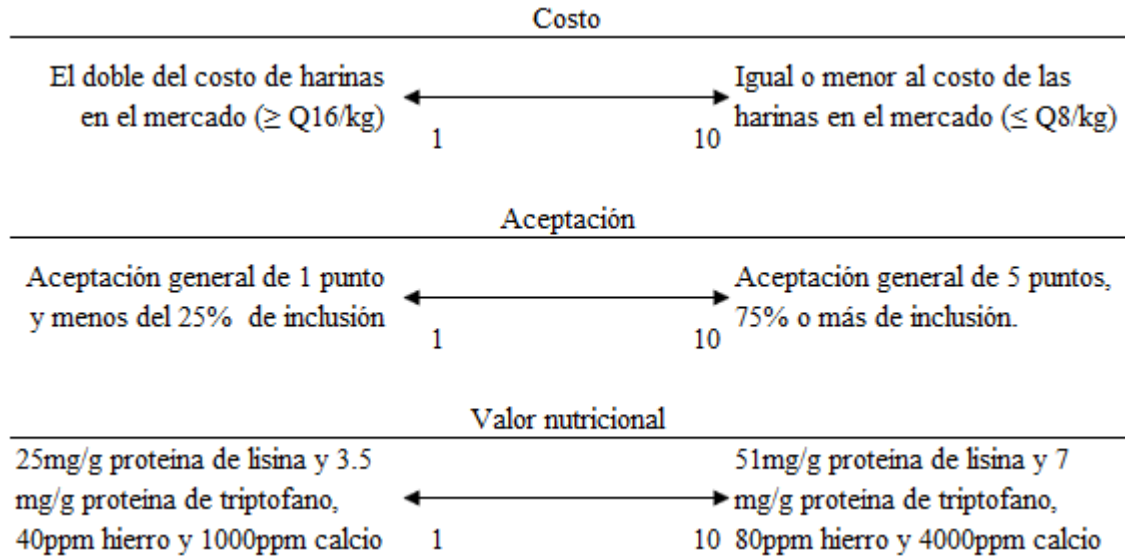
1. ¿Para ustedes qué significa que la harina sea de menor costo?
2. ¿Para ustedes qué significa que la harina sea de mejor sabor?
3. ¿Para ustedes qué significa que la harina sea más nutritiva?

### b. Análisis de resultados

Primero se ponderaron los atributos de costo, aceptación y valor nutricional respecto a las respuestas obtenidas del grupo focal. Luego de ponderarlas se evaluó cada formulación de harina elaborada respecto al costo, aceptación y valor nutricional utilizando una escala de 10 puntos que

se muestra a continuación. Por último, la ponderación anterior se multiplicó por la ponderación de los atributos iniciales y se concluyó siendo mejores las formulaciones con totales más altos.

Figura 5. Escalas de 10 puntos utilizadas para la evaluación de formulaciones.



## E. PRESUPUESTO

Cuadro 14. Recursos financieros requeridos para llevar a cabo el proyecto.

Recurso	Cantidad	Total (Q)
Frijol tepari blanco **	1000 g	18.72
Frijol tepari negro **	1000 g	18.72
Harina de maíz comercial	5000 g	45.76
Ácido sulfúrico	1635 ml	91.94
Manta para filtrar	3 unidades	2.50
Hidróxido de sodio	90 g	15.35
Agua destilada	2600 ml	61.32
Catalizador en pastilla (Kjeldahl)	3 tabletas	15.26
Ácido clorhídrico 0.1N	30 ml	5.13
Ácido bórico 4%	30 ml	0.38
Indicador fenolftaleína	0.1 g	1.34
Rojo metilo	0.1 g	1.70
Ácido nítrico	9 ml	1.01
Éter	200 ml	29.61

Recurso	Cantidad	Total (Q)
Ácido benzoico	5 ml	10.30
Triptófano	100 mg	5.00
Recurso	Cantidad	Total (Q)
Ácido acético glacial	1060 ml	75.00
Cloruro férrico hexahidratado	270 mg	3.00
Papaína	80 mg	3.00
Acetato de sodio	13.6 g	4.25
Naranja G	2 g	2.50
Anhídrido propiónico	1.2 ml	0.54
Acetato de sodio trihidratado	16.4 g	8.42
Fosfato de potasio dibásico	3.4 g	2.10
Agua potable	24150 g	58.41
Sal	30 g	0.15
Azúcar o sacarosa	340 g	2.38
Vainilla	70 g	1.36
Hojas de tuza	180 unidades	360.00
Recurso humano	4 h	150.00
Boletas de prueba	180 sets	324.00
Servilletas	200 unidades	6.30
Vasos plásticos (8oz)	180 unidades	50.40
Vasos plásticos (1oz)	240 unidades	36.00
Lápices	12 unidades	9.50
Galletas soda sin sal	180 paquetes	186.75
Platos plásticos	480 unidades	95.04
Incentivos	180 unidades	360.00
Total (Q)		2068.13

\* En esta tabla solo se tomaron en cuenta los recursos adicionales que se deben conseguir para el proyecto.

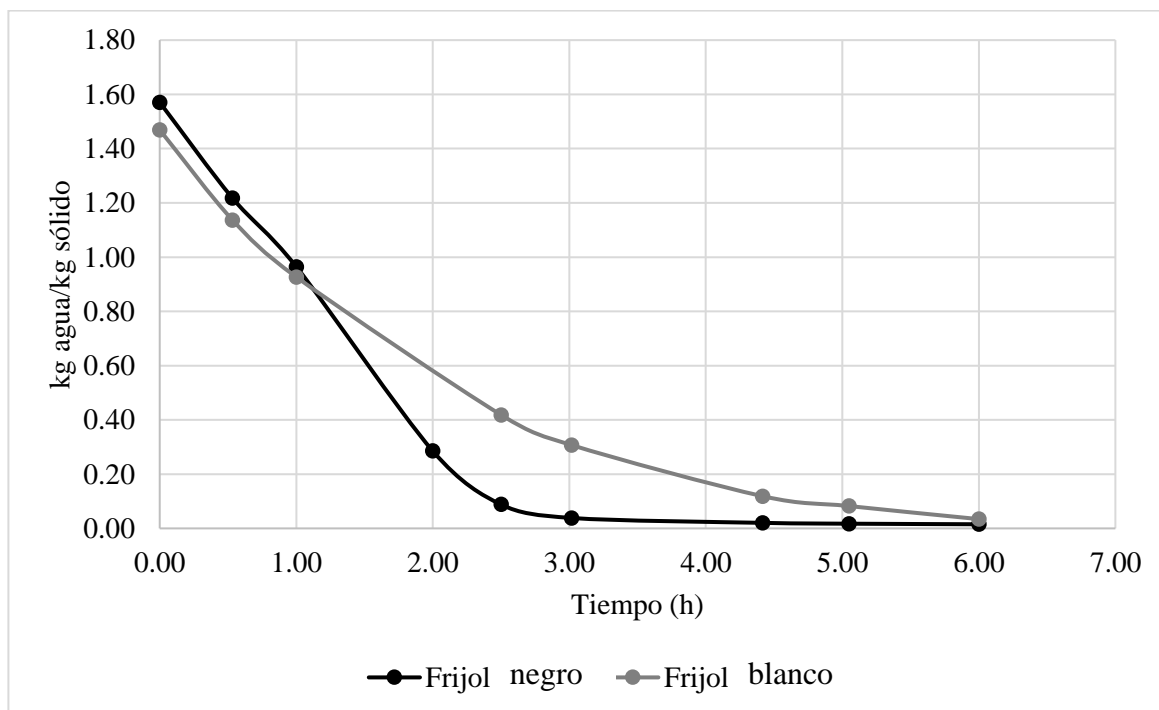
El resto, como equipos, los tiene la Universidad del Valle de Guatemala actualmente.

\*\* Se tomó como referencia el precio alto del frijol, siendo este de Q8.50/lb.

## VII. RESULTADOS

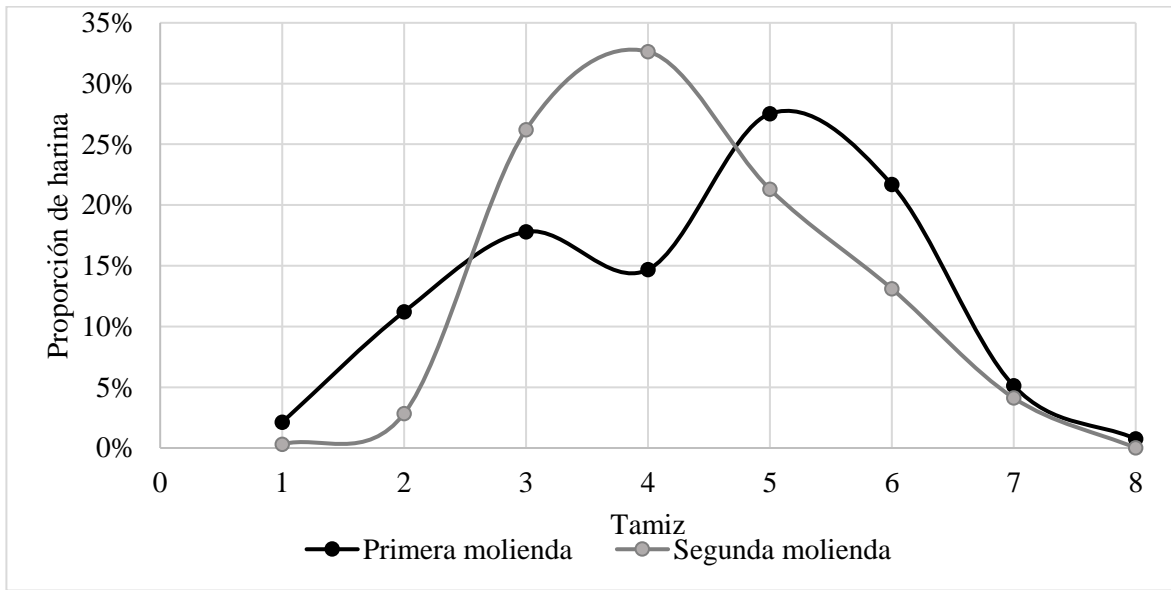
En el desarrollo de las harinas de frijol tepari, la etapa de secado fue diferente para el frijol tepari blanco y negro. En la Figura 6, se evidencia que la velocidad de secado es mayor para el frijol negro al tener una pendiente más grande. Además, se muestra que el tiempo para lograr aproximadamente 0.10 kg agua/kg sólido fue de 2.5 horas para el frijol negro y de 5 horas para el frijol blanco.

Figura 6. Curva de secado del frijol tepari blanco y negro.



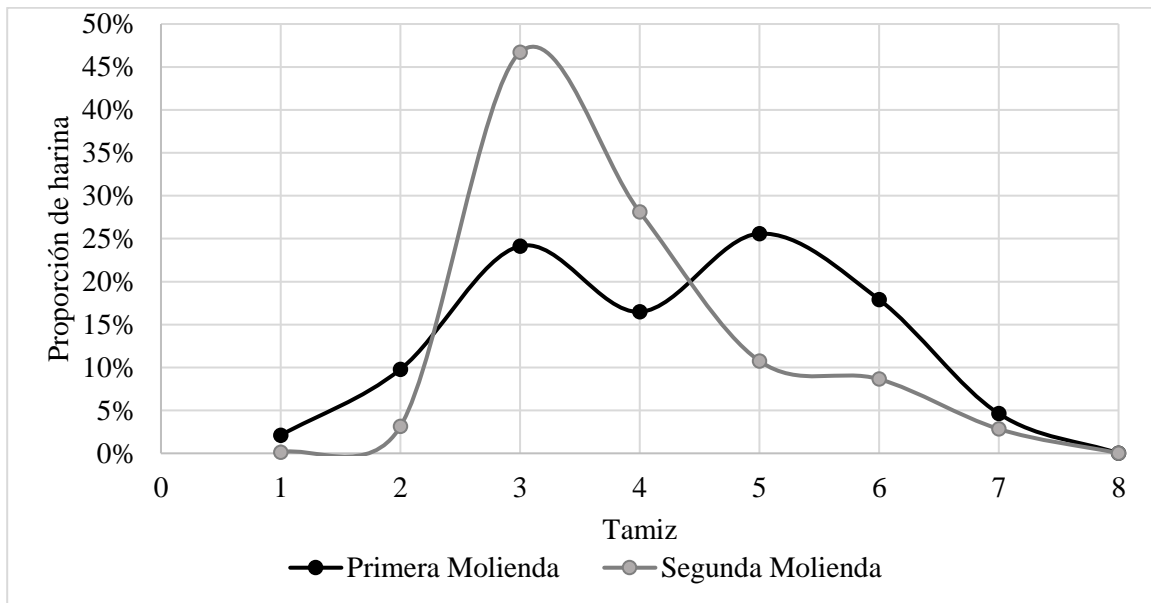
En el proceso de elaboración de harinas se muestra que hay una doble molienda al obtener un diámetro de partícula con distribución normal hasta en la segunda etapa. Esto se muestra en las Figuras 7 y 8, evidenciando que en la primera molienda se tuvo doble pico y en la segunda molienda ya se obtiene solo uno.

Figura 7. Granulometría en primera y segunda molienda del frijol tepari blanco seco.



\* El tamiz 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7 y 8 hacen referencia a los tamaños de partícula en  $\mu\text{m}$  de 425, 250, 180, 150, 125, 75, 38 y menor a 38.

Figura 8. Granulometría en primera y segunda molienda del frijol tepari negro seco.



\* El tamiz 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7 y 8 hacen referencia a los tamaños de partícula en  $\mu\text{m}$  de 425, 250, 180, 150, 125, 75, 38 y menor a 38.

Después de elaborar las harinas se obtuvieron sus características finales. Para ambos tipos de frijol fueron similares los resultados con humedades de 4.13% y 4.23%, actividad de agua de 0.225 y 0.206, diámetro de partícula Sauter 163 $\mu$ m y 172 $\mu$ m, respectivamente. Pero se diferenciaron en color y rendimiento como se muestra en el Cuadro 15. En cuanto a la humedad, actividad de agua y diámetro de partícula solo hubo diferencia estadísticamente significativa con la harina de maíz nixtamalizado, mientras que en los parámetros de color hubo diferencia estadísticamente significativa entre las tres harinas.

Cuadro 15. Características finales de las harinas elaboradas a base de frijol tepari y de la harina de maíz nixtamalizado comercial.

Parámetro	Harina de frijol blanco	Harina de frijol negro	Harina de maíz nixtamalizado
Humedad ( $\pm 0.5\%$ )	4.1 <sup>a</sup>	4.2 <sup>a</sup>	10.0 <sup>b</sup>
Actividad de agua ( $\pm 0.003$ )	0.225 <sup>a</sup>	0.206 <sup>a</sup>	0.503 <sup>b</sup>
Diámetro de partícula Sauter ( $\mu$ m)	163 <sup>a</sup>	172 <sup>a</sup>	239 <sup>b</sup>
Color L*	83.5 $\pm$ 0.6 <sup>a</sup>	64.1 $\pm$ 0.5 <sup>b</sup>	87.7 $\pm$ 0.6 <sup>c</sup>
Color a*	0.09 $\pm$ 0.02 <sup>a</sup>	2.86 $\pm$ 0.03 <sup>b</sup>	0.53 $\pm$ 0.01 <sup>c</sup>
Color b*	16.47 $\pm$ 0.09 <sup>a</sup>	8.53 $\pm$ 0.07 <sup>b</sup>	14.10 $\pm$ 0.24 <sup>c</sup>
Color E	85.13 $\pm$ 0.03 <sup>a</sup>	64.75 $\pm$ 0.04 <sup>b</sup>	88.78 $\pm$ 0.61 <sup>c</sup>
Rendimiento (%)	73.74 $\pm$ 0.06	89.81 $\pm$ 0.08	N/A

a-c, Las medias con la misma letra de cada fila demuestran que los resultados no tienen diferencia estadísticamente significativa. (Prueba de Tukey con  $\alpha = 0.05$ )

\* Color L: indica la luminosidad, Color a: indica tonos rojos (>0) o verdes (<0) y Color b: indica tonos amarillos (>0) o azules (<0) (Carvajal, *et. al*, 2011)

En el Cuadro 16 se muestran las características de las formulaciones elaboradas, combinando harina de maíz nixtamalizado en proporciones 70:30 y 80:20 con frijol blanco y negro. Las características de estas también fueron similares, variando únicamente en el color.

Cuadro 16. Características finales de las formulaciones elaboradas.

Parámetro	Formulación 73B	Formulación 82B	Formulación 73N	Formulación 82N
Humedad ( $\pm 0.5\%$ )	8.2 <sup>a</sup>	8.9 <sup>a</sup>	8.3 <sup>a</sup>	8.9 <sup>a</sup>
Actividad de agua ( $\pm 0.003$ )	0.442 <sup>a</sup>	0.447 <sup>a</sup>	0.436 <sup>a</sup>	0.444 <sup>a</sup>
Diámetro de partícula Sauter ( $\mu\text{m}$ )	216 <sup>a</sup>	224 <sup>a</sup>	219 <sup>a</sup>	226 <sup>a</sup>
Color L*	84.5 $\pm$ 0.4 <sup>a</sup>	85.4 $\pm$ 0.1 <sup>a</sup>	70.0 $\pm$ 0.9 <sup>b</sup>	74.1 $\pm$ 0.4 <sup>c</sup>
Color a*	1.01 $\pm$ 0.09 <sup>a</sup>	0.94 $\pm$ 0.01 <sup>a</sup>	2.11 $\pm$ 0.07 <sup>b</sup>	1.71 $\pm$ 0.06 <sup>c</sup>
Color b*	17.3 $\pm$ 0.2 <sup>a</sup>	16.9 $\pm$ 0.1 <sup>a</sup>	11.0 $\pm$ 0.2 <sup>b</sup>	11.4 $\pm$ 0.2 <sup>b</sup>
Color E	86.3 $\pm$ 0.4 <sup>ab</sup>	87.0 $\pm$ 0.1 <sup>b</sup>	71.2 $\pm$ 0.6 <sup>c</sup>	75.0 $\pm$ 0.5 <sup>ac</sup>

a-c, Las medias con la misma letra de cada fila demuestran que los resultados no tienen diferencia estadísticamente significativa. (Prueba de Tukey con  $\alpha = 0.05$ )

\* Color L: indica la luminosidad, Color a: indica tonos rojos (>0) o verdes (<0) y Color b: indica tonos amarillos (>0) o azules (<0) (Carvajal, *et. al*, 2011)

En el Cuadro 17 se exponen los costos tanto de materia prima como de energía asociados a cada formulación elaborada. En general, el costo total para las harinas que contienen frijol blanco son más elevados que los de frijol negro y los que tienen mayor proporción de frijol presentan también un mayor costo que aquellas que tienen mayor proporción de harina de maíz nixtamalizado.

Cuadro 17. Análisis de costos para cada formulación elaborada.

Detalle	Formulación 73B	Formulación 82B	Formulación 73N	Formulación 82N
Harina de maíz nixtamalizado	Q 7,219.85	Q 8,251.26	Q 7,219.85	Q 8,251.26
Harina de frijol tepari	Q 12,399.73	Q 8,266.49	Q 12,399.73	Q 8,266.49
Energía total	Q 1,086.84	Q 1,630.25	Q 731.24	Q 1,096.86
Total para 2434kg*	Q 20,706.42	Q 18,148.00	Q 20,350.82	Q 17,614.60
Total para 907g**	Q 8.51	Q 7.46	Q 8.36	Q 7.24

\* Se realizó una estimación de producción de 2434 kg/día al asumir que la harina participaría en el 2% del mercado de la harina de maíz, representando 643 toneladas métricas al año.

\*\* Se observó que la presentación común de las harinas de maíz nixtamalizado es de 2lb (907g).

En el Cuadro 18 se evidencian los resultados del grupo focal en donde se hicieron cambios a las primeras pruebas del desarrollo de tortillas, tamalitos y atol para asimilarlos más a los productos que se consumen en Guatemala. Entre los cambios realizados se mencionan la segunda molienda y el cambio de marca de la harina de maíz nixtamalizado utilizada.

Cuadro 18. Grupo focal para desarrollo de tortillas, tamalitos y atol con las harinas elaboradas.

Pruebas	Prueba 1	Prueba 2
Comentarios generales	Atol: Se siente granuloso y la harina no se disuelve bien. Tortillas: Saben a harina comercial, les da un olor falso. Se sienten arenosas Tamalitos: Se sienten arenosos.	Atol: Huele a atol de elote, el de frijol negro se ve raro, pero pareciera en cierto modo que tuviera chocolate. Tortillas: Saben a maíz y no son arenosas. Tamalitos: Saben normal, no son arenosos
Cambios realizados	Se cambió la marca de la harina de maíz y se hizo una molienda doble en molino de cuchillas.	No se hicieron cambios.

\* El grupo focal se hizo con 5 participantes mujeres guatemaltecas con edades entre 24 y 66 años.

Después de hacer el grupo focal se estandarizó la cantidad de materia prima y el proceso para elaborar los tres productos. En el Cuadro 19 se observa que las tortillas y tamalitos solo se diferencian en la proporción de agua:harina a utilizar, pero el atol requiere de más ingredientes.

Cuadro 19. Formulación final de tortillas, tamalitos y atol con las harinas elaboradas.

Materia Prima	Tortillas	Tamalitos	Atol
Harina elaborada ( $\pm 0.05\%$ )	38.27	31.53	5.60
Agua ( $\pm 0.05\%$ )	61.73	68.47	86.04
Azúcar ( $\pm 0.05\%$ )	N/A	N/A	5.93
Vainilla ( $\pm 0.05\%$ )	N/A	N/A	1.08
Canela ( $\pm 0.05\%$ )	N/A	N/A	1.35

En los Cuadros 20 y 21 se muestran las características principales de las tortillas y tamalitos elaborados con las distintas formulaciones de harina. La única diferencia estadísticamente significativa se da en los parámetros de color tanto en las tortillas como en los tamalitos.

Cuadro 20. Caracterización de tortillas elaboradas con cada formulación.

Característica	73B	82B	73N	82N
Diámetro (cm)	10.1 ± 0.4 <sup>a</sup>	10.0 ± 0.1 <sup>a</sup>	10.1 ± 0.1 <sup>a</sup>	9.6 ± 0.1 <sup>a</sup>
Grosor (mm)	2.8 ± 0.4 <sup>a</sup>	2.9 ± 0.2 <sup>a</sup>	2.5 ± 0.7 <sup>a</sup>	2.5 ± 0.7 <sup>a</sup>
Dureza (g)	200 ± 17 <sup>a</sup>	157 ± 43 <sup>a</sup>	239 ± 52 <sup>a</sup>	140 ± 22 <sup>a</sup>
Color L*	70.4 ± 1.8 <sup>a</sup>	71.4 ± 0.9 <sup>a</sup>	54.0 ± 0.2 <sup>b</sup>	57.5 ± 1.9 <sup>b</sup>
Color a*	2.4 ± 0.2 <sup>a</sup>	1.9 ± 0.5 <sup>a</sup>	4.2 ± 0.1 <sup>b</sup>	2.9 ± 0.5 <sup>ab</sup>
Color b*	22.0 ± 0.5 <sup>a</sup>	20.6 ± 0.5 <sup>a</sup>	13.3 ± 0.3 <sup>b</sup>	12.5 ± 0.7 <sup>b</sup>

a-b, Las medias con la misma letra de cada fila demuestran que los resultados no tienen diferencia estadísticamente significativa. (Prueba de Tukey con  $\alpha = 0.05$ )

\* Color L: indica la luminosidad, Color a: indica tonos rojos (>0) o verdes (<0) y Color b: indica tonos amarillos (>0) o azules (<0) (Carvajal, *et. al*, 2011)

Cuadro 21. Caracterización de tamalitos elaborados con cada formulación.

Característica	73B	82B	73N	82N
Dureza (g)	179 ± 25 <sup>a</sup>	192 ± 20 <sup>a</sup>	163 ± 23 <sup>a</sup>	224 ± 61 <sup>a</sup>
Color L*	66.0 ± 0.1 <sup>a</sup>	67.4 ± 0.9 <sup>a</sup>	44.9 ± 0.9 <sup>b</sup>	47.0 ± 0.1 <sup>b</sup>
Color a*	2.2 ± 0.1 <sup>a</sup>	1.6 ± 0.2 <sup>b</sup>	2.2 ± 0.1 <sup>a</sup>	1.8 ± 0.1 <sup>c</sup>
Color b*	20.8 ± 0.1 <sup>a</sup>	19.5 ± 0.6 <sup>b</sup>	5.8 ± 0.1 <sup>c</sup>	6.7 ± 0.1 <sup>c</sup>

a-c, Las medias con la misma letra de cada fila demuestran que los resultados no tienen diferencia estadísticamente significativa. (Prueba de Tukey con  $\alpha = 0.05$ )

\* Color L: indica la luminosidad, Color a: indica tonos rojos (>0) o verdes (<0) y Color b: indica tonos amarillos (>0) o azules (<0) (Carvajal, *et. al*, 2011)

En el Cuadro 22 se muestra la consistencia de los atoles elaborados con las distintas formulaciones de harina. Se logró observar que aquellos con menor proporción de harina de maíz nixtamalizado (73B y 73N) tienen menor consistencia que los que tienen mayor proporción de esta.

Cuadro 22. Caracterización de atol elaborado con cada formulación.

Característica	73B	82B	73N	82N
Consistencia (cm/s)	0.68 ± 0.02 <sup>a</sup>	0.31 ± 0.01 <sup>b</sup>	0.74 ± 0.06 <sup>a</sup>	0.24 ± 0.03 <sup>b</sup>

a-b, Las medias con la misma letra de cada fila demuestran que los resultados no tienen diferencia estadísticamente significativa. (Prueba de Tukey con  $\alpha = 0.05$ )

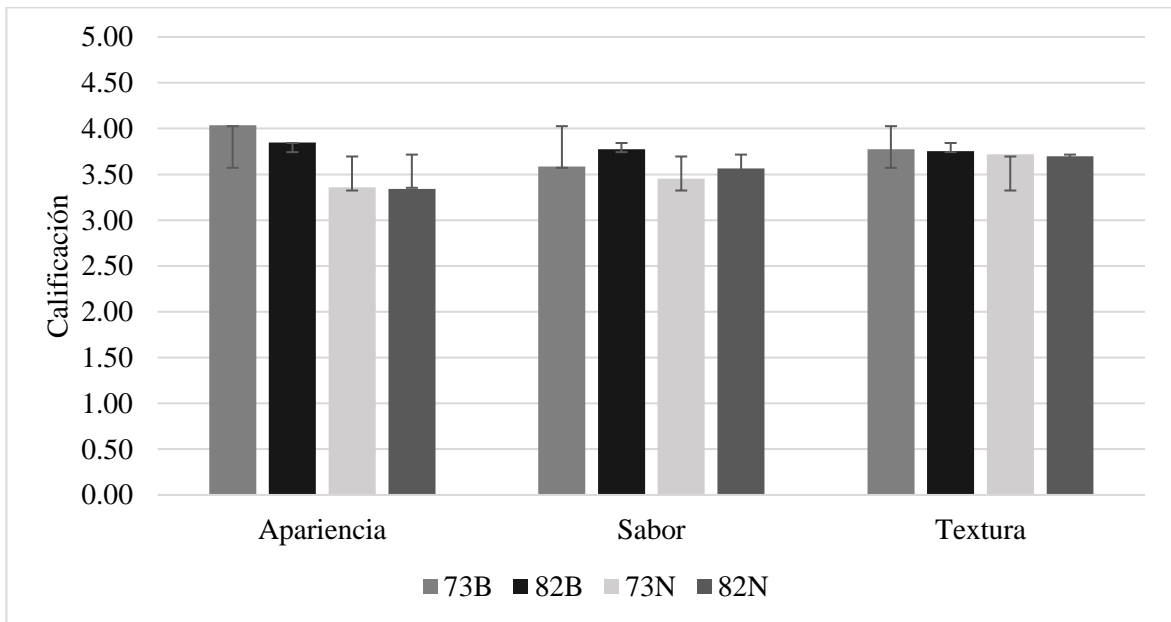
En el Cuadro 23 y Figura 9 se muestran los resultados de la evaluación sensorial de las tortillas elaboradas. No existe diferencia estadísticamente significativa entre la aceptación del sabor y textura, pero sí en la apariencia siendo mejor las tortillas elaboradas con las formulaciones 73B y 82B (con frijol blanco).

Cuadro 23. Evaluación sensorial de tortillas elaboradas con todas las formulaciones.

Aspecto evaluado	Formulación 73B	Formulación 82B	Formulación 73N	Formulación 82N
Apariencia	4.0 ± 0.7 <sup>a</sup>	3.9 ± 0.7 <sup>a</sup>	3.4 ± 0.7 <sup>b</sup>	3.3 ± 0.9 <sup>b</sup>
Sabor	3.6 ± 0.9 <sup>a</sup>	3.8 ± 0.8 <sup>a</sup>	3.5 ± 0.7 <sup>a</sup>	3.6 ± 0.9 <sup>a</sup>
Textura	3.8 ± 0.9 <sup>a</sup>	3.8 ± 0.8 <sup>a</sup>	3.7 ± 0.8 <sup>a</sup>	3.7 ± 0.9 <sup>a</sup>

a-b, Las medias con la misma letra de cada fila demuestran que los resultados no tienen diferencia estadísticamente significativa. (Prueba de Tukey con  $\alpha = 0.05$ )

Figura 9. Evaluación sensorial de tortillas elaboradas con todas las formulaciones.



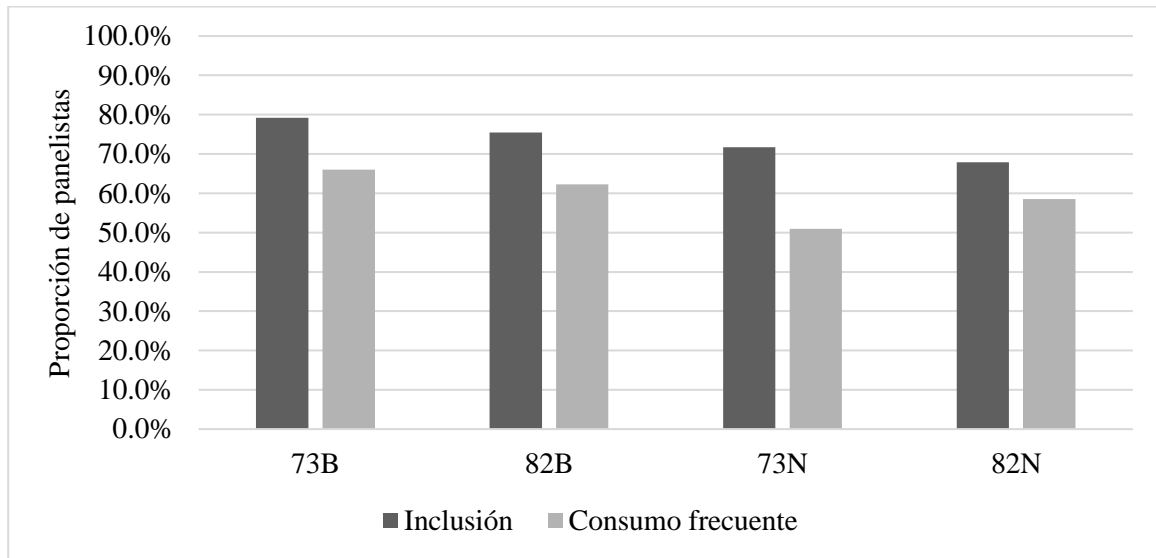
En el Cuadro 24 se muestra que alrededor del 70% incluiría las tortillas elaboradas en la dieta. Sin embargo, en la Figura 10 se observa que la formulación que más incluirían y la consumirían al menos 2 a 3 veces a la semana es la 73B (70% harina de maíz nixtamalizado y 30% frijol blanco). En contraste, la que menos consumirían frecuentemente es la 73N (30% frijol negro).

Cuadro 24. Evaluación de inclusión de tortillas elaboradas con todas las formulaciones.

Aspecto evaluado	Formulación 73B	Formulación 82B	Formulación 73N	Formulación 82N
Inclusión en la dieta (%)	79.2	75.5	71.7	67.9
Consumo frecuente* (%)	66.0	62.3	50.9	58.5

\* Indica que los panelistas consumirían las tortillas al menos 2-3 veces a la semana.

Figura 10. Evaluación inclusión de tortillas elaboradas con todas las formulaciones.



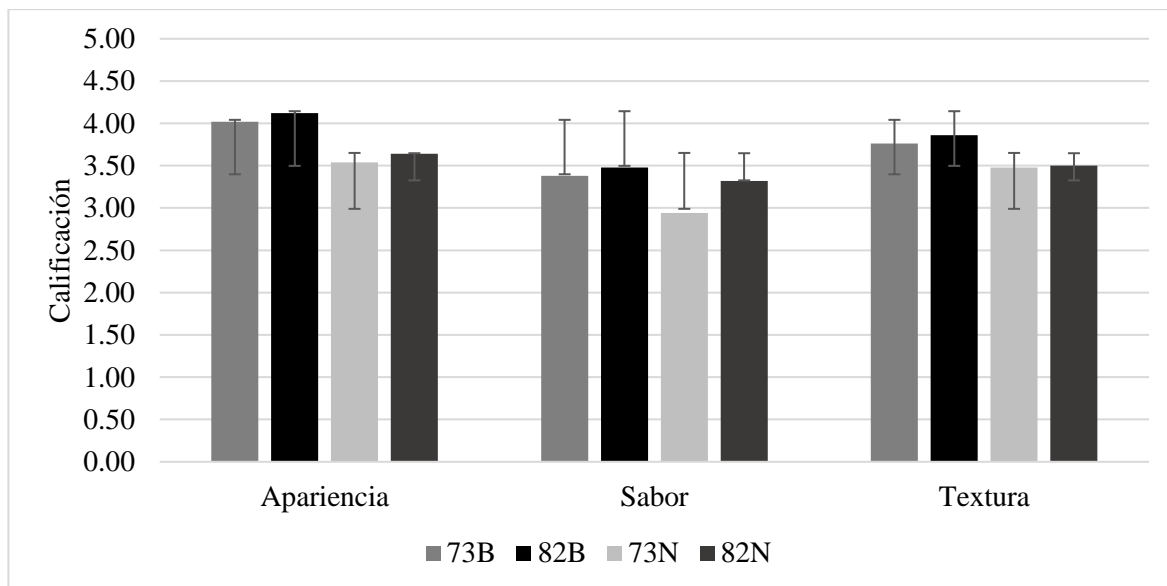
En el Cuadro 25 y Figura 11 se muestran los resultados de la evaluación sensorial de los tamalitos elaborados. No existe diferencia estadísticamente significativa entre la aceptación de la textura, pero sí en la apariencia siendo mejor los tamalitos elaborados con las formulaciones 73B y 82B (elaboradas con frijol blanco). También hubo diferencia significativa en el sabor siendo mejor la formulación 82B y la menos aceptada la 73N.

Cuadro 25. Evaluación sensorial de tamalitos elaborados con todas las formulaciones.

Aspecto evaluado	Formulación 73B	Formulación 82B	Formulación 73N	Formulación 82N
Apariencia	4.0 ± 0.7 <sup>a</sup>	4.1 ± 0.8 <sup>a</sup>	3.5 ± 0.9 <sup>b</sup>	3.6 ± 0.8 <sup>a,b</sup>
Sabor	3.4 ± 0.7 <sup>a,b</sup>	3.5 ± 0.9 <sup>a</sup>	2.9 ± 0.4 <sup>b</sup>	3.3 ± 0.9 <sup>a,b</sup>
Textura	3.8 ± 0.9 <sup>a</sup>	3.9 ± 0.9 <sup>a</sup>	3.5 ± 0.8 <sup>a</sup>	3.5 ± 0.7 <sup>a</sup>

a-b, Las medias con la misma letra de cada fila demuestran que los resultados no tienen diferencia estadísticamente significativa. (Prueba de Tukey con  $\alpha = 0.05$ )

Figura 11. Evaluación sensorial de tamalitos elaborados con todas las formulaciones.



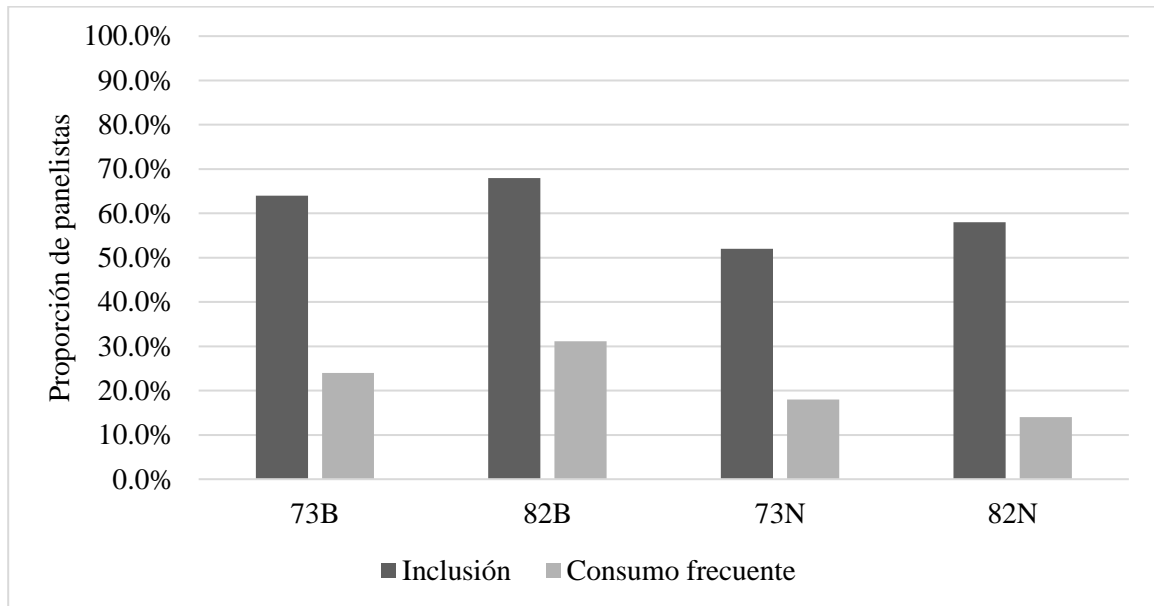
En el Cuadro 26 se muestra que menos del 70% incluiría los tamalitos elaborados en la dieta. Sin embargo, en la Figura 12 se observa que la formulación que más incluirían y la consumirían al menos 2 a 3 veces a la semana es la 82B (80% harina de maíz nixtamalizado y 20% frijol blanco). En contraste, la que menos consumirían frecuentemente es la 73N (30% frijol negro).

Cuadro 26. Evaluación de inclusión de tamalitos elaborados con todas las formulaciones.

Aspecto evaluado	Formulación 73B	Formulación 82B	Formulación 73N	Formulación 82N
Inclusión en la dieta (%)	64.0	68.0	52.0	58.0
Consumo frecuente* (%)	24.0	31.1	18.0	14.0

\* Indica que los panelistas consumirían los tamalitos al menos 2-3 veces a la semana.

Figura 12. Evaluación inclusión de tortillas elaboradas con todas las formulaciones.



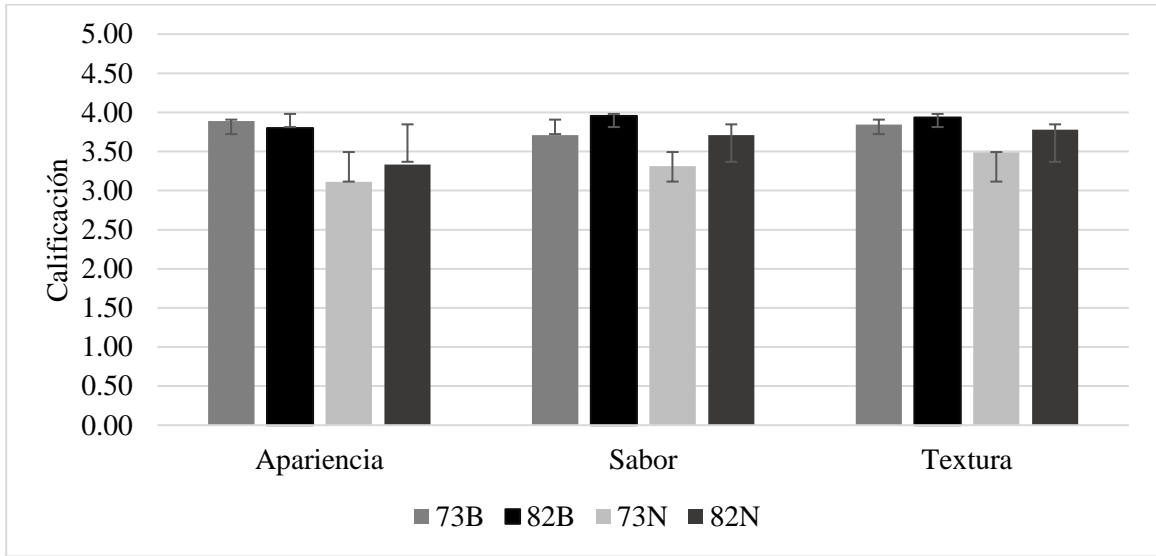
En el Cuadro 27 y Figura 13 se muestran los resultados de la evaluación sensorial de los atoles elaborados. No existe diferencia estadísticamente significativa entre la aceptación de la textura o el sabor, pero sí en la apariencia siendo mejor el atol elaborado con la formulación 73B (elaborada con 30% frijol blanco) y la menos aceptada la 73N (elaborada con 30% frijol negro).

Cuadro 27. Evaluación sensorial de atol elaborado con todas las formulaciones.

Aspecto evaluado	Formulación 73B	Formulación 82B	Formulación 73N	Formulación 82N
Apariencia	3.9 ± 0.6 <sup>a</sup>	3.8 ± 0.8 <sup>ab</sup>	3.1 ± 0.9 <sup>c</sup>	3.3 ± 0.9 <sup>bc</sup>
Sabor	3.7 ± 0.8 <sup>a</sup>	4.0 ± 0.9 <sup>a</sup>	3.3 ± 0.9 <sup>a</sup>	3.7 ± 0.9 <sup>a</sup>
Textura	3.8 ± 0.9 <sup>a</sup>	3.9 ± 0.9 <sup>a</sup>	3.5 ± 0.9 <sup>a</sup>	3.8 ± 0.9 <sup>a</sup>

a-c, Las medias con la misma letra de cada fila demuestran que los resultados no tienen diferencia estadísticamente significativa. (Prueba de Tukey con  $\alpha = 0.05$ )

Figura 13. Evaluación sensorial del atol elaborado con todas las formulaciones.



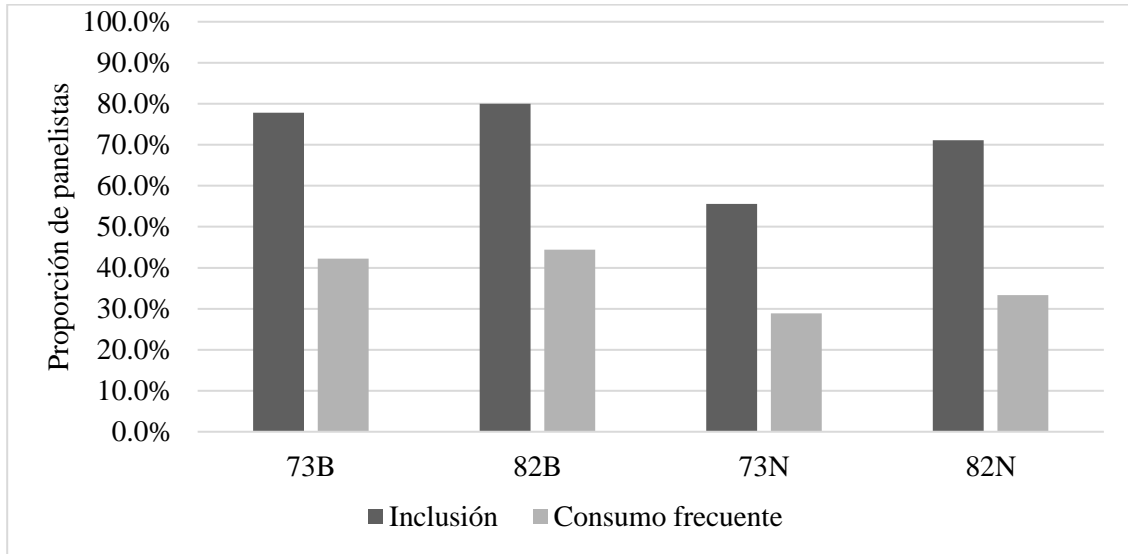
En el Cuadro 28 se muestra que alrededor del 70% incluiría los atoles elaborados en la dieta. Sin embargo, en la Figura 12 se observa que la formulación que más incluirían y la consumirían al menos 2 a 3 veces a la semana es la 82B (80% harina de maíz nixtamalizado y 20% frijol blanco). En contraste, la que menos consumirían frecuentemente es la 73N (30% frijol negro).

Cuadro 28. Evaluación de inclusión de atol elaborado con todas las formulaciones.

Aspecto evaluado	Formulación 73B	Formulación 82B	Formulación 73N	Formulación 82N
Inclusión en la dieta (%)	77.8	80.0	55.6	71.1
Consumo frecuente* (%)	42.2	44.4	28.9	33.3

\* Indica que los panelistas consumirían los tamalitos al menos 2-3 veces a la semana.

Figura 14. Evaluación inclusión de atol elaborado con todas las formulaciones.



En el Cuadro 29 se muestra la composición de las harinas utilizadas. Es evidente que las diferencias más grandes entre la harina de frijol y la harina de maíz nixtamalizado se centran en la cantidad de proteína, fibra cruda, cenizas y carbohidratos siendo los primeros tres mayores en las harinas de frijol.

Cuadro 29. Análisis proximal de las harinas utilizadas.

Componente	Harina de maíz nixtamalizado	Harina de frijol tepari negro	Harina de frijol tepari blanco
Grasa (%)	3.5 ± 0.3 <sup>a</sup>	1.1 ± 0.1 <sup>b</sup>	2.5 ± 0.4 <sup>ab</sup>
Proteína (%)	9.6 ± 0.1 <sup>a</sup>	31.7 ± 0.6 <sup>b</sup>	30.7 ± 0.9 <sup>b</sup>
Fibra cruda (%)	0.5 ± 0.1 <sup>a</sup>	3.1 ± 0.1 <sup>b</sup>	3.1 ± 0.9 <sup>b</sup>
Carbohidratos (%)	76.7 ± 0.6 <sup>a</sup>	56.1 ± 0.6 <sup>b</sup>	55.2 ± 0.5 <sup>b</sup>
Humedad (%)	8.3 ± 0.1 <sup>a</sup>	4.3 ± 0.1 <sup>b</sup>	5.7 ± 0.1 <sup>c</sup>
Cenizas (%)	1.4 ± 0.1 <sup>a</sup>	3.9 ± 0.2 <sup>b</sup>	2.8 ± 0.4 <sup>c</sup>
Calorías (kcal)	376 ± 3 <sup>a</sup>	360 ± 3 <sup>a</sup>	365 ± 3 <sup>a</sup>

a-c, Las medias con la misma letra de cada fila demuestran que los resultados no tienen diferencia estadísticamente significativa. (Prueba de Tukey con  $\alpha = 0.05$ )

En el Cuadro 30 se muestra la composición nutricional de las harinas utilizadas. Es evidente que el contenido de triptófano, hierro y calcio es mayor en las harinas de frijol que en la de maíz.

Cuadro 30. Análisis nutricional de las harinas utilizadas

Componente	Harina de maíz nixtamalizado	Harina de frijol tepari negro	Harina de frijol tepari blanco
Lisina (mg/g proteína)	61.7 ± 0.8 <sup>a</sup>	21.4 ± 0.1 <sup>b</sup>	21.3 ± 0.9 <sup>b</sup>
Triptófano (mg/g proteína)	4.6 ± 0.1 <sup>a</sup>	8.84 ± 0.40 <sup>b</sup>	9.08 ± 1.07 <sup>b</sup>
Calcio (ppm)	1008.2 ± 0.1 <sup>a</sup>	2834.5 ± 0.1 <sup>b</sup>	3112.0 ± 0.1 <sup>c</sup>
Hierro (ppm)	20.225 ± 0.005 <sup>a</sup>	46.885 ± 0.005 <sup>b</sup>	41.585 ± 0.005 <sup>b</sup>

a-b, Las medias con la misma letra de cada fila demuestran que los resultados no tienen diferencia estadísticamente significativa. (Prueba de Tukey con  $\alpha = 0.05$ )

En el Cuadro 31 se muestra la composición de las formulaciones elaboradas. Las diferencias estadísticamente significativas se encuentran en el contenido proteico, carbohidratos, humedad y cenizas. La proteína fue mayor en las formulaciones 73B y 73N, con mayor contenido de harina de frijol.

Cuadro 31. Análisis proximal de las harinas elaboradas.

Componente	Formulación 73B	Formulación 82B	Formulación 73N	Formulación 82N
Grasa (%)	3.17 ± 0.44 <sup>a</sup>	3.26 ± 0.32 <sup>a</sup>	2.73 ± 0.26 <sup>a</sup>	2.97 ± 0.18 <sup>a</sup>
Proteína (%)	15.95 ± 0.24 <sup>a</sup>	13.85 ± 0.23 <sup>b</sup>	16.24 ± 0.75 <sup>a</sup>	14.04 ± 0.64 <sup>b</sup>
Fibra cruda (%)	1.28 ± 0.24 <sup>a</sup>	1.02 ± 0.18 <sup>a</sup>	1.28 ± 0.15 <sup>a</sup>	1.02 ± 0.28 <sup>a</sup>
Carbohidratos (%)	71.54 ± 0.84 <sup>a</sup>	73.42 ± 0.62 <sup>a,b</sup>	71.79 ± 0.45 <sup>a,b</sup>	73.34 ± 0.76 <sup>b</sup>
Humedad (%)	7.53 ± 0.12 <sup>a,b</sup>	7.80 ± 0.07 <sup>a</sup>	7.11 ± 0.10 <sup>c</sup>	7.52 ± 0.09 <sup>b</sup>
Cenizas (%)	1.81 ± 0.21 <sup>a</sup>	1.67 ± 0.32 <sup>a</sup>	2.13 ± 0.25 <sup>b</sup>	1.88 ± 0.15 <sup>a</sup>
Calorías (kcal/100g)	380 ± 3 <sup>a</sup>	379 ± 3 <sup>a</sup>	378 ± 3 <sup>a</sup>	377 ± 3 <sup>a</sup>

a-c, Las medias con la misma letra de cada fila demuestran que los resultados no tienen diferencia estadísticamente significativa. (Prueba de Tukey con  $\alpha = 0.05$ )

En el Cuadro 32 se muestra el análisis nutricional de las formulaciones elaboradas. Hubo diferencia estadísticamente significativa en el contenido de lisina, siendo mayor en las formulaciones 82B y 82N (con menor proporción de harina de frijol), pero no hubo diferencia significativa en el contenido de triptófano. En cuanto al calcio y hierro sí hubo diferencia estadísticamente significativa, siendo mayor en las formulaciones 73B y 73N (con menor proporción de harina de maíz nixtamalizado), respectivamente.

Cuadro 32. Análisis nutricional de las harinas elaboradas.

Componente	Formulación 73B	Formulación 82B	Formulación 73N	Formulación 82N
Lisina (mg/g proteína)	38.4 ± 0.3 <sup>a</sup>	43.7 ± 0.3 <sup>b</sup>	37.9 ± 0.2 <sup>c</sup>	43.2 ± 0.3 <sup>b</sup>
Triptófano (mg/g proteína)	7.4 ± 0.57 <sup>a</sup>	6.7 ± 0.4 <sup>a</sup>	6.9 ± 0.2 <sup>a</sup>	6.3 ± 0.1 <sup>a</sup>
Calcio (ppm)	1639 ± 4 <sup>a</sup>	1429 ± 4 <sup>b</sup>	1556 ± 4 <sup>c</sup>	1373 ± 4 <sup>d</sup>
Hierro (ppm)	26.6 ± 0.5 <sup>a,b</sup>	24.5 ± 0.5 <sup>a</sup>	28.2 ± 0.5 <sup>b</sup>	25.6 ± 0.5 <sup>a,b</sup>

a-c, Las medias con la misma letra de cada fila demuestran que los resultados no tienen diferencia estadísticamente significativa. (Prueba de Tukey con  $\alpha = 0.05$ )

En el Cuadro 33 se hizo una comparación entre las cuatro formulaciones tomando en cuenta el costo, la aceptación y valor nutricional, cuya ponderación de 0.25, 0.25 y 0.50, respectivamente, se obtuvo mediante un grupo focal en donde indicaron qué atributos eran más relevantes. Se observa que respecto a la puntuación total de las formulaciones la mejor fue la 82B con 7.25 puntos y las menos recomendadas fueron la 73N y 82N con 6.50 puntos.

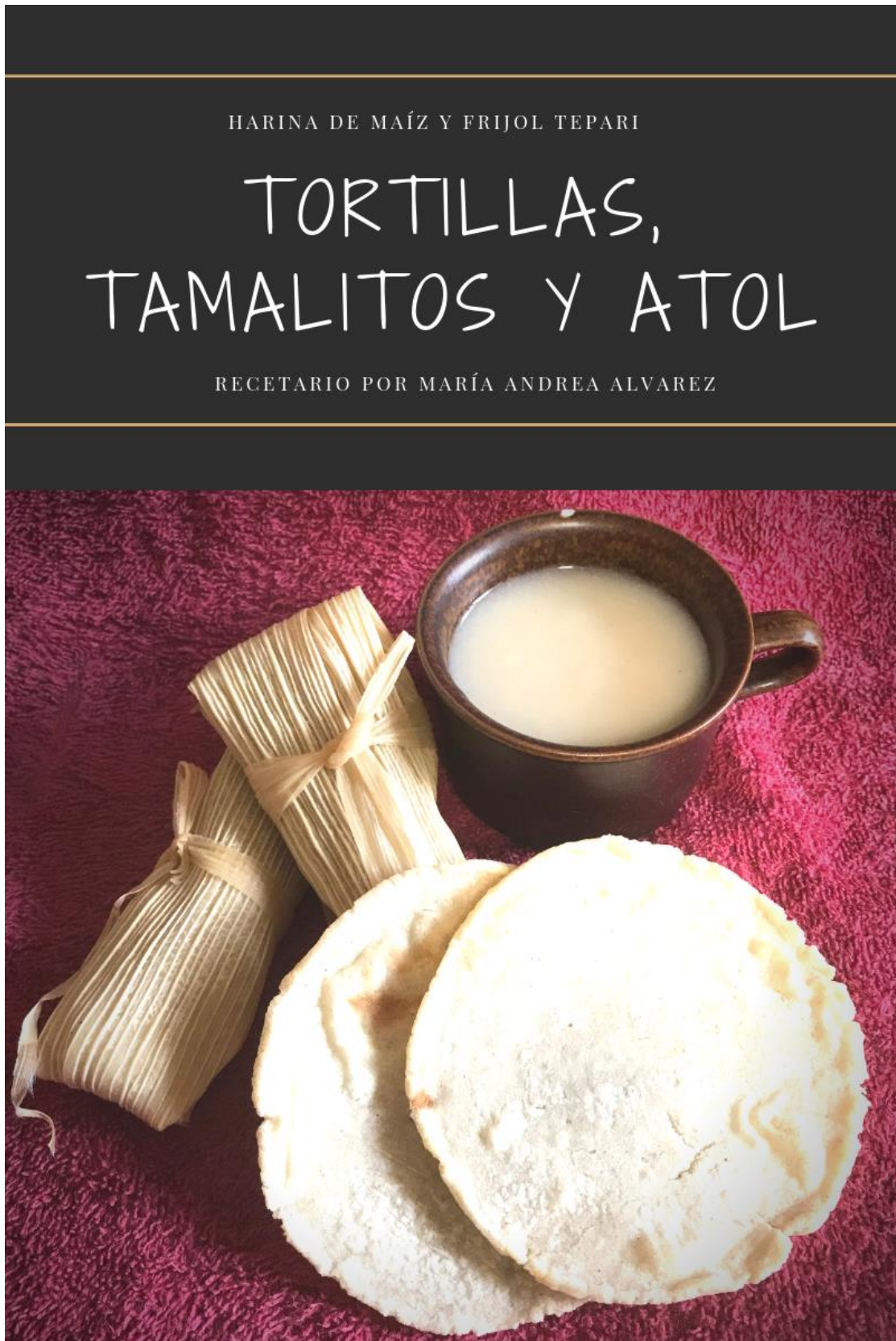
Cuadro 33. Comparación de harinas por costo, aceptación sensorial y valor nutricional.

Formulación	Costo (0.25)	Aceptación (0.25)	Nutrición (0.50)	Total
73B	8	8	6	7.00
82B	9	8	6	7.25
73N	8	6	6	6.50
82N	9	7	5	6.50

\* Los valores de 0.25, 0.25 y 0.5 para los atributos costo, aceptación y nutrición respectivamente, se determinaron como se muestra en el Cuadro 34 de la sección de anexos.

En la Figura 15 se encuentra la guía de elaboración de las tortillas, tamalitos y atol. Esta se hizo tomando en cuenta que el mercado pertenece al área rural de Guatemala en donde existe alto índice de analfabetismo y normalmente no se cuenta con utensilios de medición.

Figura 15. Guía de elaboración de tortillas, tamalitos y atol con las harinas elaboradas.



# TORTILLAS

## INGREDIENTES



1 taza de agua



1 taza de harina

## PROCEDIMIENTO



1 Mezclar los ingredientes hasta hacer una masa uniforme



2 Hacer porciones de 35 g y formarlas como una torta



3 Cocer en una plancha o comal, 2 minutos de un lado y 2 minutos del otro



4 Colocarlas en tortillero o envolverlas para conservar el calor

# TAMALITOS

## INGREDIENTES



1 1/2 tazas de agua



1 taza de harina

## PROCEDIMIENTO



1 Mezclar los ingredientes hasta hacer una masa uniforme



2 Hacer porciones de 80g y envolverlas en hojas de tuza previamente hidratadas



3 Cocer en olla con agua hirviendo por 25-30 minutos.



4 Desechar el agua y servir calientes

# ATOL

## INGREDIENTES



1 taza de agua



1 cucharada de azúcar



1 1/2 cucharada de harina



1 cucharadita de vainilla



1 cucharadita de canela

## PROCEDIMIENTO



Mezclar los ingredientes hasta hacer tener consistencia uniforme



Hervir 5 minutos en olla sin dejar de mover.



Servir en caliente

## VIII. ANÁLISIS DE RESULTADOS

El objetivo principal de este trabajo fue formular una harina a base de una mezcla de harina de maíz nixtamalizado y harina de frijol tepari blanco o negro que fuera aplicable para productos como tortillas, tamalitos y atol de masa. Esto con el fin de proporcionar un producto de mayor calidad nutricional a la población guatemalteca de escasos recursos. Para lograrlo fue necesario comparar cuatro formulaciones con el fin de escoger la más adecuada en cuanto a aceptación, costo y valor nutricional.

El desarrollo de las harinas consistió en la elaboración de la harina de frijol tepari y el mezclado de esta con harina de maíz nixtamalizado. Como se muestra en la Figura 4, la fabricación de harina de frijol conlleva la cocción, secado y molienda de la materia prima, principalmente. A grandes rasgos, se logra observar que la elaboración de harina de frijol tepari blanco y negro fue similar variando únicamente en tiempos de secado.

En el procesamiento de las harinas es importante la trituration haciendo del frijol una masa para que tenga más facilidad de secado al tener una mayor área superficial expuesta al aire caliente. Durante el secado, se observó que el frijol negro requiere 3 horas, siendo la mitad de tiempo que se requiere para el frijol blanco (6 horas) para lograr una humedad alrededor de 4%. Esto es relevante al momento de escalar el producto ya que puede repercutir en los costos de la fabricación de la harina. Se sugiere que en futuras investigaciones se analice el nivel de cocimiento a diferentes tiempos, mediante la dureza u otros métodos, para asegurar que tanto el frijol negro como el blanco llegaran al mismo nivel y evitar que esta sea la causa del aumento en el tiempo de secado. Esto se debe a que, según los estudios de Small, 2014, el frijol negro requiere un mayor tiempo de cocimiento al no tener una capa permeable en comparación con el frijol blanco. Por lo tanto, puede ser que al frijol blanco se le haya dado un cocimiento extra causando mayor gelatinización de almidones e hidratación de la semilla provocando lentitud en el secado. En contraste, se propone que el frijol negro se hidrató externamente, pero no penetró la misma cantidad de agua que en el frijol blanco.

Cabe mencionar que el frijol seco se tuvo que pasar dos veces por el molino de cuchillas ya que en la primera molienda no se obtuvo una distribución normal de tamaño de partículas, como se demuestra en las Figuras 6 y 7. Una distribución con dos picos suele indicar que el tiempo de

molienda fue escaso por lo que la decisión que se tomó fue moler una segunda vez, logrando así una distribución adecuada.

En cuanto a las harinas de frijol obtenidas, se observó que tuvieron características finales similares al tener humedades de 4.13% y 4.23%, actividad de agua de 0.225 y 0.206 y diámetro de partícula de 163 $\mu$ m y 172 $\mu$ m, respectivamente para el frijol blanco y el frijol negro. A pesar de tener una harina lo suficientemente seca para tener estabilidad microbiológica y larga vida de anaquel, la actividad de agua se redujo más de lo recomendado. Al ser la actividad de agua menor de 0.25 la deshidratación es más lenta, causando mayor tiempo de proceso reflejado en costos elevados y daños al producto como se menciona en Badui, 2012. Por esta razón podría mejorarse el proceso secando 2.5 horas y 5 horas el frijol negro y blanco, respectivamente. Esto con el fin de llegar a humedades cercanas a 7% según la curva de secado que se muestra en la Figura 6. A pesar de esto la mezcla de harinas resultó en una humedad y actividad de agua aceptables al estar entre 8.24-8.93% y 0.436-0.447, respectivamente.

Además de las similitudes que tuvieron las harinas de frijol blanco y negro, estas se diferenciaron en el color como era esperado. La harina de frijol blanco presentó tonos blancos y amarillentos al tener valores de  $L=83.52$  y  $b=16.47$ , mientras que la de frijol negro presentó tonos grisáceos al tener un valor de  $L=64.12$ . Las harinas también se diferenciaron en rendimiento siendo menor para el frijol blanco (73.74%) y mayor para el frijol negro (89.81%). Esto se debió principalmente a que la materia prima se encontraba almacenada en una cámara fría, pero ya presentaba gorgojo, lo que causó una selección de materia prima más rigurosa. A pesar de las pérdidas que causa el gorgojo, los rendimientos fueron bastante elevados indicando que la producción de harina de frijol tepari es eficiente y se logra recuperar gran parte de los sólidos iniciales.

Respecto a los costos de las formulaciones finales se obtuvo que las harinas con menor cantidad de harina de frijol resultan más económicas debido al elevado costo del frijol a comparación de las harinas de maíz nixtamalizado. Las formulaciones con 20% de frijol tepari blanco o negro resultaron con costos aproximados de Q7.46 y Q7.24 por 907g, respectivamente. Estos costos no son atractivos para la producción de harinas ya que los precios en el mercado van desde Q5 a Q10. Sin embargo, el precio del frijol puede negociarse con el proveedor al momento de realizar una producción grande logrando disminuir los costos por lo que se recomienda hacerlo para reevaluar si es rentable la producción de harina de frijol tepari.

La reducción de costos en el desarrollo de las harinas es importante ya que el mercado objetivo es la población con menor acceso en Guatemala. Esta se ve muy influenciada por los precios de los productos, a pesar de que sí les interesa la buena nutrición, ya que con ingresos por debajo del salario mínimo deben mantenerse alimentados y cubrir las necesidades básicas. Por lo tanto, es importante elaborar estrategias para disminuir los costos, de tal forma que sea competitiva en el mercado y sea accesible para la población guatemalteca sin alterar su valor nutricional.

Para asegurar que las formulaciones seguían teniendo las aplicaciones de una harina de maíz nixtamalizado, se desarrollaron tortillas, tamalitos y atoles. Es relevante reiterar que la elaboración se hizo con una mujer guatemalteca que hace este tipo de productos semanalmente. Esto con el fin de evitar que la falta de experiencia afectara la aceptación de los productos por parte de los consumidores. Para esto fue necesario pesar la materia prima que se usaba en el proceso artesanal para adecuarlo a las formulaciones que se muestran en el Cuadro 19. Además, se observó detenidamente el proceso y se tomaron tiempos y temperaturas donde fuera necesario controlar estos parámetros como se muestra en la Figura 4. Con esto se obtuvo principalmente la etapa de cocción en los tres productos usando distintos métodos para cada uno, como lo es el método directo para las tortillas y el atol, y el calentamiento por vapor para el desarrollo de tamalitos.

En la etapa de desarrollo de productos se realizó un grupo focal con el fin de obtener opiniones de señoras que acostumbran a elaborarlos. Este fue de gran importancia ya que se hicieron cambios al primer prototipo como el cambio de la marca de harina de maíz utilizada y cambio en el procesamiento de molienda. Del prototipo 1 se concluyó que la harina aportaba una textura arenosa y un sabor poco agradable. Por esta razón se procedió a usar el molino de cuchillas en lugar del molino de discos que se disponía en el laboratorio. Además, se cambió la marca de harina tomando en cuenta el precio y popularidad que se mencionó en el grupo focal. Esto contribuyó a mejoras en los productos aportando un sabor y textura más aceptados, siendo muy similar a los consumidos normalmente.

En cuanto a la caracterización de los productos elaborados se logran observar algunas similitudes y diferencias al usar las cuatro formulaciones de harina, como se muestra en los Cuadros 20-22. El tamaño de los productos fue algo que se controló especialmente por el peso de la masa utilizada. Para las tortillas, esto causó que no hubiera variaciones significativas entre el diámetro (9.6 a 10.1cm) y el grosor (2.5 a 2.9 cm), siendo estas medidas similares a las de las tortillas de maíz que suelen adquirirse en Guatemala.

Referente a las tortillas, se puede decir que estas variaron en color como era lo esperado por las mezclas de frijol tepari y harina de maíz nixtamalizado. Sin embargo, las tortillas elaboradas con frijol blanco tuvieron una apariencia muy similar a las tortillas elaboradas solo con harina de maíz nixtamalizado, como se muestra en el Cuadro 34. Cabe mencionar que la dureza de las tortillas tampoco varió significativamente entre formulaciones, estando entre 140 y 239 g como se muestra en el Cuadro 20.

Por parte de los tamalitos y el atol, se mostró el mismo comportamiento en cuanto a color, pero en los tamalitos la dureza no presentó variaciones significativas estadísticamente. Esta tuvo valores parecidos en las cuatro formulaciones estando entre 163g y 224g de dureza como se muestra en el Cuadro 21. Por otro lado, los atoles elaborados sí presentaron diferencias significativas en cuanto a la consistencia, pero con el comportamiento esperado. Las formulaciones que tenían mayor proporción de harina de maíz tuvieron resultados menores, siendo equivalente a la del atol control, indicando que fluían con menor facilidad. A pesar de que el atol es el producto que contiene menor proporción de harina, es evidente que causa cambios significativos en la textura de este.

En cuanto a la prueba de consumidores, se trata de una etapa crítica ya que en esta se determinó si la harina realmente era aplicable para elaborar productos que son aceptados por los consumidores potenciales. Esta se realizó para las tortillas, tamalitos y atoles previamente desarrollados. En general, se puede distinguir que las calificaciones promedio se encuentran entre 3 y 4 puntos en una escala de 5 puntos, indicando que les es indiferente y que les gusta, respectivamente para cada puntuación.

Para las tortillas, que son el producto de mayor popularidad al consumirse todos los días en muchas casas guatemaltecas, se tuvieron calificaciones más altas para la apariencia de aquellas elaboradas con harina de frijol blanco con puntuaciones de 3.85 a 4.04. Mientras que para el sabor y textura no hubo diferencia estadísticamente significativa según la prueba de Anova y Tukey realizadas. La preferencia por las tortillas blancas en cuanto a apariencia se puede deber a que eran las más parecidas a las tortillas que comúnmente se consumen en Guatemala. Sin embargo, al hacerlas de menor tamaño por fines de degustación, la apariencia se miraba más reseca que la tortilla original, lo cual pudo causar que el nivel de aceptación disminuyera. Además, algunos panelistas indicaron que a las tortillas les hacía falta la tela que se forma en la parte frontal. Esto podría mejorarse dejando reposar la masa después de mezclar la harina con el agua, asegurando una hidratación adecuada y dando lugar a una conversión de agua en vapor dentro de la tortilla.

Por otra parte, el sabor tuvo una calificación entre 3.45 y 3.77 indicando que les gustaba poco. Esto también pudo haberse afectado por el tamaño de las tortillas ya que estas al servirse se enfriaban con mayor rapidez y algunos panelistas indicaron que no les agradaba el sabor porque las prefieren más calientes. La textura también pudo haberse visto afectada por la temperatura ya que tienden a endurecerse cuando se enfrían. Por estas razones es recomendable pasar una muestra a la vez durante el panel sensorial y hacer las tortillas grandes para evitar que esto afecte la prueba y conduzca a resultados erróneos. Sin embargo, es posible concluir que la calificación es bastante aceptada ya que se esperaba una ponderación alrededor de 4 puesto que los panelistas suelen evitar calificaciones extremas de 1 y 5 puntos.

Además de la aceptación, en la boleta se les preguntó a los panelistas si estarían dispuestos a incluir el producto en su dieta y con qué frecuencia lo harían. Esto se hizo con el fin de evaluar si era un producto aceptado hasta tal punto que les gustaría consumirlo habitualmente. Como resultados se obtuvo que entre el 67.9% y el 79.2% de los panelistas estarían dispuestos a incluir las tortillas desarrolladas en su dieta, siendo este dato mayor para las harinas que contenían frijol blanco. También, la mayoría de los panelistas indicó que no solo las incluiría en su dieta, sino que las consumiría frecuentemente entre 2-3 veces a la semana. Por lo tanto, se puede considerar la mezcla de harina de maíz nixtamalizado con harina de frijol tepari un producto sustituto a la harina de maíz nixtamalizado con especial interés en las harinas con frijol blanco.

Para los tamalitos se observó que sí hubo diferencia estadísticamente significativa en cuanto a apariencia y sabor. Respecto a la apariencia, las harinas elaboradas con frijol blanco fueron mejor aceptadas que las de frijol negro con puntuaciones de 4.02 a 4.12 y 3.54 a 3.64, respectivamente. Estas al igual que en las tortillas es probable que sean más aceptadas por la similitud con los productos que comúnmente se consumen. Además, el sabor más aceptado fue el de la formulación 82B con menor proporción de frijol blanco, mientras que el menos aceptado fue el elaborado con la formulación 73N con mayor proporción de frijol negro. Estos resultados pudieron deberse a que muchos panelistas indicaron que les gustaría más sabor en el tamalito ya que era muy simple. Además, mencionaron que el color negro del tamalito era confuso y no les gustaba la combinación de color negro con sabor insípido. Para mejorar la aceptación se recomienda adicionar sal u otros condimentos y así evitar que esto afecte los resultados. Sin embargo, esto debe hacerse en pequeñas cantidades ya que en el panel se pretendía evaluar una masa simple con el fin de determinar el efecto de la harina de frijol en los atributos de apariencia, sabor y textura. Debido a que ninguno de los

panelistas mencionó sabores afrijolados y texturas arenosas se considera que el producto es aceptable y la harina es funcional para la elaboración de este tipo de productos.

Además de la aceptación, se muestra en la Figura 12 que la mayoría de los panelistas está dispuesto a incluir el producto en su dieta. Esto complementa la funcionalidad de la harina previamente mencionada porque se podría utilizar como producto sustituto para el desarrollo de tamalitos, al igual que se mencionaba con las tortillas. Sin embargo, en el caso de los tamalitos el 31.1% de los panelistas consumiría frecuentemente al menos de 2-3 veces a la semana aquellos elaborados con harina al 20% de frijol blanco. Se considera que esta formulación es la mejor ya que fue la que obtuvo mayor número de panelistas en este aspecto, mientras que esto fue más bajo para la harina con 20% de frijol negro al solo estar dispuestos a incluirla frecuentemente un 14% de los panelistas.

Para el atol, se observó que al igual que en las tortillas únicamente hubo diferencia estadísticamente significativa en la apariencia. Está fue mejor calificada para formulación 73B con una puntuación de 3.89 y menor para la formulación 73N con puntuación de 3.11. Las formulaciones que tenían harina de frijol blanco eran muy parecidas a los atoles que comúnmente se consumen mientras que las que tenían harina de frijol negro tenían algunas partículas oscuras que no se esperan en un atol. Por esta razón se anticipó que los atoles con harina de frijol blanco fueran mejor aceptados. El sabor no tuvo diferencia estadísticamente significativa ya que la formulación y temperaturas de proceso se controlaron durante la elaboración del atol. Sin embargo, la temperatura varió al servir las muestras ya que no se tenían recipientes térmicos iguales para las cuatro muestras evaluadas. Esto causó pequeñas diferencias en la temperatura, además que el orden en que se probaban también lo hizo al estar las últimas muestras más frías que las primeras. Por otro lado, algunas personas indicaron que no les gustaba el sabor de la canela, por lo que sería mejor evaluar el atol con menores cantidades de esta. A pesar de estas fuentes de error se obtuvo una calificación general aceptable al estar cercana a 4 indicando que les gusta el producto.

En cuanto a la textura del atol se esperaba que hubiera diferencia significativa ya que en la caracterización se obtuvo que los atoles variaban en consistencia como se mencionó anteriormente. Sin embargo, en la prueba de consumidor se obtuvo que no había diferencia estadísticamente significativa entre las formulaciones evaluadas por lo que esta diferencia no es percibida por el consumidor.

Para poder mejorar los resultados es preferible hacer pruebas con un panel entrenado. Esto se debe a que estos evaluadores son más minuciosos al momento de evaluar las muestras por lo que es posible determinar mejoras que deben hacerse para asemejar lo mejor posible los productos que normalmente se consumen en Guatemala. Además, el panel de consumidores suele estar sesgado por gustos más personalizados como se evidencia en las preferencias hacia la cantidad de sal o de canela de un producto, dependiendo de lo que están acostumbrados a consumir. Por último, es importante evaluar la funcionalidad de la harina usando estufas con leña para la elaboración de los productos ya que en el Censo 2018 el 54.4% de la población todavía las usa, según la INE, 2019.

Por otra parte, se puede afirmar que las harinas formuladas son aplicables para el desarrollo de atol de masa o atol blanco ya que la mayoría de los panelistas indicaron que lo incluirían en la dieta. Las formulaciones que fueron mejores en este aspecto fueron las que tenían harina de frijol blanco a comparación de las de frijol negro. Además, se puede observar que la harina que tenía 20% de frijol blanco fue la que más incluirían y estarían dispuestos a consumir frecuentemente al analizar que un 44% de los panelistas lo consumirían frecuentemente y un 80% lo incluirían en la dieta. En contraste, se logró evaluar que la formulación de harina que tenía 30% de frijol negro fue la menos aceptada al determinar que solo un 55.6% de los panelistas lo incluirían en la dieta y un 28.9% lo consumirían frecuente.

Respecto al análisis proximal se puede observar que las harinas de frijol son muy similares entre sí, pero diferentes en comparación a la harina de maíz nixtamalizado. Esto se evidencia en la similitud de las mezclas de harinas en cuanto a contenido de grasa, fibra cruda y calorías. El contenido de grasa se mantuvo entre 2.73% y 3.26%, siendo parecido al de la harina de maíz nixtamalizado. En cambio, el contenido de fibra cruda aumentó al agregar harina de frijol tepari estando entre 1.02% y 1.28%. De la misma forma el contenido calórico tampoco varió y fue similar a la harina de maíz nixtamalizado estando las formulaciones entre 377 y 380 kcal. Esto era de esperarse ya que son componentes que no difieren grandemente entre el maíz y el frijol tepari.

Por otra parte, el contenido de cenizas fue otro componente con diferencia significativa, pero solo fue diferente para la formulación con 30% de frijol tepari negro, siendo mayor a las demás con 2.13% de cenizas. Sin embargo, al comparar con la composición de la harina de maíz nixtamalizado los valores de cenizas son mayores en todas las formulaciones como era esperado ya que la harina de frijol contiene hasta el doble de este. Esto se evidenció en los valores de calcio y hierro analizados siendo el calcio de 2834 ppm y 3112 ppm para la harina de frijol tepari negro y blanco,

respectivamente, mientras que la harina de maíz nixtamalizado obtuvo 1008ppm como se indica en el Cuadro 30. Esto resulta importante en la mezcla de harinas ya que el maíz nixtamalizado es de las principales fuentes de calcio en la dieta de los guatemaltecos al cumplir con el requerimiento diario de 1.6g según FDA, 2009. El hecho que la harina de frijol tepari tenga aún más calcio, indica que la mezcla de harinas no afectará este beneficio de la harina de maíz nixtamalizado. En el estudio de Timothy, *et. al*, 2016, se indica que generalmente el frijol tepari tiene un valor nutricional más alto que el frijol normal, pero este puede variar según la zona en donde se cultiva y las condiciones ambientales. El frijol que se usó para este trabajo muestra resultados de calcio mayores a los reportados por el estudio de Timothy, *et. al*, 2016 por lo que se podría sugerir que se cultivó en una zona que favorece a su valor nutricional. Sin embargo, es necesario validarlo haciendo un estudio más profundo con el frijol tepari cultivado en Guatemala.

En cuanto al hierro, la harina de frijol tepari negro y blanco contiene 46 ppm y 41 ppm, respectivamente, mientras que la harina de maíz nixtamalizado tiene 20 ppm. Esto es de gran importancia ya que en Guatemala se fortifica la harina de maíz nixtamalizado debido a que es de los principales productos de la canasta básica, según INE, 2018. Sin embargo, es conveniente que el frijol tepari tenga un mayor contenido de hierro ya que de este modo aporta aún más a la reducción de anemia en las áreas de escasos recursos. Esto era lo esperado ya que en el estudio de Timothy, *et. al*, 2016 indican que el frijol tepari tiene un mayor contenido de hierro que el frijol común.

Por otro lado, el contenido proteico sí tuvo diferencia significativa siendo este menor en las formulaciones que tenían menor proporción de harina de frijol con 14.04% y 13.85% para el frijol negro y blanco, respectivamente. Mientras que las que tenían más harina de frijol presentaron valores de 16.24% y 15.95%. En comparación con la harina de maíz nixtamalizado, este valor es mayor en ambos casos por lo que es beneficioso para el consumidor, especialmente para personas del área rural donde el consumo de proteína es limitado y el 45% proviene de productos a base de maíz según González, 2005, lo cual causa de las enfermedades como Kwashiorkor.

En el Cuadro 32 se puede observar que, para el contenido de lisina, este es mayor en las formulaciones con mayor proporción de harina de maíz nixtamalizado, siendo estos de 43.73 mg/g proteína y 43.22 mg/g proteína para las formulaciones 82B y 82N. Este valor se asemeja al valor ideal de 51mg/g proteína reportado por Suárez, Kizlansky y López, 2006. Además, la cantidad de triptófano no tuvo diferencia significativa entre las muestras de harina obteniendo valores entre 6.33 y 7.37 mg/g proteína. Este valor también es cercano al ideal de 7 mg/g proteína reportado en la

misma literatura. Estos parámetros indican que se cumplió con el aumento de la calidad proteica de la harina de maíz nixtamalizado al obtener proporciones cercanas a las ideales en cuanto a lisina y triptófano, siendo estos aminoácidos esenciales que deben adquirirse en la dieta.

Los resultados de lisina y triptófano demuestran que existe complementariedad proteica entre el maíz y el frijol tepari ya que al combinarlos se obtuvo una mejor proporción de estos dos aminoácidos esenciales que la de las harinas por sí solas. Esto se evidencia claramente en el acercamiento a la proporción ideal que se mencionó anteriormente. Este resultado era esperado ya que el maíz presenta deficiencia en lisina y triptófano mientras que el frijol se ve limitado por la metionina, como se menciona en Small, 2014. La complementariedad del cereal con la leguminosa es relevante en la dieta, especialmente en la de los guatemaltecos que suele ser deficiente en lisina y triptófano al provenir mayormente de productos de maíz.

Tanto la lisina como el triptófano desempeñan roles importantes en el cuerpo humano. La lisina es participe en la formación de proteínas musculares contribuyendo al desarrollo y crecimiento normal, ayuda en la absorción de calcio para el funcionamiento de los huesos y contribuye a la producción de anticuerpos, hormonas y enzimas. Este aminoácido suele provenir de alimentos de fuente animal, los cuales son alimentos poco accesibles para la población guatemalteca de escasos recursos. Por otro lado, el triptófano es precursor de la serotonina, que modula el sueño y el humor, y de la niacina, por lo que las deficiencias de este provocan trastornos depresivos, dermatitis, demencia y diarrea (Torres, *et. al*, 2007).

Por lo tanto, al combinar el maíz nixtamalizado y el frijol tepari se obtiene una mejor cantidad de proteína, lisina y triptófano, lo cual es importante tomar en cuenta para evitar los problemas de desnutrición como algunos se mencionan anteriormente. Otros estudios han analizado también la complementariedad de las proteínas vegetales como el de Loarca, A. en el 2015 en donde se analizó la combinación de papa, maíz y haba en donde se concluyó que la mejor mezcla era de 10% papa, 20% maíz y 70% haba. Por lo tanto, también es preferible que se analicen matrices más complejas usando materias primas guatemaltecas y de bajo costo para mejorar aún más la calidad proteica de la harina de maíz nixtamalizado con frijol tepari y asegurar que esta llegue lo más cercano a una proteína ideal sin alterar su aplicación en los productos que se hacen a partir de esta normalmente.

Al finalizar los análisis de costos, aceptación y aporte nutricional, se observó que los resultados eran muy similares entre las formulaciones por lo que se hizo un grupo focal con el fin de analizarlas

objetivamente y determinar la formulación más adecuada. Como se muestra en el Cuadro 33, de los resultados del grupo focal se obtuvo que el valor nutricional tenía un peso de 0.5 al momento que las consumidoras elegían la harina, mientras que el costo y la aceptación influían de igual forma en la decisión de compra. Por esta razón, se consideró la formulación que tenía 80% de harina de maíz nixtamalizado y 20% de harina de frijol blanco es la mejor debido a su alta aceptación en productos como tortillas, tamalitos y atol, menor costo y valor nutricional aceptable.

Por último, fue necesario elaborar un recetario para que los consumidores potenciales sepan preparar los productos evaluados con la harina elaborada. Se hicieron dibujos para indicar la cantidad de ingredientes ya que muchas veces en las casas de guatemaltecos de bajos recursos no tienen una balanza o materiales para cuantificarlos. Al observar los procesos, es evidente que se pueden resumir en 3 a 4 pasos evidenciando la facilidad que presenta la harina al solo requerir de agua para hacer los distintos productos. Únicamente para el atol se utilizan más ingredientes con el objetivo de aportar mayor sabor. Sin embargo, es útil utilizar la harina ya que reduce el tiempo requerido para preparar dichos alimentos y presenta facilidad de almacenamiento a comparación de una masa fresca.

## IX. CONCLUSIONES

1. La formulación 82B que tenía 80% de harina de maíz nixtamalizado y 20% de harina de frijol blanco es la mejor al tener una mayor puntuación total debido a su alta aceptación en la elaboración de tortillas, tamalitos y atol, menor costo y mejor contenido de triptófano.
2. Los costos son mayores para las formulaciones con mayor proporción de frijol tepari debido al elevado costo de la materia prima, principalmente, a comparación del costo de la harina de maíz nixtamalizado, por lo que no son adecuadas considerando que el mercado son los guatemaltecos pertenecientes al área rural.
3. En la prueba de consumidor tuvieron mejor aceptación los productos elaborados con las harinas que tenían frijol tepari blanco por su similitud con los productos tradicionales que se consumen en Guatemala, indicando que estas formulaciones son aplicables para el desarrollo de tortillas, tamalitos y atol.
4. La formulación 82B y 82N es adecuada para incrementar el nivel de triptófano de la harina de maíz nixtamalizado a 6.71 mg/g proteína, siendo este valor cercano al ideal.

## X. RECOMENDACIONES

1. Sería ideal tener un tiempo de secado menor, siendo de 2.5 y 5 horas para el frijol negro y blanco, respectivamente, con el fin de reducir costos energéticos por esta etapa del proceso.
2. Utilizar un panel entrenado para la evaluación de productos logrando así mejor retroalimentación de las mejoras que se deben hacer en los productos elaborados.
3. Analizar las pérdidas de triptófano, lisina, hierro y calcio de las harinas formuladas durante el proceso de su elaboración para identificar posibles mejoras al procedimiento.
4. Evaluar la aplicación de la harina en otros productos tipo boquitas como nachos y galletas y determinar su valor nutricional con el fin de ofrecer una gama más amplia de productos de mejor calidad nutricional.

## XI. BIBLIOGRAFÍA

- Anacafé. Cultivo de Maíz. [https://www.anacafe.org/glifos/index.php?title=Cultivo\\_de\\_maiz](https://www.anacafe.org/glifos/index.php?title=Cultivo_de_maiz)  
[Consultado el 28/11/2018]
- AOAC International. (2005). *Official Methods of Analysis*. 18a edición. Washington, DC, Estados Unidos. Cap. 32. P.1-14
- Azurdia, C. (2013). *Cultivos Nativos de Guatemala y Bioseguridad del Uso de Organismos Vivos Modificados. Frijol (Phaseolus spp.)*. CONAP, Guatemala. P. 12.
- Badui, S. *Química de los Alimentos*. 5ª edición. Pearson Educación, México. Pp. 16-17
- Blanco, M. (2014). *Evolución y complicaciones de los niños tratados con trasplante de progenitores hematopoyéticos y su relación con el estado nutricional y soporte empleado*. Universidad autónoma de Madrid, España. P. 15.
- Bressani, R. y Godínez, A. (2003). *Maíces de alto valor proteico. Revista 21 de la Universidad del Valle de Guatemala*. P. 22-23.
- Bressani, R. y Joaquín, A. (2003). *Caracterización Química y Nutricional de Nuevas Variedades de Maíces de Alto Valor Protéico. Revista 21 de la Universidad del Valle de Guatemala*. P.33
- Carvajal, J.; Iván, A.; Carlos, O.; y John, M. 2011. *Colorimetría del fruto del café (Coffea arabica L.) durante su desarrollo y maduración*. Facultad Nacional Agropecuarias Medellín. 64(2).
- Castillo, G., et. al. (2011). *Cuantificación por HPLC del contenido de aminoácidos presentes en el FITOMAS-E. ICIDCA. Sobre los Derivados de la Caña de Azúcar*, Vol. 45 (1), 64-67.
- Deguate. (2005). Tamalitos de chipilín. [http://www.deguate.com/artman/publish/recetas\\_chapinas/Tamalitos\\_de\\_chipil\\_n\\_1669.shtml](http://www.deguate.com/artman/publish/recetas_chapinas/Tamalitos_de_chipil_n_1669.shtml) [Consultado el 07/02/2019]

- ENSMI. (2017). *VI Encuesta Nacional de Salud Materno Infantil 2014-2015*. Instituto Nacional de Estadística INE, Guatemala. Pp. 748.
- FAO. (2014). *Por qué la nutrición es importante*. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. Pp.2.
- FDA. (2009). Apéndice F: Cálculo del porcentaje de valor diario (VD) para los nutrientes. <https://www.fda.gov/Food/GuidanceRegulation/GuidanceDocumentsRegulatoryInformation/LabelingNutrition/ucm247936.htm> [Consultado el 30/01/2019]
- Fernández, M. (2016). *Uso de Moringa Oleifera para la producción de harinas de alto valor nutritivo a base de mezclas vegetales con maíz y trigo*. Tesis Universidad del Valle de Guatemala. Pp. 81.
- García, L. (2017). Conoce los distintos colores de tortillas que hay en Guatemala. [https://www.guatemala.com/noticias/cultura/conoce-los-distintos-colores-de-tortillas-que-hay-en-guatemala.html?utm\\_source=guatemala.com&utm\\_campaign=crosslinking&utm\\_medium=widget](https://www.guatemala.com/noticias/cultura/conoce-los-distintos-colores-de-tortillas-que-hay-en-guatemala.html?utm_source=guatemala.com&utm_campaign=crosslinking&utm_medium=widget) [Consultado el 28/11/2018]
- González, K. (2005). *Composición química proximal y mineral, características físicas y vida de anaquel de las tortillas elaboradas Artesanalmente para la venta y autoconsumo en algunos municipios de los departamentos de Totonicapán y Jutiapa*. Universidad de San Carlos de Guatemala, Guatemala. P. 5-26
- Guatemala.com. (2016). Receta para hacer tamalitos de elote. <https://aprende.guatemala.com/cultura-guatemalteca/cocina/receta-para-hacer-tamalitos-de-elote/> [Consultado el 07/02/2019]
- INCAP. (1994). *Recomendaciones Dietéticas Diarias del INCAP*. INCAP/OPS. Guatemala. P. 139
- INCAP. (2016). *La malnutrición en Guatemala: Frenando el desarrollo de nuestro país*. Pp.2.
- INCAPARINA. (2018). Fórmula mejorada de incaparina. <http://www.incaparina.com/formula.php> [Consultado el 14/03/2019]

- INE. (2011). *Memoria de labores 2011*. Guatemala. Pp. 59.
- INE. (2018). *Canasta Básica Alimentaria (CBA) y Canasta Ampliada (CA)*. P. 4.
- INE. (2018). *Encuesta Nacional de Empleo e Ingresos 1-2018 (ENEI)*. P.12.
- INE. (2019). *Resultados del Censo 2018*. <https://www.censopoblacion.gt/comovivimos> [Consultado el 25/09/2019]
- INSIVUMEH. (2015). Definición de Sequía. <http://www.insivumeh.gob.gt/sequia/> [Consultado el 07/02/2019]
- Instituto Nacional de Estadística. (2013). *Mapas de Pobreza Rural en Guatemala 2011*. P.9.
- Jiménez, José Cruz, y Acosta, Jorge Alberto. (2012). *Caracterización de genotipos criollos de frijol Tepari (Phaseolus acutifolius A. Gray) y común (Phaseolus vulgaris L.) bajo temporal. Revista mexicana de ciencias agrícolas*, 3(8), 1565-1577.
- Kirk, H. (2014). *Reinventing the tortilla*. <https://www.semillanueva.org/verdetortillas/> [Consultado el 30/01/2019]
- Loarca, A. (2015). *Formulación de una mezcla vegetal a partir de papa-maíz-haba y la determinación de su aceptabilidad por parte de la población del municipio de Ixchiguán, San Marcos, Guatemala*. Tesis de grado de Universidad Rafael Landívar. Pp. 100.
- MAGA. (2010). *Diagnóstico a nivel macro y micro del corredor seco y definición de las líneas estratégicas de acción del MAGA*. Guatemala. Pp. 37.
- Matheu, A. (2007). *Formulación de un producto de panificación tipo champurrada por medio de sustitución parcial de harina de trigo por harina de maíz de alta calidad proteica (QPM) y de maíz duro*. Tesis Universidad del Valle de Guatemala. Pp. 78.
- Morales, M. (2018). *Más de Q80 millones en cultivos se pierden por la sequía en Chiquimula. Prensa Libre*. <https://www.prensalibre.com/ciudades/chiquimula/mas-de-q80-millones-en-cultivos-se-pierden-por-la-sequia-en-chiquimula/> [Consultado el 30/01/2019]

- Mujica, M., et. al. (2015). *Prevalence of Anemia in Latin America and the Caribbean. Food and Nutrition Bulletin*. Vol. 36 (2), pp. 119-128.
- Paredes, O., Guevara, F. y Bello, L. (2009). *La nixtamalización y el valor nutritivo del maíz. Revista Ciencias*. Pp. 60-70.
- Prieto, E. (2005). *Conejos, una alternativa en el menú y el comercio*. Disponible en [https://www.unicef.org/guatemala/spanish/reallives\\_1214.htm](https://www.unicef.org/guatemala/spanish/reallives_1214.htm) [Consultado el 9/10/2018]
- Realpe, A. M. (2012). *Desnutrición severa tipo Kwashiorkor. Revista Gastrohnutp [Colombia]*. Vol. 15 (1), 20-26.
- Rivera, P. (2018). *Sequía, Canícula y Cambio Climático en Guatemala*. <http://www.entremundos.org/revista/medio-ambiente/sequia-canicula-y-cambio-climatico-en-guatemala/> [Consultado el 30/01/2019]
- Skoog, D., et. al. (2008). *Química Analítica*. 9ª edición. México. P.160
- Small, E. (2014). *Tepary Bean – an ideal arid zone crop. Biodiversity*. Vol. 15 (2-3), 220-228.
- Solorzano, E. (2015). *Determinación del patrón de consumo de alimentos en las 8 regiones de Guatemala*. Universidad Rafael Landívar, Guatemala. Pp. 141.
- Suárez, M., Kizlansky, A. y López, L. (2006). *Evaluación de la calidad de las proteínas en los alimentos calculando el score de aminoácidos corregido por digestibilidad. Nutrición Hospitalaria*. Buenos Aires, Argentina. Vol. 21(1), 47-51.
- Téllez, P., et. al. (2009). *Optimización de nixtamalización de frijol (Phaseolus vulgaris L.) y desarrollo de un nuevo producto alimenticio. Ingeniería Agrícola y Biosistemas*. Vol. 1 (1), pp.25-31.
- Timothy, G., et. al. (2016). *Nutritional composition and cooking characteristics of tepary bean (Phaseolus acutifolius Gray) in comparison with common bean (Phaseolus vulgaris L.)*. *Genetic Resources and Crop Evolution*. Vol. 63 (5), Pp. 21.

- Tinsley, A. M., et. al. (1985). *Tepary beans (Phaseolus acutifolius var. latifolius): a potential food source for African and Middle Eastern cultures. Qual Plant Plant Foods Hum Nutr.* Vol 35, 87-101.
- Torres, L., et. al. (2007). *Las proteínas en la nutrición. Revista Salud Pública y Nutrición.* Vol. 8 (2). Pp. 7.
- UNICEF. (2006). *Lucha contra la desnutrición.* [https://www.unicef.org/guatemala/spanish/recursos\\_20274.htm](https://www.unicef.org/guatemala/spanish/recursos_20274.htm) [Consultado el 28/11/2018]
- Vázquez, J.A. y Amaya, C.A. (2010). *Evaluación sensorial de tortillas de maíz fortificadas con harina de amaranto, frijol y nopal.* Universidad de Guanajuato, México. Pp. ES111-ES117.
- Villazante, E. y R. Torrejón. (2011). *Kwashiorkor. Revista de Actualización Clínica Investiga* [Bolivia]. Vol.8, 1-7.
- Villegas, E., Ortega, E. y Bauer, R. *Métodos Químicos Usados en el CIMMYT para Determinar la Calidad de Proteína de los Cereales.* CIMMYT, México, D.F. Pp. 12-18.
- Vivek, B., et. al. (2008). *Mejoramiento de maíz con calidad de proteína (QPM): Protocolos para generar variedades QPM.* CIMMYT, México, D.F. Pp. 52-56.
- WHO. (2019). *Anemia.* <https://www.who.int/topics/anaemia/en/> [Consultado el 28/03/2019]

## XII. ANEXOS

Anexo 1. Hoja maestra utilizada para la prueba de consumidor de tortillas

Panelista	Muestra 1	Muestra 2	Muestra 3	Muestra 4
1	887	771	651	198
2	887	771	198	651
3	771	651	198	887
4	771	651	887	198
5	651	198	887	771
6	651	198	771	887
7	198	887	771	651
8	198	887	651	771

\* El orden de los 8 panelistas se repitió hasta llegar a 48-56 panelistas.

Anexo 2. Hoja maestra utilizada para la prueba de consumidor de tamalitos

Panelista	Muestra 1	Muestra 2	Muestra 3	Muestra 4
1	291	816	136	52
2	291	816	52	136
3	816	136	52	291
4	816	136	291	52
5	136	52	291	816
6	136	52	816	291
7	52	291	816	136
8	52	291	136	816

\* El orden de los 8 panelistas se repitió hasta llegar a 48-56 panelistas.

Anexo 3. Hoja maestra utilizada para la prueba de consumidor de atol

Panelista	Muestra 1	Muestra 2	Muestra 3	Muestra 4
1	696	285	903	679
2	696	285	679	903
3	285	903	679	696
4	285	903	696	679
5	903	679	696	285
6	903	679	285	696
7	679	696	285	903
8	679	696	903	285

\* El orden de los 8 panelistas se repitió hasta llegar a 48-56 panelistas.

Anexo 4. Boleta de prueba utilizada para la prueba de consumidor de tortillas

Panelista : \_\_\_\_\_

Sexo :  F  M

Edad : \_\_\_\_\_

¿Qué tan frecuente consume tortillas de maíz?

En los tres tiempos de comida  1 vez al día  2-3 veces a la semana

¿Cuántas tortillas de maíz consume en el tiempo mencionado anterior? \_\_\_\_\_

¿Qué es lo que más le gusta de una tortilla? \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

¿Cuánto es lo más que pagaría por una tortilla? \_\_\_\_\_

Se le darán cuatro alimentos, por favor lea las instrucciones. Coma un pedazo de galleta y tome un poco de agua entre cada uno.

MUESTRA

OBSERVE la tortilla y marque la carita que mejor exprese cuánto le gusta LA APARIENCIA



La odié



No me gustó



Indiferente



Me gustó



Me encantó

PRUEBE la tortilla y marque la carita que mejor exprese cuánto le gusta EL SABOR



La odié



No me gustó



Indiferente



Me gustó



Me encantó

PRUEBE la tortilla y marque la carita que mejor exprese cuánto le gusta LA TEXTURA



La odié



No me gustó



Indiferente



Me gustó



Me encantó

¿Le gustaría incluir esta tortilla en sus comidas?

Sí

No

¿Qué tan seguido lo comería?

Todos los días

2-3 veces semanal

1-2 veces al mes

Nunca

Comentarios de la tortilla:

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

Anexo 5. Boleta de prueba utilizada para la prueba de consumidor de tamalitos

Panelista : _____			
Sexo : <table border="1"><tr><td>F</td><td>M</td></tr></table>	F	M	
F	M		
Edad : _____			
¿Qué tan frecuente consume tamalitos de maíz?			
<table border="1"><tr><td>Todos los días</td><td>1 vez a la semana</td><td>2-3 veces al mes</td></tr></table>	Todos los días	1 vez a la semana	2-3 veces al mes
Todos los días	1 vez a la semana	2-3 veces al mes	
¿Qué es lo que más le gusta de un tamalito? _____ _____			
¿Cuánto es lo más que pagaría por un tamalito? _____			
<b>Se le darán cuatro alimentos, por favor lea las instrucciones. Coma un pedazo de galleta y tome un poco de agua entre cada uno.</b>			

MUESTRA

OBSERVE el tamalito y marque la carita que mejor exprese cuánto le gusta LA APARIENCIA



Lo odié



No me gustó



Indiferente



Me gustó



Me encantó

PRUEBE el tamalito y marque la carita que mejor exprese cuánto le gusta EL SABOR



Lo odié



No me gustó



Indiferente



Me gustó



Me encantó

PRUEBE el tamalito y marque la carita que mejor exprese cuánto le gusta LA TEXTURA



Lo odié



No me gustó



Indiferente



Me gustó



Me encantó

¿Le gustaría incluir este tamalito en sus comidas?

Sí

No

¿Qué tan seguido lo comería?

Todos los días

2-3 veces semanal

1-2 veces al mes

Nunca

Comentarios del tamalito que probó:

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

Anexo 6. Boleta de prueba utilizada para la prueba de consumidor de atol

Panelista : \_\_\_\_\_

Sexo :  F  M

Edad : \_\_\_\_\_

¿Qué tan frecuente consume atol de maíz?

Todos los días     1 vez a la semana     2-3 veces al mes

¿Qué es lo que más le gusta de un atol? \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

¿Cuánto es lo más que pagaría por un atol? \_\_\_\_\_

Se le darán cuatro alimentos, por favor lea las instrucciones. Coma un pedazo de galleta y tome un poco de agua entre cada uno.

MUESTRA

OBSERVE el tamalito y marque la carita que mejor exprese cuánto le gusta LA APARIENCIA



Lo odié



No me gustó



Indiferente



Me gustó



Me encantó

PRUEBE el tamalito y marque la carita que mejor exprese cuánto le gusta EL SABOR



Lo odié



No me gustó



Indiferente



Me gustó



Me encantó

PRUEBE el tamalito y marque la carita que mejor exprese cuánto le gusta LA TEXTURA



Lo odié



No me gustó



Indiferente



Me gustó



Me encantó

¿Le gustaría incluir este tamalito en sus comidas?

Sí

No

¿Qué tan seguido lo comería?

Todos los días

2-3 veces semanal

1-2 veces al mes

Nunca

Comentarios del tamalito que probó:

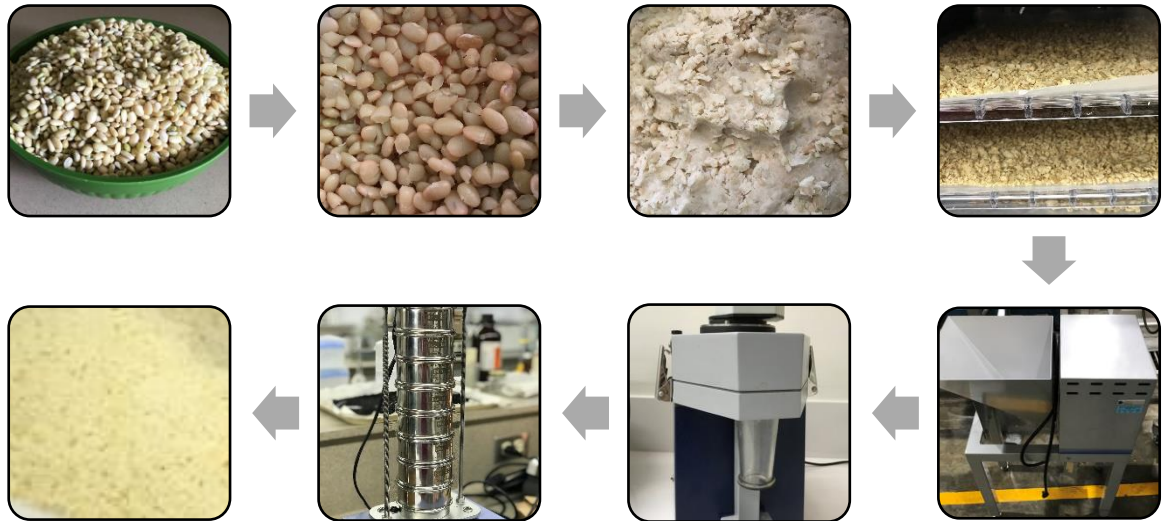
\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

Anexo 7. Proceso de desarrollo de harinas de frijol tepari en imágenes



Anexo 8. Tortillas, tamalitos y atol elaborados



Anexo 9. Prueba de consumidor



Anexo 10. Caracterización de productos elaborados únicamente con harina de maíz nixtamalizado.

Característica	Tortillas	Tamalitos	Atol
Color L	72.57 ± 1.75	70.28 ± 0.45	N/A
Color a	1.85 ± 0.37	1.02 ± 0.01	N/A
Color b	21.27 ± 0.68	19.36 ± 0.18	N/A
Dureza (g)	182 ± 37	138 ± 52	N/A
Viscosidad (cm/s)	N/A	N/A	0.182 ± 0.002

Anexo 11. Ponderación de atributos según resultados de grupo focal.

Factor	Comparación			Suma	Valor
	C - A	C - N	A - N		
Costo (C)	1	0	-	1	0.25
Aceptación (A)	1	-	0	1	0.25
Nutrición (N)	-	1	1	2	0.5
Total				4	1

Anexo 12. Grupo focal para ponderación de atributos.

